วิทยานิพนธ์ งานวิจัย

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

นายชัชวาล อ่อนเกษ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
266540
510 5112ก 2565

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2565

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ใบอนุมัติวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ นายชัชวาล อ่อนเกษ แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะธิดา ปัญญา)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะลิวัลย์ ภัทรชาลีกุล)

กรรมการ
(อาจารย์ ดร.รามนรี นนทภา)

กรรมการ
(อาจารย์ ดร.นวพล นนทภา)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกวรรณ ศรีวาปี)
รองอธิการบดี รักษาราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน.....ปี.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผู้วิจัย : นายชัชวาล อ่อนเกษ

ปริญญา : ครุศาสตรมหาบัณฑิต (คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.นวพล นนทภา

ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 (2) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (3) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ (4) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 34 คน และกลุ่มที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 35 คน รวมทั้งหมดจำนวน 69 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ แบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ การวิเคราะห์งานเขียน (Task Analysis) การบรรยายเชิงวิเคราะห์ (Analytic Description) สถิติทดสอบ t-test (One-sample t-test), สถิติทดสอบ t-test (dependent t-test) และสถิติทดสอบ t-test (Independent t-test)

ผลการวิจัยพบว่า (1) กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.32/86.07 (2) ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.91 คิดเป็นร้อยละ 86.07 (3) ความสามารถ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ก่อนเรียนอยู่ที่ระดับ 1 ถึงระดับ 3 และหลังเรียนอยู่ที่ระดับ 3 ถึงระดับ 5 ซึ่งหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (4) ความสามารถในสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่านักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาคิดเป็นร้อยละ 86.07 ($\overline{X}$ =12.91, $S.D.$=1.443) และการจัดการเรียนรู้แบบปกติคิดเป็นร้อยละ 75.80 ($\overline{X}$ =11.37, $S.D.$=1.896)

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ตามแนวแนวคิดสะเต็มศึกษา, การจัดการเรียนรู้แบบปกติ, ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Title : Development of Learning Management According to the Concept of STEM Education to Promote the Ability to Create Mathematical Modeling for Mathayomsuksa 3 Student
Author : Mr.Chatchawan Onket
Degree : Master of Education (Mathematics Educational)
Rajabhat Maha Sarakham University
Advisor : Dr.Navapon Nontapa
Year : 2022

ABSTRACT

The purposes of this research were (1) Develop of learning management according to the concept of STEM education to promote the ability to create mathematical Modeling to be effective according to the criteria 70/70. (2) Comparison of ability to create mathematical modeling of students learning according to the concept of STEM education with 70% criteria. (3) Comparison of ability to create mathematical modeling before learning and after learning of students learning according to the concept of STEM education. (4) Comparison of ability to create mathematical modeling between students learning according to the concept of STEM education and students of learning normal for Mathayomsuksa 3 student. The sample group consisted students in Mathayomsuksa 3 who studied using learning management according to the concept of STEM education 34 people and studied using normal learning management 35 people, a total of 69 people, acquired by Cluster Random Sampling. The research instrument was a plans using learning management according to the concept of STEM, plans for normal learning management, test ability to create mathematical modeling. The statistics employed for data analysis were percentage, mean, standard deviation, Task Analysis, Analytic Description, t-test (One simple t-test), t-test (Dependent simple t-test), and t-test (Independent simple t-test).

The results of the research were as follows: (1) Learning management according to the concept of STEM had the efficiency of learning activities (E_1 / E_2) equal to 84.32/86.07. (2) Ability to create mathematical modeling of students learning according

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

to the concept of STEM education was higher than the 70% threshold with statistical significance at the .05 level with an average score of 12.91 accounted for 86.07%. (3) Ability to create mathematical modeling of learning management according to the concept of STEM before learning at level 1 to level 3 and after learning at level 3 to level 5 which after learning is higher than before learning statistical significance at the .05 level. (4) Ability to create mathematical modeling of students learning according to the concept of STEM education were higher than those of students normal learning management which statistical significance at the .05 level. Which learning according to the concept of STEM education accounted for 86.07% ($\overline{X}$ =12.91, $S.D.$=1.443) and normal learning management accounted for 75.80% ($\overline{X}$ =11.37, $S.D.$=1.896).

Keywords: Learning Management According to the Concept of STEM Education, Normal Learning Management, Ability to Create Mathematical Modeling

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

_____Major Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากบุคคลต่อไปนี้ ดร.นวพล นนทภา ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ท่านรองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะธิดา ปัญญา ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะลิวัลย์ ภัทรชาลีกุล ผู้ทรงคุณวุฒิการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.รามนรี นนทภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ณิฏฐะญาร์ บรรเทา อาจารย์ ดร.บรรชา นันจรัส อาจารย์ ดร.วีรพงษ์ วงศ์พินิจ คุณครูวรรณนิภา วงศ์สวาสดิ์ และคุณครูจริยา วัลลานนท์ ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย นายวรุตม์ เขจรสัตย์ ผู้อำนวยการโรงเรียนกมลาไสย และคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล

คุณค่าและประโยชน์ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา ผู้มีพระคุณ ตลอดจนบูรพาจารย์ และผู้มีอุปการะทุกท่าน

นายชัชวาล อ่อนเกษ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

หัวเรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ ..... ก

ABSTRACT ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 5

1.3 สมมติฐานการวิจัย 5

1.4 ขอบเขตการวิจัย 5

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 6

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 9

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 10

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 10

2.2 ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 16

2.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 18

2.4 ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 34

2.5 สะเต็มศึกษา 46

2.6 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์..... 66

2.7 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ 69

2.8 เครื่องมือและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 73

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หัวเรื่อง **หน้า**

2.9 ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 86
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 89
2.11 กรอบแนวคิดการวิจัย 103
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 104
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 104
3.2 แบบแผนการวิจัย 107
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 107
3.4 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย 108
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล 115
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 116
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 116
บทที่ 4 ผลการวิจัย 121
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 121
4.2 ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 122
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 122
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 139
5.1 สรุป 139
5.2 อภิปรายผล 140
5.3 ข้อเสนอแนะ 145
บรรณานุกรม 147
ภาคผนวก 156
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 157
ภาคผนวก ข การหาคุณภาพเครื่องมือ 218
ภาคผนวก ค รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 231
ภาคผนวก ง ตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์ 233

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หัวเรื่อง **หน้า**

การเผยแพร่ผลงานวิจัย 240
ประวัติผู้วิจัย 241

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างรายวิชา คณิตศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ค 23102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 14
2.2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของ Gatabi and Abdolahpour (2013) 38
2.3 เกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการสร้างตัวแบบของ Leong (2013) 39
2.4 เกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของ Anhalt and Cortez (2015) 40
2.5 เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของ Anhalt and Cortez (2015) 41
2.6 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริม เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 67
2.7 เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก 83
2.8 ประเภทของความเชื่อมั่นความหมายและวิธีการประมาณค่า 84
3.1 แบบการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองแบบสุ่ม และมีการเก็บรวบรวมก่อน และหลังการทดลอง 107
3.2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์ของ Gatabi and Abdolahpour (2013) 114
3.3 วิธีการดำเนินการเก็บข้อมูลตัวอย่าง 115
4.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร 125
4.2 คะแนนเฉลี่ยแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียน ที่ใช้การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียน 127
4.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70 127
4.4 คะแนนเฉลี่ยแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียน 129

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ **หน้า**

4.5 คะแนนเฉลี่ยแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียน 132
4.6 การวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม..... 135
4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ 136
4.8 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ 137
ข.1 การประเมินความเหมาะสมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ 218
ข.2 การประเมินความเหมาะสมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติเรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3โดยผู้เชี่ยวชาญ 222
ข.3 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 226
ข.4 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ และค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 226
ข.5 ค่าความยาก (P) แบบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 227

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554) 24
2.2 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Giordano and Weir (1985) 25
2.3 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Swetz Frank and Jefferson Hartzler (1991) 26
2.4 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Balakrishnan and Goh (2010) 27
2.5 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Dlndyal Jaguthsing (2010) 28
2.6 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Stillman, Gloria (2010) 29
2.7 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ NGA, CCSSO (2010) 30
2.8 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Blum (2011) 31
2.9 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ NGSS (2011) 32
2.10 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Anhalt, Cynthia Oropera and Ricardo Cortez (2015) 32
2.11 วัฏจักรการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (The Modeling Cycle) (2017) 37
2.12 ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 71
2.13 กรอบแนวคิดการวิจัย 103
3.1 ขั้นตอนการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ของกลุ่มทดลอง 105
3.2 ขั้นตอนการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ของกลุ่มควบคุม 106
4.1 งานเขียนของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 1 ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ระดับ 3 ก่อนเรียน 130
4.2 งานเขียนของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 2 ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ระดับ 3 ก่อนเรียน 131

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ **หน้า**

4.3 งานเขียนของนักเรียนใน แบบทดสอบข้อที่ 2 ระดับความสามารถ
ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ระดับ 4 หลังเรียน 133
4.4 งานเขียนของนักเรียนใน แบบทดสอบข้อที่ 3 ระดับความสามารถ
ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ระดับ 5 หลังเรียน 134
4.5 การเปรียบเทียบความสามารถในสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 138

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

หลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน ตั้งแต่พุทธศักราช 2544 ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ เรื่อง ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไว้ในกลุ่มสาระพีชคณิต ว่านักเรียนสามารถใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หรือแบบจำลองคณิตศาสตร์แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ ในปัจจุบันแม้จะได้มีการจัดให้นักเรียนได้เรียนเรื่องเกี่ยวกับแบบรูปและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เช่น รูปเรขาคณิต กราฟ สมการ หรืออสมการ ในทุกช่วงชั้นของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน เพื่อจะเป็นความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ง่าย ๆ มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันก็ตาม แต่ในระดับโรงเรียนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นขึ้นไป เรายังไม่มีการให้นักเรียนได้ฝึกการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันโดยเริ่มจากการกำหนดสถานการณ์จริง สำรวจทำความเข้าใจกับปัญหา และกระบวนการอื่น ๆ นอกจากนี้คนเราจะต้องพบกับสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การจับจ่ายใช้สอย การเดินทาง การทำอาหาร การจัดระเบียบการเงินของตน การประเมินสถานการณ์ การตัดสินประเด็นปัญหาทางสังคมการเมือง ฯลฯ ซึ่งความรู้ทางคณิตศาสตร์สามารถเข้ามาช่วยทำให้การมองประเด็น การตั้งปัญหาหรือการแก้ปัญหา มีความชัดเจนยิ่งขึ้น การใช้คณิตศาสตร์ดังกล่าวนั้น แม้จะต้องมีรากฐาน มาจากทักษะคณิตศาสตร์ ในชั้นเรียน แต่ก็จำเป็นต้องมี ความสามารถในการใช้ทักษะนั้น ๆ ในสถานการณ์อื่น ๆ นอกเหนือไปจากสถานการณ์ของปัญหาคณิตศาสตร์ล้วน ๆ หรือแบบฝึกคณิตศาสตร์ที่เรียนในโรงเรียนที่นักเรียนสามารถคิดอยู่ในวงจำกัดของเนื้อหาวิชาโดยไม่ต้องคำนึงถึงความเป็นจริงมากนัก แต่การใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริงนักเรียนต้อง รู้จักสถานการณ์หรือสิ่งแวดล้อมของปัญหา ต้องเลือกตัดสินใจว่าจะใช้ความรู้คณิตศาสตร์อย่างไร (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552, น. 11) หลักสูตรคณิตศาสตร์ทั้งหมดในโลกได้ออกแบบ เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยใช้ความรู้และทักษะที่พวกเขาปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาในห้องเรียน อย่างไรก็ตามมีปัญหาบางประเภทที่ไม่สามารถแก้ไขได้โดยตรงด้วยความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ ด้วยเหตุนี้องค์ความรู้ที่ประกอบด้วยเนื้อหา และทักษะการแก้ปัญหาอาจไม่เพียงพอสำหรับการแก้ปัญหาที่ไม่ใช่คณิตศาสตร์ (Kaiser, et al., 2011; Schoenfeld, 2013; Burkhardt,

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2013, p. 18) และในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา แม้ว่านักเรียนจะมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเป็นอย่างดี แต่นักเรียนจำนวนไม่น้อยยังขาดความสามารถเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการแสดงหรืออ้างอิงเหตุผล การสื่อสารหรือการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ต่าง ๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ปัญหาเหล่านี้ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน และในการศึกษาต่ออย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียน จึงต้องเสริมสร้างให้นักเรียนมีความสามารถในการนำเอาความรู้คณิตศาสตร์มาใช้กับสถานการณ์ปัญหาหรือสถานการณ์จริงที่พบในชีวิตประจำวัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554, น. 18)

วิธีหนึ่งที่นักคณิตศาสตร์ใช้คณิตศาสตร์ประยุกต์ในบริบททั่วไป คือ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นการเปลี่ยนปัญหาจากโลกแห่งความเป็นจริง (Real World) ให้เป็นโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากนั้นใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์แก้โจทย์ปัญหา แล้วตีความผลเฉลยนำไปอธิบายคำตอบของปัญหาดั้งเดิมเหล่านั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ, 2555, น. 3) ปัจจุบันวิชาคณิตศาสตร์มีความสำคัญ และมีส่วนสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างที่ไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้ เพราะคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่นำไปใช้ในชีวิตประจำวันและการเรียนรู้ระดับสูงต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงควรให้ความสำคัญต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรู้จักนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ โดยสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น ๆ และสามารถใช้ในชีวิตจริงได้ การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นให้ผู้เรียนได้เห็นประโยชน์ของการใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง เห็นการนำความรู้คณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยง และประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ จากการศึกษางานวิจัยทางการศึกษาคณิตศาสตร์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า กระบวนการจัดการเรียนการรู้ คณิตศาสตร์ที่เน้นพัฒนาผู้เรียนผ่านปัญหาในชีวิตจริง และใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ไม่ว่าจะเป็น model-eliciting activities (MEAs), real mathematics education (RME), problem-based learning, mathematical modeling จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หากผู้สอนออกแบบการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่มีภาระงานหรือชิ้นงานที่ ผู้เรียนได้เห็นความสัมพันธ์ของคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง และใช้กระบวนการเหล่านี้ ในการจัดการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาจนเกิดทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในที่สุด (ศันสนีย์ เณรเทียน, 2560, น. 50) วิธีการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยการปฏิรูป การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เป็นการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยการทำให้มีหลากหลายในวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

เป็นสาระสำคัญในกระบวนการแก้ปัญหาในโลกแห่งความจริง โดยเป็นการสนับสนุนการรู้เรื่องทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน จะทำให้เกิดประโยชน์สำหรับนักเรียนทุกคนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ และมีโอกาสในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ แต่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนใหญ่ยังไม่ได้ถูกออกแบบให้มีการสอนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังนั้น ครูคณิตศาสตร์จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาความรู้เกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ในชีวิตจริง และประยุกต์ใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง เหล่านี้ในห้องเรียน (Blum, 2015, p. 222) และ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2555, น. 5-7) ได้กล่าวว่า สำหรับครูซึ่งมีบทบาทเป็นผู้อำนวยการการเรียนรู้ ก็ไม่ควรจะตั้งคำถามว่าทำไมการสอนเรื่องแบบรูป และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญ เพราะคำตอบก็คือการที่ผู้เรียนได้มาซึ่งแบบรูปและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หนึ่ง ๆ นั้น หมายถึงผู้เรียนได้ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ที่นักวิชาการ เช่น นักคณิตศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ ใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเหล่านี้กลายเป็นนักวิชาการที่รู้จักสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตามขั้นตอนของการเสาะแสวงหาความรู้ ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน ดังนั้น การเรียนรู้ในห้องเรียนก็สามารถฝึกให้นักเรียนมีความสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถจัดการกับปัญหาทั่วไปที่ไม่จำเป็นต้องเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้วยเหตุนี้ การส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบของนักเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ต้องรู้จักนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้โดยสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น ๆ และสามารถใช้ในชีวิตจริงได้

การจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงด้วยการบูรณาการศาสตร์ด้านต่าง ๆ และใช้เทคโนโลยี เช่น สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพราะสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนนำองค์ความรู้จากวิชาวิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) มาบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์หรือคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์และประกอบอาชีพในอนาคตได้ รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557, น. 3–5) ดังนั้นสะเต็มศึกษาจึงไม่ใช่เรื่องใหม่แต่เป็นการต่อยอดหลักสูตรโดยบูรณาการการเรียนรู้ใน 4 สาขาวิชาดังกล่าว เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ด้วยเหตุนี้สะเต็มศึกษาจึงส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรม เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2555, น. 13-18) การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงและสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันรวมทั้งบรรยากาศในการเรียน

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าแสดงออกและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ จึงเห็นได้ว่าสะเต็มศึกษาเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมให้ผู้เรียนเห็นถึงคุณค่าของการเรียนในเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ว่ามีประโยชน์อย่างไร ในการเรียน (สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และ เทคโนโลยี, 2556, น. 4–5) เนื่องจากในปัจจุบัน นักเรียนส่วนใหญ่ไม่รู้ว่าสิ่งที่เรียนอยู่มีประโยชน์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้พบว่าเป็นปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งในการจัดการเรียนการสอนหลาย ๆ วิชา โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ เนื่องจากในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ มีหลายเรื่องที่นักเรียนไม่ได้ให้ความสนใจในการเรียน ทั้งนี้เนื่องจากการมองไม่เห็นถึงประโยชน์ในการเรียนเรื่องดังกล่าว (Sander, 2009, p. 135) และเนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่โรงเรียนกำหนดคือร้อยละ 75 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 31) แม้จะได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามพระราชบัญญัติการศึกษาพุทธศักราช 2542 แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังสูงขึ้นไม่มากเท่าที่ควร อย่างเช่น คะแนนผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนกมลาไสย คะแนนเฉลี่ยในรายวิชาคณิตศาสตร์คือ 24.06 ซึ่งในขณะที่คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศคือ 25.46 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าระดับประเทศ และจากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2563 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียน ต่ำกว่าคะแนนระดับประเทศในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐานการเรียนรู้ ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนด พบว่ามีคะแนนเฉลี่ย 23.64 ซึ่งในขณะที่คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศคือ 27.80 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าระดับประเทศ (รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน O-NET, 2563, น. 1)

ผู้วิจัยมีความสนใจในตัวแปรตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เนื่องจาก เมื่อนักเรียนมีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แล้ว นักเรียนจะสามารถแก้ปัญหา ตัดสินใจ หรือทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ล่วงหน้า ทำให้สามารถตัดสินใจ หาทางเลือกที่ดีที่สุดในสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์นั้นได้ โดยผู้วิจัยมีความสนใจที่จะใช้ กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เพื่อพัฒนาการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และผลการวิจัยดังกล่าวสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.3 สมมติฐานการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.3.1 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

1.3.2 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.3.3 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกมลาไสย อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ ปีการศึกษา 2564 จำนวน 10 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 442 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกมลาไสย อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 ห้องเรียน ประกอบด้วย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/5 จำนวน 35 คน และนักเรียนชั้นมัธยมสึกษาปีที่ 3/8 จำนวน 34 คน โดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

1.4.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2 วิธี คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

1.4.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1.4.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ช่วงเวลาที่ใช้เก็บข้อมูล คือภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.5.1 สะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้นไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ

1.5.2 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) หมายถึง สื่อที่ใช้อธิบายสมมติฐานต่าง ๆ และผลที่ปรากฏในสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษาในรูปแบบของคณิตศาสตร์ ซึ่งรูปแบบของการแก้ปัญหาโดยการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หรือการหาคำตอบของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นมีหลากหลาย เช่น สมการ อสมการ กราฟ รูป เรขาคณิต ข่ายงาน

แผนภาพต้นไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังหมายถึงการออกแบบในตัวแบบของสถานการณ์จำลองต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นอีกด้วย

1.5.3 การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling) หมายถึง กระบวนการที่ใช้ในการกำหนดคำตอบของปัญหา ผ่านการวิเคราะห์สถานการณ์ เพื่อนำมาสร้างและกำหนดตัวแบบ แล้วนำตัวแบบที่เราสร้างขึ้นไปคำนวณหาผลเฉลยคำตอบของปัญหา เมื่อได้ผลเฉลยของตัวแบบจะตีความผลเฉลย และสร้างข้อสรุป แล้วนำมาตรวจสอบข้อสรุป หลังจากนั้นจะสร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุง เพื่อหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทั้งหมดอีกครั้ง และนำมารายงานผลเฉลย

1.5.4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Designing learning activities of STEM Education to promote Mathematical Modeling) หมายถึง วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับสถานการณ์ปัญหาหนึ่ง ๆ อันประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน (Lead in) เป็นการนำความรู้เดิมที่นักเรียนเรียนมาก่อนแล้วเป็นพื้นฐานในการศึกษาหาความรู้ใหม่ ทั้งเป็นการเชื่อมโยงต่อความรู้เก่าและความรู้ใหม่ให้เป็นเรื่องเดียวกันตลอด ทำให้นักเรียนเข้าใจเกิดความคิดรวบยอดหรือหลักการของเรื่องนั้น ๆ แจ่มแจ้งยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน (Align with a Problem) เป็นการคิดเชื่อมโยงว่าสาระการเรียนรู้/เนื้อหาที่เลือกในขั้นที่ 1 สามารถอิงเข้ากับบริบทได้ หรือปัญหาในสังคมได้บ้าง

ขั้นที่ 3 สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม (Engage Student Participation) ผู้สอนจัดกิจกรรมกลุ่มให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ เช่น ตั้งคำถามที่นำไปสู่การออกแบบให้ผู้เรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา และได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์หลัก (ตามที่เลือกไว้ในขั้นที่ 1) ผนวกกับการได้ใช้ความรู้การแก้ปัญหาในชีวิตจริง (ที่เชื่อมโยงไว้ในขั้นที่ 2) เช่น อาจตั้งคำถามให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ออกแบบไว้ และพยายามไม่ให้ผู้เรียนหลงประเด็น นอกจากนี้ต้องให้ผู้เรียนจดบันทึกการทำงานของกลุ่มตน

ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป (Interpret the solution & draw Conclusions) นักเรียนสามารถตีความหมายของคำตอบได้ จากจำนวนทางคณิตศาสตร์สามารถอธิบายเป็นคำตอบของสถานการณ์ได้ พร้อมทั้งพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบโดยเปรียบเทียบตรวจสอบกับข้อมูลจริงที่กำหนดให้ แล้วแปลความหมายออกมาเป็นคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 5 แก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ (Troubleshoot the Designs) ครูเพิ่มเงื่อนไขของปัญหา และนักเรียนหาคำตอบของปัญหาที่มีเงื่อนไขเพิ่มขึ้น เพื่อผู้เรียนจะได้ฝึกการคิดวิจารณญาณควบคู่ไปด้วย

ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์ (Present Completed Projects) นักเรียนออกมารายงานผลอธิบายการหาคำตอบของสถานการณ์

1.5.5 ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling Competency) หมายถึง ผลการประเมินความสามารถของนักเรียนในกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น หลังจากที่นักเรียนได้เข้าร่วมการจัดการเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ครบทุกกิจกรรมเป็นรายบุคคล ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบ่งเป็น 6 ระดับ คือ

ระดับ 0 นักเรียนไม่เข้าใจสถานการณ์และไม่สามารถร่างหรือเขียนสิ่งใดเกี่ยวกับปัญหาที่ให้

ระดับ 1 นักเรียนเข้าใจเพียงแต่สถานการณ์จริงที่ให้แต่ไม่สามารถเห็นโครงสร้างและลดความซับซ้อนของสถานการณ์ได้ หรือไม่สามารถหาความเชื่อมโยงกับแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้

ระดับ 2 หลังจากทำการสืบค้นเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ให้ นักเรียนค้นพบตัวแบบจริงผ่านโครงสร้างและการลดความซับซ้อน แต่ไม่ว่าจะแปลงไปสู่ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์อย่างไร

ระดับ 3 นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ แต่ไม่สามารถทำอะไรเกี่ยวกับโจทย์คณิตศาสตร์ได้

ระดับ 4 นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ และสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์จนได้ผลเฉลยเชิงคณิตศาสตร์แต่ไม่ได้อธิบายกลับไปสู่สถานการณ์ดั้งเดิม

ระดับ 5 นักเรียนดำเนินการทุกขั้นตอนตามกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และตรวจสอบผลเฉลยปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ว่าสอดคล้องกับสถานการณ์ที่ให้

1.5.6 การเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร โดยใช้เนื้อหาเป็นหลัก ใช้หนังสือ และแบบฝึกหัดเป็นสำคัญ สอนโดยวิธีบรรยาย หรือสาธิต มีขั้นตอนการสอน คือ (1) ขั้นทบทวนความรู้พื้นฐาน (2) ขั้นสอนเนื้อหาใหม่ (3) ขั้นสรุป (4) ขั้นฝึกทักษะ (5) ขั้นนำไปใช้ (6) ขั้นประเมินผล ตามกรอบแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.5.7 ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการใช้กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นประสิทธิภาพกระบวนการและประสิทธิภาพผลลัพธ์ตามเกณฑ์ 70/70

70 ตัวแรก (E_1) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำใบกิจกรรม แบบฝึกหัด และแบบทดสอบย่อย คิดเป็นร้อยละ 70

70 ตัวหลัง (E_2) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70

1.6 ประโยชน์ที่ได้คาดว่าจะได้รับ

ผลการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นข้อสนเทศที่ช่วยให้ครูผู้สอนในวิชาคณิตศาสตร์ และผู้เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ดังนี้

1.6.1 นักเรียนได้รับการส่งเสริม พัฒนาความรู้ความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้น

1.6.2 ครูผู้สอนสามารถนำไปเป็นแนวทาง ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทาสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้น

1.6.3 ช่วยให้ผู้เกี่ยวข้อง และผู้สนใจศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยพิจารณาลักษณะผู้เรียนที่มีความแตกต่างระหว่างบุคคล ส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้น

1.6.4 ผู้บริหาร และผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถส่งเสริมให้ผู้สอน นำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่ช่วยผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ระหว่างห้องเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษากับห้องเรียนปกติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
4. ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
5. สะเต็มศึกษา
6. การสังเคราะห์ขั้นตอนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ
8. เครื่องมือและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ
9. ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
11. กรอบแนวคิดการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้กำหนดสาระหลักจำเป็นสำหรับผู้เรียน คำอธิบายรายวิชาและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 1-5)

2.1.1 ทำไมต้องเรียนคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์

ปัญหา หรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพ และพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยคำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญ นั่นคือ การเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อมสามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จนั้นจะต้องเตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ พร้อมที่จะประกอบอาชีพเมื่อจบการศึกษา หรือสามารถศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้นสถานศึกษาควรจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมตามศักยภาพของผู้เรียน

2.1.2 เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จัดเป็น 3 สาระ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต สถิติและความน่าจะเป็น

2.1.3 จำนวนและพีชคณิต ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง อัตราส่วน ร้อยละ การประมาณค่า การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน การใช้จำนวนในชีวิตจริง แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซต ตรรกศาสตร์ นิพจน์ เอกนาม พหุนาม สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน ลำดับและอนุกรม และการนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

2.1.4 การวัดและเรขาคณิต ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิต การนึกภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิตในเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1.5 สถิติและความน่าจะเป็น การตั้งคำถามทางสถิติ การเก็บรวบรวมข้อมูล การคำนวณค่าสถิติ การนำเสนอและแปลผลสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ หลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ

2.1.6 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งได้กำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับนักเรียน ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับ และอนุกรม และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการอธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด และคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

สรุปได้ว่า สาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงความคาดหวัง หรือจุดหมายปลายทางของการเรียนคณิตศาสตร์ว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการให้นักเรียนทุกคนรู้และปฏิบัติได้ และสำหรับการศึกษาต่อในระดับสูงต่อไป

2.1.6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในที่นี้ เน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ ความสามารถต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1.6.1 การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์วางแผนแก้ปัญหา และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

2.1.6.2 การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้รูป ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน

2.1.6.3 การเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง

2.1.6.4 การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟัง และให้เหตุผลสนับสนุน หรือโต้แย้ง เพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ

2.1.6.5 การคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิม หรือสร้างแนวคิดใหม่ เพื่อปรับปรุง พัฒนาองค์ความรู้

2.1.7 คุณภาพผู้เรียน

นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เมื่อผ่านหลักสูตรจะมีคุณภาพ ดังนี้

2.1.7.1 จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

อ่าน เขียนตัวเลข ตัวหนังสือแสดงจำนวนนับไม่เกิน 100,000 และ 0 มีความรู้สึกเชิงจำนวน มีทักษะกำรบวก การลบ การคูณ การหาร และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

มีความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวกับเศษส่วนที่ไม่เกิน 1 มีทักษะการบวก การลบ เศษส่วนที่ตัวส่วนเท่ากัน และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

คาดคะเนและวัดความยาว น้ำหนัก ปริมาตร ความจุ เลือกใช้เครื่องมือและหน่วยที่เหมาะสม บอกเวลา บอกจำนวนเงิน และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

จำแนกและบอกลักษณะของรูปหลายเหลี่ยม วงกลม วงรี ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรงกลม ทรงกระบอกและกรวย เขียนรูปหลายเหลี่ยม วงกลมและวงรีโดยใช้แบบของรูป ระบุรูปเรขาคณิตที่มีแกนสมมาตรและจำนวนแกนสมมาตร และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ อ่านและเขียนแผนภูมิรูปภาพ ตารางทางเดียว และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

สรุปได้ว่า คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นเป้าหมายความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่คาดหวังให้ได้ตามมาตรฐานของหลักสูตร เพื่อให้ครูสอนคณิตศาสตร์นำไปเป็นแนวทางในการวางแผน และจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับที่สอนต่อไป

2.1.8 คำอธิบายรายวิชา

คำอธิบายรายวิชา ค23102 คณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เวลา 60 ชั่วโมง ศึกษา ฝึกทักษะ/กระบวนการในสาระต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM RAJABHAT UNIVERSITY

ศึกษา วิเคราะห์ ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร แนะนำระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร การแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร วงกลม มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมส่วนในวงกลม คอร์ดของวงกลม เส้นสัมผัสวงกลม พีระมิด กรวย และทรงกลม ปริมาตรและพื้นที่ผิวของของพีระมิด ปริมาตรและพื้นที่ผิวของกรวย ปริมาตรและพื้นที่ผิวของทรงกลม ความน่าจะเป็น โอกาสของเหตุการณ์ ความน่าจะเป็น อัตราส่วนตรีโกณมิติ ความหมายของอัตราส่วนตรีโกณมิติ อัตราส่วนตรีโกณมิติของมุมแหลม การนำอัตราส่วนตรีโกณมิติไปใช้ในการแก้ปัญหา

โดยจัดประสบการณ์หรือสร้างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่ใกล้ตัวให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าโดยการปฏิบัติจริง ทดลอง สรุป เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการในการคิดคำนวณ การแก้ปัญหา การให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมายด้วยศัพท์ภาษาอังกฤษ และการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์และนำความรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ สามารถคิดสร้างสรรค์ ผลงานและพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ตลอดจนสามารถนำประสบการณ์ด้านความรู้ที่ได้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์ระดับที่สูงขึ้น โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ค23102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1.5 หน่วยกิต เวลาตลอดภาคเรียน 60 ชั่วโมง ปรากฏดังตารางที่ 2.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT PHRANAKHON SI AYUTTHAYA UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างรายวิชา คณิตศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ค23102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1.5 หน่วยกิต เวลาตลอดภาคเรียน 60 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
1	ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร	12
	1. แนะนำระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร	2
	2. การแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร	5
	3. การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร	5
2	วงกลม	15
	1. มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม	6
	2. คอร์ดวงกลม	5
	3. เส้นสัมผัสวงกลม	4

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
3	พีระมิด กรวย และทรงกลม	15
	1. ปริมาตรและพื้นที่ผิวของพีระมิด	5
	2. ปริมาตรและพื้นที่ผิวของทรงกรวย	5
	3. ปริมาตรและพื้นที่ผิวของทรงกลม	5
4	ความน่าจะเป็น	8
	1. โอกาสของสถานะการณ์	2
	2. ความน่าจะเป็น	6
5	อัตราส่วนตรีโกณมิติ	10
	1. ความหมายของอัตราส่วนตรีโกณมิติ	3
	2. อัตราส่วนตรีโกณมิติของมุมแหลม	3
	3. การนำอัตราส่วนตรีโกณมิติไปใช้ในการแก้ปัญหา	4
รวม		60

จากตารางที่ 2.1 พบว่า โครงสร้างรายวิชา คณิตศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ค 23102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 เวลา 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 1.5 หน่วยกิต ประกอบไปด้วย 5 หน่วยการเรียนรู้ โดยหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 คือเรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 12 ชั่วโมง หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 คือเรื่อง วงกลม จำนวน 15 ชั่วโมง หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 คือเรื่อง พีระมิด กรวยและทรงกลม จำนวน 15 ชั่วโมง หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 คือเรื่อง ความน่าจะเป็น จำนวน 8 ชั่วโมง และหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 คือเรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ จำนวน 10 ชั่วโมง รวมจำนวนเวลาเรียนทั้งสิ้น 60 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1.9 ตัวชี้วัด

ค 1.3 ม.3/3

ค 2.1 ม.3/1, ม.3/2

ค 2.2 ม.3/2, ม.3/3

ค 3.2 ม.3/1

รวมทั้งหมด 5 ตัวชี้วัด

สรุปได้ว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ข้างต้นประกอบด้วย ทำไมต้องเรียนคณิตศาสตร์ เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คำอธิบายรายวิชา และตัวชี้วัด โดยมีการปรับปรุงให้มีความทันสมัย คำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็น และนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ซึ่งอยู่ในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐานการเรียนรู้ ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนด มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้โดยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.2 ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่มีการเชื่อมโยงระหว่างโลกที่เป็นจริง (Real world) กับโลกของคณิตศาสตร์ (World of mathematics) ด้วยการแทนสถานการณ์จริงของโลกในเชิงคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ยังสามารถเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ศิลปะ การศึกษาสังคม และวิชาอื่น ๆ ในหลักสูตร และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ยังเป็นกระบวนการที่คำนึงถึงความรู้สึกของนักเรียนในขณะปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญของการปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ที่ต้องการความรู้สึกร่วมในส่วนของนักเรียนด้วย หนึ่งในเป้าหมายสูงสุดของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ คือครูสามารถเตรียมนักเรียนเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมั่นใจในสถานการณ์จริงของโลก การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปแบบของปัญหาโลกแห่งความจริง วิธีการสร้างแบบจำลองเพื่อการแก้ปัญหาที่มุ่งเน้นไปที่ความหลายหลายของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และจะช่วยให้นักเรียนเห็นคณิตศาสตร์ในมุมมองกว้างของการนำไปใช้ (Supot, 2011, p. 10)

ได้มีนักการศึกษาและสถาบันทางการศึกษาให้ความหมายเกี่ยวกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Swetz and Hartzler (1991) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ คือ โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประมาณลักษณะของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น กระบวนการของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรียกว่า การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT PHRANAKHON UNIVERSITY

Ang Keng Cheng (2001) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง เพื่อให้เข้าใจปัญหาได้ดียิ่งขึ้น และทำให้เห็นความสัมพันธ์ในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน

Dindyat, (2010) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ที่ส่งออกมาเป็น วัตถุ ภาพ หรือการวาดภาพ เพื่อที่จะนำเสนอเนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กัน

Balakrishnan and Goh (2010) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ คือ การปรับปรุงสูตรทางคณิตศาสตร์ที่จะนำไปแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

Kang and Noh (2012) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการสร้างหรือออกแบบตัวแบบของสถานการณ์จำลอง เพื่อให้เข้าใจและแก้ไขประกอบการตัดสินใจ

Dindyal and Berinderjeet (2016) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการสร้างสูตรและการปรับปรุงตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้สามารถเป็นตัวแทนหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้ ผ่านกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนจะเรียนเพื่อใช้ความหลากหลายของข้อมูลเพื่อนำเสนอและเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่จะเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาสถานการณ์จริง

สุรสาร ผาสุก (2546) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง สิ่งที่ใช้เชื่อมโยงความจริงของโลกคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบที่หลากหลายแตกต่างกัน เช่น สัญลักษณ์ ฟังก์ชัน สมการ นิพจน์ กราฟ ตาราง สถานการณ์จำลอง และการทดลอง เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554ก) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายลักษณะบางอย่างของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษา ซึ่งอาจกล่าวง่าย ๆ ว่าเป็นสื่อที่ใช้อธิบายสมมติฐานต่าง ๆ และผลที่ปรากฏในสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษาในรูปแบบของคณิตศาสตร์ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีหลากหลายเช่น สมการ อสมการ กราฟ เรขาคณิต ข่ายงาน และแผนภาพต้นไม้ การนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาใช้ เป็นการนำคณิตศาสตร์มาช่วยแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษา ทั้งนี้เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการเกิดสถานการณ์หรือปรากฏการณ์นั้น ๆ ซึ่งอาจนำไปสู่การหาทางเลือกที่เหมาะสมในการหาคำตอบสำหรับแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษานั้น

ประสาน มืดภา (2556) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่า หมายถึง การนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์จริงหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้ในห้องเรียน ซึ่งรูปแบบของการแก้ปัญหาหรือการหาคำตอบนั้นจะอยู่ในรูปสัญลักษณ์ ฟังก์ชัน สมการ นิพจน์ กราฟ ตาราง สถานการณ์จำลอง หรือข้อความที่อธิบายสถานการณ์ปัญหานั้น ๆ

สรุปได้ว่า ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นสื่อที่ใช้อธิบายสมมติฐานต่าง ๆ และผลที่ปรากฏในสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษาในรูปแบบของคณิตศาสตร์ ซึ่งรูปแบบของการแก้ปัญหาโดยการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หรือการหาคำตอบของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นมีหลากหลาย เช่น สมการ อสมการ กราฟ รูป เรขาคณิต ข่ายงาน แผนภาพต้นไม้ เป็นต้น และยังเป็นการออกแบบตัวแบบของสถานการณ์จำลองต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นอีกด้วย

2.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นรูปแบบของการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ซึ่งเป็นเทคนิคที่นักคณิตศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหาในงานที่พวกเขาทำ วิธีการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะมุ่งไปที่วิธีการที่หลากหลาย โดยการใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบ และช่วยให้นักเรียนได้เห็นถึงความหลากหลายในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ กลยุทธ์ และทักษะที่นักเรียนได้เรียน จะนำไปสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ง่ายขึ้น นักเรียนจะได้นำประสบการณ์ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ดีไปใช้ในอนาคต โดยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นการรวมเอาวิธีการที่หลากหลาย ซึ่งเป็นหลักสูตรที่แยกต่างหาก หรือส่วนของหลักสูตรที่มุ่งเน้นเพื่อการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Swetz Frank and Jefferson Hartzler, 1991)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ไว้ดังต่อไปนี้

Swetz Frank and Jefferson Hartzler (1991) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ดังนี้

1. ครูจะต้องศึกษาการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้มากกว่าวิชาที่สอน
2. ครูควรเลือกกิจกรรมตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์
3. ครูควรเลือกเรื่องการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากบทความที่มีคุณภาพ
4. ครูควรตรวจสอบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เลือกว่าเป็นกิจกรรมที่สนับสนุนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน

5. ครูควรเลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หนึ่งหรือสองกิจกรรม สำหรับ สถานการณ์การสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้

6. วิธีการของปัญหานั้นเหมาะสมหรือไม่

7. ครูควรศึกษากิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นนักเรียนจะชอบหรือไม่

8. ครูจะต้องตรวจสอบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นมีเทคนิคแนวคิดที่ได้รับการยอมรับ

9. ครูจะต้องหากิจกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อื่นที่เหมาะสมหรือสร้างกิจกรรม การเรียนรู้ขึ้นมาด้วยตัวของครูเอง

Comber (1999) กล่าวถึงบทบาทของครู ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่า ครู มีบทบาทดังนี้

1. ครูควรพยายามเข้าไปมีส่วนร่วมกับนักเรียนทุกคนในการอภิปราย

2. ครูควรพยายามให้นักเรียนทุกคนคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จริงที่กำลังศึกษาอยู่

3. ครูควรดูแลให้มีการอภิปรายอยู่เสมอ ถ้าการอภิปรายดำเนินไปช้า นักเรียนจะเริ่มท้อใจและเกิดความเบื่อหน่าย

4. ครูควรจัดเตรียมความช่วยเหลือ (ถามคำถาม ให้คำแนะนำ ให้การพูดเป็นนัย แต่ต้องไม่มากเกินจำเป็น) เมื่อจำเป็น

5. ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความมุ่งมั่นที่จะหาผลลัพธ์และส่งเสริมให้มีการอภิปราย

6. ครูควรจัดการกับผลลัพธ์ด้วยความระมัดระวัง อย่ารีบร้อนที่จะพูดว่า “ใช่ถูกต้องแล้ว" หรือ “ไม่ใช่มันผิด” แต่ครูควรพูดในทำนองต่อไปนี้

“เธอสามารถทำได้ถูกต้อง” “อาจจะถูกต้อง” “มีใครเห็นด้วยกับ ชื่อ บ้าง” “มีใครได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างไปจากนี้บ้าง” “ชื่อ พูดว่า เธอเห็นด้วยหรือไม่” “มีทางไหนบ้างที่เราสามารถตรวจสอบผลลัพธ์นี้ได้”

7. ครูควรยอมรับข้อสรุปหลาย ๆ อย่างโดยให้มีข้อสรุปที่ถูกต้องรวมอยู่ด้วย จากนั้นจึงให้นักเรียนอธิบายข้อสรุปของตน

8. ถ้ามีนักเรียนบางคนเสนอข้อสรุปที่ถูกต้องก่อนคนอื่น ๆ และยังมีเวลาซึ่งนักเรียนคนอื่นยังคิดอยู่ ครูอาจใช้คำพูด “ขอบใจ ชื่อ เธออาจทำถูก แต่ครูขอให้เธอคอยสักครู่ ให้คนอื่นได้มีโอกาสคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จริงที่กำลังศึกษาอยู่บ้าง”

9. ครูควรให้นักเรียนเรียนรู้ที่จะรักษาความเงียบเพราะความเงียบจะเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง สำหรับครูในการที่จะให้ข้อสรุปที่ถูกต้องสำหรับสถานการณ์จริง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHANAKORN UNIVERSITY

Blum (2007) กล่าวว่า เราจะสนับสนุนให้นักเรียนมีสมรรถนะในการสร้างตัวแบบได้ดังนี้

1. การจัดการชั้นเรียนให้มีประสิทธิภาพและเน้นผู้เรียนเกี่ยวกับโครงสร้างการจัดการห้องเรียน ดูว่าเนื้อหาที่นำมาศึกษาจะต้องนำไปสู่การเรียนรู้ ที่มีประสิทธิภาพถ้าจัดการห้องเรียนได้ เหมาะสมก็มีผลต่อการทำงานเป็นกลุ่มซึ่งเหมาะสำหรับการสร้างตัวแบบ

2. การกระตุ้นนักเรียนเพื่อความแม่นยำ การกระตุ้นกิจกรรมการสร้างตัวแบบของนักเรียนโดย ให้นักเรียนเป็นผู้ทำเอง ครูจะต้องเน้นให้นักเรียนทำงานโดยอิสระแต่อย่าให้ทำคนเดียว ซึ่งเป็นความสำคัญของการสอนที่มีประสิทธิภาพ นี่คือหลักการสนับสนุนที่น้อยที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นสูตรแรก ของ Hans Aebli นักสอนชาวสวิส และหนึ่งในนักเรียนของ Jean Piaget ซึ่งมีแนวคิด คือ ครูคอยให้ คำแนะนำเพื่อช่วยให้นักเรียนทำงานเองได้โดยใช้คำถามกระตุ้นตัวอย่างเช่น

2.1 อ่านข้อความให้ละเอียด

2.2 นึกภาพสถานการณ์ได้ชัดเจน

2.3 ให้วาดรูป

2.4 ตั้งใจจะทำอะไร

2.5 สิ่งที่ขาดหายไป

2.6 ต้องการข้อมูลอะไรเพิ่ม

2.7 คุณมาไกลแค่ไหน

2.8 คุณมาไกลจากคำตอบที่ต้องการหรือไม่

2.9 ผลลัพธ์มีความหมายหรือไม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ทั้งหมดนี้เพียงพอต่อการแนะนำก็อาจมีประโยชน์มากขึ้น จากการสังเกตแล้วในห้องเรียน แทบไม่มีการแทรกกลยุทธ์

3. อภิปัญญาของผู้เรียน ใช้การกระตุ้นนักเรียนยังไม่เพียงพอ ซึ่งการกระตุ้นให้นักเรียนมีความเข้าใจ มีความสำคัญมากในการถ่ายโอนความรู้ การถ่ายโอนจะไม่เกิดด้วยตัวเอง และถ้ามีความจำเป็นที่จะต้องถ่ายโอนจำเป็นจะต้องเปลี่ยน meta-level ทำให้นักเรียนตระหนักถึงสิ่งที่พวกเขากำลังทำด้วย การสะท้อนกลับแนวทางคือพยายามพัฒนากลยุทธ์ล่วงหน้านี่คือเครื่องมือกลยุทธ์ที่เราใช้ในโครงการ DISUM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นแบบวงจรสี่ขั้นตอน เจ็ดขั้นตอนยุ่งยากเกินไป สี่ขั้นตอนที่เหมาะสมกับนักเรียน ขั้นทำความเข้าใจ ค้นหาคณิตศาสตร์ (นั่นหมายถึง การสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์ประกอบด้วยขั้นตอนที่สองและสามในรอบเจ็ดขั้นตอน) ใช้คณิตศาสตร์อธิบายผลลัพธ์ (ประกอบด้วยขั้นตอน 5-7 ในรอบเจ็ดขั้นตอน) ถ้าไม่เป็นที่น่าพอใจวัฏจักรใหม่จะเริ่มอีกครั้ง นี่คือ เครื่องมือในการสนับสนุนของพวกเขาและให้นักเรียนช่วยแก้ปัญหานั้น

4. หัวข้อการสร้างสรรค์ความสามารถของนักเรียนต้องได้ทำกิจกรรมจริง ดังนั้นเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ต้องมีความรู้ของคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องในหัวข้อนี้เน้นความสามารถหมายความว่า นักเรียนมีโอกาสฝึกความสามารถของพวกเขาจากการเรียนรู้โดยการสร้างตัวแบบการถกกัน การอภิปราย การเชื่อมโยงและอื่น ๆ ซึ่งการสร้างตัวแบบสามารถเรียนรู้ได้ดีที่สุดโดยการจัดกิจกรรมจริง

5. ข้อเสนอแนะของครู คุณภาพที่สำคัญจะต้องมีข้อเสนอแนะที่เหมาะสมตามที่ Hattie & Timberley เสนอว่าจะต้องพิจารณาวิธีการกระตุ้นนักเรียนซึ่งเป็นไปตามโครงการคนที่เข้าร่วมโครงการจะต้องสอนหน่วยที่ 13 เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส ซึ่งมีการพิสูจน์ การกระทำทางคณิตศาสตร์ ปัญหาและการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังตัวอย่างเรื่อง" Cable car” ซึ่งครูคอยแนะนำวิธีแก้ปัญหาของนักเรียน คำแนะนำเชิงกลยุทธ์ที่เป็นรูปธรรม ตัวอย่างเช่น วิธีแก้ปัญหาของนักเรียนเกือบถูกต้องในปัญหา “Cable car" ซึ่งนักเรียนคำนวณขาไป แต่ไม่ได้คำนวณขากลับครูให้คำแนะนำโดย ให้ดูที่ภาพ หรือถ้านักเรียนทำผิด ครูให้คำแนะนำโดย “ลองนึกภาพสถานการณ์”

Ferri and Blum (2010) กล่าวว่า ครูจะต้องเป็นผู้กำหนดเป้าหมายในการสอนด้าน เนื้อหาความรู้ จุดมุ่งหมายในการสร้างตัวแบบและวงจรในการสร้างตัวแบบ ทำงานด้วยการวิเคราะห์การสร้างตัวแบบ มิติการเรียนการสอน และมิติการวินิจฉัย

Chun (2012) กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่า ครูที่สอนจะต้องทำหน้าที่เป็นพี่เลี้ยงคอยให้การสนับสนุนอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนแนะนำกิจกรรมที่ตื่นเต้นและกระตุ้นให้ผู้เรียนหาคำตอบใช้คำพูดเพื่อให้นักเรียนคุ้นเคย

Schukajlow Krug and Rakoczy (2015) ได้พัฒนาการเรียนการสอนที่รวมเอาเอกลักษณ์การสอนที่มีคุณภาพไว้ ในส่วนที่ 3 มีหลักการ คือ

1. คำแนะนำของครูควรเน้นให้นักเรียนหาคำตอบได้อย่างอิสระ

2. มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบระหว่างการทำงานในกลุ่ม (แต่ละคู่ แต่ละกลุ่มและแต่ละคน) และกิจกรรมทั้งชั้น (การนำเสนอของนักเรียนและการสะท้อนผล)

3. การทำงานของนักเรียนและครูควรฝึกแก้ปัญหามีแนวทางการปฏิบัติมีดังนี้

3.1 การพัฒนารูปแบบการแก้ปัญหาทั้งชั้นเรียน

3.2 การเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบระหว่างการเรียนการสอนทั้งชั้นมุ่งเน้นไปที่“นักเรียนโดยเฉลี่ย” และการทำแบบฝึกหัดของแต่ละคน

Ferri (2013) กล่าวถึงบทบาทหน้าที่ของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่า การวินิจฉัยปัญหาของผู้เรียนในขณะที่การสร้างตัวแบบจะเกิดขึ้น ก่อนที่ครูจะเข้าไปมีบทบาทในกิจกรรมหรือหลังจากได้ข้อเสนอแนะ แต่การวินิจฉัยจะเกิดขึ้นได้หากครูมีความรู้ในเนื้อหา และการสอนที่เพียงพอ ดังนั้นในกรณีนี้ครูผู้สอนจะต้องมีความรู้ที่ดีในการสร้างตัวแบบ

และเข้าใจเกี่ยวกับงานต่าง ๆ ที่ได้มอบหมายให้นักเรียนในการสร้างตัวแบบ และได้กล่าวถึงสมรรถนะสำหรับการสอนการสร้างตัวแบบ ดังนี้

สมรรถนะสำหรับการสอนการสร้างตัวแบบ

การศึกษาครั้งนี้ใช้ PISA ในประเทศเยอรมนีในปี 2003 และ 2004 และผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ความรู้ของครูในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ (PCK) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สามารถบ่งชี้ได้ถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ผลการศึกษาที่สองของการศึกษา การพัฒนาการศึกษาของครู (TEDS) ซึ่งได้ดำเนินการในต่างประเทศ ก็ได้ผลการศึกษาที่คล้ายกันว่าครูนั้นมีส่วนสำคัญที่สุดต่อกระบวนเรียนการสอนดังนั้นผลจากการเรียนรู้และผลกระทบจากครูได้ถูกนำเสนอในตัวแบบนี้ ในแง่ของการสอนที่มีคุณภาพมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์ทางจิตวิทยาที่เป็นพื้นฐานของตัวแบบการถดถอย จะเห็นได้ว่าความรู้ในการจัดการเรียนการสอนของครู โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการห้องเรียนและระดับความรู้ความเข้าใจในงานมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของแต่ละบุคคลในการที่จะมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลักทางคณิตศาสตร์ที่ดีนั้น ก็จำเป็นจะต้องความรู้ในการจัดการเรียนการสอนเช่นเดียวกันโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเรียนการสอนการสร้างตัวแบบและการประยุกต์ใช้ ควรจะมีการสร้างความชัดเจนให้กับครูโดยเร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ สิ่งสำคัญคือควรจะทราบว่าวงจรของตัวแบบแบบใดสามารถนำใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน มิติ 4 มิติ มีรายละเอียดดังนี้

1. มิติทางทฤษฎี
   1.1 วงจรสร้างตัวแบบ
   1.2 จุดมุ่งหมายและภาพรวมของการสร้างตัวแบบ
   1.3 ประเภทของงานการสร้างตัวแบบ
2. มิติของงาน
   2.1 วิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการสร้างตัวแบบ
   2.2 การวิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจของงานการสร้างตัวแบบ
   2.3 การพัฒนางานการสร้างตัวแบบ
3. มิติการเรียนการสอน
   3.1 การวางแผนบทเรียนกับงานการสร้างตัวแบบ
   3.2 การดำเนินบทเรียนกับงานการสร้างตัวแบบ
   3.3 บทบาทของการสนับสนุนและให้ข้อเสนอแนะ
4. มิติการวินิจฉัย
   4.1 การตระหนักถึงขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการสร้างตัวแบบ
   4.2 การตระหนักถึงความยากลำบากและความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.3 การให้คะแนนในการสร้างตัวแบบ

มิติแรกมิติของทฤษฎี ที่มุ่งเน้นไปที่คำถามที่ว่าการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หมายถึง อะไร และความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในระดับสากลนั้นเป็นอย่างไร ซึ่งได้สรุปไว้ใน (ข) จุดมุ่งหมายและภาพรวม แม้ว่าการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ถือเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งจะเห็นได้จากที่วงจรของการสร้างตัวแบบแบบต่าง ๆ แสดงที่ให้เห็นถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลง ระหว่างความเป็นจริงกับคณิตศาสตร์ แต่ก็ถือเป็นความรับผิดชอบของครูที่อย่างน้อยควรจะรู้เกี่ยวกับวงจรการสร้างตัวแบบบ้างและเพื่อให้สอดคล้องกับกิจกรรมการสร้างตัวแบบของตน เป้าหมายของมิติ ของงานคือการทำงานและหารือกับครูคนอื่น ๆ เกี่ยวกับเกณฑ์สำหรับการสร้างตัวแบบ เพื่อที่จะได้รู้ว่า งานการสร้างตัวแบบที่ดีเป็นอย่างไร นอกจากนี้พวกเขาได้เรียนรู้ที่จะดำเนินการวิเคราะห์องค์ความรู้ ของงานการสร้างตัวแบบซึ่งหมายถึงการจัดประเภทของขั้นตอนการแก้ปัญหาในช่วงต่าง ๆ ของ การสร้างตัวแบบ อีกหนึ่งอย่างที่สำคัญคือการพัฒนางานการสร้างตัวแบบภายในกลุ่ม ซึ่งมักจะใช้ เวลานาน แต่มันจะมีประโยชน์มากสำหรับนักเรียนมันเป็นสิ่งที่ดีที่เราได้ออกแบบงาน การสร้าง ตัวแบบกลุ่มของเราเอง แต่ก็ต้องยอมรับว่าเป็นขั้นตอนที่ยาก มิติการวินิจฉัยแสดงให้เห็นว่า ครูมีความสามารถในการรับรู้ความยากลำบากและความผิดพลาดในขั้นตอนต่าง ๆ ของ การสร้างตัวแบบ และมีความรู้ในการพัฒนาการทดสอบและการให้คะแนน

Pollak and Sol (2013) กล่าวว่า การสอนเกี่ยวกับขั้นตอนของการสร้างตัวแบบครูต้องมีส่วนร่วมในการกำหนดสถานการณ์ปัญหา การตัดสินใจว่าจะเก็บอะไร และสิ่งที่ต้องทำในการสร้างตัวแบบ ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ จากนั้นตรวจสอบว่าผลลัพธ์มีความหมายกับสถานการณ์เดิมหรือไม่ ปัญหาการสร้างตัวแบบควรเป็นปัญหาจากโลกแห่งความเป็นจริง เราสามารถสอนปัญหาดังกล่าวได้ มีปัญหาที่ดีอยู่รอบ ๆ ตัวเราหลาย ๆ คน การสอนปัญหาการสร้างตัวแบบที่แท้จริงต้องใช้เวลา ตัวอย่างของระบบการศึกษาคณิตศาสตร์ไม่สามารถหาช่วงเวลาทั้งหมด ไม่เคยจัดใน 1 สัปดาห์ เพื่อให้นักเรียนปรึกษาหารือเกี่ยวกับสถานการณ์การสร้างตัวแบบ สร้างและกำหนดตัวแบบ หาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์และจากนั้นตรวจสอบความสำเร็จของสิ่งที่ทำได้ ต้องหลีกเลี่ยงการ สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ทำให้ชื่อเสียงเป็นเพียงคำศัพท์เฉพาะสำหรับคำศัพท์เก่า ๆ เท่านั้น ต้อง หาเวลาที่ต้องใช้ในการสร้างตัวแบบอย่างสมบูรณ์ อาจไม่ใช่ทุกครั้งแต่สามารถมีสามหรือสี่ชั่วโมงทุก สองสามเดือนในระหว่างที่จะทำตัวแบบเต็มรูปแบบ

สุรสาร ผาสุก (2546) กล่าวถึงครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่า บทบาทแรกของครูเริ่มที่การนำเสนอปัญหาโดยสังเขป โดยต้องมั่นใจว่านักเรียนไม่ว่าจะทำงานเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคลก็ตามต้องเข้าใจตัวปัญหาก่อน จากนั้นจึงแบ่งนักเรียนเพื่อ

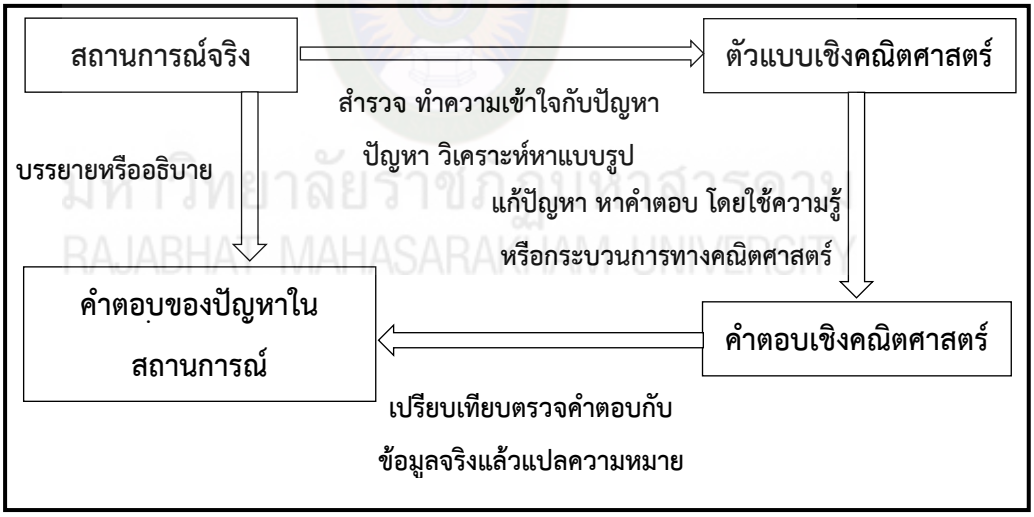
อภิปรายและเขียนรายงาน โดยในการเขียนรายงานนักเรียนต้องบ่งบอกถึงสิ่งที่เขาทำในการพัฒนาและใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อย่างไรก็ตามในกรณีทั่ว ๆ ไปการพูดของครูที่อยู่ใน ลักษณะของการวินิจฉัยกระบวนการว่าควรเป็นเช่นนั้นหรือควรเป็นเช่นนี้ควรมีให้น้อยที่สุดเนื่องจากนักเรียนมีความเชื่อมั่นว่าสิ่งที่ครูพูดนั้นเป็นสิ่งที่ถูกต้องเสมอ

กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปแบบของปัญหาโลกแห่งความจริง วิธีการสร้างแบบจำลอง เพื่อการแก้ปัญหาที่มุ่งเน้นไปที่ความหลายหลาย การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และจะช่วยให้นักเรียนเห็นคณิตศาสตร์ในมุมมองกว้างของการนำไปใช้ (Sopot, 2011, p.10)

ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายเกี่ยวกับกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554) ได้แสดงแผนภูมิกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้



ภาพที่ 2.1 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

จากแผนภูมิข้างต้น เมื่อเผชิญหน้ากับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา เราจะเริ่มสำรวจทำความเข้าใจปัญหา รวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาแบบรูปที่แสดงความสัมพันธ์ของสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและ ปัญหา ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมากำหนดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แทนความสัมพันธ์เหล่านั้น แล้วดำเนินการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จนได้คำตอบ

เชิงคณิตศาสตร์ หลังจากนั้นพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ โดยเปรียบเทียบและตรวจสอบกับข้อมูลจริง แล้วแปลความหมายออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในสถานการณ์ สุดท้ายบรรยายหรืออธิบายคำตอบของปัญหาในสถานการณ์นั้น วงจรที่ยกมานี้อาจวนไปเรื่อย ๆ ในกรณีที่ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง เช่น การวิเคราะห์หาแบบรูปที่แสดงความสัมพันธ์ของสิ่งที่เกี่ยวข้องของปัญหา ถ้ายังไม่สมบูรณ์หรือถูกต้อง ก็จะทำให้ตัวแบบที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร เมื่อดำเนินการต่อไป ตามวงจรก็จะส่งผลให้ได้ผลลัพธ์คลาดเคลื่อน ทำให้การบรรยายหรืออธิบายคำตอบของปัญหาไม่สมเหตุสมผล ดังนั้น จึงต้องทำการปรับปรุง โดยเริ่มต้นใหม่ แล้วดำเนินการตามวงจร จนได้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้คำตอบที่ได้สมเหตุสมผล สามารถนำไปบรรยายหรืออธิบายคำตอบของปัญหาต่อไปได้

Giordano and Weir (1985) กล่าวว่า กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

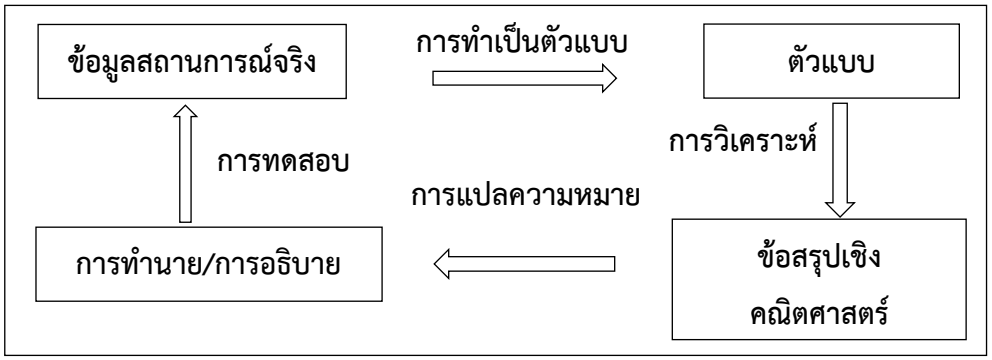
1. สังเกตลักษณะเฉพาะบางอย่างของสถานการณ์จริงที่ทำการศึกษา และระบุองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ซึ่งตามปกติเราจะไม่สามารถระบุองค์ประกอบทุกองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องได้ทั้งหมด ดังนั้น ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ จึงอาจได้มาโดยการตัดองค์ประกอบบางตัวออก

2. สร้างข้อคาดเดาหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

3. หาข้อสรุปของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

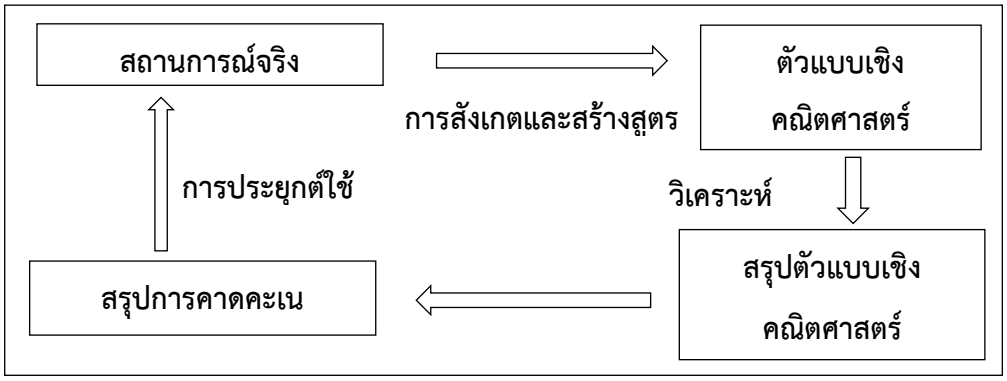
4. แปลความหมายของข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ในเทอมของสถานการณ์จริง กระบวนการศึกษา สถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ข้างต้นนั้นเป็นระบบปิด ดังแผนภูมิต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.2 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Giordano and Weir (1985)

Swetz Frank and Jefferson Hartzler (1991) กล่าวว่า กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้



ภาพที่ 2.3 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Swetz Frank and Jefferson (1991)

จากกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Swetz Frank (1991) มีรายละเอียด ดังนี้

1. การสังเกตปรากฏการณ์สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นและทำความเข้าใจปัญหาที่เป็นตัวแปรหรือพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อปัญหา

2. การคาดคะเนความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบและการตีความหมายในเชิงคณิตศาสตร์เพื่อทำให้เกิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับปรากฏการณ์นั้น

3. การใช้การวิเคราะห์ที่เหมาะสมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

5. อาจจะเพิ่มการทดสอบหรือการปรับแต่งว่าเป็นตัวแบบที่ใช้ได้หรือไม่ได้ ถ้าไม่ให้ทำการทดสอบตัวประกอบของตัวแบบและโครงสร้างที่ใช้จนกว่าจะได้ตัวแบบที่เหมาะสม

Balakrishnan and Goh (2010) ได้เสนอกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นแผนผัง ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การกระทำทางคณิตศาสตร์คณิตศาสตร์

- ทำความเข้าใจปัญหาตั้งสมมติฐานเพื่อลดความซับซ้อนของปัญหา
- นำเสนอปัญหาในรูปแบบของคณิตศาสตร์การทำงาน

การทำงาน

- แก้ปัญหาโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์เทคโนโลยีการตีความ
- ตีความคำตอบเชิงคณิตศาสตร์

การตีความ

- ตีความคำตอบเชิงคณิตศาสตร์

การสะท้อนผล

- ทบทวนสมมติฐานที่ได้ว่ามีข้อจำกัดของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หรือคำตอบที่ได้หรือไม่
- ทบทวนวิธีการทางคณิตศาสตร์และเครื่องมือที่ใช้
- ปรับปรุงตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การกระทำทางคณิตศาสตร์ (Mathematisation) คือ กระบวนการจำลองปัญหาในสถานการณ์จริงให้อยู่ในเชิงคณิตศาสตร์ โดยการสร้างเป็นสูตรที่เป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องการให้นักเรียนเข้าใจปัญหา ว่าเป็นปลายเปิดหรือปัญหาที่ซับซ้อน นักเรียนต้องการทดสอบจากข้อมูลที่ได้โดยการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสมและลดความซับซ้อนของปัญหา ว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ กับกระบวนการที่มีอยู่ นักเรียนจะใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และตัวแปรที่มีอยู่แยกแยะปัญหา แล้วนำเสนอปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ โดยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ขึ้นในรูปของกราฟ รูป ฟังก์ชัน หรือสมการ

การทำงานกับคณิตศาสตร์ (Working with mathematics) คือ ความต้องการทำให้นักเรียนเลือกใช้วิธีการและเครื่องมือที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา เมื่อมีสูตรคณิตศาสตร์แล้วนักเรียนอาจจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล หรือใช้โปรแกรมคำนวณช่วยในการคำนวณที่ยุ่งยากสุดของขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้คำตอบ

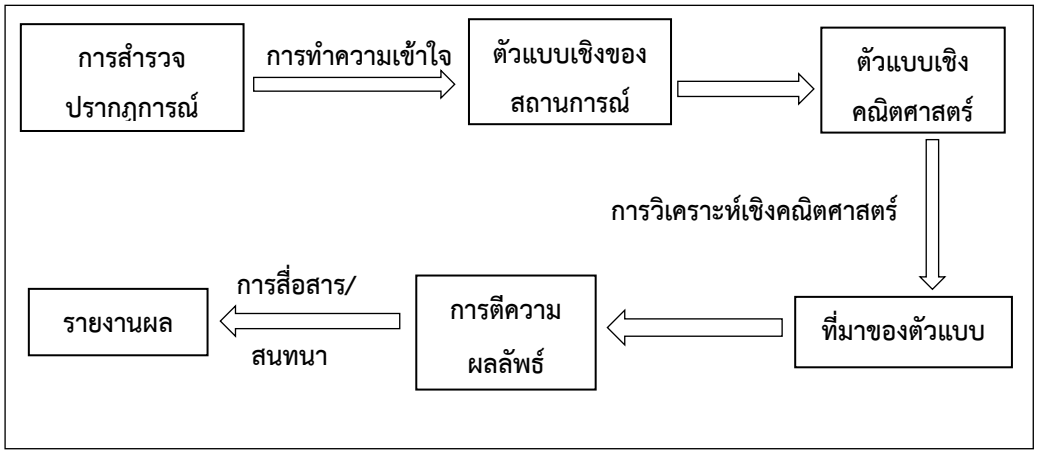
การตีความ (Interpretation) คือ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคำตอบที่ได้ไปสู่สถานการณ์จริงและคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่เหมาะสม

การสะท้อนผล (Reflection) คือ นักเรียนสามารถอธิบายตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นได้ จากการทบทวนสมมติฐานและข้อจำกัดของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การเลือกใช้วิธีการหรือเครื่องมือ ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงคำตอบของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

Dindyal, Jaguthsing (2010) กล่าวว่า กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

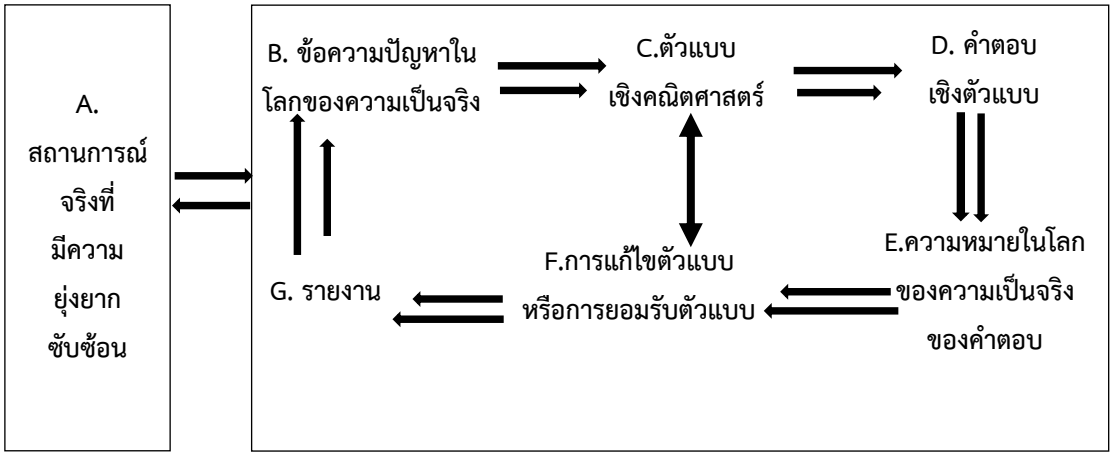
1. การเข้าใจสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องได้
3. การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแยกแยะสถานการณ์ได้
4. การตีความผลที่ได้จากการคำนวณของสถานการณ์จริง จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
5. การประเมินว่า ผลจากการตีความ มีความสัมพันธ์กับสถานการณ์เริ่มต้น
6. การอภิปรายหรือสนทนาเกี่ยวกับผลที่ได้จากการตีความ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.5 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Dlndyal, Jaguthsing (2010)

Stillman, Gloria (2010) ได้เสนอกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

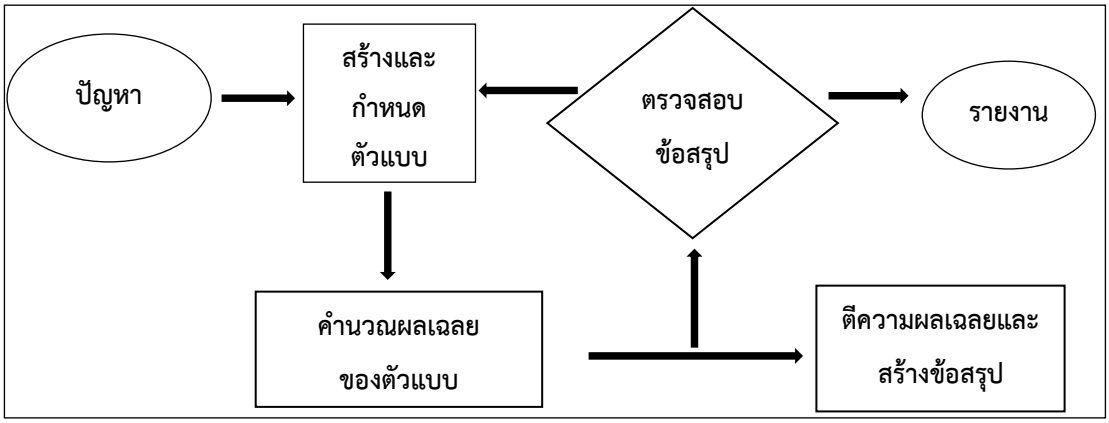


ภาพที่ 2.6 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Stillman, Gloria (2010)

ขั้นตอน A-G คือ ขั้นตอนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สัญลักษณ์ลูกศรทึบสีดำเป็นการแสดงให้เห็นถึงการผ่านแต่ละขั้นตอน ขั้นตอนทั้งหมดอธิบายได้ดังลูกศรตามเข็มนาฬิกาจากด้านบน ไปตามฝั่งขวามือ ขั้นตอนสุดท้าย คือ การรายงานตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ส่วนบางลูกศรแสดงให้เห็นขั้นตอนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ไม่ได้เป็นแบบทิศทางเดียว และชี้ให้เห็นการสะท้อนผลของแต่ละกิจกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

National Governors Association Center for Best Practices (NGA), Council of Chief State School Officers (CCSSO) (2010) ได้เสนอกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยการวาดบนสัญลักษณ์ผังงานวิศวกรรมแบบคลาสสิกด้วยวงรีเพื่อระบุจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกระบวนการและลูกศรเพื่อชี้ไปในทิศทางที่การตัดสินใจของนักเรียนนำพวกเขาไปสู่กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยเริ่มต้นด้วยการกำหนดปัญหาเบื้องต้น ตัวแปร เงื่อนไขและคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องอื่นๆ และนักเรียนจบด้วยออกรายงานกระบวนการ ผลลัพธ์และการตีความ ปรากฏดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ NGA, CCSSO (2010)

การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สามขั้นตอน โดยสร้างการแสดงแทนและกำหนดแบบเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ จากนั้นคำนวณผลเฉลยของตัวแบบเพื่อหาวิธีแก้ปัญหา และตีความผลเฉลยในแง่ของการตั้งค่าปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง จากนั้นทำการตัดสินใจครั้งสำคัญที่จะกำหนดทิศทางในขั้นต่อไป โดยการแก้ปัญหาจำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อพิจารณาว่าพวกเขาจัดการกับปัญหาได้ดีเพียงใด หากสิ่งที่ค้นพบไม่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพก็จำเป็นต้องมีการแก้ไข โดยการกลับไปที่ขั้นตอนการสร้างและกำหนดตัวแบบและพิจารณาการตัดสินใจของพวกเขาและปรับเปลี่ยน หากผลลัพธ์ตอบคำถามได้สำเร็จ จะย้ายไปที่ขั้นตอนการรายงานขั้นสุดท้ายและรายงานให้ผู้อื่นตรวจสอบ

Blum (2011) กล่าวว่า กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้าง

- บริบทจะลดลงเป็นคำสั่งที่แก้ไขได้

ขั้นที่ 2 การทำให้เข้าใจและการจัดโครงสร้าง

- มีการกำหนดตัวแปร ข้อจำกัด สมมติฐาน และความสัมพันธ์

ขั้นที่ 3 การคำนวณ

- รายละเอียดในโลกแห่งความเป็นจริงจะถูกแปลเป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 การทำงานทางคณิตศาสตร์

- การจัดการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำให้เกิดผลลัพธ์

ขั้นที่ 5 การตีความ

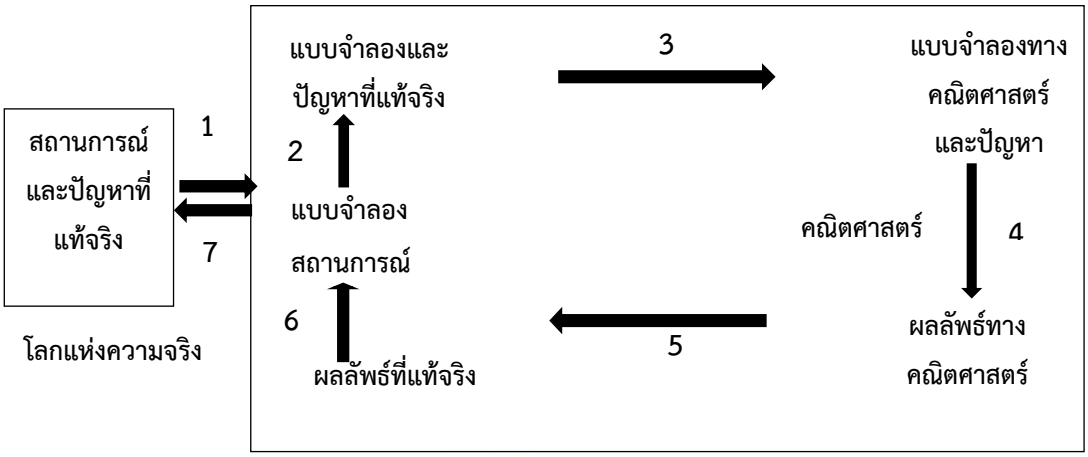
- ผลลัพธ์จะถูกตีความในแง่ของสถานการณ์ในชีวิตจริง

ขั้นที่ 6 การตรวจสอบความถูกต้อง

- ผลลัพธ์จะได้รับการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจว่าสมเหตุสมผลหรือจำเป็นต้องแก้ไข

ขั้นที่ 7 การนำเสนอ

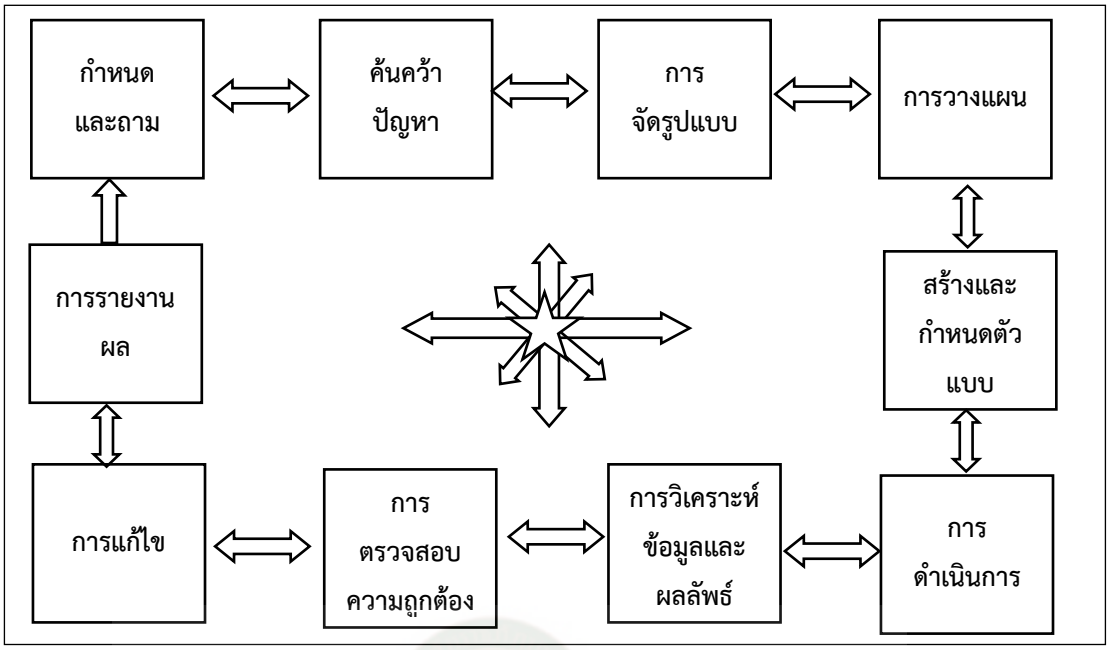
- ผลลัพธ์ได้รับการสรุปและเผยแพร่



ภาพที่ 2.8 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Blum (2011)

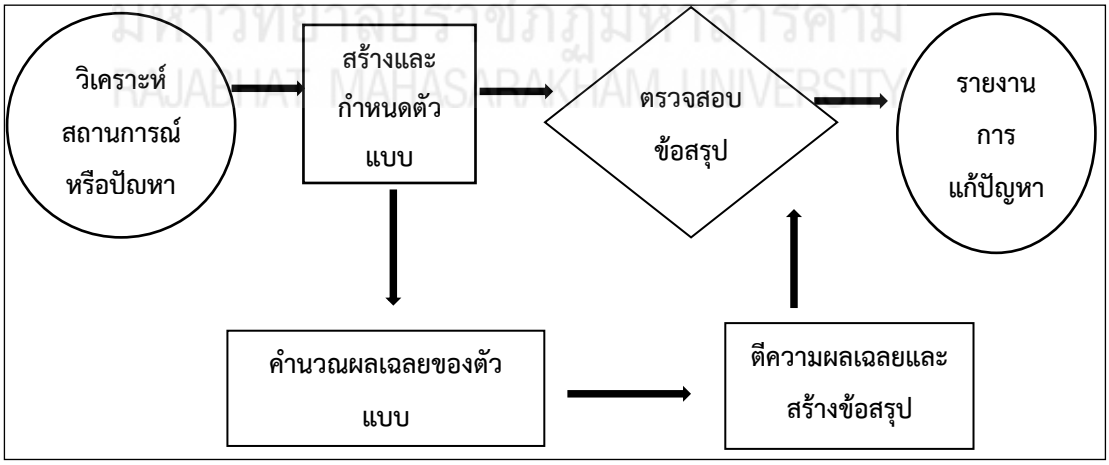
Next Generation Science Standards (NGSS) (2013) ได้เสนอกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็น ดังนี้

การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิธีการทาวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม โดยมีการดำเนินการในระหว่างกระบวนการ สามารถระบุระยะที่ใช้ร่วมกันสิบขั้นตอน คือ (1) กำหนดและถาม (2) ค้นคว้าปัญหา (3) กำหนดคำจำกัดความและข้อกำหนดให้เป็นแบบแผน (4) วางแผนแนวทางที่เป็นไปได้ (5) การสร้างต้นแบบหรือการทดลองหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (6) การดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา (7) การวิเคราะห์ข้อมูลและผลลัพธ์ (8) การตีความและการตรวจสอบความถูกต้องของโซลูชันและการค้นพบ (9) แก้ไขการตัดสินใจ และ (10) การรายงานกระบวนการและผลลัพธ์ การรับรู้ถึงสิบขั้นตอนของกระบวนการ STEM จะเป็นการวางรากฐานร่วมกันที่อาจเป็นประโยชน์ต่อการสนับสนุนและทำความเข้าใจการสอนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และแนวทางปฏิบัติในการเรียนรู้ในการศึกษา STEM ความคล้ายคลึงกันของการเรียนรู้ระหว่างกระบวนการอาจเป็นช่องทางให้นักเรียนเชื่อมโยงและถ่ายโอนข้อมูลระหว่างสาขาวิชาต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น ปรากฏดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ NGSS (2011)

Anhalt, Cynthia Oropesa and Ricardo Cortez (2015) ได้กล่าวถึงกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Anhalt, Cynthia Oropera and Ricardo Cortez (2015)

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Anhalt, Cynthia Oropesa and Ricardo Cortez (2015) เป็นเครื่องมือที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา

1.1 ระบุปัญหาที่ได้จากบริบทภายนอก (ส่วนมากจากบริบทชีวิตประจำวัน) ที่ต้องการหาคำตอบ หรือสถานการณ์ที่ต้องการเข้าใจและอธิบาย

1.2 ทำการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมหากมีความจำเป็น

1.3 ทำให้สถานการณ์หรือปัญหานั้นมีความสมเหตุสมผลและเข้าใจคำถาม

ขั้นที่ 2 สร้างและกำหนดตัวแบบ

2.1 ระบุข้อมูลที่กำหนดให้ทั้งหมด

2.2 ระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่จำเป็น

2.3 แปลงข้อมูลที่ให้ในปัญหารวมกับข้อตกลงเบื้องต้นไปเป็นปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ที่หาคำตอบได้

2.4 ใช้คณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่กำหนดให้

ขั้นที่ 3 คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ

3.1 หาผลเฉลยปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ที่ระบุไว้ในตัวแบบ

3.2 วิเคราะห์และทำการดำเนินการในตัวแบบ

3.3 ตรวจสอบความถูกต้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป

4.1 ตีความผลเฉลยเชิงคณิตศาสตร์ในเชิงความหมายศัพท์ตามสถานการณ์ดั้งเดิม

4.2 สร้างข้อสรุปซึ่งผลเฉลยบ่งบอกเกี่ยวกับสถานการณ์ดั้งเดิม

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสรุป

5.1 สะท้อนว่าคำตอบเชิงคณิตศาสตร์สมเหตุสมผลในเชิงความหมายของสถานการณ์ดั้งเดิม (เช่น ค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่สมเหตุสมผลตามความเป็นจริง)

5.2 ถ้าข้อสรุปเหมาะสมสอดคล้องพิจารณาว่า มีความถูกต้องรายงานผลเฉลย ถ้าไม่สอดคล้องเหมาะสมหรือต้องมีการปรับปรุงให้กลับไปดำเนินการตั้งแต่ขั้น 2 อีกครั้ง (สร้างและกำหนดตัวแบบ)

ขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุง

6.1 ปรับแก้ข้อตกลงเบื้องต้นซึ่งทำตามสิ่งที่เรารู้เกี่ยวกับผลเฉลยแรกและแปลงมันไปเป็นปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ใหม่หรือปรับปรุงปัญหาเดิมที่สามารถหาคำตอบได้

6.2 ความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องอาจแตกต่างจากครั้งแรกที่เราดำเนินการ

6.3 ดำเนินการขั้นต่าง ๆ ได้แก่ คำนวณ ตีความ และ ตรวจสอบ อีกครั้ง

ขั้นที่ 7 รายงานวิธีการ

7.1 นำเสนอข้อสรุปและข้อคิดเห็นเกี่ยวกับข้อสรุปร่วมกันซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้กระบวนการสร้างตัวแบบของ Anhalt, Cynthia Oropesa และ Ricardo Cortez

สรุป ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับสถานการณ์ปัญหาหนึ่ง ๆ คือ ต้องได้มาจากกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ อันประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์ (Analyze a situation) ขั้นที่ 2 สร้างและกำหนดตัวแบบ (Develop & formulate a model) ขั้นที่ 3 คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ (Compute solution of the model) ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป (Interpret the solution & draw Conclusions) ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสรุป (Validate conclusions) ขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุง (Develop & formulate a model or remodel) ขั้นที่ 7 รายงานผลเฉลย (Report the solution)

2.4 ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

การประเมินผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง ในปัจจุบันแม้จะได้มีการจัดให้นักเรียนได้เรียนเรื่องเกี่ยวกับแบบรูปและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เช่น รูปเรขาคณิต กราฟ สมการ หรืออสมการ เพื่อจะเป็นความรู้พื้นฐานเกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ง่าย ๆ แต่ในระดับโรงเรียนตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นขึ้นไป เรายังไม่มีการให้นักเรียนได้ฝึกการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นในฐานะครูคณิตศาสตร์ น่าจะได้มีการดำเนินการส่วนนี้ให้กับนักเรียนในรูปของกิจกรรมเสริม ทั้งนี้จะได้เป็นไปตามในที่กำหนดในหลักสูตรนั้นเอง (สถาบันส่งเสริมการสอนคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ, 2555 น. 291)

ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

Blum, W. (2007) ได้กำหนดสมรรถนะในการสร้างตัวแบบ หมายถึง ความสามารถของแต่ละบุคคลในการสร้างและการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการดำเนินตามขั้นตอนที่เหมาะสมตามปัญหาวิเคราะห์ หรือเปรียบเทียบตัวแบบที่กำหนดให้ เราสามารถพิจารณา 7 ขั้นตอนในวัฏจักรที่สอดคล้องกับตัวแบบในสมรรถนะย่อย

Nicholas G. Mousodlides (2012) ได้เสนอรูปแบบในการประเมินผู้เรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

1. เข้าใจและลดความซ้ำซ้อนของปัญหา ซึ่งประกอบด้วยความเข้าใจในข้อความแผนภูมิ สูตรหรือข้อมูลอย่างราบรื่นและเขียนอ้างอิงจากสิ่งเหล่านั้นได้ การแสดงความเข้าใจจะสัมพันธ์กับความคิดรวบยอดและการใช้ข้อมูลจากความรู้เดิมเพื่อที่จะเข้าใจกับข้อมูลที่ได้รับ

2. จัดการปัญหาและพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ กระบวนการนี้จะรวมถึงการมองไปที่ตัวแปร และความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในปัญหา การตัดสินใจลงมือทำเกี่ยวกับตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กัน การตั้งสมมติฐานและแก้ไขซ่อมแซม การจัดระเบียบ การพิจารณาและการประเมินข้อมูลในบริบทที่เป็นปัญหา โดยใช้กลยุทธ์และความรู้ ความเชื่อในทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนในการพัฒนาตัวแบบ

3. การตีความคำตอบของปัญหา ประกอบด้วยการตัดสินใจวิเคราะห์ระบบหรือออกแบบระบบที่จะนำไปสู่เป้าหมาย (ในกรณีวิเคราะห์และออกแบบระบบ) การวินิจฉัยและการนำเสนอ คำตอบ (ในกรณีงานที่เป็นการแก้ปัญหา)

4. การตรวจสอบ การทำให้ถูกต้องสะท้อนคำตอบของปัญหา ซึ่งประกอบด้วยการสร้างและการนำไปใช้แบบที่แตกต่างของตัวแทนสำหรับคำตอบของปัญหา การพูดคุยและการสื่อสารสนทนาเกี่ยวกับคำตอบการประเมินคำตอบ จากมุมมองที่แตกต่างในความพยายามที่จะปรับโครงสร้างของคำตอบ และการให้เกิดมากกว่าคำว่าทางสังคม หรือทางเทคนิคที่ได้รับการยอมรับการตรวจสอบ การวิเคราะห์ และสะท้อนบนคำตอบและคำถามโดยทั่วไปของตัวแบบการวิเคราะห์และสะท้อนบนคำตอบและคำถามโดยทั่วไปของตัวแบบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Burkhardt (2013) กล่าวถึง การประเมินการสร้างตัวแบบ ดังนี้

1. การประเมินผลการสร้างตัวแบบ (Assessment Tasks for Modeling)
   - 1.1 การสำรวจโดเมน
   - 1.2 การสร้างความคิด
   - 1.3 การปรับแผน
   - 1.4 การประเมินผล
2. บทบาทของการประเมิน (Roles of Assessment)
   - 2.1 การวางแผน
   - 2.2 ออกแบบ
   - 2.3 ประเมินและแนะนำ
   - 2.4 วิจารณ์และปรับปรุง
   - 2.5 ตรวจสอบ

วัตถุประสงค์ของการประเมินที่สำคัญ คือ

2.5.1 การประเมินผลสรุปเป็นรายงาน เพื่อเฉลิมฉลองความสำเร็จ ตอบแทนความพยายามและความสำเร็จ เพื่อเลือกผู้เรียนกลุ่มวิชาหรืออาชีพ เก็บหลักฐานการบันทึกเพื่อให้ครู ผู้บริหารและผู้ปกครองสามารถทราบความคืบหน้าได้

2.5.2 การประเมินขั้นต้น เป็นการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและเพื่อแจ้งการสอน กระตุ้นผู้เรียน การประเมินควรเป็นกิจกรรมสัปดาห์ต่อสัปดาห์มีการทดสอบเป็นประจำ

2.5.3 การประเมินเชิงประเมินสำหรับงานวิจัย เพื่อประเมินวิธีการสอนดูว่าพวกเขาทำงานอย่างไรในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจลึกซึ้งในการสอนและการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาเครื่องมือและกระบวนการที่ทำให้ครูสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การประเมินผลสรุป (Summative Assessment)

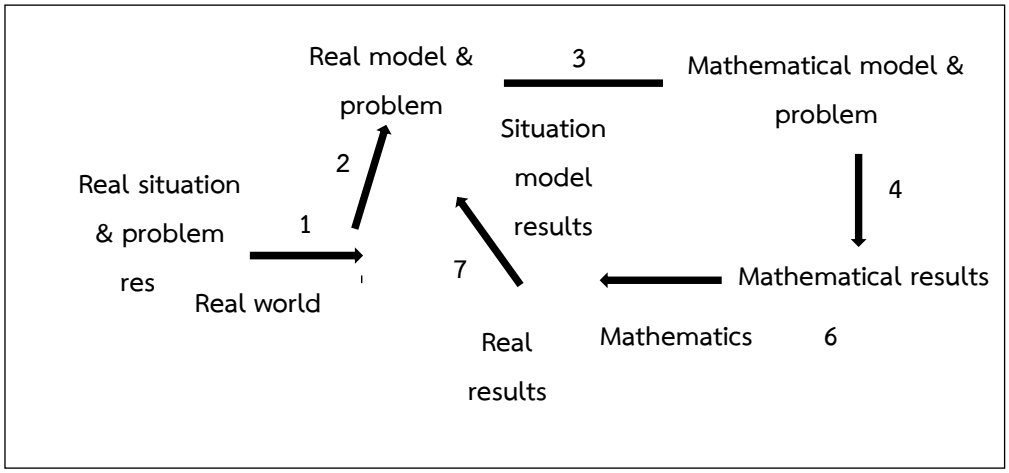
3.1 แนวคิดและวิธีการ นักเรียนสามารถอธิบายและประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ แปลความหมายและดำเนินกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างแม่นยำและคล่อง

3.2 การแก้ปัญหา นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างดีในด้านคณิตศาสตร์บริสุทธิ์ และประยุกต์ใช้การใช้ความรู้และการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิผล

3.3 เหตุผลในการสื่อสาร นักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งได้อย่างชัดเจนและแม่นยำเพื่อสนับสนุนเหตุผลของตนเอง และเพื่อวิจารณ์เหตุผลของผู้อื่น

3.4 การสร้างแบบจำลองและการวิเคราะห์ข้อมูล นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ซับซ้อนในโลกแห่งความเป็นจริงสามารถสร้างและใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อตีความและแก้ปัญหาได้

Blum and Lei β (2017) ได้เสนอความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้



ภาพที่ 2.11 วัฏจักรการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (The Modeling Cycle) (2017)

มีขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้าง
2. การลดความซ้ำซ้อน
3. การกระทำทางคณิตศาสตร์
4. การทำงานทางคณิตศาสตร์
5. การตีความ
6. การตรวจสอบ
7. การนำเสนอ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 7 ขั้นตอนดังนี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์และโลกแห่งความเป็นจริง

Gatabi and Abdolahpour (2013) ได้ให้ความหมาย ความสามารถในการสร้างตัวแบบ คือ ทักษะและความสามารถในการดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างตัวแบบได้อย่างถูกต้องและตรงตามเป้าหมาย รวมถึงความเต็มใจที่จะนำไปสู่การปฏิบัติ มีเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างตัวแบบ ดังนี้

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Gatabi and Abdolahpour (2013)

กรอบการประเมินความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	ระดับคะแนน
นักเรียนไม่เข้าใจสถานการณ์และไม่สามารถร่างหรือเขียนสิ่งใดเกี่ยวกับปัญหาที่ให้	0
นักเรียนเข้าใจสถานการณ์จริงที่ให้แต่ไม่สามารถเห็นโครงสร้างและลดความซับซ้อนของสถานการณ์ได้หรือไม่สามารถหาความเชื่อมโยงกับแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้	1
หลังจากการทำการสืบค้นเกี่ยวกับสถานการณ์จริงที่ให้ นักเรียนค้นพบตัวแบบจริงผ่านการสร้างโครงสร้างและการลดความซับซ้อนได้ไม่ว่าจะแปลงไปสู่ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์อย่างไร (นักเรียนสร้างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์จริง)	2
นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์แต่ไม่สามารถทำอะไรกับโจทย์คณิตศาสตร์นี้ได้	3
นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ และสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์จนได้ผลเฉลยเชิงคณิตศาสตร์แต่ไม่ได้อธิบายกลับไปสู่สถานการณ์ดั้งเดิม	4
นักเรียนดำเนินการทุกขั้นตอนตามกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และตรวจสอบผลเฉลยปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ว่าสอดคล้องกับสถานการณ์ที่ให้	5

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Leong (2013) ได้พัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เกณฑ์การให้คะแนนนี้ มีค่าอัลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.72 แสดงให้เห็นว่าเกณฑ์มีความเชื่อมั่น ได้ผ่านการตรวจสอบเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญหลายคนในสาขานี้เพื่อความถูกต้องของเนื้อหาและ ยอมรับรายการในเกณฑ์การให้คะแนน สะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับแต่ละขั้นตอน ระดับคะแนนมี 5 ระดับ ตั้งแต่ 0 ถึง 4 ดังนี้ 0: ไม่ทำ 1: ต่ำกว่าเกณฑ์ 2: ปานกลาง 3: ดี 4: ยอดเยี่ยม กระบวนการสร้างตัวแบบจะให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนักและขึ้นอยู่ กับความสำคัญของกระบวนการแต่ละขั้นตอนจะได้คะแนน 0-4 น้ำหนักรวมเท่ากับ 12 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการสร้างตัวแบบของ Leong (2013)

กระบวนการสร้างตัวแบบ	น้ำหนักคะแนน
การกำหนดตัวแปร 1. ระบุตัวแปรในรูปแบบ 2. แก้ปัญหาอย่างชัดเจน 3. กำหนดคุณลักษณะที่สำคัญ	1
การกำหนดตัวแบบ 1. การสร้างตัวแบบ 2. ระบุข้อสมมติฐานทั้งหมดอย่างชัดเจน 3. อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	3
การดำเนินงานทางคณิตศาสตร์ 1. การใช้คณิตศาสตร์อย่างถูกต้อง 2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 3. ดำเนินการเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปร	2
ตีความผลเฉลย 1. เข้าถึงผลเฉลย 2. แก้ปัญหา 3. ประเมินรูปแบบและวิธีการแก้ปัญหา	3
ตรวจสอบข้อสรุป 1. ทบทวนรูปแบบตามปัญหา 2. ตีความผลเฉลยตามตัวแบบที่แก้ไขแล้ว 3. ปรับปรุงรูปแบบ	2
การรายงานข้อสรุป 1. สรุปผล 2. เหตุผลเกี่ยวกับสมมติฐาน	1

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Anhalt and Cortez (2015) กำหนดเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Anhalt and Cortez (2015)

องค์ประกอบของการสร้างตัวแบบ	คำอธิบายสิ่งที่ต้องดำเนินการ สำหรับแต่ละองค์ประกอบของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	ระดับการให้คะแนน
ขั้นที่ 1	A1 ระบุปัญหาที่ได้จากสถานการณ์ A2 ทำการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมหากมีความจำเป็น A3 ทำให้สถานการณ์หรือปัญหานั้นมีความสมเหตุสมผลและเข้าใจคำถาม	3 ชำนาญดำเนินการอย่างสมบูรณ์
ขั้นที่ 2	B1 ระบุข้อมูลที่กำหนดให้ทั้งหมด B2 ระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่จำเป็น B3 แปลงข้อมูลที่ให้ในสถานการณ์รวมกับข้อตกลงเบื้องต้นทำไปเป็นปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ที่หาคำตอบได้ (สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้) B4 ใช้คณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่กำหนดให้	2 พัฒนาดำเนินการบางส่วนแต่ไม่สมบูรณ์
ขั้นที่ 3	C1 หาผลเฉลยปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ที่ระบุไว้ในตัวแบบ C2 วิเคราะห์และทำการดำเนินการในตัวแบบ C3 ตรวจสอบความถูกต้อง	1 ปรับปรุงดำเนินการเพียงเล็กน้อยหรือแทบจะไม่ดำเนินการ
ขั้นที่ 4	D1 ตีความผลเฉลยเชิงคณิตศาสตร์ตามสถานการณ์ D2 สร้างข้อสรุปเกี่ยวกับสถานการณ์	
ขั้นที่ 5	E1 สะท้อนว่าคำตอบเชิงคณิตศาสตร์สมเหตุสมผล (เช่น ค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่สมเหตุสมผลตามความเป็นจริง) E2 ถ้าข้อสรุปเหมาะสมสอดคล้องพิจารณาว่ามีความถูกต้องรายงานผลเฉลยถ้าไม่สอดคล้องเหมาะสมหรือต้องมีการปรับปรุงให้กลับไปดำเนินการตั้งแต่ขั้นที่ 2 อีกครั้ง (สร้างและกำหนดตัวแบบ)	

(ต่อ)

(ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

องค์ประกอบของการสร้างตัวแบบ	คำอธิบายสิ่งที่ต้องดำเนินการ สำหรับแต่ละองค์ประกอบของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	ระดับการให้คะแนน
ขั้นที่ 6	F1 ปรับแก้ข้อตกลงเบื้องต้นซึ่งทำตามสิ่งที่เรารู้เกี่ยวกับผลเฉลยแรกและแปลงไปเป็นปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ใหม่หรือปรับปรุงปัญหาเดิมที่สามารถหาคำตอบได้ F2 ความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องอาจแตกต่างจากครั้งแรกที่เราดำเนินการ F3 ดำเนินการขั้นต่าง ๆ ได้แก้ คำนวณ ตีความ และตรวจสอบอีกครั้ง	
รายงานผลเฉลย	แบ่งปันข้อสรุปและเหตุที่อยู่เบื้องหลังพวกเขา	

นอกจากนี้ Anhalt and Cortez (2015) ได้พัฒนารูปแบบเกณฑ์การประเมินการสร้างตัวแบบสำหรับการประเมินปัญหาการสร้างตัวที่คำนึงถึงกระบวนการสร้างตัวแบบ การแก้ปัญหาและการสะท้อนเกี่ยวกับกระบวนการของนักเรียนในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จะช่วยให้ครูประเมินกระบวนการที่นักเรียนทำเพื่อสร้างผลงานที่มีคุณภาพขณะที่พวกเขาดำเนินการ ตามวัฏจักรการสร้างตัวแบบและส่งเสริมความคุ้นเคยกับขั้นตอนกระบวนการสร้างตัวแบบ ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
DHANBURI RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Anhalt and Cortez (2015)

ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพ	ระดับการให้คะแนน					
	5	4	3	2	1	0
การอธิบาย	แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจและให้คำอธิบายอย่างครบถ้วน: เหตุผลและ	แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจพื้นฐานและให้คำอธิบายเล็กน้อย	แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแต่มีช่องว่างบางคำอธิบาย	แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเล็กน้อย ช่องว่างในการคิดน้อย	แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจบางส่วนและไม่มีคำอธิบาย	

(ต่อ)

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพ	ระดับการให้คะแนน					
	5	4	3	2	1	0
การอธิบาย	คำอธิบายแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในแนวคิด			หรือไม่มีคำอธิบาย		
การเชื่อมโยง	แสดงแนวคิดที่เชื่อมโยงกัน: ใช้มากกว่าหนึ่งแนวคิดและแสดง	แสดงแนวคิดที่เชื่อมโยงกัน	แสดงแนวคิดที่เชื่อมโยงกันบางส่วนมีจุดขาดหายไปหรือไม่ชัดเจน	แสดงแนวคิดที่ไม่เชื่อมโยงกัน	แสดงแนวคิดที่ไม่เชื่อมโยงกัน	
ผลงาน	งานสมบูรณ์รวมถึงสมมติฐานและวิธีการแก้ปัญหา	งานสมบูรณ์	งานไม่สมบูรณ์แต่มีข้อมูลที่สำคัญ	งานไม่สมบูรณ์ขาดข้อมูลสำคัญบางอย่าง	งานไม่สมบูรณ์ขาดข้อมูลสำคัญ	ไม่แสดงหลักฐานการทำงาน
การให้เหตุผล	แสดงหลักฐานของความรอบคอบและเหตุผล	แสดงหลักฐานการให้เหตุผล	แสดงหักฐานของเหตุผลบางส่วน	แสดงเหตุผลเพียงเล็กน้อย	แสดงหลักฐานของเหตุผลที่ไม่ถูกต้อง	

(ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพ	ระดับการให้คะแนน					
	5	4	3	2	1	0
ความรู้รวบยอด	แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและใช้หลายแนวคิดได้เหมาะสมกับปัญหาที่กำหนด	แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง	แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ไม่ถูกต้องบางส่วน	แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วน	แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ไม่ถูกต้อง	
การคำนวณ	นำเสนอการคำนวณที่ถูกต้อง	แสดงการคำนวณผิดพลาด	แสดงข้อผิดพลาดที่เป็นผลจากการคำนวณ	แสดงข้อผิดพลาดที่สำคัญในการคำนวณ	แสดงข้อผิดพลาดที่สำคัญในการคำนวณ	
การคำนวณ	(อาจเป็นข้อสังเกตเล็กน้อย) คำนวณถูกต้องใช้หน่วยที่เหมาะสม	เล็กน้อย				

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากรูปแบบและเกณฑ์การประเมินผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ การประเมินความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของ Gatabi and Abdolahpour (2015) ใช้เกณฑ์เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของ Anhalt and Cortez (2015) ผู้วิจัยได้ปรับเกณฑ์การให้คะแนนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของ Anhalt and Cortez จาก 6 ระดับ คือ 0-5 ได้นำมาปรับเป็น 4 ระดับ คือ 0-3 เพื่อความสะดวก และความเหมาะสมในการนำไปใช้ในงานวิจัย

ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นการเปลี่ยนปัญหาจากโลกแห่งความเป็นจริงให้เป็นโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากนั้นใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์แก้โจทย์ปัญหาแล้วตีความผลเฉลยนำไปอธิบายคำตอบของปัญหาดั้งเดิมเหล่านั้น ดังนั้น การเรียนรู้ในห้องเรียนก็สามารถฝึกทักษะให้นักเรียนมีความสามารถสร้างตัวแบบ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถจัดการกับปัญหาทั่วไปที่ไม่จำเป็นต้องเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้วยเหตุนี้การส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญ Kaiser (2011), Chan (2012), Schoenfeld (2013)

ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Gatabi, A. R. and Abdolahpour, K. (2013) ได้ให้ความหมาย ความสามารถในการสร้างตัวแบบ คือ ทักษะและความสามารถในการดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างตัวแบบได้อย่างถูกต้องและตรง ตามเป้าหมาย รวมถึงความเต็มใจที่จะนำไปสู่การปฏิบัติ มีเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 6 ระดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระดับ 0 นักเรียนไม่เข้าใจสถานการณ์และไม่สามารถร่างหรือเขียนสิ่งใดเกี่ยวกับปัญหาที่ให้

ระดับ 1 นักเรียนเข้าใจเพียงแต่สถานการณ์จริงที่ให้แต่ไม่สามารถเห็นโครงสร้างและลดความซับซ้อนของสถานการณ์ได้ หรือไม่สามารถหาความเชื่อมโยงกับแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ใด

ระดับ 2 หลังจากทำการสืบค้นเกี่ยวกับสถานการณ์จริงที่ให้ นักเรียนค้นพบตัวแบบจริงผ่านโครงสร้างและการลดความซับซ้อน แต่ไม่ว่าจะแปลงไปสู่ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์อย่างไร (นักเรียนสร้างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์จริง)

ระดับ 3 นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ แต่ไม่สามารถทำอะไรเกี่ยวกับโจทย์คณิตศาสตร์ได้

ระดับ 4 นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ และสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์จนได้ผลเฉลยเชิงคณิตศาสตร์ แต่ไม่ได้อธิบายกลับไปสู่สถานการณ์ดั้งเดิม

ระดับ 5 นักเรียนดำเนินการทุกขั้นตอนตามกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และตรวจสอบผลเฉลยปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ว่าสอดคล้องกับสถานการณ์ที่ให้

สุรสาร ผาสุก (2546) ความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หมายถึง ความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 5 ด้าน ได้แก่

1. การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง นักเรียนสามารถระบุประเด็นของปัญหาที่ต้องการศึกษาได้ถูกต้อง รวมถึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าประเด็นปัญหามีอะไรบ้างที่เป็นตัวแปร ตัวแปรใดเป็นตัวแปรที่สำคัญหรือตรงประเด็นที่ต้องการศึกษา และตัวแปรเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

2. การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถสังเคราะห์ความรู้จากหลาย ๆ ทาง เช่น มโนมติ สมบัติและกราฟของฟังก์ชันที่เกี่ยวข้อง ความรู้ทางสถิติ ตลอดจนความรู้เกี่ยวกับการจัดการเชิงคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ในการแทนประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งอยู่ในรูปของกราฟหรือฟังก์ชันเชิงเส้น ควอดราติก และเอกซ์โพเนนเชียล

3. การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์หาข้อสรุปของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้

4. การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถทดสอบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เหมาะสมกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาหรือไม่ ในกรณีที่พบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ยังไม่เหมาะสม นักเรียนสามารถขัดเกลา หรือหาตัวแบบที่เหมาะสมกว่าได้หรือไม่

5. การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง นักเรียนสามารถแปลความหมายจากข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ ไปสู่ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาได้ตรงประเด็นหรือไม่ รวมไปถึงความสามารถในการให้เหตุผลสนับสนุนหรือชี้แจงการแปลความหมายนั้น สรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling Competency)” หมายถึง ผลการประเมินความสามารถของนักเรียนในกระบวนการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น หลังจากที่นักเรียนได้เข้าร่วมการจัดการเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ครบทุกกิจกรรมเป็นรายบุคคล ระดับความสามารถการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบ่งเป็น 6 ระดับ คือ ระดับ 0 นักเรียนไม่เข้าใจสถานการณ์และไม่สามารถร่างหรือเขียนสิ่งใดเกี่ยวกับปัญหาที่ให้ ระดับ 1 นักเรียนเข้าใจเพียงแต่สถานการณ์จริงที่ให้แต่ไม่สามารถเห็นโครงสร้างและลดความซับซ้อนของสถานการณ์ได้ หรือไม่สามารถหาความเชื่อมโยงกับแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ใด ระดับ 2 หลังจากทำการสืบค้นเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ให้ นักเรียนค้นพบตัวแบบจริงผ่านโครงสร้างและการลดความซับซ้อน แต่ไม่ว่าจะแปลงไปสู่ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์อย่างไร (นักเรียนสร้างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์จริง) ระดับ 3 นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ แต่ไม่สามารถทำอะไรเกี่ยวกับโจทย์คณิตศาสตร์ได้ ระดับ 4 นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์และสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์จนได้ผลเฉลยเชิงคณิตศาสตร์ แต่ไม่ได้อธิบายกลับไปสู่สถานการณ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ดั้งเดิม ระดับ 5 นักเรียนดำเนินการทุกขั้นตอนตามกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และตรวจสอบผลเฉลยปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ว่าสอดคล้องกับสถานการณ์ที่ให้

2.5 สะเต็มศึกษา (STEM Education)

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นการจัดการเรียนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะ เช่น ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานร่วมกัน มีความสำคัญต่อการใช้ชีวิตและการทำงานเป็นอย่างมาก การอาศัยเพียงแค่องค์ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพียง อย่างเดียวอาจไม่เพียงพออีกต่อไป ผู้เรียนจะต้องสามารถบูรณาการความรู้ที่หลากหลาย รวมถึงเชื่อมโยงความรู้จากหลากหลายสาขาวิชาเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาและการดำเนินชีวิตได้ ฉะนั้น การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 พร้อมกับการพัฒนาความสามารถในการบูรณาการความรู้และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนในปัจจุบันเป็นอย่างมาก ซึ่งการที่จะพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 นั้น สามารถพัฒนาได้หลายวิธีและวิธีการหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมก็คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านแนวทางของสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตร หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิดการตั้งคำถาม การแก้ปัญหา และสร้างทักษะการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.5.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

ได้มีนักการศึกษาและสถาบันทางการศึกษาให้ความหมายเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ไว้ดังต่อไปนี้

Brophy et al. (2008, p. 225) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) จะช่วยให้นักเรียนเชื่อมต่อกับทักษะที่เกี่ยวข้องกับทักษะที่ใช้งานจริง โดยการให้บริบทการเรียนรู้ที่มีคุณค่า

Lantz (2009, p. 85) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการบูรณาการความรู้ของทั้ง 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ให้เป็นหนึ่งเดียว เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากโรงเรียนสู่โลกแห่งความเป็นจริง

Hershbach and Williams (2011, p. 43) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า ในมุมมองของนักการศึกษา เป็นการเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์ด้านการสอนจากการบรรยายแบบดั้งเดิม และเปลี่ยนมาใช้การบูรณาการตามโครงการวิธีการ STEM

Gejanette (2012, p. 132) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาที่สอดคล้องกับ Wayne (2012, p.101), Breiner (2012, p. 92) และ Hardness (2012, p. 76) ไว้ว่าสะเต็มศึกษาเป็นการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาต่าง ๆ 4 วิชา (Interdisciplinary) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้เด็กนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ และเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์ หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

Gonzalez and Kuenzi (2012, p. 59) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการเรียนการสอน หรือการเรียนรู้ ในสาขาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ รวมถึงการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งที่เป็นทางการ เช่น ในห้องเรียน และไม่เป็นทางการ เช่น โปรแกรมแบบฝึกหัด

Breiner (2012, p. 99) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกันอันได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมและวิชาคณิตศาสตร์ให้รวมเป็นหนึ่งเดียว

O'Neil (2012, p. 171) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยมีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ของแต่ละวิชาที่บูรณาการและสามารถนาไปใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

Heather (2012, p. 1) ได้ให้ความหมายของคำว่า “STEM Education” ไว้ว่า เป็นการเรียนการสอนและการเรียนรู้ในด้านของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ มักจะมีกิจกรรมการศึกษาทั่วทุกระดับชั้นจากโรงเรียนจนถึงระดับปริญญาเอกทั้งในห้องเรียนอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครธนบุรี
RAJABHAT PHRANAKHON THONBURI UNIVERSITY

Michel Berry (2012, p. 225) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการบูรณาการวิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและสามารถส่งเสริมทักษะการคิดแก้ปัญหาและที่สำคัญสามารถช่วยสร้างการเชื่อมโยงแห่งความจริง

Nathan (2013, p. 183) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการจัดประสบการณ์แบบสะเต็มศึกษา คือ การเรียนรู้เนื้อหาและทักษะทางด้านวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และเทคโนโลยี (Technology) ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้เด็กได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ ตั้งอยู่บนรากฐานความรู้และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี อีกทั้งวิชาทั้งสี่เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิตและความมั่นคงของประเทศ

อภิสิทธิ์ ธงชัย (2555, น. 60) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยทั้งสี่วิชามีความสำคัญเท่ากัน เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้า สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

ธานี จันทร์นาง (2556, น. 38) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการบูรณาการเนื้อหาของ 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556, น. 16) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้นตั้งแต่อนุบาลประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการทองจำสูตรเพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรูจักคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

ศานิกานต์ เสนีวงศ์ (2556, น.30) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไวว่า เป็นแนวการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงรวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและอาชีพ

รักษพล ธนานุวงศ์ (2556, น. 49) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะด้านวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และเทคโนโลยี (Technology) ซึ่งล้วนแต่เป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความรู้และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี อีกทั้งวิชาทั้ง 4

มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจและการพัฒนาคุณภาพชีวิต

ยศวีย์ สายฟ้า (2556, น. 54) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีเป้าหมายหลักเพื่อเตรียมความพร้อมเด็กในด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยมุ่งเน้นที่จุดเน้นของแต่ละด้าน

พรทิพย ศิริภัทราชัย (2556, น. 49) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไวว่า เป็นการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งตาง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

วิรวรรณ สารกิจปรีชา (2557, น. 57) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไวว่า เป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่นำมาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีที่มาจากประเทศสหรัฐอเมริกาที่ต้องการผลักดันและปูพื้นฐานระบบการศึกษาให้เยาวชนมีขีดความสามารถทักษะในระดับสูงต่อไปในอนาคต

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557, น. 4) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการเรียนรูที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ขณะเดียวกันต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับการเรียนรูเนื้อหาด้วยพฤติกรรมเหล่านี้รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบการคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรูหรือการทำงานแบบร่วมมือ

ชลาธิป สมาหิโต (2557, น.1) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่บูรณาการกลุ่มสาระและทักษะกระบวนการของทั้ง 4 สาระ อันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละสาระวิชาและกระบวนการจัดการเรียนรูให้กับผู้เรียนมาผสมผสานกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้พัฒนาทักษะที่สำคัญและจำเป็น อีกทั้งยังตอบสนองต่อการดำรงชีวิตอยู่ในยุคปัจจุบันและโลกอนาคต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557, น. 3) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ของสหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน

สมชาย พัฒนาชวนชม (2557, น. 28) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวคิดในการบูรณาการความรู้ศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในเชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาปรับปรุงปัญหาเดิมให้ดีขึ้นด้วยแนวทางอื่น ๆ ซึ่งการเรียนรู้แบบสะเต็มสามารถนำมาใช้ในการทำโครงงานโดยใช้เทคโนโลยีด้านไอซีที (ICT) ตั้งแต่สืบเสาะค้นคว้า เชื่อมโยงความรู้ ออกแบบโครงงาน ลงมือปฏิบัติ จนถึงการนำเสนอโครงงาน ตลอดจนพัฒนาทักษะต่าง ๆ ระหว่างทำโครงงานซึ่งทักษะเหล่านี้ล้วนจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตประจำวันและการแข่งขันในงานอาชีพแห่งยุคศตวรรษที่ 21

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้ จัดการเรียนการสอนหรือจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนที่บูรณาการศาสตร์หรือความรู้ทั้ง 4 วิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทุกสาขาทุกแขนง สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไปได้ โดยเน้นทักษะต่าง ๆ ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริงเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต

2.5.2 ความสำคัญของสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรม เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่ (1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้ (2) มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด (3) มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบแอคทีฟ (Active Learning) ของผู้เรียน (4) ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และ (5) สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต

ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา ไว้ดังต่อไปนี้

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556, น. 14) ได้ให้ความสำคัญของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สืบเนื่องจากความจำเป็นที่ไทยต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงต้องนำสะเต็มศึกษาเข้ามาช่วยสร้างคนรุ่นใหม่ทุกคนให้มีความสามารถเรียนรู้คิดใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน สามารถ

ติดตามความก้าวหน้าความรวดเร็วของวิทยาการใหม่ ๆ โดยการศึกษาต่อเนื่องตลอดชีวิต และสามารถประกอบอาชีพ หรือปฏิบัติงานที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลอย่างแท้จริง

สนธิ พลชัยยา (2557, น. 7) ได้ให้ความสำคัญอีกประการหนึ่งของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการออกแบบการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และการเชื่อมโยงความรู้จากบทเรียนในห้องเรียนเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันแล้วสะเต็มศึกษายังช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดขั้นสูงซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษามีความสำคัญในการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ช่วยสร้างคนให้สามารถเรียนรู้ คิด ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน มีความสำคัญในการเสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิตทั้งในและนอกห้องเรียน ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ที่จำเป็นต่อผู้เรียน สามารถนำความรู้ความสามารถจากการบูรณาการไปใช้ในการประกอบอาชีพหรือปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ELLA

2.5.3 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการทำกิจกรรมหรือโครงงานสะเต็มศึกษาจะมีความพร้อมที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในภาคการผลิตและการบริการที่สำคัญต่ออนาคตของประเทศ ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558, น. 5) มีดังต่อไปนี้

2.5.3.1 ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมเป็นฐาน

2.5.3.2 ผู้เรียนเข้าใจและสนใจการประกอบอาชีพด้านสะเต็มศึกษามากขึ้น

2.5.3.3 ผู้เรียนเข้าใจสาระวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น

2.5.3.4 หน่วยงานภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครูและบุคลากรทางการศึกษา

2.5.3.5 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงระหว่าง 8 กลุ่มสาระวิชา

2.5.3.6 สร้างกำลังคนด้านสะเต็มศึกษาของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทาง เศรษฐกิจ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพนัสนิคม
PANUSNIKHOM RAJABHAT UNIVERSITY

Doppelt and Schunn (2013, p. 14) กล่าวถึง ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ (1) ทักษะการคิดวิเคราะห์ (2) ทักษะการแก้ปัญหา (3) ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ (4) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (5) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (6) ทักษะการสร้างนวัตกรรม และ (7) ทักษะการออกแบบ

รักษพล ธนานุวงศ์ (2556, น. 19-20) ได้กล่าวถึง ประโยชน์จากการเรียนการสอนแบบ STEM Education ไว้ 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านเศรษฐกิจ (Economic Opportunity) การเรียนรู้ STEM ช่วยเพิ่มโอกาสในทางด้านเศรษฐกิจ การทำงาน การเพิ่มมูลค่า เพราะนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจของโลกล้วนมีพื้นฐานมาจาก STEM (2) ด้านทรัพยากรบุคคล (Attract More Students to Technological Fields) การเรียนรู้ STEM ช่วยดึงดูดและสร้างทรัพยากรบุคคลให้เข้าสู่การทำงานทางด้านเทคโนโลยีที่ยังขาดแคลนบุคลากรอีกมาก (3) ด้านความมั่นคง (National Security) การเรียนรู้ด้าน STEM ช่วยสร้างเสริมความมั่นคงให้กับประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความมั่นคงและปลอดภัยด้านไซเบอร์ (Cyber Security) ในโลกปัจจุบันที่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีด้านการสื่อสารอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (4) ด้านสุขภาพ (Enhancing Health) ความรู้และทักษะจากการได้เรียนรู้ STEM ช่วยให้ประชากรในประเทศมีสุขภาพแข็งแรง และอายุยืนขึ้น เพราะมีเทคโนโลยีในการรักษาโรคภัยต่าง ๆ ได้ดีขึ้น มีการตรวจสอบพบโรคร้ายต่าง ๆ ได้เร็วก่อนจะลุกลาม ทำให้สามารถทำการรักษาได้ทัน

ข้อดีของการรวมศาสตร์ทั้ง 4 เข้าด้วยกัน (STEM Education) ดังนี้

1. ส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจในศาสตร์ทั้ง 4 ได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น (Deeper Learning)

2. ช่วยให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีความหมายมากยิ่งขึ้น ผ่านการนำไปออกแบบและแก้ปัญหาตามแนวทางของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

3. ส่งเสริมให้มีความเข้าใจและทักษะในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ดี

4. ผู้เรียนมีทักษะในการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ข้ามศาสตร์ทั้ง 4 ไม่ติดขัด

5. ผู้เรียนเห็นความสำคัญของวิศวกรรมศาสตร์มากขึ้น

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556, น. 62) กล่าวถึง ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษานั้นจะช่วยพลิกโฉมการเรียนวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นวิชาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา รวมถึงวิชาคณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งสะเต็มศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนวิชาเหล่านี้อยู่แล้ว เพียงแต่ว่าจะเน้นการบูรณาการการเรียนรู้ การนำไปใช้และฝึกคิดเพื่อแก้ไขปัญหาด้วยกระบวนการใหม่ ๆ ไม่ใช่เรียนแบบเน้นท่องจำหรือเรียนเพื่อนำไปใช้ในการสอบเท่านั้น การเรียนแบบสะเต็มศึกษานั้นจะเน้นการลงมือปฏิบัติจริง โดยครูผู้สอนมีความสำคัญอย่างยิ่ง

ที่ต้องตั้งคำถามให้เด็กสนใจและเรียนรู้ว่าสิ่งที่เรียนในห้องเรียนนั้นเป็นสิ่งที่อยู่รอบตัวในชีวิตประจำวันของเราอย่างไรบ้าง โดยสามารถสรุปประโยชน์ได้ดังนี้

1. ผู้เรียนสายวิทยาศาสตร์จะมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และการสร้างนวัตกรรม ใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน

2. ผู้เรียนสายวิทยาศาสตร์จะสนุก และมองเห็นอาชีพการงานที่สนใจจะทำหลังจากที่สำเร็จการศึกษาแล้ว

3. ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ควรจะดีขึ้น

4. ปัญหาการขาดแคลนครูวิทยาศาสตร์และครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนที่ห่างไกลจะบรรเทาลง ครูจะมีความเชื่อมั่นในสาระวิชาและกระบวนการสอนมากขึ้น แม้จะสอนไม่ตรงสาขาที่เรียนมา

5. การศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จะเชื่อมโยงกับกลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี ดังนั้นการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะครอบคลุม 4 กลุ่มสาระวิชา ซึ่งเท่ากับว่า นักเรียนไทยจะได้มีเวลาเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นเวลาครึ่งหนึ่งของเวลาเรียนทั้งหมด

6. ประเทศไทยจะมีกำลังคนด้านสะเต็มศึกษาที่จะช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคต

วิชัย วงศ์ใหญ่ (2558, น. 69) กล่าวถึง ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้สอนแบบสะเต็มศึกษาว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้แบบ บูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพ และเทคโนโลยี โดยสร้างเป็นหน่วยการเรียนรู้เดียว ซึ่งช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาในแต่ละสาระและลดเวลาในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน

สรุปได้ว่า ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะช่วยให้ครูผู้สอนสามารถบูรณาการความรู้ทั้ง 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อยู่ในหน่วยการเรียนเดียวกันได้ ซึ่งช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาในแต่ละสาระ ครูผู้สอนยังมีความสำคัญในการกระตุ้นให้ผู้มีเรียนมีความกระตือรือร้น สนใจในการเรียน และสามารถส่งเสริมการสร้างทักษะต่าง ๆ ให้กับผู้เรียนได้ เช่น ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งทักษะต่างๆเหล่านี้เกิดจากผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการดำเนินชีวิตและเป็นบุคลากรทางด้านสะเต็มศึกษาที่มีคุณภาพในอนาคตได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
PHRANAKHON SI AYUTTHAYA RAJABHAT UNIVERSITY

2.5.4 องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความเกี่ยวข้องกับวิชาการหรือวิทยาการที่เป็นหลัก 4 วิชาด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบหลักวิชาการทั้ง 4 วิชากับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของประเทศไทย พบว่า สะเต็มศึกษามีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มสาระการเรียนรู้ 3 กลุ่มสาระฯ ได้แก่ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ดังนั้น เมื่อครูหรือนักการศึกษาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาต้องคำนึงถึงธรรมชาติของวิชาการทั้ง 4 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ใน 3 กลุ่มสาระฯ ที่กล่าวข้างต้น รวมถึงตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลาง ซึ่งถูกกำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับความสามารถในการรับรู้ของนักเรียนแต่ละระดับชั้น ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีนั้นมีเป้าหมายหลักในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Science Literate) ผู้รู้คณิตศาสตร์ (Math Literate) และผู้รู้เทคโนโลยี (Technology Literate) ซึ่งเป้าหมายของการเรียนรู้ในวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาประกอบด้วย

2.5.4.1 เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา (หลัก กฎ และทฤษฎี) วิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และโลกอวกาศ ดาราศาสตร์) สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาระหว่างสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

2.5.4.2 เป้าหมายของการสอนคณิตศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกันรวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

2.5.4.3 เป้าหมายของการสอนเทคโนโลยี คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและความสามารถในการใช้งานจัดการและเข้าถึงเทคโนโลยี (กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์)

2.5.4.4 เป้าหมายของการสอนวิศวกรรมศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในการออกแบบและสร้างเทคโนโลยีโดยประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

ได้มีนักการศึกษาและถาบันทางการศึกษา กล่าวถึงองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

Dejarnette (2012, p. 88) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับเด็กประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับเด็กระดับมัธยมศึกษาหรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้เด็กเบื่อหน่ายและไม่สนใจแต่เป็นการสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษาจะทำให้เด็กสนใจ มีความกระตือรือร้นรู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้เด็กสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่ มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่า แม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มิได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับ องค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูปและการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สอง ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจ ความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า เป็นต้น ประการต่อมา คือ การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

Reeve (2014, p. 89) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ดังนี้

Science เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติโดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) โดยวิทยาศาสตร์ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่ทำให้มนุษย์เข้าใจธรรมชาติมากยิ่งขึ้น และในปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาเองมีการปรับปรุงและได้เผยแพร่เพื่อทำประชาพิจารณ์ออนไลน์ โดยมีการรวมแนวความคิดของเทคโนโลยีและวิศวกรรมเข้าไปด้วยและได้ยกระดับความสำคัญของการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ให้เท่าเทียมกันกับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Technology เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานเพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไข หรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์โดยกระบวนการแก้ปัญหาหรือการทำงานทางเทคโนโลยีนั้นจะเรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนคล้ายกับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้จะอยู่บนพื้นฐานของ Problem-based หรือ Project-Based Learning บุคคลทั่วไปส่วนใหญ่เข้าใจผิดว่าเทคโนโลยี หมายถึง คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ ICT ต่าง ๆ เท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้ว หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหาหรือทำงานเพื่อสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราด้วย โดยประเทศสหรัฐอเมริกาจะมีสมาคมนักการศึกษาเทคโนโลยีและวิศวกรรม (International Technology and Engineering Educators Association: ITEEA) กำหนดมาตรฐาน (Standard) วิชาเทคโนโลยีให้ผู้สอนได้ใช้สอนในทิศทางเดียวกัน

Engineering เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสิ่งต่าง ๆ เพื่อมาอำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีช่วยสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น ๆ อย่างไรก็ตามในสหรัฐอเมริกาเองพบว่าวิชาวิศวกรรมนั้นยังไม่ได้ปรากฏเป็นที่ชัดเจนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานแต่จะถูกแฝงเข้าในวิชาเทคโนโลยีมากกว่า

Mathematics เป็นวิชาที่มีความสำคัญและมีความชัดเจนในตัวอยู่แล้วด้วยธรรมชาติของคณิตศาสตร์ที่มีทฤษฎีชัดเจน ซึ่งวิชาคณิตศาสตร์จะเป็นตัวเชื่อมทั้งสามสาขาวิชาเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, น. 50) กล่าวว่า องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา มีดังนี้

1. S: Science

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาหรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

2. T: Technology

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงาน

ทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

3. E: Engineering

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

4. M: Mathematic

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มิได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่มการ จัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สอง คือ ภาษาคณิตศาสตร์เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมาคือการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

ยศวีย์ สายฟ้า (2555, น. 62) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาว่ามี 4 ด้าน ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) คือ การเรียนรู้กฎเกณฑ์ต่างๆตามธรรมชาติ และความเป็นไปของโลก โดยมีหลักการที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นการนำข้อเท็จจริง หลักการ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

2. เทคโนโลยี (Technology) คือ การประมวลเอาองค์ความรู้ ทักษะกระบวนการและอุปกรณ์ต่าง ๆ มาใช้ในการสร้างหรือผลิตเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับบุคคลและองค์กรในการดำรงชีวิตที่สะดวกสบายขึ้น TV

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คือ องค์ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการใด ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาโดยกระบวนการแก้ปัญหาดังกล่าว อาจบูรณาการเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การเรียนรู้รูปแบบและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตัวเลขและรูปทรงต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว การเรียนรู้คณิตศาสตร์ในที่นี้อาจหมายรวมถึงการนำทฤษฎีและหลักการทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้จริงในสถานการณ์ประจำวันด้วย

ชลาธิป สมหิโต (2557 น. 57) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ดังนี้

ตัวอักษรตัวแรกของการจัดประสบการณ์แบบสะเต็มศึกษา คือ S มาจากคำว่า Science หรือ วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสาระที่ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติรอบตัวในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับเด็กจะเน้นให้เด็กเกิดการเรียนรู้โดยผ่านกระบวนการต่าง ๆ

ตัวอักษรตัวที่สองของการจัดประสบการณ์แบบสะเต็มศึกษา คือ T มาจากคำว่า Technology หรือเทคโนโลยี ซึ่งเป็นสาระที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์เรา ดังนั้น คำว่า เทคโนโลยีจึงไม่ได้หมายถึงเพียงแค่ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการแก้ปัญหา อย่างเช่น คอมพิวเตอร์ กล้องถ่ายรูป โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

ตัวอักษรตัวที่สามของการจัดประสบการณ์แบบสะเต็มศึกษา คือ E มาจากคำว่า Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งวิศวกรรมศาสตร์ในที่นี้หมายถึง การออกแบบ การวางแผน เพื่อแก้ปัญหา โดยเป็นการใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ออกแบบผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งบทบาทของเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษาจะเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันโดยกระบวนการออกแบบของวิศวกรรมศาสตร์

ตัวอักษรตัวที่สี่ตัวสุดท้ายของการจัดประสบการณ์แบบสะเต็มศึกษา คือ M มาจาก Mathematics หรือ คณิตศาสตร์สำหรับสาระและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จะครอบคลุมเรื่องจำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM RAJABHAT UNIVERSITY

วิรวรรณ สารกิจปรีชา (2557, น. 71) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ดังนี้ ตัวอักษรตัวแรกของ STEM คือ S มาจากคำว่า Science หรือวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสาระที่ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติรอบตัว โดยปกติเด็กจะมีความช่างสงสัย มีคำถามตลอดเวลาอยู่แล้ว แต่สำหรับเด็กอนุบาลเราไม่ได้เน้นว่าเด็กต้องรู้สิ่งรอบตัวทุกชนิด ความรู้ไม่ใช่สิ่งที่เราต้องการอยู่แล้ว แต่สิ่งที่ต้องการคือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือ ทักษะการสังเกต สำรวจ ทดลอง คาดคะเน ตั้งสมมติฐาน การค้นพบ การสืบค้น เป็นต้น บทบาทของวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษายังมีส่วนในการช่วยพัฒนาให้เด็กมีทักษะการคิดและการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ คิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ มีทักษะที่สำคัญในการสืบค้นข้อมูลความรู้ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและตรวจสอบได้

ตัวอักษรตัวที่สอง คือ T มาจากคำว่า Technology หรือเทคโนโลยี ซึ่งเป็นทักษะการใช้เครื่องมือต่าง ๆ การสร้างการคิด เช่น การให้เด็กปฐมวัยตัดต่อกระดาษให้เป็นรูปทรงที่ต้องการและเกิดขึ้นได้ล้วนเป็นเทคโนโลยีในการสร้างสรรค์ บทบาทของเทคโนโลยีในสะเต็มศึกษานี้จะพัฒนาให้เด็กได้พัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คิดวิเคราะห์

คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล อีกทั้งยังเป็นการพัฒนานิสัยความรอบคอบ ความเพียร ไม่ย่อท้อต่อความล้มเหลวหรือความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นในขณะทำกิจกรรม

ตัวอักษรตัวที่สาม คือ E มาจากคำว่า Engineering หรือวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งวิศวกรรมในที่นี้ หมายถึง การวางแผนเพื่อแก้ปัญหาโดยเป็นการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีมาประยุกต์ เช่น ไม้บล็อก เศษวัสดุเหลือใช้ มาออกแบบการสร้างสรรค์ผลงานภายใต้เงื่อนไขที่ครูกำหนดขึ้นหรือสิ่งที่เด็กอยากทำบทบาทของวิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษานี้ จะช่วยส่งเสริมให้เด็กได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา การคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดเป็นระบบและการฝึกนิสัยความเพียร ความรอบคอบ

ตัวอักษรตัวสุดท้าย คือ M มาจากคำว่า Mathematics หรือคณิตศาสตร์ เป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับการชั่ง ตวง วัด จำนวน รูปร่าง รูปเรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูล และความน่าจะเป็นและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นบทบาทของคณิตศาสตร์ในสะเต็มศึกษานี้จะช่วยส่งเสริมให้เด็กได้พัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหา การคิดเป็นเหตุเป็นผล ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสารและการนำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ (2557, น. 4) กล่าวว่า องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

จากการศึกษาสรุปได้ว่า องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ประกอบไปด้วย 4 วิชาหลักที่ออกแบบบูรณาการ เข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดย (1) S มาจากคำว่า Science หรือ วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสาระที่ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติรอบตัว (2) T มาจากคำว่า Technology หรือเทคโนโลยี ซึ่งเป็นสาระที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา การพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์เรา (3) E มาจากคำว่า Engineering หรือวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งวิศวกรรมศาสตร์ในที่นี้หมายถึง การออกแบบ การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา โดยเป็นการใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ออกแบบผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด (4) M. มาจาก Mathematics หรือ คณิตศาสตร์สำหรับสาระและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จะครอบคลุมเรื่องจำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลความน่าจะเป็น และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทั้ง 4 สาระวิชานี้จะเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการคิดและทักษะต่าง ๆ ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริง

2.5.5 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้น ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของ สสวท. โดยมีจุดเริ่มต้นมาจากการกำหนดประเด็นในการศึกษาแล้วพิจารณา

เลือกตัวชี้วัดของแต่ละกลุ่มรายวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ว่ามีตัวชี้วัดใดบ้างที่สามารถนำมาจัดกิจกรรมแบบบูรณาการร่วมกันได้ผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากนั้นใช้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในการดำเนินกิจกรรม ทั้งนี้ผู้สอนสามารถใช้แนวทางดังกล่าวนี้ไปพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการได้ด้วยตนเอง ซึ่งการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการอาจไม่จำเป็นต้องบูรณาการได้ครบทุกรายวิชาที่กล่าวมาแล้วก็ได้ แต่มีจุดเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยทักษะที่สำคัญที่จะต้องกล่าวถึง ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะทางคณิตศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่ง ประกอบด้วย ทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร เป็นต้น การทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนสามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง ดังนี้

2.5.5.1 จัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาภายในคาบเรียน ซึ่งกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่จะนำเข้าไปสอดแทรกในคาบเรียนนั้นมักจะเป็นกิจกรรมที่มีจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสมที่จะสามารถจัดกิจกรรมได้เสร็จสิ้นภายในคาบเรียน โดยผู้สอนแต่ละรายวิชาอาจพิจารณาจากตัวชี้วัดของกิจกรรมนั้น ๆ เป็นเกณฑ์หรือพิจารณาจากจุดประสงค์ของกิจกรรมก็ได้ว่าเกี่ยวข้องกับเนื้อหาใดบ้าง จากนั้นเมื่อถึงคาบของการเรียนการสอนในเนื้อหานั้น ๆ ก็สามารถนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเข้าไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

2.5.5.2 จัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่าง ๆ โดยการสอนในรูปแบบนี้อาจทำในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาพิเศษ หรือการทำโครงงาน เป็นต้น รูปแบบการสอนโดยวิธีนี้เหมาะสมสำหรับกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมค่อนข้างมากหรือมีความซับซ้อน ยาก และมีข้อดีที่ทางผู้สอนสามารถจัดหาอาจารย์ที่ปรึกษาให้แก่ผู้เรียนได้ครอบคลุมในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาหรือออกแบบและสร้างชิ้นงานของผู้เรียนได้

2.5.5.3 จัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียนต่าง ๆ เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมแบบนี้ มักเป็นกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีหัวข้อหรือหัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของส่วนรวม การจัดกิจกรรมโดยวิธีนี้มีข้อดีที่ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมได้ตลอดเวลาและต่อเนื่อง

Robert (2013, p. 23) กล่าวว่า การศึกษารวบรวมแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของนักการศึกษามากมาย จนทำให้ได้วิธีการออกแบบหน่วยเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 8 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกสาระการเรียนรู้หลัก (Select Central Standards) เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์หลักสูตร เรื่องมาตรฐานตัวบ่งชี้ สาระการเรียนรู้หลักของหลักสูตรสะเต็มศึกษา เพื่อให้ได้ขอบเขตของสาระการเรียนรู้แกนกลางหรือเนื้อหาหลัก และตัวบ่งชี้ที่บอกถึงจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเมื่อผู้สอนเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้ของสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นหลัก เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ให้นำสาขาวิชาที่เหลือทั้งสามเป็นสาระการเรียนรู้เสริมหรือรอง เช่น เลือกเรื่อง การออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นหลัก ดังนั้น สาระการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จะเป็นส่วนรอง

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

ขั้นที่ 3 เลือกสาระการเรียนรู้รองที่สนับสนุนสาระการเรียนรู้หลัก (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 การพิสูจน์และการสื่อสาร (คณิตศาสตร์)

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

ขั้นที่ 5 สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม (Engage Student Participation) ผู้สอนจัดกิจกรรมกลุ่มให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ เช่น ตั้งคำถามที่นำไปสู่การออกแบบและพัฒนาระบบเตือนภัยพิบัติ ที่จะช่วยให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นสามารถหลีกเลี่ยงหรือหนีภัยพิบัติได้ทันเวลา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา และได้ลงมือปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์หลัก (ตามที่เลือกไว้ในขั้นที่ 1) ผนวกกับการได้ใช้ความรู้รอง (ที่เลือกไว้ในขั้นที่ 3) เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (ที่เชื่อมโยงไว้ในขั้นที่ 2) ในการลงมือปฏิบัติผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อม มีการกำหนดเวลาการทำงาน อีกทั้งต้องมีการตรวจสอบความคิดของผู้เรียน เช่น อาจตั้งคำถามให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ออกแบบไว้ และพยายามไม่ให้ผู้เรียนหลงประเด็น นอกจากนี้ต้องให้ผู้เรียนจดบันทึกการทำงานของกลุ่มตน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
PHRANAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

ขั้นที่ 6 แก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ (Troubleshoot the Designs) ผู้สอนจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบ (เช่น ระบบเตือนภัยพิบัติ) หน้าชั้นเรียน จากนั้น กระตุ้นให้ผู้เรียนกลุ่มอื่น ๆ ตั้งคำถามและให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานนั้น ซึ่งผู้เรียนจะต้องบันทึกข้อเสนอแนะของผู้สอนและเพื่อนไว้ เพื่อการปรับปรุงแก้ไขผลงาน ในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ฝึกการคิด วิจารณญาณควบคู่ไปด้วย

ขั้นที่ 7 ประเมินชิ้นงานการออกแบบ (Evaluate the Designs) หลังการปรับปรุงแก้ไขผลงานในขั้นที่ 6 ผู้สอนและผู้เรียนดำเนินการตรวจให้คะแนนชิ้นงานตามประเด็นที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 8 นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์ (Present Completed Projects) ในขั้นนี้ผู้สอนจัดเตรียมสถานที่ หรือตู้แสดงผลงานให้ผู้เรียนนำผลงานแสดงต่อบุคคลทั่วไป อาทิ เพื่อน พ่อแม่ผู้ปกครอง ครูอาจารย์ และชุมชน การจัดแสดงอาจทำตอนท้ายปีการศึกษาหรือภาคเรียน โดยอาจวางแสดงไว้ตลอดภาคเรียน เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความภาคภูมิใจและพยายามที่จะปรับปรุงผลงานในครั้งต่อไป

ศูนย์สะเต็มศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กล่าวถึง การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ การผนวกแนวคิดออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน ผู้เรียนมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับชีวิตประจำได้

เครือข่ายสะเต็มแห่งประเทศไทย กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการ ได้แก่

1. เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ
2. ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาทั้ง 4 วิชา
3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21
4. ท้าทายความคิดของนักเรียน
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

จำรัส อินทลาภาพร (2558, น. 64) ได้กล่าวถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และท้าทายการคิดของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็นและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงานนำเสนอต่อสาธารณชน นำผลงานหรือประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ใน 4 วิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) เน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะต่าง ๆ ที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ในการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง โดยหลักการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทั้ง 8 ขั้น จะมีทั้งส่วนที่ผู้สอนมีบทบาทสำคัญโดยเฉพาะขั้นที่ 1 ถึง 3 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หลักสูตรเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้กับชีวิตประจำวัน จากนั้นจะจัดทำบทเรียน และนำไปจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ขั้นนี้ผู้เรียนควรได้รับความรู้และทักษะพื้นฐานตามสาระการเรียนรู้หลักและรองที่เลือกไว้จากนั้นในขั้นตอนที่ 5 ถึง 8 จะเชื่อมโยงไปสู่การออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ผู้เรียนจะกำหนดนิยามขอบเขตของปัญหา สร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา ประเมินผล และปรับปรุงชิ้นงานของตนเอง

2.5.6 การบูรณาการในสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (Activity Based) หรือการทำโครงงาน (Project Based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาดังกล่าวนี้ จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าว เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมี นอกจากนี้ยังได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ผู้สอนทั้งหลายอาจจะมีความกังวลกับการนำสะเต็มศึกษาเข้าสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน เนื่องจากไม่ทราบว่าจะมีแนวปฏิบัติหรือวิธีการดำเนินการอย่างไรบ้าง ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางของ สสวท. นั้น เน้นรูปแบบของการบูรณาการ ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้สอนคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 มุ่งเน้นให้มีการจัดการเรียนรู้แบบองค์รวม โดยมีการบูรณาการความคิดรวบยอด กระบวนการจัดการเรียนรู้และทักษะด้านต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับแต่ละระดับการศึกษา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การนำใช้ในชีวิตจริง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

จะช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ สามารถยืดหยุ่นเวลาในการจัดการเรียนรู้ ได้ใช้แหล่งการเรียนรู้หลากหลายและผู้เรียนได้เรียนในสิ่งที่ตนเองสนใจเพิ่มขึ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558, พ. 57) กล่าวว่า บูรณาการ (Integration) หมายถึง การนำศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ ที่มีเนื้อหาสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน มาจัดประสบการณ์การเรียนรู้ในลักษณะของการผสมผสานเข้าด้วยกันเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการ และสภาพชีวิตจริงของผู้เรียน และการบรูณาการสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การบูรณาการเนื้อหา (Integra tion of Subject Areas) การบรูณาการกระบวนการเรียนรู้ (Integration of Learning Process) และการบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ (Integration of Learning Outcome) เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การบรูณาการเนื้อหา เป็นการนำเนื้อหาของสาระต่าง ๆ หรือระหว่างกลุ่มสาระมาสัมพันธ์เกี่ยวข้องเชื่อมโยงเป็นเรื่องเดียวกัน โดยอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นปัญหาแล้วนำเนื้อหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่องหรือหัวข้อนั้นมาผสมผสานกัน โดยใช้ทักษะต่าง ๆ เข้ามาเชื่อมโยงเพื่อให้ผู้เรียนได้ความรู้ ทักษะ และเจตคติตามที่ต้องการ

2. การบรูณาการกระบวนการเรียนรู้เป็นการนำรูปแบบและวิธีการต่าง ๆ ของการถ่ายทอดความรู้ของผู้สอนมาผสมผสานเข้าด้วยกันในการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนหรือการจัดให้ผู้เรียนได้สามารถแสวงหาความรู้จากกระบวนการและวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้โดยผู้สอนอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นในการศึกษาแล้วดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมีเนื้อหาอะไรบ้างและแต่ละเนื้อหาจะสอนด้วยวิธีใด

3. การบรูณาการเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นการบรูณาการที่ยึดเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นหลักโดยผู้สอน อาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นในการศึกษาแล้วดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมีเป้าหมายที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไร จากนั้นก็นำเนื้อหาต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันกับประเด็นที่จะศึกษานั้นมาผสมผสานเชื่อมโยงกัน โดยมีเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นเรื่องเดียวกัน

จากที่กล่าวมาแล้วนั้นผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบการบูรณาการไปใช้ได้ตามความเหมาะสมของเนื้อหาหรือตามสภาพแวดล้อมและความสอดคล้องที่เป็นจริงในโรงเรียน โดยสิ่งที่ควรคำนึงจากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียน มีดังนี้

1. จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด

2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำงานด้วยกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริงที่เกิดขึ้นในชีวิต และสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

4. จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าในการแสดงออก โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่ม และในชั้นเรียนสม่ำเสมอเพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนในการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา

5. ปลูกฝังจิตสำนึกค่านิยม และจริยธรรมที่ถูกต้องและดีงาม โดยสอดแทรกในกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะความถูกต้องและดีงามในการดำรงชีวิตในสังคมได้

สรุปได้ว่า การบูรณาการในสะเต็มศึกษา เป็นการนำศาสตร์วิชาต่าง ๆ เข้ามาผสมผสานให้เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันเพื่อให้สอดคล้องกับตัวผู้เรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการจะช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ สามารถยืดหยุ่นเวลาในการจัดการเรียนรู้ได้มีการใช้แหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลายและการเรียนรู้แบบบูรณาการนั้นยังช่วยฝึกทักษะด้านต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับการศึกษา จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและจัดประสบการณ์จริงให้ผู้เรียนโดยตรง เพื่อจะทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง

2.5.8 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีข้อดีและข้อจำกัด ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รักษพล ธนานุวงศ์ (2556, น. 16) กล่าวว่า ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีดังนี้

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1. ช่วยแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนไทยทางด้านการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ที่มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ

2. ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรบุคคลในด้าน STEM ที่ประเทศชาติต้องการอย่างมากในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม ความมั่นคง ในโลกศตวรรษที่ 21

3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจเนื้อหาแกนหลักได้อย่างลึกซึ้ง

4. มีทักษะการเรียนรู้ข้ามศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ตระหนักและเข้าใจหลักการและกระบวนการทางวิชาวิศวกรรมศาสตร์มากยิ่งขึ้นด้วย

6. ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาทั้งสี่ของ STEM ที่ดีขึ้น

7. มีความสนใจในการประกอบอาชีพด้าน STEM มากขึ้น

8. สามารถนำความรู้ทาง STEM ไปสร้างสรรค์วิธีการในการแก้ปัญหาในโลกจริงที่สลับซับซ้อนได้เป็นอย่างดี

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1. อาจเป็นเรื่องยากสำหรับผู้สอนที่จะสามารถสอนข้ามศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากเนื้อหาของวิชาอื่น ๆ ผู้สอนไม่มีความเชี่ยวชาญ

2. การที่ต้องปรับเปลี่ยนวิชาเรียนและคาบเรียนในตารางเรียนของภาคการศึกษาที่โรงเรียนได้กำหนดไว้ตายตัว แล้วทำให้ผู้บริหารโรงเรียนไม่ให้ความร่วมมือ

สรุปได้ว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสาขาวิชาที่เรียนกับสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีทัศนะกว้างไกล ผู้เรียนสามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริงและใช้ได้อย่างเหมาะสม ยังเป็นการสอนที่ส่งเสริมกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนได้หลากหลายรูปแบบและการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษา จะทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน สอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ทั้งด้านปัญญา ด้านทักษะการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และด้านคุณลักษณะ คือ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม มีทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ และข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งประเทศไทยมีเพียงหลักสูตรการสอนที่แบ่งเป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังไม่มีกลุ่มสาระการเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์ปรากฏอย่างชัดเจน ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จะมีลักษณะเป็นเพียงแค่การสอดแทรกอยู่ในวิชากลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเท่านั้น ทำให้ขาดความชัดเจน ขาดความต่อเนื่อง และขาดความสอดคล้องกันของแต่ละกลุ่มสาระ จึงทำให้ไม่มีแนวทางให้ครูผู้สอนนำไปจัดการเรียนการสอนได้ ความไม่พร้อมด้านสื่อการสอน บทเรียน กระบวนการวัด และประเมินผลที่ชัดเจน จะทำให้การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาประสบความสำเร็จได้ยาก และครูผู้สอนไม่มีความสามารถ ไม่มีความชำนาญและไม่มีความรู้เพียงพอ

2.6 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์และวิเคราะห์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Robert (2013, p. 23) เพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของสเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ (Sweta and Hartler, 1991) ซึ่งกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ผู้วิจัยสังเคราะห์จากหลักฐานของสุรสาร ผาสุข (2546, น. 10-18) และการออกแบบกิจกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาของภัคภร ใสแจ่ม (2560, น. 7-8) และการศึกษา

ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์จริงของไพรินทร์ ชุมคำน้อย (2563, น. 7-8) ผลการสังเคราะห์ปรากฏดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

Robert (2013, p. 23)	Sweta and Hartler (1991)	สุรสาร ผาสุข (2546, น. 10-18)	ภัคภร ใสแจ่ม (2560, น. 7-8)	ไพรินทร์ ชุมคำน้อย (2563, น. 7-8)	ขั้นการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยใช้ในงานวิจัย
-	-	-	-	-	นำเข้าสู่บทเรียน
เลือกสาระการเรียนรู้หลัก	การสังเกตและสร้างสูตร	การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง	วิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา	วิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา	เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน
เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน	การคาดคะเนความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบและการตีความหมายในคณิตศาสตร์	การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	สร้างและกำหนดตัวแบบ	สร้างและกำหนดตัวแบบ	
เลือกสาระการเรียนรู้รองที่สนับสนุนการเรียนรู้หลัก	-	-	-	-	-
จัดการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้	-	-	-	-	-

(ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

Robert (2013, p. 23)	Sweta and Hartler (1991)	สุรสาร ผาสุข (2546, น. 10-18)	ภัคภร ใสแจ่ม (2560, น. 7-8)	ไพรินทร์ ชุมคำน้อย (2563, น. 7-8)	ขั้นการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยใช้ในงานวิจัย
สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	การใช้การวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์	-	คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ	คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ	สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม
แก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ	สรุปการคาดคะเน	การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป	ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป	ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป
	-	การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	ตรวจสอบข้อสรุป	ตรวจสอบข้อสรุป	แก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ
	การทดสอบหรือการปรับแต่งตัวแบบ	การเชื่องโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานะการณ์จริง	สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุงตัวแบบ	สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุงตัวแบบ	
ประเมินชิ้นงานการออกแบบ	-	-	รายงานผลเฉลย	รายงานผลเฉลย	นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์
นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์					

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตาราง 2.6 จากการศึกษาสรุปได้ว่า การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยใช้ในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน (Lead in) เป็นการนำความรู้เดิมที่นักเรียนเรียนมาก่อนแล้วเป็นพื้นฐานในการศึกษาหาความรู้ใหม่ ทั้งเป็นการเชื่อมโยงต่อความรู้เก่าและความรู้ใหม่ให้เป็นเรื่องเดียวกันตลอด ทำให้นักเรียนเข้าใจเกิดความคิดรวบยอดหรือหลักการของเรื่องนั้น ๆ แจ่มแจ้งยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน (Align with a Problem) เป็นการคิดเชื่อมโยงว่าสาระการเรียนรู้/เนื้อหาที่เลือกในขั้นที่ 1 สามารถอิงเข้ากับบริบทได้ หรือปัญหาในสังคมได้บ้าง

ขั้นที่ 3 สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม (Engage Student Participation) ผู้สอนจัดกิจกรรมกลุ่มให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ เช่น ตั้งคำถามที่นำไปสู่การออกแบบให้ผู้เรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา และได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์หลัก (ตามที่เลือกไว้ในขั้นที่ 1) ผนวกกับการได้ใช้ความรู้การแก้ปัญหาในชีวิตจริง (ที่เชื่อมโยงไว้ในขั้นที่ 2) เช่น อาจตั้งคำถามให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ออกแบบไว้ และพยายามไม่ให้ผู้เรียนหลงประเด็น นอกจากนี้ต้องให้ผู้เรียนจดบันทึกการทำงานของกลุ่มตน

ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป (Interpret the solution & draw Conclusions) นักเรียนสามารถตีความหมายของคำตอบได้ จากจำนวนทางคณิตศาสตร์สามารถอธิบายเป็นคำตอบของสถานการณ์ได้ พร้อมทั้งพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบโดยเปรียบเทียบตรวจสอบกับข้อมูลจริงที่กำหนดให้ แล้วแปลความหมายออกมาเป็นคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 5 แก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ (Troubleshoot the Designs) ครูเพิ่มเงื่อนไขของปัญหาและนักเรียนหาคำตอบของปัญหาที่มีเงื่อนไขเพิ่มขึ้น เพื่อผู้เรียนจะได้ฝึกการคิดวิจารณญาณควบคู่ไปด้วย

ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์ (Present Completed Projects) นักเรียนออกมารายงานผลอธิบายการหาคำตอบของสถานการณ์

2.7 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ จะกล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งได้มีสถาบันทางการศึกษา และนักการศึกษาได้กล่าวไว้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545, น. 12) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

1. ขั้นทบทวนความรู้พื้นฐาน เพื่อนำความรู้เดิมที่นักเรียนเรียนมาก่อนแล้วเป็นพื้นฐานในการศึกษาหาความรู้ใหม่ ทั้งเป็นการเชื่อมโยงต่อความรู้เก่าและความรู้ใหม่ให้เป็นเรื่องเดียวกันตลอด ทำให้นักเรียนเข้าใจเกิดความคิดรวบยอดหรือหลักการของเรื่องนั้น ๆ แจ่มแจ้งยิ่งขึ้น โดยครูทบทวนพื้นฐานความรู้เดิมเป็นการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีและเร้าความสนใจเพื่อให้นักเรียนมีความพร้อมให้เนื้อหาที่จะเรียนต่อไปและแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนรู้ร่วมกัน

2. ขั้นสอนเนื้อหาใหม่ เป็นเรื่องที่สอนใหม่ในคาบเวลาหรือช่วงเวลานั้น ควรเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาของแต่ละบทแต่ละตอน การจัดลำดับขั้นการเรียนรู้ของเนื้อหาใหม่ ควรเริ่มด้วยการให้ประสบการณ์จากการใช้ของจริงเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้เพื่อจัดประสบการณ์ให้คล้ายกับสภาพจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียนมากที่สุด ส่วนการให้เด็กมีส่วนร่วมในการใช้ของจริง อย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับวิธีที่ครูเลือกมาใช้ เมื่อได้ใช้ของจริงแล้ว ครูก็สามารถใช้ของจำลองหรือภาพแทนของจริงที่สอนไปแล้วให้ได้ หลังจากใช้ภาพของจริงแล้ว ขั้นสุดท้ายคือการใช้สัญลักษณ์ เมื่อถึงขั้นนี้นักเรียนจะมองเห็นรูปร่างสิ่งของต่าง ๆ ที่ครูกล่าวถึง แต่นักเรียนสามารถนำประสบการณ์เดิมที่ได้มาใช้ในการคิดคำนวณแก้ปัญหาโจทย์สัญลักษณ์ได้

3. ขั้นสรุป เป็นการตรวจสอบดูว่านักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชาใหม่นั้นหรือไม่ ถ้านักเรียนเข้าใจแล้วในกรณีเนื้อหาใหม่นั้น มีวิธีคิดหลายวิธีและมีวิธีลัดในการคิดอยู่ด้วย ให้นักเรียนร่วมสรุป เป็นหลักการและสาระเนื้อหาเข้าสู่วิธีลัดด้วยตนเองจนเกิดความรู้ความเข้าใจ เพื่อนำไปใช้ในโอกาสต่อไป สำหรับนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจ ควรสอนซ่อมเสริมในเรื่องนั้น ๆ

4. ขั้นฝึกทักษะ เมื่อนักเรียนสรุปเป็นหลักการได้แล้วนักเรียน ก็ให้ฝึกทักษะเพื่อให้เกิดความชำนาญ อาจใช้แบบฝึกทักษะ/แบบฝึกหัดที่ครูสร้างขึ้น กิจกรรมหรือชิ้นงานที่สัมพันธ์กับเรื่องนั้น

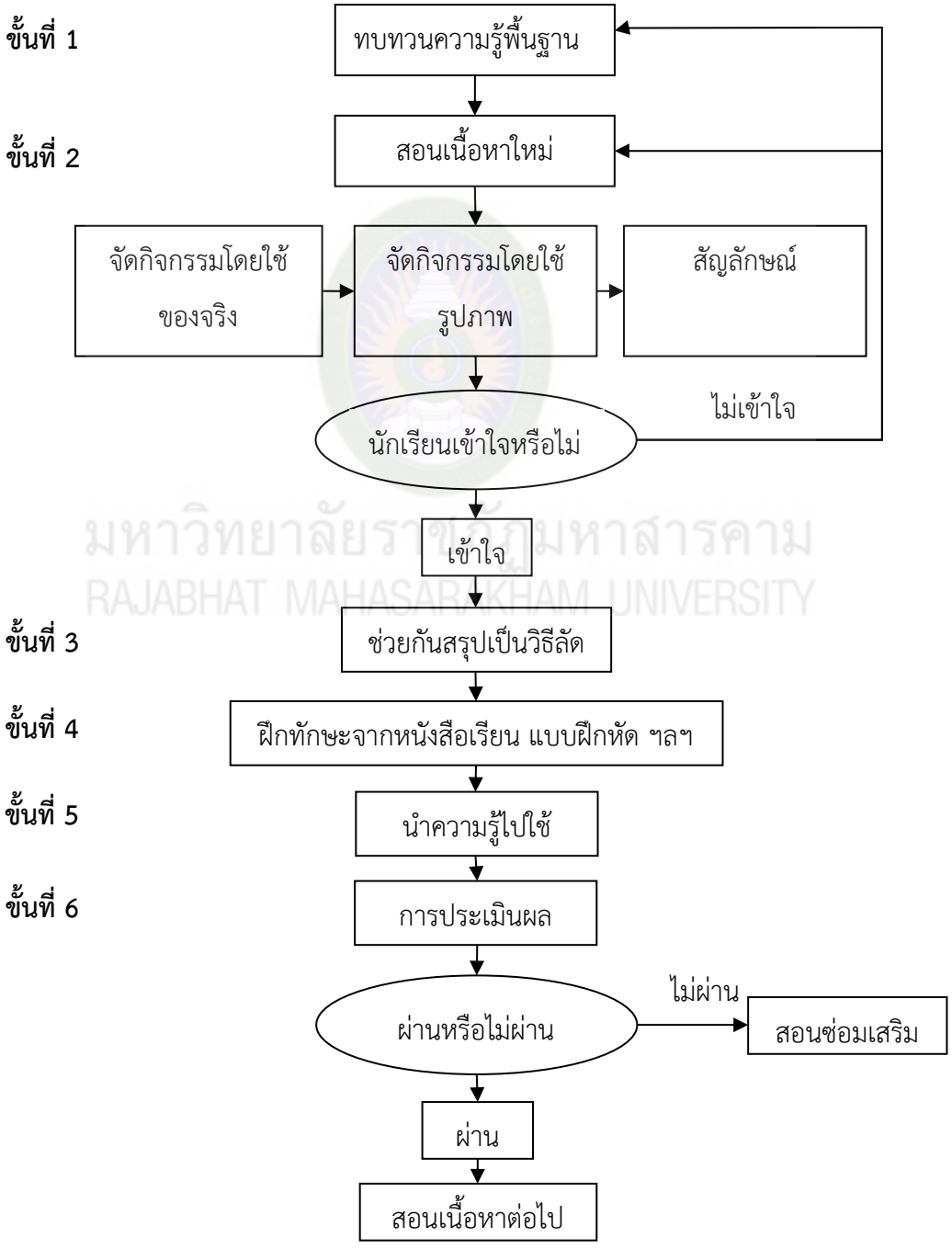
5. ขั้นนำความรู้ไปใช้ เป็นการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาหาความรู้ ตลอดจนแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตจริง และทดลองปฏิบัติจากสถานการณ์จำลอง เช่น การแก้โจทย์ปัญหา

6. ขั้นวัดผลประเมินผล เป็นการตรวจสอบเพื่อวินิจฉัยว่านักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้านักเรียนยังไม่บรรลุตามจุดประสงค์ก็จะได้รับการสอนซ่อมเสริมก่อนเรียนเนื้อหาต่อไป มิฉะนั้นจะเป็นอุปสรรคในการเรียนเรื่องต่อไป โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลประเมินผล จะต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์และสาระสำคัญของเรื่องที่จัดการเรียนรู้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สรุปได้ดังแผนภาพที่ 2.12

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์
ตามแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.12 ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รามนรี นนทภา (2563, น. 139) ได้กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มี 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นทบทวนความรู้พื้นฐาน เป็นการเชื่อมโยงความรู้เก่าและความรู้ใหม่ให้เป็นเรื่องเดียวกันตลอด ทำให้นักเรียนเข้าใจ เกิดความคิดรวบยอดหรือหลักการของเรื่องนั้น ๆ แจ่มแจ้งยิ่งขึ้น ขั้นที่ 2 ขั้นสอนเนื้อหาใหม่ เริ่มด้วยการให้ประสบการณ์จากการใช้ของจริง หรือใช้ภาพแทนของจริงที่สอนไปแล้ว เป็นการใช้สัญลักษณ์ในการคิดคำนวณแก้ปัญหาโจทย์ทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 3 ขั้นสรุป นักเรียนร่วมสรุปเป็นหลักการและสาระเนื้อหาเข้าสู่วิธีลัดด้วยตนเองจนเกิดความรู้ความเข้าใจ ขั้นที่ 4 ขั้นฝึกทักษะ เป็นการฝึกทักษะเพื่อให้เกิดความชำนาญ ขั้นที่ 5 ขั้นนำความรู้ไปใช้ เป็นการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และทดลองปฏิบัติจากสถานการณ์จำลอง และขั้นที่ 6 ขั้นวัดผลและประเมินผล เป็นการตรวจสอบเพื่อวินิจฉัยนักเรียน ถ้านักเรียนยังไม่บรรลุตามจุดประสงค์ก็จะได้รับการสอนซ่อมเสริมก่อนเรียนเนื้อหาต่อไป

จากการศึกษาสรุปว่า ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทบทวนความรู้พื้นฐาน เป็นการนำความรู้เดิมที่นักเรียนเรียนมาก่อนแล้ว เป็นพื้นฐานในการศึกษาหาความรู้ใหม่ ทั้งเป็นการเชื่อมโยงต่อความรู้เก่าและความรู้ใหม่ให้เป็นเรื่องเดียวกันตลอด ขั้นที่ 2 สอนเนื้อหาใหม่ เป็นการสอนเนื้อหาใหม่ในคาบเวลา หรือช่วงเวลานั้น ควรเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาของแต่ละบทแต่ละตอน ซึ่งผู้วิจัยได้จัดลำดับขั้นการเรียนรู้ของเนื้อหาใหม่ตามแนวคิดของบรูเนอร์ คือ ขั้นการเรียนรู้จากการกระทำ (Enactive Stage) ขั้นการเรียนรู้จากความคิด (Iconic Stage) และขั้นการเรียนรู้สัญลักษณ์และนามธรรม (Symbolic Stage) ขั้นที่ 3 สรุป เป็นการตรวจสอบดูว่านักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชาใหม่นั้นหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันสรุปเป็นหลักการและสาระเนื้อหาเข้าสู่วิธีลัดด้วยตนเองจนเกิดความรู้ความเข้าใจ ขั้นที่ 4 ฝึกทักษะ เป็นการฝึกทักษะเพื่อให้เกิดความชำนาญ อาจจะใช้แบบฝึกทักษะ/แบบฝึกหัดที่ครูสร้างขึ้น กิจกรรมหรือชิ้นงานที่สัมพันธ์กับเรื่องนั้น ขั้นที่ 5 นำความรู้ไปใช้ เป็นการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาหาความรู้ตลอดจนแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตจริง ขั้นที่ 6 วัดผลประเมินผล เป็นการตรวจสอบเพื่อวินิจฉัยว่านักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้านักเรียนยังไม่บรรลุตามจุดประสงค์ก็จะได้รับการสอนซ่อมเสริมก่อนเรียนเนื้อหาต่อไป

2.8 เครื่องมือและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.8.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ คือ แบบทดสอบ (สุรวาท ทองบุ, 2550, น. 81-92) มีรายละเอียดดังนี้

2.8.1.1 แบบทดสอบ

1) ความหมาย แบบทดสอบ คือชุดของสิ่งเร้าที่ใช้กระตุ้นการตอบสนองออกมา ชุดของสิ่งเร้านี้มักจะอยู่ในรูปของข้อคำถามหรือสถานการณ์ที่กำหนด แล้วให้ผู้ทำการทดสอบแสดงพฤติกรรมทางวาจา หรือการเขียนหรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การฟ้อนรำประกอบเพลง เป็นต้น ซึ่งเมื่อแสดงพฤติกรรมออกมาให้สามารถวัดได้ สังเกตได้ และนำไปสู่การแปลความหมายได้เกี่ยวกับความสามารถด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย แต่นิยมใช้กับด้านพุทธิปัญญาเป็นส่วนใหญ่

2) ชนิดของแบบทดสอบ แบ่งเป็น 3 ชนิดดังนี้

2.1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะและสรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่ผู้เรียนได้รับจากประสบการณ์จากการศึกษาเล่าเรียน

2.1.1) ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher–Made Test) และแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน (Standardized Test) แบบทดสอบทั้ง 2 ประเภทนี้จะถามเนื้อหาเหมือนกัน คือ ถามสิ่งที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอนซึ่งจัดเป็นกลุ่มพฤติกรรมได้ 6 ประเภทคือ

2.1.1.1) ความรู้ความจำ (Recall) เป็นความสามารถในการจำความรู้ทั้งหลายที่ได้รับโดยสามารถระลึกสิ่งต่าง ๆ ออกมา

2.1.1.2) ความเข้าใจ (Comprehensive) เป็นความสามารถของบุคคลในการตีความสรุปความ หรือขยายความจากสิ่งหนึ่งไปสู่อีกสิ่งหนึ่งหรืออีกความหมายหนึ่ง

2.1.1.3) การนำไปใช้ (Apply) เป็นความสามารถของบุคคลในการนำเอาความรู้ความเข้าใจไปใช้ในสถานการณ์หรือเงื่อนไขใหม่

2.1.1.4) การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการจำแนก แยกแยะจัดประเภท หาความสำคัญและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในระบบใด ๆ ได้

2.1.1.5) การสังเคราะห์ (Syntheses) เป็นความสามารถในการประมวลความรู้แสดงความคิดเห็น หรือข้อเสนอแนะต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1.1.6) การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการตีคุณค่าตัดสินคุณค่าโดยอาศัยกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ทั้งภายและภายนอกของผู้ประเมิน

1.2 รูปแบบของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มี 3 รูปแบบที่ได้รับความนิยมใช้ คือ

1.2.1 แบบปากเปล่า (Oral Test) เป็นการทดสอบที่อาศัยการซักถามเป็นรายบุคคล ใช้ได้ผลดีถ้ามีผู้เข้าสอบจำนวนน้อย เพราะต้องใช้เวลามาก ถามได้ละเอียดเพราะสามารถโต้ตอบกันได้

1.2.2 แบบเขียนตอบ (Paper-Pencil Test) เป็นการทดสอบที่เปลี่ยนแปลงมาจากการสอบแบบปากเปล่า เนื่องจากจำนวนผู้เข้าสอบมากและมีจำนวนจำกัด แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1.2.2.1 แบบความเรียง (Essay Type) เป็นการสอบที่ให้ผู้ตอบได้รวบรวมเรียบเรียงคำพูดของตนเองแสดงทัศนคติ และความรู้สึกความคิดได้อย่างอิสระภายใต้หัวเรื่องที่กำหนดให้เป็นข้อสอบที่สามารถวัดพฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ได้อย่างดี แต่มีข้อเสียเพราะการให้คะแนนทำให้มีความเป็นปรนัยได้ยาก

1.2.2.2 แบบจำกัดคำตอบ (Fixed-Response Type) เป็นข้อสอบที่มีคำตอบถูกภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้อย่างจำกัด ข้อสอบแบบนี้ยังแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบถูกผิด (True-False) แบบเติมคำ (Completion) แบบจับคู่ (Matching) แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

1.2.2.3 แบบปฏิบัติ (Performance) เป็นการทดสอบที่ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรมออกมาโดยการกระทำหรือลงมือปฏิบัติจริง ๆ เช่น การทดสอบทางดนตรีช่างกลพลศึกษา เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. แบบทดสอบวัดความถนัด (Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดศักยภาพระดับสูงสุดของบุคคลว่าสมรรถภาพในการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด และควรเรียนด้านใดหรือทำงานด้านใดจึงจะประสบความสำเร็จอย่างดี แบบทดสอบประเภทนี้อาจแบ่งย่อยได้เป็น 2 ประเภท คือแบบทดสอบความถนัดในการเรียน (Scholastic Aptitude Test) และแบบทดสอบความถนัดจำเพาะ (Specific Aptitude Test) นักวัดผลแบ่งกลุ่มความถนัดเป็น 7 ด้าน คือ

2.1 ความถนัดด้านภาษา (Verbal Factor)

2.2 ความถนัดด้านการใช้คำ (Word fluency Factor)

2.3 ความถนัดด้านตัวเลข (Number Factor)

2.4 ความถนัดด้านมิติสัมพันธ์ (Space Factor)

2.5 ความถนัดด้านความจำ (Memory Factor)

2.6 ความถนัดด้านการสังเกตรับรู้ (Perception Factor)

2.7 ความถนัดด้านการใช้เหตุผล (Reasoning Factor)

3) แบบทดสอบวัดความสัมพันธ์ของบุคคลต่อสังคม แบบทดสอบประเภทนี้จะวัดเกี่ยวกับบุคลิกภาพ หรือการปรับตนเองของบุคคลในสังคมวัดความสนใจต่อสิ่งต่าง ๆ แบบทดสอบประเภทนี้ เช่น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แบบสำรวจความสนใจต่าง ๆ เป็นต้น

3.1.1) การวางแผนการสร้างแบบทดสอบ

ในการสร้างแบบทดสอบผู้วิจัยควรกำหนดแผนการสร้าง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ คือ

3.1.1.1) กำหนดวัตถุประสงค์ในการศึกษา ขั้นนี้เป็นการวางโครงการล่วงหน้าว่าการวิจัยนั้นต้องการศึกษาพฤติกรรมอะไรกับใครและศึกษาเพื่ออะไร

3.1.1.2) กำหนดลักษณะของแบบทดสอบที่จะใช้ ขั้นนี้เป็นการกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย โดยกำหนดว่าจะใช้แบบทดสอบประเภทใดจึงจะสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการศึกษาจำนวนข้อเท่าใด และเวลาที่ใช้ควรเป็นเท่าใดจึงจะเหมาะสม

3.1.1.3) การสร้างแบบทดสอบ ขั้นนี้เป็นการพิจารณาว่าพฤติกรรมที่ต้องการศึกษานั้นมีองค์ประกอบของพฤติกรรมใดบ้าง โดยสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรเป็นแนวทางในการสร้าง

3.1.1.4) การสร้างตัวคำถาม ยึดหลักใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายชัดเจนและมีความเป็นปรนัยถ้าข้อสอบนั้นเป็นข้อสอบแบบปรนัย การสร้างตัวเลือกต้องให้เป็นอิสระจากกัน มีความชัดเจนไม่แนะนำคำตอบ โดยศึกษาเทคนิคการเขียนข้อคำถามและตัวเลือกจากเอกสาร ตำรา เพื่อให้การสร้างถูกต้องตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.1.1.5) การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบ ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบดูว่าเนื้อหาและพฤติกรรมต่าง ๆ ที่นำมาสร้างเป็นแบบทดสอบนั้นเป็นตัวแทนที่ดีหรือไม่ ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดหรือไม่ โดยตรวจสอบคุณภาพที่สำคัญ ๆ ต่อไปนี้

1) ความตรง (Validity) เป็นการตรวจสอบว่าแบบทดสอบนั้นวัดตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

2) ความเที่ยง (Reliability) เป็นการตรวจสอบดูว่า ผลของการวัดจากแบบทดสอบนั้นมีความคงที่แน่นอนมากน้อยเพียงใด

3) ความเป็นปรนัย (Objectivity) เป็นการตรวจสอบดูว่าคำถาม หรือสิ่งที่ถามในแบบทดสอบมีความชัดเจนดีพอหรือไม่ ระบบการให้คะแนนและการแปลความหมายคะแนนนำไปใช้ได้ตรงกันทั่วไปได้หรือไม่

สรุปได้ว่า แบบทดสอบ คือ สิ่งเร้าที่ใช้กระตุ้นการตอบสนองมักจะอยู่ในรูปของข้อคำถามหรือสถานการณ์ที่กำหนด แล้วให้ผู้ทำการทดสอบแสดงพฤติกรรมทางวาจา หรือการเขียนหรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งเมื่อแสดงพฤติกรรมออกมาให้สามารถวัดได้ สังเกตได้ และนำไปสู่การแปลความหมายเกี่ยวกับความสามารถในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น พุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

2.8.2 การหาคุณภาพของเครื่องมือ

จากการศึกษาการหาคุณภาพของเครื่องมือ ขอนำเสนอในประเด็นของความหมายของการหาคุณภาพของเครื่องมือ ความเที่ยงตรง ความยากและอำนาจจำแนก ความเชื่อมั่น ซึ่งมีรายละเอียดไว้ดังนี้

2.8.2.1 ความหมายของการหาคุณภาพของเครื่องมือ

นักการศึกษาได้กล่าวถึงการหาคุณภาพเครื่องมือ ไว้ดังต่อไปนี้

บุญชุม ศรีสะอาด (2545, น. 81) กล่าวว่า เครื่องมือรวบรวมข้อมูลจะต้องมีคุณภาพหลายประการประกอบกัน ดังนี้

1. ทุกข้อต้องมีคุณภาพเข้าตามเกณฑ์ในด้านระดับความยากอำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

2. เมื่อนำทุกข้อที่มีคุณภาพตามข้อ 1 มารวมกันเป็นฉบับเครื่องมือทั้งฉบับนั้นจะต้องมีคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น

สมนึก ภัททิยธนี (2551, น. 193) กล่าวว่า การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบเป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นว่ามีคุณภาพดีเพียงใด ทั้งลักษณะเป็นรายข้อและทั้งฉบับ ถ้าข้อสอบข้อใดหรือฉบับใดมีคุณภาพดี ก็ควรนำไปใช้แต่ถ้าบกพร่องก็ควรปรับปรุงแก้ไข

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551, น. 134) กล่าวว่า เครื่องมือวัดผลที่ดีจะต้องเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพจึงจะช่วยให้การวัดผลมีความถูกต้องเชื่อถือได้และผลการประเมินที่ได้ย่อมเชื่อถือได้ด้วย ดังนั้นก่อนที่จะนำเครื่องมือไปใช้จริงจึงควรตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อนทุกครั้ง การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องมือในเรื่อง ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก อำนาจจำแนก และความเป็นปรนัย

ไพศาล วรคำ (2561, น. 265) กล่าวว่า คุณภาพเครื่องมือ หมายถึงคุณ ลักษณะที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย เช่น ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก และอำนาจจำแนก เป็นต้น คุณสมบัติที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นเป็นหลัก ส่วนอำนาจจำแนกนั้นจะใช้เฉพาะในกรณีของแบบทดสอบและแบบสอบถาม และความยากจะใช้ได้เฉพาะกรณีแบบทดสอบเท่านั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สรุปได้ว่าการหาคุณภาพเครื่องมือ หมายถึง การตรวจสอบหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลที่ต้องมีการหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือเพื่อความถูกต้องและเชื่อถือได้

2.8.2.2 ความเที่ยงตรง

นักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมาย ลักษณะ และวิธีการของความเที่ยงตรง (Validity) หรือความตรง (Validity) ไว้ดังต่อไปนี้

พิชิต ฤทธิ์เจริญ (2551, น. 134-135) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบนั้นมีสิ่งที่ควรพิจารณาดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเป็นเรื่องที่อ้างถึงการตีความหมายของผลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหรือการประเมินผล มิใช่เป็นความเที่ยงตรงของเครื่องมือ แต่เป็นความเที่ยงตรงของการตีความหมายที่ได้จากผลของการทดสอบ

2. ความเที่ยงตรงเป็นเรื่องของระดับ (Matter of Degree) มิใช่เป็นเรื่องมีหรือไม่มีการบอกความเที่ยงตรงของแบบทดสอบควรเสบทเจาะจง เช่น มีความเหยงตรง สูง ปานกลาง หรือต่ำ

3. ความเที่ยงตรงจะเป็นความเที่ยงตรงเฉพาะเรื่องที่ต้องการวัดเสมอ (Specificto Some Particular Use) ไม่มีแบบทดสอบใดที่มีความเที่ยงตรงทุกวัตถุประสงค์ เช่น แบบทดสอบเลขคณิตอาจมีความเที่ยงสูงในการวัดทักษะการคำนวณ แต่มีความเที่ยงตรงต่ำในการวัดเหตุผลเชิงตัวเลข และอาจมีความเที่ยงตรงปานกลางในการคาดคะเนผลการเรียน

4. ความเที่ยงตรงเป็นมโนทัศน์เดียว (Unitary Concept) หมายความว่าความเที่ยงตรงเป็นค่าตัวเลขตัวเดียวที่ได้มาจากหลักฐานหลายแหล่งหลักพื้นฐานที่ใช้ยึดในการตีความหมายของความเที่ยงตรงก็คือเนื้อหาเกณฑ์ที่กำหนดและโครงการ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, น. 99) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของแบบทดสอบ สามารถจำแนกความตรงเป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ ความเที่ยงตรงตามเนื้อเรื่องความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี การตรวจสอบความเที่ยงตรงเป็นกระบวนการรวบรวมและวิเคราะห์หลักฐานเพื่อการสนับสนุนความเหมาะสมและความถูกต้องของการนำคะแนนจากเครื่องมือวัดไปสรุป ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงสามารถจำแนกตามเป้าหมายที่สำคัญได้ 3 ประเภท ได้แก่ การตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อเรื่อง การตรวจสอบความเที่ยงตามเกณฑ์สัมพันธ์และการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี

ไพศาล วรคำ (2561, น. 266) กล่าวว่า ความเที่ยงตรง หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด หรือความสอดคล้องเหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่องหรือเกณฑ์ หรือทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะที่มุ่งวัด ความเที่ยงตรงจึงถือว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ของเครื่องมือวัดทุกประเภท เพราะเป็นคุณสมบัติเกี่ยวข้องกับคุณภาพ ด้านความถูกต้องของผลที่ได้จากการวัด เนื่องจากความเที่ยงตรงของค่าวัดจากเครื่องมือวัดเป็นความสัมพันธ์หรือความสอดคล้องระหว่างค่าวัดของเครื่องมือวัดนั้นกับสิ่งที่ต้องการวัดหรือตัวเกณฑ์ ดังนั้น การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง จึงเป็นการหาความสัมพันธ์หรือความสอดคล้องระหว่างค่าวัดของตัวแปรวิธีการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงจึงขึ้นอยู่กับชนิดของค่าวัดที่ได้จากตัวแปร ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการแสดงหรือหาว่าเครื่องมือวัดนั้น สามารถวัดได้ตรงและครอบคลุมเนื้อหาวิชาการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด โดยการเทียบกับตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือตารางกำหนดข้อสอบสิ่งกำหนดตัวอย่างหัวข้อเนื้อหาสาระวิชาและพฤติกรรมจากเนื้อหาสาระวิชาทั้งหมด และถือว่าเป็นตัวแทนที่ดีแล้วการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือวัด สามารถพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ของวิชา โดยคำนวณจากดัชนีความสอดคล้องของระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ค่า IOC ที่มีค่า 0. 50 ขึ้นไปแสดงว่ามีความสอดคล้องหรือเป็นตัวแทนจุดประสงค์ของวิชา

สำหรับสูตรที่ใช้ในการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ โดยคำนวณจากสูตรของบุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (ไพศาลวรคำ. 2554, น. 262-263) เป็นดังนี้

$$IOC = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{N} \qquad (2\text{-}1)$$

$$p = \frac{f}{n}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

R_i แทน คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

$\sum_{i=1}^{n}$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2. ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related Validity) ของค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดที่ต้องการกับค่าที่วัดได้จากเกณฑ์ ซึ่งสามารถคำนวณได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับค่าที่วัดได้ ซึ่งอาจใช้สูตร Pear Product Moment (เมื่อข้อมูลเป็นคะแนนทั้ง 2 ชุด) หรือ Spearman Rank Order (เมื่อข้อมูลเป็นการจัดอันดับ) ซึ่งแยกตามเกณฑ์เป็นการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามสภาพ และการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามพยากรณ์

3. ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) เป็นการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงว่าเครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดขอบเขตความหมาย หรือคุณลักษณะประจำตามโครงสร้างทฤษฎีที่สมมุติขึ้นได้เพียงใด

สรุปได้ว่า ความเที่ยงตรง หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัดหรือความสอดคล้องเหมาะของผลที่ได้จากการวัด และการตรวจสอบความเที่ยงตรงนั้นสามารถจำแนกตามเป้าหมายที่สำคัญได้ 3 ประเภท ได้แก่ การตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อการตรวจสอบความเที่ยงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี

2.8.2.3 ความยากและอำนาจจำแนก

นักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมาย ลักษณะ และวิธีการของความยากและอำนาจจำแนกไว้ดังต่อนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551, น. 138) กล่าวว่า ความยาก (Difficulty) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบข้อนั้นมีคนตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบนั้นก็ง่าย ถ้ามีคนตอบถูกน้อย ข้อสอบข้อนั้นก็ยาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีคนตอบถูกปานกลางข้อสอบข้อนั้นก็มีความยากปานกลาง ข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะควรมีคนตอบถูกไม่ต่ำกว่า 20 คน และไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน ค่าความยากหาได้โดยการนำจำนวนคนที่ตอบถูกหารด้วยจำนวนคนที่ตอบทั้งหมดส่วนอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครรอบรู้หรือไม่รอบรู้ โดยยึดหลักการว่าคนเก่งจะต้องตอบข้อสอบข้อนั้นถูก คนไม่เก่งจะต้องตอบผิด ข้อสอบที่ดีจะต้องแยกคนเก่งกับคนไม่เก่งออกจากกันได้ อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชองสภาพในทางบวก กล่าวคือ ถ้าเครื่องมือใดมีอำนาจจำแนกสูง เครื่องมือนั้นก็มีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูง

ไพศาล วรคำ (2561, น. 298) กล่าวว่า ความยากของข้อสอบ (Item Difficulty) เป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้นได้ถูกดังนั้นความยากของข้อสอบจึงพิจารณาได้จากจำนวนผู้ตอบข้อนั้นถูก ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบนั้นง่ายหรือมีค่าดัชนีความยาก (Item Difficult Index: p) สูง ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยากหรือมีค่าดัชนีความยากต่ำ

การหาค่าความยากของข้อสอบโดยทั่วไปจะนิยมหาเฉพาะในการสอบแบบอิงกลุ่มเพื่อทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมจะมีดัชนีความยากอยู่ระหว่าง 0. 20–0. 80 ส่วนในการสอบแบบอิงเกณฑ์นั้นต้องพิจารณาความรอบรู้ (ผ่านเกณฑ์) หรือไม่รอบรู้ (ไม่ผ่านเกณฑ์) จึงไม่ค่อยคำนึงถึงความยากของข้อสอบ

แต่จะพิจารณาพฤติกรรมและเนื้อหาที่ต้องการวัดมากกว่าการหาดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์จึงเป็นการหาเพื่อให้ทราบระดับความยากเท่านั้น ซึ่งถ้ามีการหาดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์ก็มักจะหาทั้งดัชนีความยากก่อนเรียนและดัชนีความยากหลังเรียนโดยใช้สูตรเดียวกับความยากแบบอิงกลุ่ม

การหาความยาก (Item Difficulty) เป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้นได้ถูก ดังนั้นความยากของข้อสอบจึงพิจารณาได้จากจำนวนผู้ตอบข้อนั้นถูก ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย หรือมีค่าดัชนีความยาก (item difficulty index: p) สูง ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยาก หรือมีดัชนีความยากต่ำ เช่น แบบทดสอบบับหนึ่งนำไปทดลองใช้กับนักเรียน 50 คน ได้ผลดังนี้

ข้อที่ 1 มีนักเรียนตอบถูก 45 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 45/50=.90
ข้อที่ 2 มีนักเรียนตอบถูก 30 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 30/50=.60
ข้อที่ 3 มีนักเรียนตอบถูก 25 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 25/50=.50
ข้อที่ 4 มีนักเรียนตอบถูก 0 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 0/50=.00
ข้อที่ 5 มีนักเรียนตอบถูก 50 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 50/50=1.00
ดังนั้นค่าดัชนีความยากจึงหาได้จาก (ไพศาล วรคำ, 2561, น.298)

$$p = \frac{f}{n} \qquad (2\text{-}2)$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อ p แทน ดัชนีความยาก
f แทน จำนวนผู้ตอบถูก
n แทน จำนวนผู้เข้าสอบ

สำหรับข้อสอบอัตนัยการหาดัชนีความยากจะมีวิธีการแตกต่างไปจากข้อสอบปรนัยบ้าง เนื่องจากคะแนนที่เป็นไปได้ของข้อสอบอัตนัยแต่ละข้อไม่ใช่ 0 หรือ 1 เหมือนกับข้อสอบปรนัย การหาดัชนีความยากของข้อสอบอัตนัยทำได้โดยการแบ่งผู้เข้าสอบออกเป็นสองกลุ่ม ๆ ละเท่า ๆ กัน คือ กลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ จากนั้นคำนวณหาดัชนีความยากจากสูตรของ (Whitney and Sabers) ส่วนการแปลผลดัชนีความยากของข้อสอบอัตนัยก็ใช้เกณฑ์เดียวกับดัชนีความยากของข้อสอบปรนัย

สำหรับสูตรที่ใช้ในการหาค่าความยากของแบบทดสอบ จะต้องแบ่งกลุ่มเป้าหมายออกเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนโดยใช้เทคนิค 25% ของกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด โดยคำนวณจากสูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ส (ไพศาล วรคำ, 2561, น. 299)

$$p = \frac{S_H + S_L - (2nX_{\min})}{2n(X_{\max} - X_{\min})} \quad (2\text{-}3)$$

เมื่อ p แทน ดัชนีความยาก

S_H แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์

$X_{\max}$ แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{\min}$ แทน คะแนนต่ำในข้อนั้น

อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง คุณลักษณะของข้อสอบหรือข้อคำถามที่สามารถแยกปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีอยู่ในแต่ละบุคคลได้ เช่น ในแบบทดสอบข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกก็คือข้อสอบที่สามารถแยกคนเก่งออกจากคนอ่อนได้เครื่องมือที่นิยมหาอำนาจจำแนก ได้แก่ แบบทดสอบและแบบสอบถามเทคนิคการหาอำนาจจำแนกมีหลายวิธีตามลักษณะของเครื่องมือ ดังนี้

1. การหาอำนาจจำแนกแบบอิงกลุ่ม มีหลายวิธี
   1.1 เทคนิคร้อยละ 50
   1.2 เทคนิคร้อยละ 27
   1.3 การหาสหพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม
   1.4 การหาสหสัมพันธ์แบบ Point Biserial
2. การหาอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ หาได้ 2 แบบ ดังนี้
   2.1 ดัชนีอำนาจจำแนกของแบรนแนน (Brennan 's Index: B-Index)
   2.2 ดัชนีความไวของข้อสอบ (Sensitive Index: S)
3. การหาอำนาจจำแนกของแบบสอบอัตนัย

ในกรณีของข้อสอบอัตนัยค่าคะแนนในแต่ละข้อจะมีได้หลายค่า การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบอัตนัยสามารถหาได้จากสูตรวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers)

คิริชัย กาญจนวาสี (2552, น. 225) กล่าวว่าความยากและอำนาจจำแนก หมายถึง สัดส่วนของจำนวนคนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก เช่น ข้อสอบข้อหนึ่งมีคนตอบ 100 คนปรากฏว่าตอบถูกเพียง 30 คนแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีความระดับความยาก (p) เท่ากับ 0. 30 หรือ 30% ดังนั้นระดับความยากของข้อสอบจึงมีค่าตั้งแต่ 0. 00-1. 00 ถ้าข้อสอบข้อใดมีคนตอบถูกมาก P จะมีค่าสูง (เข้าใกล้ 1) แสดงว่าข้อนั้นง่าย ในทางตรงกันข้ามถ้าข้อสอบข้อใดมีคนตอบถูกน้อย P จะมีค่าต่ำ (เข้าใกล้ 0) แสดงว่าข้อสอบนั้นยาก โดยทั่วไปข้อสอบที่มีค่า P ระหว่าง 0. 20-0. 80

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะ และข้อสอบทั้งฉบับควรมีระดับความยากเฉลี่ยประมาณ 0.50 ส่วนอำนาจำแนก (Discrimination) หรืออำนาจจำแนกของข้อสอบ (Discrimination Power of The Items) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนก หรือแยกให้เห็นความแตกต่างระหว่างข้อสอบที่มีผลสัมฤทธิ์ต่างกัน เช่น จำแนกคนเก่งกับคนอ่อนออกจากกันได้ โดยถือว่าคนที่เก่งหรือมีความสามารถควรทำข้อสอบนั้นได้ ส่วนผู้ที่อ่อนหรือไม่มีความสามารถไม่ควรทำข้อสอบข้อนั้นได้ อำนาจจำแนกของข้อสอบจะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง +1 แต่อำนาจจำแนกที่ดีจะต้องมีค่าบวก ควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป สำหรับสูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบปรนัย

$$r = \frac{2(f_H - f_L)}{n} \tag{2-4}$$

เมื่อ r แทน อำนาจจำแนกของข้อสอบ

f_H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก

f_L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

n_H, n_L แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำตามลำดับ

n แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมด $n = n_H + n_L$

สำหรับการหาอำนาจจำนากของแบบสอบถาม (ไพศาล วรคำ, 2561, น. 309)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$$r_{XY'} = \frac{n\sum XY' - \sum X \sum Y'}{\sqrt{\left[n\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2\left[n\sum Y'^2 - \left(\sum Y'\right)^2\right]\right]}} \tag{2-5}$$

เมื่อ $r_{XY'}$ แทน ดัชนีอำนาจจำแนกของข้อคำถาม

X แทน คะแนนของข้อคำถามข้อนั้น

Y แทน คะแนนรวมจากข้อคำถามทั้งหมด (ที่วัดในสิ่งเดียวกัน)

Y' แทน คะแนนรวมที่หักคะแนนข้อนั้นออกแล้ว $Y' = Y - X$

n แทน ผู้ตอบแบบสอบถาม

สำหรับสูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอัตนัยคำนวณจากสูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ส (ไพศาล วรคำ, 2561, น.309)

$$D = \frac{S_U - S_L}{n(X_{\max} - X_{\min})} \tag{2-6}$$

เมื่อ D แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมคะแนนนักเรียนกลุ่มเก่งในแต่ละข้อ

S_L แทน ผลรวมคะแนนนักเรียนกลุ่มอ่อนในแต่ละข้อ

n แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

$X_{\max}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุดในแต่ะข้อ

$X_{\min}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุดในแต่ละข้อ

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก

ความยาก (p)	ความหมาย	อำนาจจำแนก (D)	ความยาก
0.80-1.00	ง่ายมาก	0.60-1.00	ดีมาก
0.60-0.79	ค่อนข้างง่าย	0.40-0.59	ดี
0.40-0.59	ปานกลาง	0.20-0.39	พอใช้
0.20-0.39	ค่อนข้างยาก	0.10-0.19	ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง
0.00-0.19	ยากมาก	0.00-0.09	ต่ำมาก ต้องปรับปรุง

สรุปได้ ว่าความยากข้อสอบเป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บ่งบอกให้ทราบว่าข้อสอบข้อนั้นมีโอกาสที่จะมีกลุ่มตัวอย่างจะตอบถูกหรือไม่ ถ้ากลุ่มตัวอย่างตอบถูกมากข้อสอบนั้นก็ง่าย ถ้ามีกลุ่มตัวอย่างตอบถูกน้อย ส่วนอำนาจจำแนก คือคุณลักษณะของข้อสอบหรือข้อคำถามที่สามารถแยกผู้เรียนให้มีความต่างกัน ซึ่งเครื่องมือที่สร้างขึ้นมานั้นจะต้องมีการหาอำนาจจำแนกของแบบทดสอบด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHACHAKRAPHONG UNIVERSITY

2.8.4.4 ความเชื่อมั่น

นักการศึกษาได้กล่าวถึง ความหมาย ลักษณะ และวิธีการของความเชื่อมั่นไว้ ดังนี้

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2552, น. 88) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น ตรงกับภาษาอังกฤษ “Reliability” ซึ่งหมายถึง “Stability and Consistency” ของคะแนนสอบ จึงเป็นที่เข้าใจของกลุ่มนักวัดผลคนไทยว่า Reliability นั้น หมายถึง ระดับความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของคะแนนสอบจากการทดสอบเรื่องเดียวกันในเวลาใดก็ตาม อย่างไรก็ดีสำหรับการใช้คำนั้นก็อาจใช้คำที่ต่างกันไป เช่น ความเชื่อมั่นความเที่ยง

ไพศาล วรคำ (2561, น. 278) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่ของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่งในการวัดหลายๆครั้ง การหาความเชื่อมั่นของแบบวัดพัฒนามาจากนิยาม คือความสัมพันธ์กันระหว่างค่าการวัดหลายๆ ครั้งแต่ด้วยเหตุที่คุณลักษณะที่

ต้องการวัดของบุคคลนั้นมักจะมีการเปลี่ยนแปลงเสมอเมื่อเวลาผ่านไปจึงได้มีการพัฒนาวิธี การหาความเชื่อมั่นของแบบวัดขึ้นมาอีกหลายวิธีภายใต้แนวคิดหลัก 3 แนวคิด คือ

1. การวัดความคงที่ ซึ่งจะเป็นการวัดความคงที่ของผลการวัดหลายๆครั้ง

2. การวัดความสมมูลกันเป็นการวัดแบบที่เป็นคู่ขนานเพื่อหลีกเลี่ยงการวัดซ้ำ

3. การวัดความสอดคล้องภายในซึ่งเป็นการพิจารณาความเชื่อมั่นจากการวัดเพียงครั้งเดียวแล้วหาความสอดคล้องของผลการวัดภายในแบบวัดนั้น

ศิริชัย กาญจนวาลี (2552, น. 59-60) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการวัดซ้ำ และวิธีการประมาณค่าความเชื่อนั้น สามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ โดยมีความหมายและวิธีการประมาณค่าดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.8 ประเภทของความเชื่อมั่นความหมายและวิธีการประมาณค่า

ประเภท	ความหมาย	วิธีประมาณค่า
1. ความเชื่อมั่นแบบคงที่ (Measure of Stability)	ความคงเส้นคงวาของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาที่ต่างกันโดยวิธีสอบซ้ำด้วยแบบสอบเดิม (Test-retrstMethod)	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากคนกลุ่มเดียวกันด้วย เครื่องมือเดียวกันโดยทำการวัดซ้ำสองครั้งในเวลาต่างที่ต่างกัน
2. ความเชื่อมั่นแบบความสมมูล (Measure of Equivalent)	ความสอดคล้องกันของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาเดียวกันโดยใช้แบบสอบที่สมมูลกัน (EquivalentFormsMethod)	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้ในเวลาเดียวกันจากคนกลุ่มเดียวกันโดยใช้เครื่องมือ 2 ฉบับที่ทัดเทียมกัน
3. ความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน (Measure of Internal Consistency)	ความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้อหรือความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหารายข้ออันเป็นตัวแทนของคุณลักษณะเด่นเดียวกันที่ต้องการวัดโดยวิธีต่าง ๆ	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกพันธ์ระหว่างคะแนนของกลุ่มข้อสอบ 2 กลุ่มจากการวัดด้วยแบบสอบเดียวกันคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากการแบ่งครึ่งข้อสอบที่สมมูลกันเช่นแบ่งเป็นข้อคู่และข้อคู่จากนั้นจึงใช้สูตรของเปียร์แมนบราวน์

(ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

ประเภท	ความหมาย	วิธีประมาณค่า
4. ความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน (Measure of Internal Consistency)	ความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้อหรือความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหารายข้ออันเป็นตัวแทนของคุณลักษณะเด่นเดียวกันที่ต้องการวัดโดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้ 4.1 วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (Spilt-half Method) 4.2 วิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder–Richardson Method) 4.3 วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาศ Cronbach's AlphaMethod) 4.4 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยหล์ (Hoyt'sAnalysis of VarianceMethod)	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกพันธ์ระหว่างคะแนนของกลุ่มข้อสอบ 2 กลุ่มจากการวัดด้วยแบบสอบเดียวกันคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากการแบ่งครึ่งข้อสอบที่สมมูลกันเช่นแบ่งเป็นข้อคู่และข้อคู่จากนั้นจึงใช้สูตรของเปียร์แมนบราวน์ คำนวณค่าสถิติของคะแนนรายข้อ (ซึ่งให้คะแนนแบบ 0. 1)และคะแนนรวมจากนั้นจึงใช้สูตรของคเดอร์-ริชาร์ดสัน คำนวณค่าสถิติของคะแนนรายข้อและคะแนนรวมจากนั้นจึงใช้สูตรคำนวณสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางจากนั้นจึงใช้สูตรของฮอยหล์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ในกรณีที่ข้อสอบเป็นแบบความเรียง (Essay Tests) ที่มีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบผู้ตรวจให้คะแนน (Rater) แต่ละคนอาจให้คะแนนที่แตกต่างกัน ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนจึงสำคัญมากสำหรับเครื่องมือวัดทักษะนี้ วิธีการง่ายๆในการหาความเชื่อมั่น ระหว่างผู้ให้คะแนนก็คือให้ผู้ตรวจให้คะแนนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ให้คะแนนในแบบทดสอบเดียวกันหรือพฤติกรรมเดียวกันแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากผู้ตรวจ โดยการหาสัมประสิทธิ์ความพ้องกันหรือดัชนีความสอดคล้องกัน ซึ่งสูตรการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบคำนวณจากสูตรการหาสัมประสิทธิ์อัลฟา (Cronbach's α -Coefficient) ของ ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2561, น. 288)

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right) \qquad (2\text{-}7)$$

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

k แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของแบบทดสอบในแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

ไพศาล วรคำ (2561, น. 297) กล่าวว่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement: SEM) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเชื่อมั่นของเครื่องมือ กล่าวคือถ้าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดต่ำ ความเชื่อมั่นจะสูง ในทางกลับกันถ้าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดสูงความเชื่อมั่นจะต่ำ นั่นหมายความว่าถ้าแบบทดสอบใดมีความเชื่อมั่นอย่างแท้จริง คะแนนที่สอบได้นั้นจะเป็นคะแนนจริง (True Score) ถ้ามีการสอบด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกับกลุ่มๆเดียวหลายครั้ง คะแนนของผู้สอบแต่ละคนที่สอบได้จะแตกต่างกันไป การที่คะแนนแตกต่างกันมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหรือถ้าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูงความแตกต่างหรือความของคะแนนจะน้อย ถ้ามีความเชื่อมั่นต่ำความแตกต่างหรือของคะแนนจะมาก การคำนวณหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดจึงเป็นการหาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนที่สอบได้ (Obtained Scores) กับคะแนนจริง (True Scores) สอดคล้องกับ เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2552, น. 97) ที่กล่าวว่า โดยปกติความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดจะมีค่าน้อยมาก และมีความสัมพันธ์กับค่าความเชื่อมั่นค่า SEM จึงเป็นดัชนีที่จะชี้ให้เห็นว่าเมื่อคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดมีค่าน้อยก็ย่อมจะทำให้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบสูงขึ้น

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความเชื่อมั่น เป็นระดับความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดเดียว ในการวัดซ้ำไปซ้ำมาในหลาย ๆ ครั้ง จากการทดสอบเรื่องเดียวกันในเวลาใดก็ตาม และวิธีวัดค่าประมาณค่าความเชื่อมั่น สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่ ความเชื่อมั่นแบบคงที่ ความเชื่อมั่นแบบความสมมูลกัน และความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน

2.9 ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับหรือเกณฑ์ประสิทธิภาพที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในระดับที่พึงพอใจ หากมีประสิทธิภาพในระดับนั้นแล้ว การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็นประสิทธิภาพ ของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 154)

2.9.1 ความหมายของประสิทธิภาพ และการหาประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงความหมายของประสิทธิภาพและการหาประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

เผชิญ กิจระการ (2544, น. 44-51) กล่าวไว้ว่า วิธีการหาประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น 2 วิธีดังนี้

1. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล (Rational Approach) กระบวนการนี้เป็นการหาประสิทธิภาพโดยใช้หลักการของความรู้ และเหตุผลในการตัดสินคุณค่า ซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นผู้พิจารณาตัดสินคุณค่า ซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมในด้านความถูกต้องของการนำไปใช้ (Usability) ผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนนำมาหาประสิทธิภาพต่อไป

2. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ (Empirical Approach) วิธีการนี้จะนำสื่อไปทดลองใช้กับกลุ่มนักศึกษาเป้าหมาย การหาประสิทธิภาพของสื่อ เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน CAI บทเรียนโปรแกรม ชุดการสอน แผนการสอน แบบฝึกทักษะ เป็นต้น ส่วนมากใช้วิธีการหาประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้ ประสิทธิภาพที่วัดส่วนใหญ่พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ การทำแบบฝึกหัดหรือกระบวนการเรียนหรือแบบทดสอบย่อย โดยแสดงเป็นค่าตัวเลขสองตัว เช่น $E_1 / E_2 = 80/80$, $E_1 / E_2 = 85/85, E_1 / E_2 = 90/90$ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1 / E_2 มีความหมายแตกต่างกนหลายลักษณะในที่นี้จะยกตัวอย่าง $E_1 / E_2 = 80/80$ ดังนี้

2.1 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 1 ตัวเลข 80 ตัวแรก E_1 คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง E_2 คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนการหาค่า คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80

2.2 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 80 ตัวแรก E_1 คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง E_2 คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหลังเรียนครั้งนั้น ได้คะแนนร้อยละ 80 เช่น มีนักเรียน 40 คน ร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด คือ 32 แต่ละคนได้คะแนนจากการทดสอบหลังเรียน ถึงร้อยละ 80 E_1 ส่วน 80 หลัง E_2 คือ ผลการสอบหลังเรียนของนักเรียนทั้งหมด 40 คน ได้คะแนนร้อยละ 80

2.3 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 80 ตัวแรก E_1 คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง E_2 คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทำเพิ่มจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยเปรียบเทียบคะแนนที่ทำได้ก่อนการเรียน (Pre-test) ตัวเลข 80 ตัวหลัง E_2 สามารถอธิบายให้ชัดเจนได้ ดังนี้ สมมุติว่า นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดก่อนเรียน (Pre-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 10 แสดงว่า แตกต่างจากคะแนนเต็ม (ร้อยละ 100) เท่ากับ 90 ถ้านักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85 แสดงว่าความแตกต่างของสองครั้งนี้ (ก่อนเรียนกับหลังเรียน) เท่ากับ 85-10=75 ดังนั้น ค่าของ E_2 =(75/90)×100=83.33% ถือว่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (E_2 =80)

2.4 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 4 ตัวเลข 80 ตัวแรก E_1 คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง E_2 หมายถึง นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละข้อถูก มีจำนวนร้อยละ 80 (ถ้านักเรียนทำข้อสอบข้อใดถูกมีจำนวนนักเรียนไม่ถึงร้อยละ 80 แสดงว่าสื่อไม่มีประสิทธิภาพ และชี้ให้เห็นว่าจุดประสงค์ที่ตรงกับข้อนั้นมีความบกพร่อง) สรุปว่าเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพ ของสื่อการเรียนการสอนจะนิยมตั้งเป็นตัวเลขสามลักษณะ คือ 80/80, 85/85 และ 90/90 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวิชา และเนื้อหาที่นำมาสร้างสื่อนั้น ถ้าเป็นวิชาที่ค่อนข้างยาก ก็อาจจะตั้งเกณฑ์ไว้ 80/80 หรือ 85/85 สำหรับวิชาที่มีเนื้อหาง่ายก็อาจจะตั้งเกณฑ์ไว้ 90/90 เป็นต้น เมื่อคำนวณค่าแล้วค่าที่ถือว่าใช้ได้ คือ 87.5/87.5 หรือ 87.5/90 เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2546, น. 42) ได้ให้ความหมายของประสิทธิภาพว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง เกณฑ์ระดับที่ผู้ผลิตแบบฝึกพอใจว่า ถ้าหากแบบฝึกมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้ว จะมีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้ได้ และคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมา โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากสื่อนวัตกรรม หรือแผนการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ประสิทธิภาพนั้นมาจากผลลัพธ์ของการคำนวณ E_1 เป็นตัวเลขแรก และ E_2 เป็นตัวเลขตัวหลัง ถ้าตัวเลขเข้าใกล้ร้อยมากก็ถือว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ตัวแปรสุ่มและการแจกแจงความน่าจะเป็น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ตามเกณฑ์ 70/70 โดยที่ 70 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคน จากการทำแบบทดสอบย่อย คิดเป็นร้อยละ 70 และ 70 ตัวหลัง

หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคน จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ทั้งใน และต่างประเทศ พบว่ามีนักวิจัยได้ทำการศึกษาไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.10.1 งานวิจัยในประเทศ

ได้มีนักวิจัยในประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

สุรสาร ผาสุก (2546) ได้ศึกษาการศึกษาความสามารถ และการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และผลในด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความสามารถและการคิดในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และสังเคราะห์ความรู้ที่เกี่ยวข้องมาสร้างตัวแบบที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้น และเอ็กซ์โพเนนเชียลได้ดีคิดหาข้อสรุปจากตัวแบบในรูปฟังก์ชัน และทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบได้ แต่การคิดเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริงยังทำได้ไม่ดีนัก และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ภายหลังการทดลองการใช้กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ชนันธร เข็มสุข (2560) ได้ศึกษาการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อการเสริมสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการทดลอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ สามารถนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปอธิบายสถานการณ์ได้ ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 3 คิดเป็นร้อยละ 21.87 ในระดับ 4 คิดเป็นร้อยละ 56.26 และในระดับ 5 คิดเป็นร้อยละ 21.87 และมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.37) และนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการทดลอง สามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน และมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ภัคกร ใสแจ่ม (2560) ได้ศึกษาการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยวิธีใช้โจทย์ปัญหา สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีเครื่องมือวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้โจทย์ปัญหาจำนวน 5 แผน แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และแบบประเมินพฤติกรรมด้านจิตพิสัย นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้โจทย์ปัญหา มีความรู้สึกว่ายากและไม่แน่ใจว่าตนเองจะทำได้หรือไม่ แต่ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถใช้กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ และสามารถนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปอธิบายสถานการณ์ได้ แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ทำให้นักเรียนสามารถนำกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ไปแก้ปัญหาสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันได้

วาสนา ประภาษี (2560) ได้ศึกษาการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เปรียบเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้การวิจัยแบบกึ่งทดลองคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายมาสองห้อง จำนวน 80 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านแท่นวิทยา จังหวัดชัยภูมิ ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 แบ่งกลุ่มเป้าหมายโดยให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองและอีกห้องเป็นกลุ่มควบคุม วัดการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนทั้งสองกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษามีการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนผ่านการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 นอกจากนี้นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

อนัญลักษณ์ ลีละสรชัย (2560) ได้สร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยเปรียบเทียบการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ศึกษาคุณภาพของโครงงาน และศึกษาผล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผลการวิจัย พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7004 ผลการใช้

กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า การคิดสร้างสรรค์หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่า เกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คุณภาพของโครงงานอยู่ในระดับดีมาก

อรธิดา สว่าง (2560) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เปรียบเทียบกับผลของการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้การวิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสำโรงทาบวิทยาคม จังหวัดสุรินทร์ ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 52 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง จำนวน 27 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 25 คน) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับมาก

ชนน คันธาวัตร์ (2561) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับอนุกรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักเรียนในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลกจำนวน 36 คน และใช้รูปแบบวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ใบกิจกรรม แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จะใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพแบบการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า แนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ควรให้ความสำคัญกับการเลือกสถานการณ์ที่มีความน่าสนใจหรือใกล้เคียงกับประสบการณ์ของนักเรียน ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด และการอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น วิเคราะห์ ตีความ ประเมินผลลัพธ์ และความรอบคอบในการทำงานของนักเรียน สำหรับผลของการประเมินการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์พบว่า นักเรียนมีระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในระดับ 3-4 นั้นคือ นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ได้เหมาะสมและสอดคล้อง สามารถสร้างตัวแปรเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในการทำกระบวนการเชิงคณิตศาสตร์ เลือกใช้หลักการกลยุทธ์ได้อย่างถูกต้อง และสามารถเลือกสถานการณ์พร้อมอธิบายการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

ณิชภัชร นนทะโส (2561) ได้ศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามความคิดเห็นของครูในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยภูมิเขต 2 และเปรียบเทียบสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามความคิดเห็นของครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี จำนวน 97 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ได้มาจากการสุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) ผลการวิจัย พบว่าสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามความคิดเห็นของครูในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยภูมิ เขต 2 โดยรวมครูส่วนใหญ่มีระดับการปฏิบัติตามลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก โดยมีลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาด้านเชื่อมโยงกับชีวิตประจำาวันมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านการพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 ด้านมุ่งเน้นการบูรณาการ ด้านท้าทายผู้เรียน และด้านกระตุ้นการเรียนรู้แบบ Active Learning ของผู้เรียนตามลำดับ ผลจากการสัมภาษณ์ พบว่า ครูผู้สอนยังไม่ได้ใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นแนวทางหลักของการดำเนินกิจกรรม แต่ยังคงประยุกต์ใช้ขั้นตอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอน ในการดำเนินกิจกรรม ครูจัดกิจกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐานหรือกระบวนการเรียนรู้ด้วยโครงงานเป็นส่วนน้อย นอกจากนี้ครูผู้สอนยังขาดทักษะในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และขาดทักษะการบูรณาการเชื่อมโยงตัวชี้วัดในแต่ละรายวิชาเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ตามความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน ครูผู้สอนจึงเลือกใช้กิจกรรมจากหนังสือเรียนหรือตามสื่อออนไลน์ กิจกรรมจากการอบรมทำให้สิ่งประดิษฐ์ชิ้นงานหรือผลงานที่ได้ยังไม่ได้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ และกิจกรรมที่ได้ยังไม่ได้เกิดจากความสนใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนขาดทักษะในด้านการแก้ปัญหา การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และผลการเปรียบเทียบสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามความคิดเห็นของครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี พบว่า ลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยรวมทั้ง 5 ด้าน และลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในแต่ละด้าน ประกอบด้วยด้านมุ่งเน้นการบูรณาการ ด้านท้าทายผู้เรียน ด้านกระตุ้นการเรียนรู้แบบแอกทีฟ (Active Learning) ของผู้เรียน ด้านการพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 และด้านเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ครูทั้ง 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้มีความคิดเห็นไม่แตกต่างกัน

รัตติพร ทองสาร (2561) ได้ศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามความคิดเห็นของนักเรียนในสังกัดโรงเรียนเทศบาลเมืองมหาสารคาม และเปรียบเทียบสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ตามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีระดับการศึกษาต่างกัน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนในสังกัดโรงเรียนเทศบาลเมืองมหาสารคาม ได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) จำนวน 302 คน และสัมภาษณ์จำนวน 6 คน (กรณีศึกษา)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสถิติ F-test และการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผลการวิจัย พบว่า สภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามความคิดเห็นของนักเรียน ในสังกัดโรงเรียนเทศบาลเมืองมหาสารคาม โดยภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความคิดเห็นต่อสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในระดับมาก โดยเมื่อจำแนกในด้านต่าง ๆ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความคิดเห็นด้านการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหามากที่สุด ผลการเปรียบเทียบสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ตามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีระดับการศึกษาต่างกัน พบว่า ลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยภาพรวมแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายได้เรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้มากกว่านักเรียนที่อยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและประถมตอนปลาย

ศิริพร ชวนชัยสิทธิ์ (2561) ได้ศึกษาความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24 จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อเปรียบเทียบความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครู จำแนกตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี ผลการวิจัย พบว่า ความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยรวมครูส่วนใหญ่มีความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก เมื่อจำแนกความพร้อมเป็นรายด้าน พบว่า ครูมีความพร้อมในด้านการเตรียมการสอน (ก่อนสอน) มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ (ขณะสอน) และความพร้อมในการประเมินผลและนำเสนอ (หลังการสอน) ตามลำดับ และผลการเปรียบเทียบความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูจำแนกตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและ เทคโนโลยี โดยในภาพรวมมีครูอย่างน้อย 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีความพร้อมแตกต่างกัน และจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ความพร้อมในการเตรียมการสอน (ก่อนสอน) มีครูอย่างน้อย 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีความพร้อมแตกต่างกัน ส่วนความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ (ขณะสอน) และความพร้อมในการประเมินผลและนำเสนอ (หลังการสอน) ครูทั้ง 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้มีความพร้อมไม่แตกต่างกัน

กาญจณ์พิชชา บารมี (2562) ได้ศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเทียบกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการส่งเสริมการสร้างตัวแบบ

เชิงคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล 2 (สหกรณ์สมทบ) จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบสัมภาษณ์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน และสถิติทีผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับที่สามารถตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra อยู่ในระดับมากที่สุด

เพียงขวัญ แสนมณี (2563) ได้ศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า การศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย คะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 73.21 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเรียงตามความสามารถในการใช้สมรรถนะทางคณิตศาสตร์สูงไปต่ำ คือ สมรรถนะที่ 7 การใช้สัญลักษณ์ ภาษา และการดำเนินการ (Using Symbolic ,Language and Operation) สมรรถนะที่ 1 การคิดและการให้เหตุผล (Thinking and Reasoning) สมรรถนะที่ 6 การแสดงเครื่องหมายแทน (Representation) สมรรถนะที่ 3 การสื่อสาร (Communication) สมรรถนะที่ 4 การสร้างตัวแบบ (Modeling) สมรรถนะที่ 2 การสร้างข้อโต้แย้ง (Argumentation) สมรรถนะที่ 5 การตั้งและการแก้ปัญหา (Problem Posing and Solving) สมรรถนะที่ 8 ใช้ตัวช่วยและเครื่องมือ (Using Aids and Tools) ตามลำดับ

ไพรินทร์ ชุมคำน้อย (2563) ได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ศึกษาดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ผ่านการประเมินคุณภาพ จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.88 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เท่ากับ 0.11 ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.6265 คิดเป็นร้อยละ 62.65 ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง มีคะแนนเฉลี่ย 3.79 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน มีนักเรียนร้อยละ 36.36 สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 3 มีนักเรียนร้อยละ 50 สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 4 และมีนักเรียนร้อยละ 13.64 สามารถสร้าง ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 5 ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีความสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 0 ถึง 2 และการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง พบว่า หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทาง

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษาไปนั้น จะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการศึกษาจากสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันของผู้เรียน และเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาศักยภาพของตนเอง และรู้จักคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา เกิดการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ ครูผู้สอนควรมีความรู้ที่ดีเกี่ยวกับแนวคิดของการสร้าง ตัวแบบต่าง ๆ และควรจะเห็นคุณค่าของการเรียนการสอนที่มีการใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และควรมีการจัดประสบการณ์ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้นักเรียนมีความคุ้นเคย เพื่อที่จะส่งเสริมทักษะการใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริงของพวกเขาได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM RAJABHAT UNIVERSITY

2.10.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ได้มีนักวิจัยในประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

Tseng (2013) ได้ทำการวิจัย เรื่อง ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) ในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน (PjBL)โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทัศนคติในการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีต่อสะเต็ม ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่มีภูมิหลังด้านวิศวกรรมจากสถาบันเทคโนโลยีในไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน โดยมีนวัตกรรมที่ใช้ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานทำให้เกิดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา และทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้โดยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี รวมถึงการออกแบบเครื่องมือหรือนวัตกรรมต่าง ๆ ด้วยศาสตร์ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ก่อนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มนักเรียนชอบวิชา เทคโนโลยีมากที่สุด ในขณะที่หลังเรียนนักเรียนชอบวิชาวิศวกรรมมากที่สุดและจากภาพรวมยัง พบว่านักเรียนมีทัศนคติต่อศาสตร์ต่าง ๆ ในสะเต็ม

หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งหมด รวมทั้งจากการใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็ม พบว่าวิชาที่นักเรียนชอบมากที่สุดไปยังน้อยที่สุด ตามลำดับ มีดังนี้ คือ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์

Emily Plunkett Thrasher (2015) ได้ศึกษาการตรวจสอบและเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในขณะที่ครูสอนคณิตศาสตร์ก่อนให้มีส่วนร่วมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่อิงตามตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามที่กำหนดโดยมาตรฐานของรัฐแกนกลางทั่วไปสำหรับคณิตศาสตร์ ข้อมูลเชิงคุณภาพถูกเก็บรวบรวมระหว่างการเรียนการสอนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในหลักสูตรวิธีการสำหรับครูเตรียมบริการระดับมัธยมศึกษา กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้โดยครูที่ให้บริการล่วงหน้า เพื่อแก้ปัญหาการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ได้เสนอทฤษฎีทางเลือกของกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อย่างอิสระระหว่างวัตถุและการกระทำของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และสำรวจวิธีที่นักเรียนมีส่วนร่วมในนิสัยทางคณิตศาสตร์ของจิตใจในขณะที่มีส่วนร่วมในการแก้ไขตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมือนจริง ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีนิสัยชอบใจในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าการใช้นิสัยของจิตใจอย่างถี่ถ้วนและเชื่อมโยงถึงกันมากขึ้นจะสร้างวิธีแก้ปัญหาทั่วไปให้กับงานประเภทนี้ และการนำหน่วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ในหลักสูตรการศึกษาคณิตศาสตร์ระดับสูงสุดสำหรับครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาและทบทวนผลการดำเนินการนี้ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าหน่วยการเรียนรู้ประสบความสำเร็จในการช่วยให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดที่เหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

Cathrine Maiorca (2016) ได้ศึกษาความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 ที่เข้าร่วมในโครงการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) หลังเลิกเรียน โดยผู้เข้าร่วมทำกิจกรรมการสร้างตัวแบบสี่กิจกรรม คำถามการวิจัยที่กล่าวถึงในการศึกษานี้คือ อะไรเป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงในความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เข้าร่วมในโครงการ MEA หลังเลิกเรียน อะไรคือความแตกต่างของธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงความเชื่อในระดับความสามารถที่แตกต่างกัน และรวมถึงความเชื่อเกี่ยวกับธรรมชาติของการเรียนรู้คณิตศาสตร์และคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ของผู้เข้าร่วมพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย อันเป็นผลมาจากการเข้าร่วม MEAs สำหรับนักเรียนระดับความสามารถสูงที่เข้าร่วมการสัมภาษณ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของพวกเขา นักเรียนระดับกลางสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชั้นเรียนอื่น ๆ และกับโลกรอบตัวได้ดีขึ้นอันเป็นผลมาจากการสำเร็จ MEA สำหรับนักเรียนระดับความสามารถต่ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามนักเรียนระดับความสามารถต่ำคนหนึ่งระบุว่า MEAs จะเป็นกิจกรรมที่สร้างแรงบันดาลใจที่ดี นักเรียนระดับกลางคนหนึ่งและนักเรียนที่มีความสามารถต่ำคนหนึ่งรายงาน

การเปลี่ยนแปลงในความเชื่อของพวกเขาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์หลังจากทุกกิจกรรมยกเว้นกิจกรรมสุดท้าย และผู้เข้าร่วมการสนทนากลุ่มยังรายงานการเปลี่ยนแปลงบางอย่างในความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ ผู้เข้าร่วมระดับสูงสองคนแนะนำว่าพวกเขาสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์เมื่อแก้ปัญหาเหมือนวิศวกร การสำเร็จการศึกษา MEAs ทำให้นักเรียนระดับความสามารถสูงสองคนคิดว่าการทำคณิตศาสตร์เป็นเรื่องสนุก และยังทำให้เข้าใจว่าคณิตศาสตร์มีมากกว่าการแก้ปัญหาบนกระดาษ

Chan (2016) ได้ศึกษาการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนในห้องเรียนคณิตศาสตร์ ประเทศสิงคโปร์ พบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่ม จากสองโรงเรียนที่เป็นนักเรียนที่มีความสามารถสูง มีพัฒนาการในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ดี แม้ว่าจะเป็นครั้งแรกในการเรียนรู้เรื่องการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่ต้องเจอกับสถานการณ์ปัญหาที่รายละเอียดค่อนข้างยาก แต่นักเรียนก็ยังสามารถสร้างตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ สามารถตีความคำตอบ วิธีการที่ทำให้เกิดความคาดหวังและมองถึงความสำเร็จที่รออยู่ นักเรียนได้แสดงให้เห็นถึงการหาคำตอบที่เป็นตัวแบบได้ในระหว่างกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนมีการพัฒนาทางความคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อที่จะนำไปสู่การหาคำตอบในขั้นสุดท้ายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จากการวิเคราะห์โปรโตคอลทำให้พบว่า นักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ได้ดีและนักเรียนยังสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนตามหลักสูตรมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหากับสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนในชีวิตประจำวัน และสร้างความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และพัฒนาการในการนำเสนอเป็นสิ่งที่คู่ขนานกันมาซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับนักเรียน

Erdogan (2016) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานว่าส่งผลต่อนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างไร กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนจำนวน 565 คน จากโรงเรียนมัธยม 3 โรงเรียนในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐฯ โดยโรงเรียนแรกมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับสะเต็มศึกษาอย่างเข้มข้น โรงเรียนที่สองมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง และโรงเรียนที่สามแทบจะไม่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับสะเต็มศึกษาเลย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนแรกแตกต่างจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนที่สองและสามอย่างมีนัยสำคัญ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

Elizabeth Anne White Fulton (2017) ได้ศึกษาวิธีที่สื่อสารคณิตศาสตร์ขณะสอนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนระดับประถมศึกษา การศึกษาครั้งนี้ใช้แนวทางกรณีศึกษากับครูประถมจำนวน 4 คน ครูแต่ละคนมีส่วนร่วมในการพัฒนาวิชาชีพเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนการศึกษาและรวมเอาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เข้าในห้องเรียน มีการสังเกตบทเรียนงานตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และครูมีส่วนร่วมในการสัมภาษณ์ก่อนและหลังแต่ละบทเรียน และได้สำรวจในเชิงคุณภาพว่าครูทำการตัดสินใจทางคณิตศาสตร์อะไรขณะสอนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และการมีส่วนร่วมทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีอิทธิพลต่อกระบวนการสร้างตัวแบบอย่างไร การวิเคราะห์นี้เกิดขึ้นผ่านการวิเคราะห์ 3 แบบ คือ การนำคณิตศาสตร์ทไปใช้ ปฏิสัมพันธ์ของครู และแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบของกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีส่วนร่วมในคณิตศาสตร์ที่มีความหมาย เพื่อสำรวจปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริงในทุกกรณี ครูเตรียมนักเรียนให้ใช้คณิตศาสตร์โดยสร้างงานที่มีโอกาสทางคณิตศาสตร์ และการปรับทิศทางให้นักเรียนใช้คณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบปัญหา ครูแต่ละคนอนุญาตให้นักเรียนแนะนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่ที่ใช้ตรวจสอบคำถามเกี่ยวกับตัวแบบงานแต่ละงานกลายเป็นงานตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยวิธีการดำเนินการผ่านการมีส่วนร่วมของครูและนักเรียนในกิจกรรม

Kathleen Matson (2018) ได้ทำการศึกษา มุมมองของครูเกี่ยวกับวิธีการเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นวิธีการสอนที่รวมเอาการจัดระบบการสอนใหม่มาใช้ ซึ่งเป็นการสอนที่เป็นจุดสนใจของคณิตศาสตร์ สำหรับการปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ (SMP4) ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แม้ว่า SMP4 จะใช้กับเกรด K–12 แต่ครูส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการอบรมการสร้างแบบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ทั้งในโปรแกรมการเตรียมครูหรือในการสอนการปฏิบัติการสอนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และครูต้องการผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางเนื้อหาการสอนเพื่อจะได้มีประสิทธิภาพ การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการศึกษาเชิงคุณภาพเพื่อสำรวจมุมมองของครูเกี่ยวกับวิธีการเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเรียนรู้ ครูได้เรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยการมีส่วนร่วมในการริเริ่มพัฒนาโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในห้องเรียน ผลปรากฏว่า (1) ครูรู้สึกว่าการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นวิธีใหม่ในการสอนคณิตศาสตร์ (2) ครูเรียนรู้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยดูและลงมือปฏิบัติการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยการเรียนรู้ของครูที่จำกัด และ (3) การเรียนรู้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการการปฏิบัติ และการสอนของครูที่ยังได้รับผลกระทบ ซึ่งค้นพบว่า โอกาสในการเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในลักษณะเดียวกันกับที่นักเรียนจะช่วยให้พวกเขาเรียนรู้วิธีการนี้ (4) เช่นเดียวกับพวกเขาเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ครูตระหนักว่าพวกเขาจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนบางส่วน เพื่อการฝึกปฏิบัติการเรียน

การสอน การเรียนรู้และการสอนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และความรู้สึกของครูที่ได้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในทางบวก

Kimberly Groshong (2018) ได้ศึกษาวิธีการวิจัยและผลการวิจัยของการศึกษาที่เน้นการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างซึ่งนักเรียนแปลรายละเอียดที่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันเป็นภาษาคณิตศาสตร์ด้วยโครงสร้างและการดำเนินการที่กำหนดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้ เพื่อสร้างโซลูชัน คำอธิบายหรือการคาดคะเน ซึ่งจะถูกตีความภายในบริบทของเหตุการณ์ในชีวิตจริง ส่วนหนึ่งของกระบวนการนี้ต้องมีการกำหนดว่าเมื่อใดจึงจะสามารถปรับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่และระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองในการให้คำอธิบายและการคาดคะเน การสร้าง ทดสอบ และประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ตอบสนองความต้องการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ เพื่อลดความซับซ้อนของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จึงได้กำหนดกรอบทฤษฎีระบบในการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อประสบการณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อส่งมอบมาตรฐานเนื้อหาพัฒนาสื่อการสอนนำบทเรียนไปใช้ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และมีส่วนร่วมในวิธีการมากมายที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ กรอบงานจะตรวจสอบองค์ประกอบที่สัมพันธ์กันเหล่านี้และผลกระทบต่อนักเรียนโดยหวังว่าจะเปิดเผยวิธีคิดใหม่เกี่ยวกับการสอนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และหลักปฏิบัติและทฤษฎีการเรียนรู้ และได้กลั่นกรองสิ่งประดิษฐ์ทางวรรณคดี STEM 241 ชิ้นที่แยกแยะระหว่างตัวแบบการแทนค่าตัวแบบ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้คำจำกัดความสำหรับการวางรากฐานที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันสำหรับการตรวจสอบการสอนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และการเรียนรู้ในวิชาการศึกษา STEM ทั้งหมด มีการระบุความคล้ายคลึงกันในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การออกแบบทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี และกระบวนการระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ที่อาจช่วยปรับปรุงการถ่ายทอดความรู้และทักษะของนักเรียนภายในหลักสูตร STEM

Elke Jessonya Hyacinth (2019) ได้ศึกษาว่าคะแนนคณิตศาสตร์จากการทดสอบคณิตศาสตร์มาตรฐานที่ได้รับคำสั่งจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แตกต่างกันหรือไม่ระหว่างนักเรียนที่ลงทะเบียนในโรงเรียน STEM กับนักเรียนที่ลงทะเบียนในโรงเรียนที่ไม่ใช่ STEM ในเขตการศึกษาที่ใหญ่ที่สุดที่ตั้งอยู่ในเขตตะวันตกเฉียงใต้ รัฐในสหรัฐอเมริกา ฮิวริสติกในการแก้ปัญหาของ Polya ก่อให้เกิดกรอบทฤษฎีเนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดในการทดสอบคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 คำถามวิจัยสองข้อมุ่งเน้นไปที่การเปลี่ยนแปลงระหว่างบุคคลและการเปลี่ยนแปลงระหว่างบุคคลเมื่อเวลาผ่านไปในคะแนนการทดสอบคณิตศาสตร์มาตรฐาน

ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ลงทะเบียนในโรงเรียน STEM 18 แห่ง และโรงเรียนที่ไม่ใช่ STEM 18 แห่ง การวิเคราะห์รวมถึงการสร้างแบบจำลองเส้นโค้งการเติบโตและ ANOVA F-Test สุ่มทางเดียวเพื่อกำหนดวิถีการเติบโตส่วนบุคคลของคะแนนการทดสอบทางคณิตศาสตร์จากแต่ละโรงเรียนในช่วงเวลาตั้งแต่ปี 2555 ถึง 2560 ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างบุคคลในการเติบโตเมื่อเวลาผ่านไปภายในโรงเรียน และที่นั่นเป็นการเปลี่ยนแปลงระหว่างบุคคลในการเติบโตเมื่อเวลาผ่านไประหว่างโรงเรียน แต่การเปลี่ยนแปลงไม่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระ STEM และโรงเรียนที่ไม่ใช่ STEM ผลการวิจัยไม่สอดคล้องกับวรรณกรรมซึ่งบ่งชี้ว่าการสอนคณิตศาสตร์แบบ STEM เบื้องต้นมีประโยชน์มากกว่าการสอนแบบเดิม ๆ

Jenifer Hummer (2019) ได้ศึกษาบทเรียนที่สามารถสนับสนุนการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้ และศึกษาบทเรียนมีอิทธิพลต่อการปรับปรุงความรู้เนื้อหาของครู ความรู้ด้านการสอน ความเชื่อ และความสนใจในการคิดของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่าว่าครูคาดการณ์การตอบสนองของนักเรียนที่ถูกต้องและเกิดขึ้นใหม่สำหรับงานสร้างตัวแบบ ใช้แนวทางปฏิบัติทั้งห้าข้อในการถามคำถามและให้แนวทางในการพัฒนาความคิดของนักเรียน และมุ่งเน้นที่การคิดของนักเรียนเพื่อปรับแต่งแผนการสอน นอกจากนี้ ข้อมูลการสัมภาษณ์ยังให้หลักฐานเกี่ยวกับวิธีการที่แนวคิดของครูในการสอนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มีวิวัฒนาการโดยสัมพันธ์กับมุมมองของพวกเขาเกี่ยวกับงานการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และประโยชน์และความท้าทายของการสอนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การค้นพบนี้บ่งชี้ว่าการศึกษาบทเรียนสามารถสนับสนุนการสอนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Corinna Hankeln (2020) ได้ศึกษาถึงวิธีที่นักเรียนมัธยมปลายฝรั่งเศสและเยอรมันจัดการกับปัญหาการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ปัญหาที่พวกเขาพบ และความแตกต่างในกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างนักเรียนจากทั้งสองประเทศ สามารถอธิบายได้จากความแตกต่างระหว่างการสอน และการเรียนรู้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในฝรั่งเศสและเยอรมนี เพื่อให้เข้าใจความแตกต่างเหล่านี้ได้ดียิ่งขึ้น ประการแรก จึงมีการนำเสนอภาพรวมโดยสังเขปเกี่ยวกับการพัฒนาประวัติศาสตร์ของการศึกษาคณิตศาสตร์ในทั้งสองประเทศ โดยเน้นที่การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ตามด้วยการศึกษาเชิงประจักษ์ เชิงคุณภาพ ทั้งในฝรั่งเศสและเยอรมนี ความแตกต่างหลักสองประการสามารถระบุได้ว่าการจัดการกับสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงของนักเรียนและการดิ้นรนเพื่อความถูกต้อง

Dimple Pravin Patel (2020) ได้ศึกษาเชิงคุณภาพหลายกรณีนี้ ประกอบด้วยการตรวจสอบความเชื่อ ความเข้าใจ และประสบการณ์ของผู้อำนวยการโรงเรียนที่มีหน้าที่ดูแลนวัตกรรมหลักสูตรและการดำเนินการที่เกิดขึ้นในโรงเรียนประถมศึกษา STEM สี่แห่ง การศึกษานี้จัดขึ้นโดยอิงจากปัจจัยห้าประการที่นำมาใช้จากกรอบการสนับสนุนที่จำเป็นสำหรับการปรับปรุง

โรงเรียน (1) ความเป็นผู้นำ (2) ความผูกพันระหว่างผู้ปกครองกับชุมชน (3) ความสามารถทางวิชาชีพของคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ (4) นักเรียน -บรรยากาศการเรียนรู้ที่เน้นศูนย์กลาง และ (5) การสอนที่ทุ่มเท หัวข้อที่น่าสนใจเบื้องต้นคือการรับรู้ของอาจารย์ใหญ่เกี่ยวกับลักษณะสำคัญของผู้นำโรงเรียนประถมศึกษา STEM ที่มีประสิทธิภาพและโปรแกรมการศึกษา STEM ระดับประถมศึกษา ความท้าทายที่เกี่ยวข้องกับการนำโปรแกรมหลักสูตรโรงเรียนประถมศึกษาใหม่ไปปฏิบัติโดยทั่วไป ความท้าทายที่ผู้บริหารระดับสูงของผู้เข้าร่วมระบุว่าเป็นการเฉพาะในการใช้โปรแกรมหลักสูตรเน้น STEM และแนวคิดของผู้บริหารเกี่ยวกับการแก้ปัญหาความท้าทายในการบริหารโปรแกรมการศึกษา STEM วัตถุประสงค์ที่ครอบคลุมของการวิจัยคือการสร้างคำจำกัดความของการศึกษา STEM และแบบจำลองของโรงเรียน STEM เมื่อมองจากจุดยืนเฉพาะของผู้เข้าร่วม ผลการศึกษาจะทำหน้าที่เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับผู้บริหารโรงเรียน STEM หรือเป็นบทเรียนที่อาจเป็นประโยชน์ในการออกแบบและดำเนินการตามโปรแกรมการศึกษา STEM ระดับประถมศึกษา วัตถุประสงค์ที่ครอบคลุมของการวิจัยคือการสร้างคำจำกัดความของการศึกษา STEM และแบบจำลองของโรงเรียน STEM เมื่อมองจากจุดยืนเฉพาะของผู้เข้าร่วม ผลการศึกษาจะทำหน้าที่เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับผู้บริหารโรงเรียน STEM หรือเป็นบทเรียนที่อาจเป็นประโยชน์ในการออกแบบและดำเนินการตามโปรแกรมการศึกษา STEM ระดับประถมศึกษา วัตถุประสงค์ที่ครอบคลุมของการวิจัยคือการสร้างคำจำกัดความของการศึกษา STEM และแบบจำลองของโรงเรียน STEM เมื่อมองจากจุดยืนเฉพาะของผู้เข้าร่วม ผลการศึกษาจะทำหน้าที่เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับผู้บริหารโรงเรียน STEM หรือเป็นบทเรียนที่อาจเป็นประโยชน์ในการออกแบบและดำเนินการตามโปรแกรมการศึกษา STEM ระดับประถมศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAJABHAT RAJANAGARINDRA UNIVERSITY

Sarah Kate Huber (2020) เป็นการศึกษาความเข้าใจในการศึกษา STEM ผ่านสายตาของนักการศึกษาและการนำไปปฏิบัติในห้องเรียน ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความจำเป็นในการศึกษา STEM ในห้องเรียนปฐมวัยและความเข้าใจของนักการศึกษาส่งผลต่อการนำไปปฏิบัติอย่างไร วิธีการวิจัยแบบผสมโดยใช้วิธีเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพพร้อมการออกแบบที่อธิบายได้ถูกนำมาใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษานี้ ผลการวิจัยพบว่า ครูในเดลาแวร์หลายคนเข้าใจถึงความสำคัญของการศึกษา STEM แต่ไม่มีทรัพยากรหรือความเข้าใจที่เหมาะสมซึ่งจำเป็นต่อการนำการศึกษา STEM ไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพในห้องเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และการลงเมือปฏิบัติด้วนตนเอง โดยมีครูคอยให้คำแนะนะ ผู้วิจัยได้ข้อสรุปและข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษาไปนั้น จะเห็นว่าการจัดการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการศึกษา จากสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา ทำให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และจะเห็นคุณค่าของการเรียนการสอนที่มีการใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพราะนักเรียนจะมีความคุ้นเคยในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะการใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริงและสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

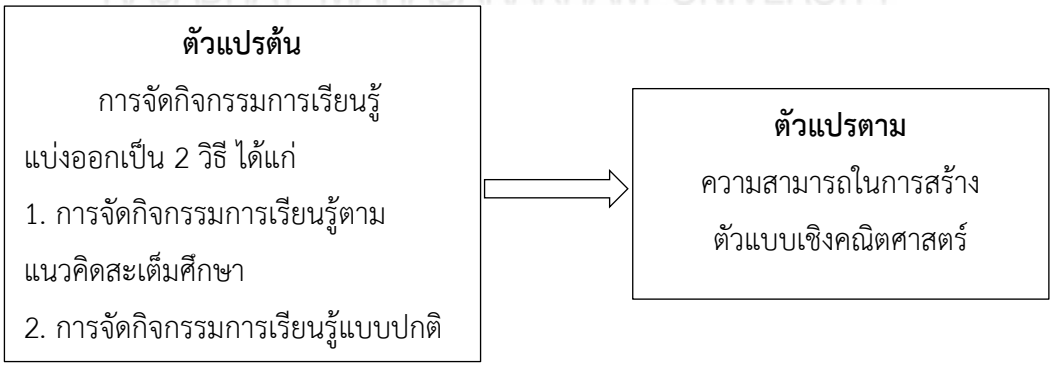
2.11 กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษากระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้สังเคราะห์และวิเคราะห์ของRobert (2013, p. 23) และกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ สเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ ซึ่งกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ผู้วิจัยสังเคราะห์จากหลักฐานของสุรสาร ผาสุข (2546, น 10-18) และการออกแบบกิจกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาของภัคภร ใสแจ่ม (2560, น 7-8) และการศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์จริงของไพรินทร์ ชุมคำน้อย (2563, น 7-8) และกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของสเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ (Sweta and Hartler, 1991) มาสังเคราะห์กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน (Lead in)
ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน (Align with a Problem)
ขั้นที่ 3 สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม (Engage Student Participation)
ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป (Interpret the solution & draw Conclusions)
ขั้นที่ 5 แก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ (Troubleshoot the Designs)
ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์ (Present Completed Projects)

มีกรอบการวิจัยดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.13 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

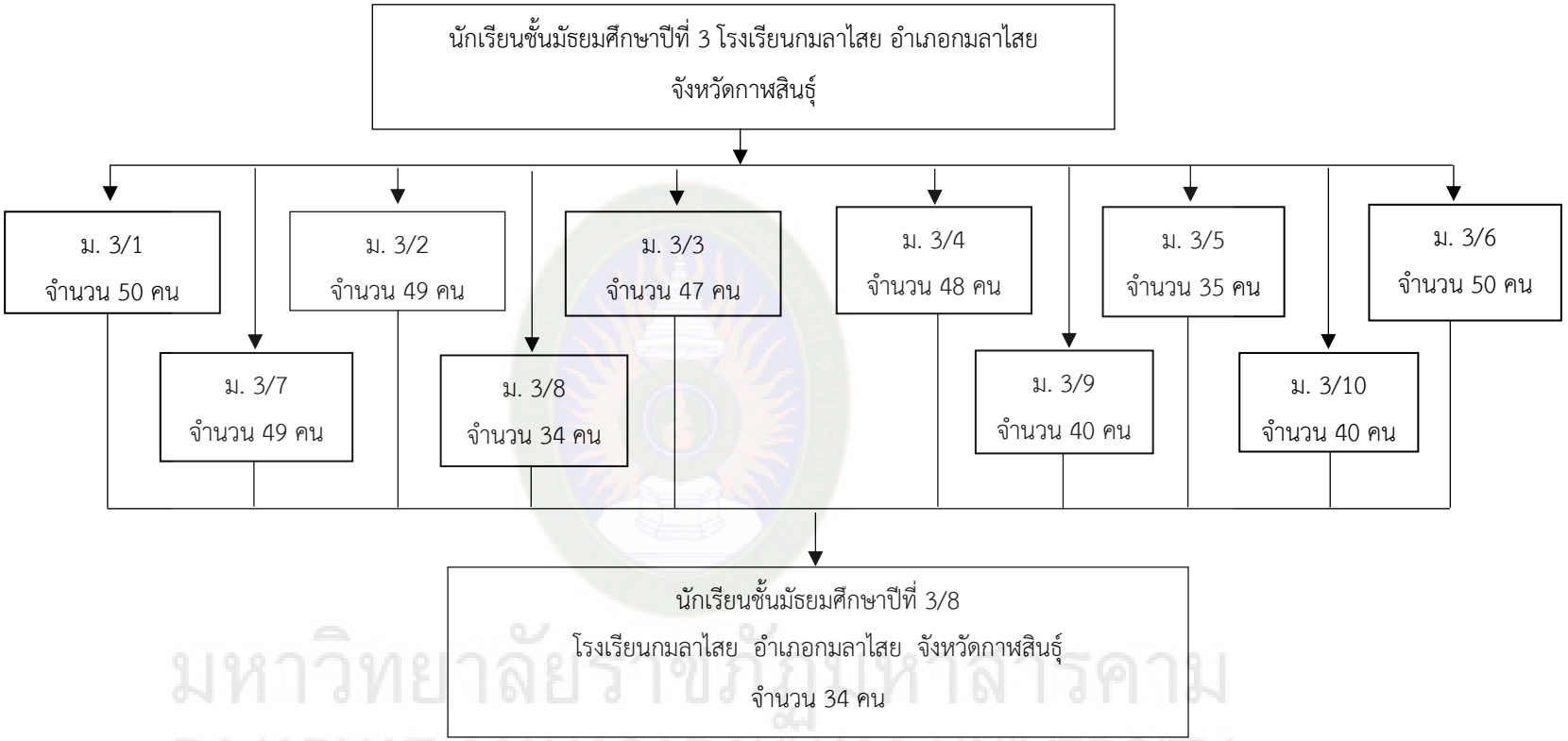
1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกมลาไสย อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ ปีการศึกษา 2564 จำนวน 10 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 442 คน

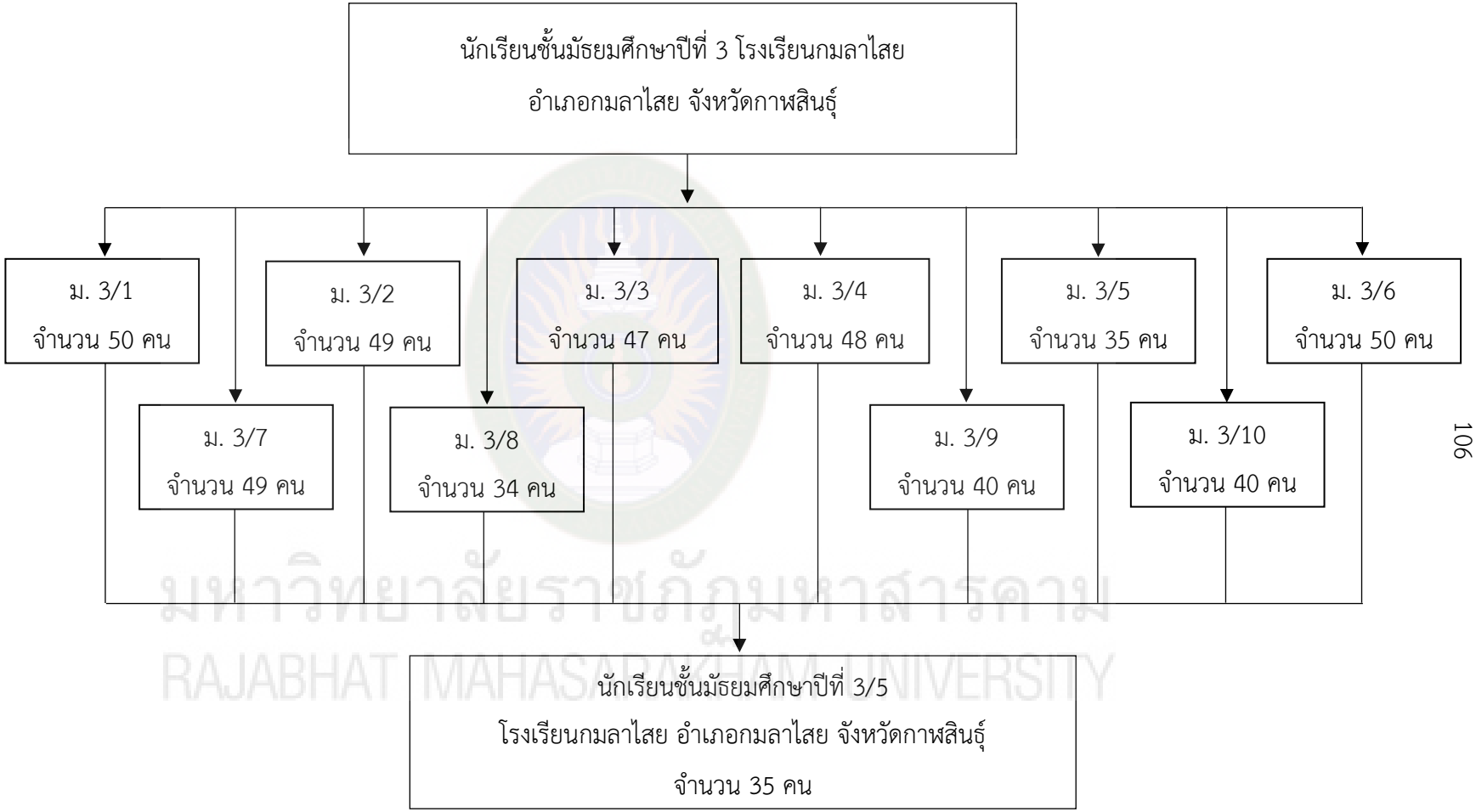
กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกมลาไสย อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 ห้องเรียน ประกอบด้วย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/5 จำนวน 35 คน และนักเรียนชั้นมัธยมสึกษาปีที่ 3/8 จำนวน 34 คน ซึ่งเป็นห้องเรียนที่นักเรียนมีลักษณะคละความสามารถในการเรียนรู้ โดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) มีรายละเอียด ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ของกลุ่มทดลอง



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ของกลุ่มควบคุม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.2 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลอง (True Experimental Design) ซึ่งมีแบบวิจัยที่มีกลุ่มควบคุมแบบสุ่ม และมีการเก็บข้อมูลก่อน และหลังการทดลอง (Randomized Control Group Pretest Posttest Design)

ตารางที่ 3.1 แบบการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองแบบสุ่ม และมีการเก็บรวบรวมก่อนและหลังการทดลอง (Randomized Control Group Pretest Posttest Design)

A	R	E	O_1	X	O_2
	R	C	O_1	~X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

A หมายถึง แบบการวิจัยเชิงทดลอง

R หมายถึง การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม

E หมายถึง กลุ่มทดลอง

C หมายถึง กลุ่มควบคุม

O_1 หมายถึง การสอบก่อนเรียนโดยใช้แบบทดสอบเรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร

O_2 หมายถึง การสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบเรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร

X หมายถึง การให้สิ่งทดลอง

~X หมายถึง การไม่ให้สิ่งทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ ดังนี้

3.3.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 5 แผน

3.3.2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 5 แผน

3.3.3 แบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร (เป็นแบบอัตนัย) จำนวน 3 ข้อ

3.4 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

3.4.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

การสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 5 แผน

3.4.1.1 ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

3.4.1.2 สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

3.4.1.3 ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เพื่อนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

3.4.1.4 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.4.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร โดยมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอน ดังนี้คือ ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน ขั้นที่ 3 สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม ขั้นที่ 4 ตีความชิ้นงานและสร้างข้อสรุป ขั้นที่ 5 แก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงานที่สมบูรณ์ จำนวน 5 แผน ใช้แผนละ 1 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.4.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

3.4.1.7 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ปรับปรุงจากคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย

1) อาจารย์ ดร.บรรชา นันจรัส วุฒิการศึกษาสูงสุดปริญญาเอก ปร.ด. (คณิตศาสตร์) อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์

2) อาจารย์ ดร.ณิฏฐะญาร์ บรรเทา วุฒิการศึกษาสูงสุดปริญญาเอก ปร.ด. (สถิติประยุกต์) อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยและเครื่องมือ

3) อาจารย์ ดร.วีรพงษ์ วงศ์พินิจ วุฒิการศึกษาสูงสุดปริญญาเอก ปร.ด. (คณิตศาสตร์) อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์

4) คุณครู วรรณนิภา วงศ์สวาสดิ์ ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนกมลาไสย ผู้เชี่ยวชาญด้านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

5) คุนครู จริยา วัลลานนท์ ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนกมลาไสย ผู้เชี่ยวชาญด้านแผนการจัดการเรียนรู้

เพื่อประเมินความคิดเห็นที่มีต่อแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พร้อมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมในด้านหลักสูตรและการสอน วิจัยและเครื่องมือ คณิตศาสตร์และเนื้อหา และนำคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยและเครื่องมือมีดังนี้

1. นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ได้ แต่ผู้วิจัยต้องจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ให้ครบทุกกิจกรรม และใช้เวลาไม่เกินชั่วโมงเรียนที่กำหนด

2. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ได้แต่ผู้วิจัยจะต้องเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการจัดการเรียนรู้ให้มีความพร้อมและเหมาะสมต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.4.1.8 แผนการจัดการเรียนรู้พร้อมกับแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้กับวัตถุประสงค์ ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยกำหนดระดับคะแนนความเหมาะสมและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็น 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (บุญชุม ศรีสะอาด, 2541 น. 95-100) ดังนี้

คะแนน 4.51-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 3.51-4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 2.51-3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 1.51-2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1.00-1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยการประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญเป็นดังนี้

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.97

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.97

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.87

ทั้งหมด 5 แผน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 หมายความว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

3.4.1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาสมด้านเนื้อหาภาษาตลอดจนการวัด และการประเมินผล แล้วนำคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.4.1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการหาประสิทธิภาพแล้วไปใช้กับกลุ่มทดลอง

3.4.2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร โดยวิธีการสอนแบบปกติ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.4.2.1 ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

3.4.2.2 ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เพื่อนำมาสร้างแผนการจัดิจกรรมการเรียนรู้

3.4.2.3 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.4.2.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร โดยมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอน ดังนี้คือ ขั้นที่ 1 ทบทวนความรู้พื้นฐาน ขั้นที่ 2 สอนเนื้อหาใหม่ ขั้นที่ 3 สรุป ขั้นที่ 4 ทักษะ ขั้นที่ 5 นำไปใช้ ขั้นที่ 6 การวัดและประเมินผล จำนวน 5 แผน ใช้แผนละ 1 ชั่วโมง

3.4.2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

3.4.2.6 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ปรับปรุงจากคณะกรรมการควบคุม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์ เสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน (ชุดเดิม) เพื่อประเมินความคิดเห็นที่มีต่อแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ พร้อมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมด้านหลักสูตรและการสอน วิจัยและเครื่องมือ คณิตศาสตร์และเนื้อหา และนำคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยและเครื่องมือมีดังนี้

1. นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ได้ แต่ผู้วิจัยต้องจัดห้องเรียนให้มีความเหมาะสม และปรับปรุงระยะเวลาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสม

2. นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ได้ แต่ผู้วิจัยต้องจัดเตรียมสื่อประกอบการสอนให้เพียงพอ และอธิบายขั้นตอนในการจัดกิจกรรมให้ชัดเจน

3.4.2.7 แผนการจัดการเรียนรู้พร้อมกับแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้กับวัตถุประสงค์ ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยกำหนดระดับคะแนนความเหมาะสมและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็น 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (บุญชุม ศรีสะอาด, 2541 น. 95-100) ดังนี้

คะแนน 4.51-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 3.51-4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 2.51-3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 1.51-2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1.00-1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

โดยการประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญเป็นดังนี้

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.90

ทั้งหมด 5 แผน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 หมายความว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

3.4.2.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาสมด้านเนื้อหาภาษาตลอดจนการวัด และการประเมินผล แล้วนำคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ของผู้เชี่ยวชาญ

3.4.2.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการหาประสิทธิภาพแล้วไปใช้กับกลุ่มควบคุม

3.4.3 แบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามขั้นตอน ดังนี้

3.4.3.1 ศึกษาวิธีการสร้างและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนน

3.4.3.2 ศึกษาค้นคว้าเอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัย

3.4.3.3 สร้างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร 3 ข้อ

3.4.3.4 นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมในข้อคำถามต่าง ๆ ความชัดเจนด้านภาษา และนำมาปรับปรุงแก้ไข

ข้อเสนอแนะของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

1. นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ แต่ผู้วิจัยต้องกำกับนักเรียนทุกคนให้อ่านคำชี้แจงและข้อคำถามอย่างถี่ถ้วน

2. นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ แต่ผู้วิจัยต้องจัดห้องเรียนให้มีความเหมาะสมต่อผู้เรียน

3.4.3.5 นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงจากคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม

3.4.3.6 นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม 5 ท่าน เพื่อประเมินความคิดเห็นที่มีต่อแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษา สถิติการวัดและการประเมินผล แล้วคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยและเครื่องมือมีดังนี้

1. แบบทดสอบการความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ควรออกโจทย์ให้ครอบคลุมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล

2. การสร้างแบบทดสอบความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยควรสร้างให้ครอบคลุมระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายครบทั้ง 6 ระดับ

3.4.3.7 ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item–Objective Congruence Index: IOC) โดยมีเกณฑ์ดังนี้

สอดคล้อง	จะมีคะแนนเป็น	+1
ไม่แน่ใจ	จะมีคะแนนเป็น	0
ไม่สอดคล้อง	จะมีคะแนนเป็น	-1

3.4.3.8 นำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า IOC โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2561, น. 262-263) เลือกข้อสอบที่ได้ค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ โดยวิธีการหาค่าความสอดคล้อง IOC ผลการประเมินพบว่า แบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีความสอดคล้องทั้ง 3 ข้อ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ทั้ง 3 ข้อเพื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.4.3.9 นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผ่านการหาประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญมาทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ โรงเรียนกมลาไสย จำนวน 35 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและเคยเรียนเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร มาก่อนแล้ว ผลการทดลองพบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพราะแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษา และเกณฑ์ประเมินที่สามารถวัดและประเมินผลได้จริง

3.4.3.10 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นรายข้อตามสูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ส (ไพศาล วรคำ, 2554, น. 292-293) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.2-0.1 จึงถือว่าแบบทดสอบใช้ได้ ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนกที่อยู่ในเกณฑ์ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.40-0.59 ซึ่งข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ดังกล่าวมีทั้งหมด 3 ข้อ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบจำนวน 3 ข้อ มาใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.4.3.11 นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการของครอนบาค ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.7 ขึ้นไปจึงถือว่าแบบสอบถามใช้ได้ ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า แบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87

3.4.3.12 นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ Gatabi and Abdolahpour (2013)

ระดับความสามารถ	เกณฑ์พิจารณา
0	นักเรียนไม่เข้าใจสถานการณ์และไม่สามารถร่างหรือเขียนสิ่งใดเกี่ยวกับปัญหาที่ให้
1	นักเรียนเข้าใจเพียงแต่สถานการณ์จริงที่ให้แต่ไม่สามารถเห็นโครงสร้างและลดความซับซ้อนของสถานการณ์ได้ หรือไม่สามารถหาความเชื่อมโยงกับแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้
2	หลังจากทำการสืบค้นเกี่ยวกับสถานการณ์จริงที่ให้ นักเรียนค้นพบตัวแบบจริงผ่านโครงสร้างและการลดความซับซ้อน แต่ไม่ว่าจะแปลงไปสู่ปัญหาเชิง
3	นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ แต่ไม่สามารถทำอะไรเกี่ยวกับโจทย์คณิตศาสตร์ได้
4	นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชคณิตศาสตร์และสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์จนได้ผลเฉลยเชิงคณิตศาสตร์ แต่ไม่ได้อธิบายกลับไปสู่สถานการณ์ดั้งเดิม
5	นักเรียนดำเนินการทุกขั้นตอนตามกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และตรวจสอบผลเฉลยปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ว่าสอดคล้องกับสถานการณ์ที่ให้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
RAJABHAT SUAN SUNANDHA UNIVERSITY

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 ขอหนังสือจากคณะครุศาสตร์ ส่งไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนอนุกูลนารี เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และกำหนดวันในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

3.5.2 ติดต่อประสานงานกับหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และครูประจำชั้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย บทบาทหน้าที่ของกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย กำหนดวันเวลาที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.3 ดำเนินการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ดังตาราง 3.3

ตารางที่ 3.3 วิธีการดำเนินการเก็บข้อมูลตัวอย่าง

ลำดับ	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
1	แบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียน 2 ชั่วโมง	แบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียน 2 ชั่วโมง
2	ทำการสอนโดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 5 แผน จำนวน 5 ชั่วโมง	ทำการสอนโดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 5 แผน จำนวน 5 ชั่วโมง
3	แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน 2 ชั่วโมง	แบบวทดสอบความสามารถในกาแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน 2 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 3.3 พบว่า วิธีการดำเนินการเก็บข้อมูลตัวอย่างของกลุ่มควบคุม มีขั้นตอนดังนี้ 1) ให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 2) ทำการสอนโดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 5 แผน จำนวน 5 ชั่วโมง 3) ให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 4) และวิธีการดำเนินการเก็บข้อมูลตัวอย่างของกลุ่มทดลอง มีขั้นตอนดังนี้ 1) ให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 2) ทำการสอนโดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 5 แผน จำนวน 5 ชั่วโมง 3) ให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนในแต่ละข้อ โดยให้คะแนนแบบเกณฑ์รวมของข้อสอบแบบแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย พิจารณาให้คะแนนจากการตอบในภาพรวม จากตารางที่ 3.2

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ (1) โดยการหาร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด ที่ได้จากการทำแบบฝึกทักษะ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบย่อย ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1) และหาร้อยละของค่าเฉลี่ยในการสอบด้วยแบบทดสอบเรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_2)

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ (2) โดยใช้สถิติทดสอบ t-test (One-Sample t-test)

3.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ (3) ใช้สถิติทดสอบ t-test (Dependent Sample t-test) ทดสอบความแตกต่างของคะแนนความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.6.4 การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ (4) t-test (Independent Sample t-test) ทดสอบความแปรปรวน ความแตกต่าง ค่าเฉลี่ย ของความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อันเนื่องมาจากอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติพื้นฐาน ได้แก่

3.7.1 ร้อยละ (Percentage: %) (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 321)

$$\text{ร้อยละ } (\%) = \frac{f}{n} \times 100 \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ f แทน เป็นความถี่ของรายการที่สนใจ

n แทน เป็นจำนวนทั้งหมด

3.7.2 ค่าเฉลี่ย (Mean: $\overline{X}$) (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 323)

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \tag{3-2}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

x_i แทน เป็นคะแนนของคนที่ i

n แทน เป็นจำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

3.7.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 325)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{X})^2}{n-1}} \tag{3-3}$$

เมื่อ S แทน เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$\overline{X}$ แทน เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มต้อย่าง

x_i แทน เป็นคะแนนของคนที่ i

n แทน เป็นจำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่

3.7.4 หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของความแบบแบบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร และจุดประสงค์กิจกรรม (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 269)

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \tag{3-4}$$

เมื่อ IOC แทน เป็นดัชนีความสอดคล้อง

R แทน เป็นคะแนนระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละข้อ

n แทน เป็นจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้องในข้อนั้น

3.7.5 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์คำนวณจากสูตรของวิทเนย์ และซาเบอร์ส (ไพศาล วรคำ, 2561, น. 308)

ดัชนีค่าอำนาจจำแน $D = \frac{S_u - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$ (3-5)

เมื่อ D แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มเก่งในแต่ละข้อ

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มอ่อนในแต่ละข้อ

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

$X_{\max}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุดในแต่ละข้อ

$X_{\min}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุดในแต่ละข้อ

3.7.6 ค่าความยากของแบบทดสอบสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะต้องแบ่งกลุ่มเป้าหมายออกเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน โดยใช้เทคนิค 25 % ของกลุ่มเป้าหมายนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด โดยคำนวณจากสูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ส (ไพศาล วรคำ, 2561, น. 299)

ดัชนีค่าความยาก $P = \frac{S_H + S_L - (2nX_{\min})}{2n(X_{\max} - X_{\min})}$ (3-6)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อ P แทน ดัชนีค่าความยาก

S_H แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

$X_{\max}$ แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{\min}$ แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3.7.7 การหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้สูตรการหาสัมประสิทธิ์อัลฟา (α-Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach ‘s α-Coefficient) ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2561, น. 288)

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right) \quad (3\text{-}7)$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์แอลฟา

k แทน จำนวนข้อคำถามหรือข้อสอบ

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนข้อที่ i

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม t

3.7.8 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของห้องเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติทดสอบ ทีแบบกลุ่มเดียว (One-sample t-test) (ไพศาล วรคำ, 2552, น. 349)

$$t = \frac{\overline{X}-\mu_0}{S/\sqrt{n}}; df = n-1 \quad (3\text{-}8)$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบที

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทน ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยของประชากรที่ต้องการเปรียบเทียบ

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.7.9 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ตัวแปรสุ่มและการแจกแจงความน่าจะเป็นโดยใช้สถิติทดสอบ ทีแบบกลุ่มไม่อิสระ (Dependent Sample t-test) (ปิยะธิดา ปัญญา, 2562, น. 105)

$$t = \frac{\overline{d}}{S_d/\sqrt{n}} \text{ เมื่อ } df = n-1, S_d = \sqrt{\frac{n\sum d^2}{n(n-1)}} \quad (3\text{-}9)$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบที

d แทน ผลต่างของคู่คะแนน

$\overline{d}$ แทน ผลต่างเฉลี่ยของคู่คะแนน

S_d แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างคู่คะแนน

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

3.7.10 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างห้องเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษากับห้องเรียนปกติ โดยใช้สถิติทดสอบ ทีกรณีกลุ่มอิสระ (Independent Sample t-test) (ปิยะธิดา ปัญญา, 2560, น. 114)

กรณีความแปรปรวนเท่ากัน มีสูตรดังนี้

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}}; df = n_1 + n_2 - 2 \quad (3\text{-}10)$$

กรณีความแปรปรวนไม่เท่ากัน มีสูตรดังนี้

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1}+\frac{S_2^2}{n_2}}}; df = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}+\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1-1}+\frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2-1}} \quad (3\text{-}11)$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบที

$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ

$S_1^2; S_2^2$ แทน ความแปรปรวนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ

$n_1; n_2$ แทน นักเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นำเสนอผลการวิจัยตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ระบุสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา ดังต่อไปนี้

n	แทน	จำนวน
$\overline{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
$S.D.$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
E_1	แทน	คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำใบกิจกรรมแบบฝึกหัด และแบบทดสอบย่อย คิดเป็นร้อยละ 70
E_2	แทน	คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการ แบบทดสอบหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70
df	แทน	องศาความเป็นอิสระ
t	แทน	สถิติทดสอบ t
F	แทน	สถิติทดสอบ F
$Sig.$	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ
*	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.2 ลำดับขั้นในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษาดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับนักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

ผู้วิจัยศึกษาผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยพิจารณาจากคะแนนก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ได้จากแบบทดสอบสถิติ การคิดวิเคราะห์โดยใช้ร้อยละ และคะแนนเก็บระหว่างเรียนและคะแนนสอบหลังเรียน ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 มีรายละเอียดดังนี้

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในขั้นตอนแรกผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของRobert (2013, p. 23) พร้อมทั้งสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของRobert (2013, p. 23) เพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ สเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ (Sweta and Hartler, 1991) ซึ่งกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ผู้วิจัยสังเคราะห์จากหลักฐานของสุรสาร ผาสุข (2546, น 10-18) และการออกแบบกิจกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาของภัคภร ใสแจ่ม (2560, น 7-8) และการศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้สถานการณ์จริงของไพรินทร์ ชุมคำน้อย (2563, น 7-8) โดยผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็น 6 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน (Lead in) เป็นการนำความรู้เดิมที่นักเรียนเรียนมาก่อนแล้วเป็นพื้นฐานในการศึกษาหาความรู้ใหม่ทั้งเป็นการเชื่อมโยงต่อความรู้เก่า และความรู้ใหม่ให้เป็นเรื่องเดียวกันตลอด ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดความคิดรวบยอดหรือหลักการของเรื่องนั้น ๆ แจ่มแจ้งยิ่งขึ้น ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน (Align with a Problem) เป็นการคิด เชื่อมโยงว่าสาระการเรียนรู้/เนื้อหาที่เลือกในขั้นที่ 1 สามารถอิงเข้ากับบริบทใด หรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง ขั้นที่ 3 สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม (Engage Student Participation) ผู้สอนจัดกิจกรรมกลุ่มให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ เช่น ตั้งคำถามที่นำไปสู่การออกแบบให้ผู้เรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์การคิดแก้ปัญหา และได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์หลัก (ตามที่เลือกไว้ในขั้นที่ 1)

ผนวกกับการได้ใช้ความรู้การแก้ปัญหาในชีวิตจริง (ที่เชื่อมโยงไว้ในขั้นที่ 2) เช่น อาจตั้งคำถามให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ออกแบบไว้ และพยายามไม่ให้ผู้เรียนหลงประเด็น นอกจากนี้ต้องให้ผู้เรียนจดบันทึกการทำงานของกลุ่มตน ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป (Interpret the solution & draw Conclusions) นักเรียนสามารถตีความหมายของคำตอบได้จากจำนวนทางคณิตศาสตร์ สามารถอธิบายเป็นคำตอบของสถานการณ์ได้ พร้อมทั้งพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบโดยเปรียบเทียบตรวจสอบกับข้อมูลจริงที่กำหนดให้ แล้วแปลความหมายออกมาเป็นคำตอบของปัญหา ขั้นที่ 5 แก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ (Troubleshoot the Designs) ครูเพิ่มเงื่อนไขของปัญหา และนักเรียนหาคำตอบของปัญหาที่มีเงื่อนไขเพิ่มขึ้น เพื่อผู้เรียนจะได้ฝึกการคิดวิจารณญาณควบคู่ไปด้วย และขั้นที่ 6 นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์ (Present Completed Projects) นักเรียนออกมารายงานผลอธิบายการหาคำตอบของสถานการณ์ จากนั้นศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จำนวน 5 แผน แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้พร้อมกับแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้กับวัตถุประสงค์ ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินโดยกำหนดระดับคะแนนความเหมาะสมและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็น 5 ระดับ จำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความคิดเห็นที่มีต่อแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พร้อมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมในด้านหลักสูตรและการสอน วิจัยและเครื่องมือ คณิตศาสตร์และเนื้อหา และนำคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ผลประเมินการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้ผ่านการประเมินคุณภาพของการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งหมด 5 แผน จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน โดยผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของผู้เชี่ยวชาญแล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความคล้อง (IOC) เป็นดังนี้

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.97
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.97
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.87

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT PHRANAKHON SI AYUTTHAYA UNIVERSITY

ทั้งหมด 5 แผน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 หมายความว่า แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

การศึกษาผลการเรียนรู้ของประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 (E_1/E_2) ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 (E_1/E_2) ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ปรากฏดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร นำเสนอโดยใช้ คะแนนเฉลี่ย ร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เลขที่	E_1			รวม (100)	ทดสอบหลังเรียน (15) E_2
	ใบกิจกรรม (40)	แบบฝึกหัด (30)	ทดสอบย่อย (30)		
$\overline{X}$	33.50	26.29	24.53	84.32	12.91
$S.D.$	4.230	2.277	3.387	5.147	1.443
ร้อยละ	83.75	87.63	81.77	84.32	86.07
ประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เท่ากับ 84.32/86.07					

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนที่ได้จากการทำใบกิจกรรม แบบฝึกหัด ทดสอบย่อย เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เท่ากับ 33.50, 26.29 และ 24.53 คิดเป็นร้อยละ 83.75, 87.63 และ 81.77 ตามลำดับ รวมค่าเฉลี่ยและคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 84.32 นั่นคือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 84.32 และนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เท่ากับ 12.91 คิดเป็นร้อยละ 86.07 นั้นคือประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 86.07 ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จึงมีประสิทธิภาพ 84.32/86.07 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ผลประเมินการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้ผ่านการประเมินคุณภาพของการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน โดยผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความคล้อง (IOC) ทั้งหมด 5 แผน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 หมายความว่า แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด และคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนที่ได้จากการทำใบกิจกรรม แบบฝึกหัด ทดสอบย่อย เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เท่ากับ 33.50, 26.29 และ 24.53 คิดเป็นร้อยละ 83.75, 87.63 และ 81.77 ตามลำดับ รวมค่าเฉลี่ยและคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 84.32 นั่นคือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 84.32 และนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เท่ากับ 12.91 คิดเป็นร้อยละ 86.07 นั้นคือประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 86.07 ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จึงมีประสิทธิภาพ 84.32/86.07 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผู้วิจัยศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พิจารณาจากคะแนนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในระดับ 0 ถึงระดับ 5 จากแบบทดสอบหลังเรียน ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผลการวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพิจารณาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในระดับ 0 ถึงระดับ 5 ได้จากแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การคิดวิเคราะห์โดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คะแนนเฉลี่ยแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียน นำเสนอโดย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	แปลความหมาย	ความถี่	ร้อยละ	$\overline{X}$	$S.D.$
หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	0	-	-	-	-
	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	4	11.76	3.33	0.309
	4	25	73.53	4.16	0.227
	5	5	14.71	5	0

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับ 3 ($\overline{X}$ =3.33, $S.D.$=0.309) ระดับ 4 ($\overline{X}$ =4.16, $S.D.$=0.227) และระดับ 5 ($\overline{X}$ =5, $S.D.$=0)

การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยมีรายละเอียดดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test (One-Simple t-test) ปรากฏดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	n	$\overline{X}$	$S.D.$	df	t	$Sig.$
นักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	34	12.91	1.443	33	9.744	.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.3 พบว่านักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.91 คิดเป็นร้อยละ 86.07

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ผลการเปรียบเทียบความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 นักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.91 คิดเป็นร้อยละ 86.07

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยแบบวัดความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อพิจารณาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์โดยมีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในระดับ 0 ถึงระดับ 5 จากแบบทดสอบก่อนเรียนเรียน ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบก่อนเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพิจารณาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในระดับ 0 ถึงระดับ 5 ได้จากแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การคิดวิเคราะห์โดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียน นำเสนอโดย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	แปลความหมาย	ความถี่	ร้อยละ	$\overline{X}$	$S.D.$
ก่อนเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	0	-	-	-	-
	1	6	17.65	1.45	0.274
	2	22	64.70	2.39	0.270
	3	6	17.65	3.31	0.287
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับ 1 ($\overline{X}$ =1.45, $S.D.$=0.274) ระดับ 2 ($\overline{X}$ =2.39, $S.D.$=0.270) และระดับ 3 ($\overline{X}$ =3.31, $S.D.$=0.287)

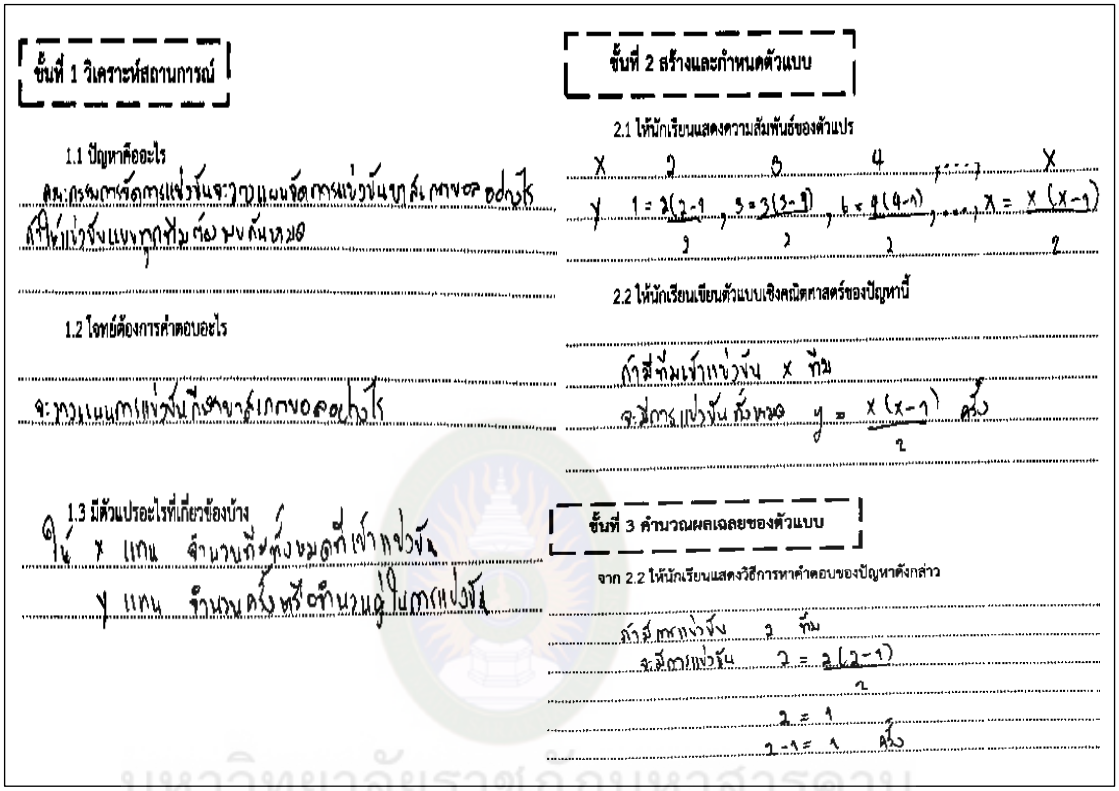
การศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จะพิจารณาจากผลทดสอบจากแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบอัตนัย ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 ข้อ ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตัวอย่างงานเขียน แบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

งานเขียนแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่ลำดับการพัฒนาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ระดับ 1 ถึงระดับ 3 ของนักเรียนก่อนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ระดับ 3 ก่อนเรียน ของแบบทดสอบข้อที่ 1 ปรากฏดังภาพที่ 4.1

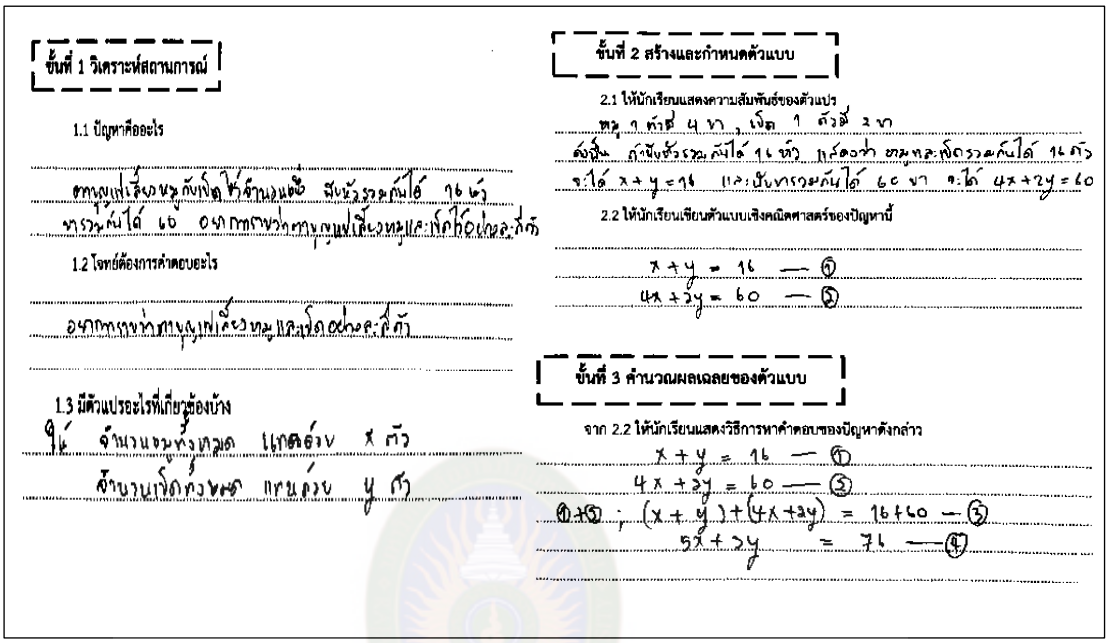


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 4.1 งานเขียนของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 1 ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ระดับ 3 ก่อนเรียน

จากตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่มีความสามารถ ในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ระดับ 3 ที่แสดงดังภาพ 4.1 ของแบบทดสอบข้อที่ 1 พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ในขั้นที่ 1 ได้ และสามารถสร้างและกำหนดตัวแบบในขั้นที่ 2 ได้ แต่การคำนวณผลเฉลยของตัวแบบในขั้นที่ 3 นักเรียนไม่สามารถทำได้ ดังนั้น ระดับความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จึงอยู่ในระดับ 3 คือ นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ แต่ไม่สามารถทำอะไรเกี่ยวกับโจทย์คณิตศาสตร์ได้

ตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่มีความสามารถ ในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ระดับ 3 ก่อนเรียน ของแบบทดสอบข้อที่ 2 ปรากฏดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 งานเขียนของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 2 ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ระดับ 3 ก่อนเรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM RAJABHAT UNIVERSITY

จากตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่มีความสามารถ ในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ระดับ 3 ที่แสดงดังภาพ 4.2 ของแบบทดสอบข้อที่ 2 พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ในขั้นที่ 1 ได้ และสามารถสร้างและกำหนดตัวแบบในขั้นที่ 2 ได้ แต่การคำนวณผลเฉลยของตัวแบบในขั้นที่ 3 นักเรียนไม่สามารถทำได้ ดังนั้น ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จึงอยู่ในระดับ 3 คือ นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ แต่ไม่สามารถทำอะไรเกี่ยวกับโจทย์คณิตศาสตร์ได้

การวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในระดับ 0 ถึงระดับ 5 จากแบบทดสอบหลังเรียน ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบก่อนเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพิจารณาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในระดับ 0 ถึงระดับ 5 ได้จากแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ โดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คะแนนเฉลี่ยแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียน นำเสนอโดย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	แปลความหมาย	ความถี่	ร้อยละ	$\overline{X}$	$S.D.$
หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	0	-	-	-	-
	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	4	11.76	3.33	0.309
	4	25	73.53	4.16	0.227
	5	5	14.71	5	0

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับ 3 ($\overline{X}$ =3.33, $S.D.$=0.309) ระดับ 4 ($\overline{X}$ =4.16, $S.D.$=0.227) และระดับ 5 ($\overline{X}$ =5, $S.D.$=0)

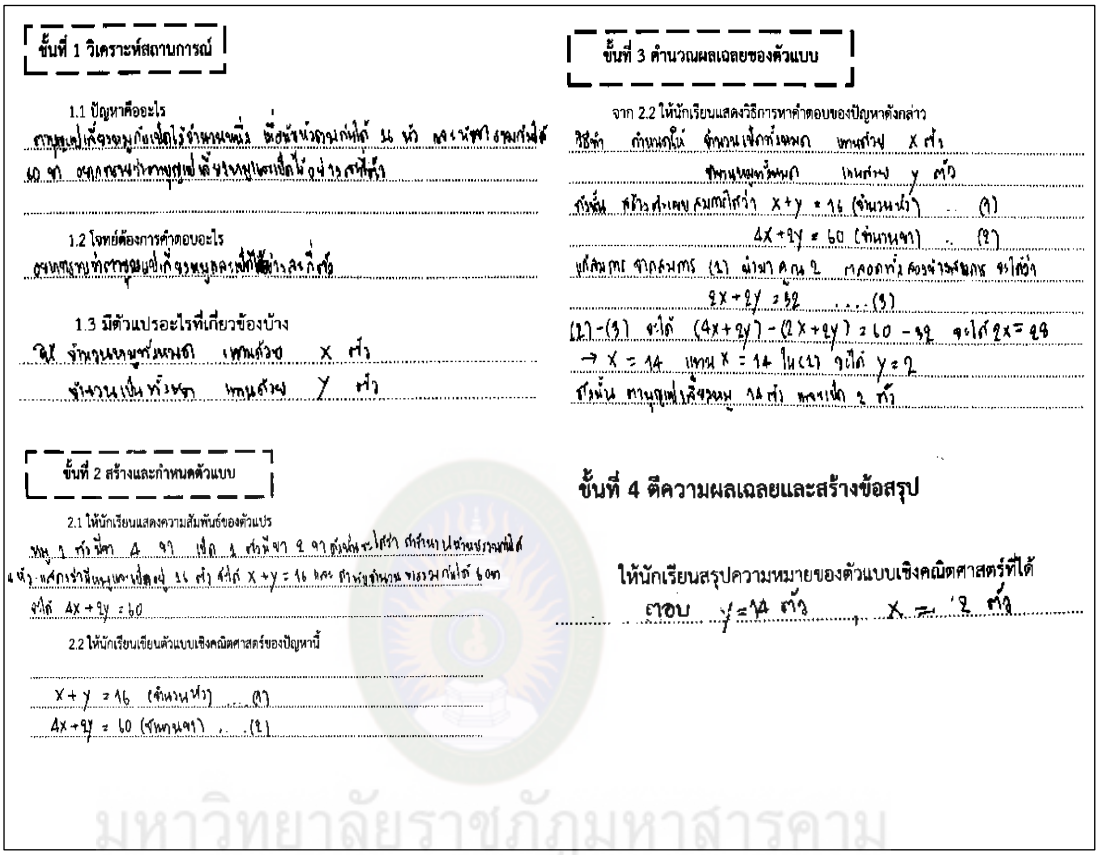
การศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จะพิจารณาจากผลทดสอบจากแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบอัตนัย ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 ข้อ ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวอย่างงานเขียน แบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

งานเขียนแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่ลำดับการพัฒนาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ระดับ 3 ถึงระดับ 5 ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

ตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ระดับ 4 หลังเรียน ของแบบทดสอบข้อที่ 2 ปรากฏดังภาพที่ 4.3

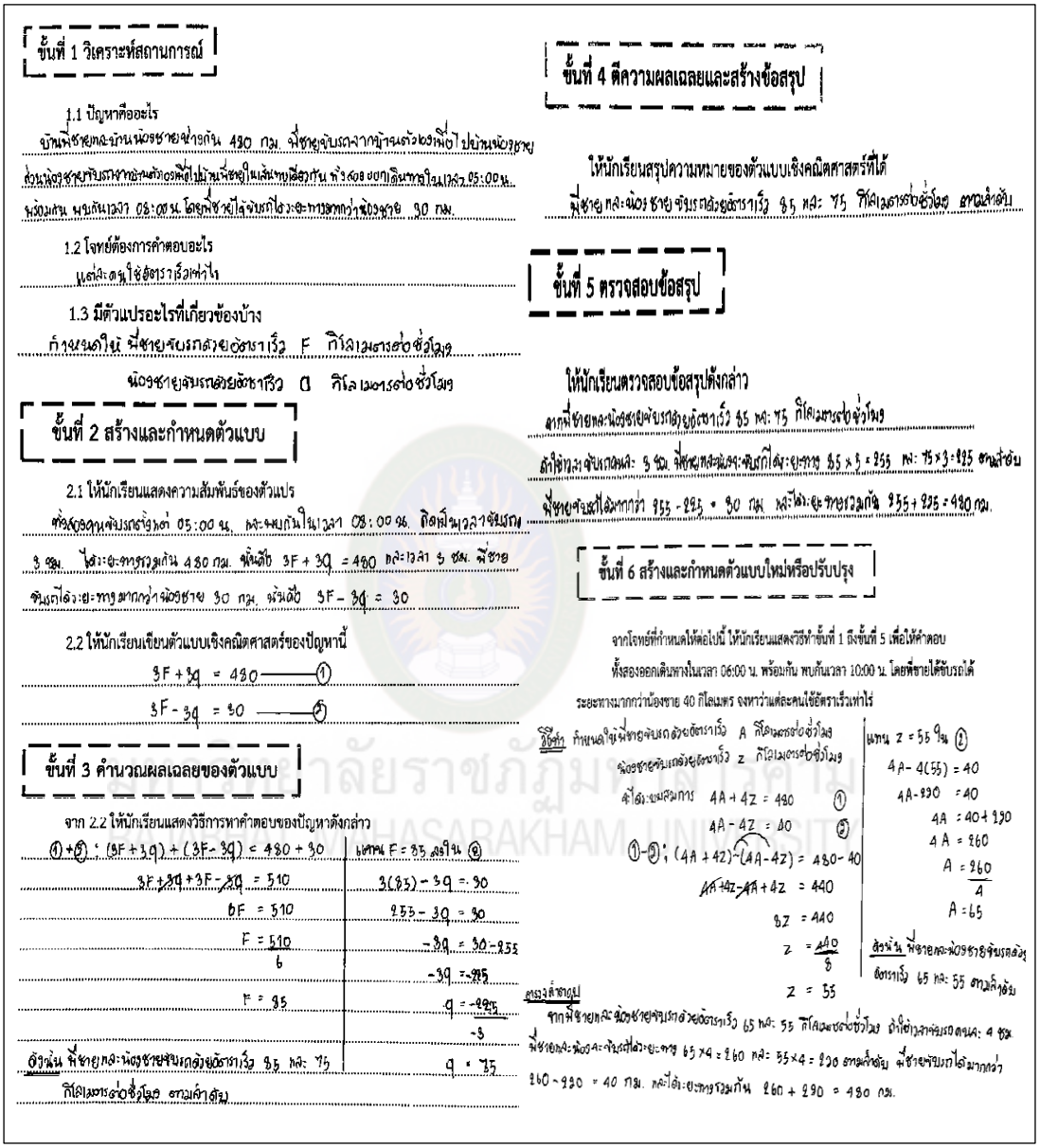


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 4.3 งานเขียนของนักเรียนใน แบบทดสอบข้อที่ 2 ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ระดับ 4 หลังเรียน

จากตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ระดับ 4 ที่แสดงดังภาพ 4.3 ของแบบทดสอบข้อที่ 2 พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ในขั้นที่ 1 ได้ และสามารถสร้างและกำหนดตัวแบบในขั้นที่ 2 ได้ สามารถคำนวณผลเฉลยของตัวแบบในขั้นที่ 3 ได้ แต่การตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุปในขั้นที่ 4 นักเรียนไม่สามารถทำได้ ดังนั้น ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จึงอยู่ในระดับ 4 คือ นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ได้และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ และสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์จนได้ผลเฉลยเชิงคณิตศาสตร์ แต่ไม่ได้อธิบายกลับไปสู่สถานการณ์ดั้งเดิม

ตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่มีความสามารถ ในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ระดับ 5 หลังเรียน ของแบบทดสอบข้อที่ 3 ปรากฏดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 งานเขียนของนักเรียนใน แบบทดสอบข้อที่ 3 ระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ระดับ 5 หลังเรียน

จากตัวอย่างงานเขียนของนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ระดับ 5 ที่แสดงดังภาพ 4.4 ของแบบทดสอบข้อที่ 3 พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ในขั้นที่ 1 ได้ สามารถสร้างและกำหนดตัวแบบในขั้นที่ 2 ได้ สามารถคำนวณผลเฉลยของตัวแบบในขั้นที่ 3 ได้ สามารถตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุปในขั้นที่ 4 ได้ และสามารถแสดงวิธีทำในขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุงได้สำเร็จ ดังนั้น ระดับความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จึงอยู่ในระดับ 5 คือ นักเรียนดำเนินการทุกขั้นตอนตามกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และตรวจสอบผลเฉลยปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ว่าสอดคล้องกับสถานการณ์ที่ให้

การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อพิจารณาความแตกต่างของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้สถิติ t-test (Dependent t-test) ปรากฏดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม นำเสนอโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าองศาอิสระ ค่าสถิติ และระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	n	$\overline{X}$	$S.D.$	df	t	$Sig.$
ก่อนเรียนโดยใช้การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	34	7.16	2.682	33	-18.271	.000
หลังเรียนโดยการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	34	12.91	1.443			

*****มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.6 พบว่า นักเรียนมีความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนโดยใช้การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ระดับความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียน ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับ 1 ($\overline{X}$ =1.45, $S.D.$=0.274)

ระดับ 2 ($\overline{X}$ =2.39, $S.D.$=0.270) และระดับ 3 ($\overline{X}$ =3.31, $S.D.$=0.287) และระดับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับ 3 ($\overline{X}$ =3.33, $S.D.$=0.309) ระดับ 4 ($\overline{X}$ =4.16, $S.D.$=0.227) และระดับ 5 ($\overline{X}$ =5, $S.D.$=0) นั่นคือ นักเรียนมีความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนเรียน โดยใช้การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สถิติทดสอบที (Independent Sample t–test) มีรายละเอียดดังนี้

ก่อนที่ผู้วิจัยจะทำการทดสอบ t–test (Independent Sample t–test) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ว่าความแปรปรวนของคะแนนความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของกลุ่มที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและกลุ่มที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีความแปรปรวนต่างกันหรือไม่โดยใช้สถิติทดสอบ levene

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามาร ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ ปรากฏดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ

ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	สถิติทดสอบ levene	
	F	*Sig.*
นักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ	2.935	.091

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.7 พบว่าการทดสอบค่าเอฟ (F-Test) เท่ากับ 0.480 และ Sig.=0.091 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (α =0.05) แสดงว่า มีความแปรปรวนเท่ากัน จึงต้องใช้ t-test แบบ Equal Variances assumed

การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติจากการทำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ ปรากฏดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ นำเสนอโดยใช้ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าองศาอิสระ ค่าสถิติ และระดับนัยสำคัญทางสถิติ

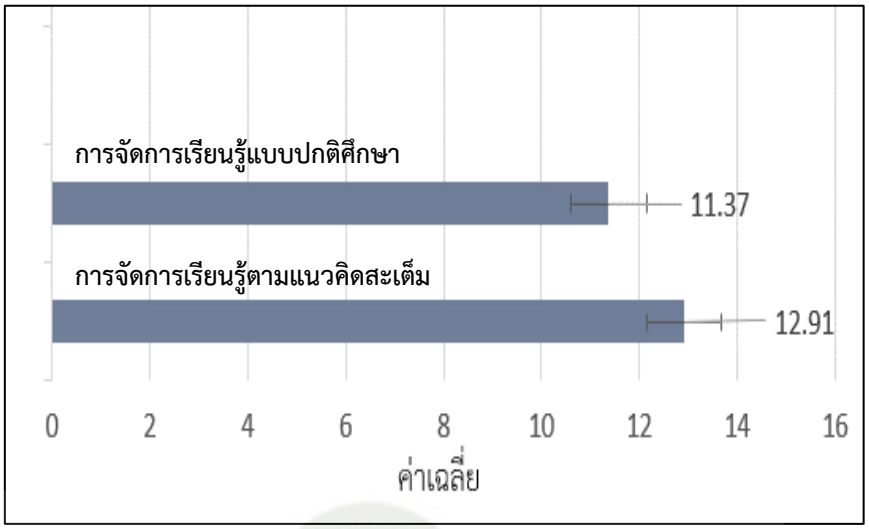
ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	*n*	$\overline{X}$	ร้อยละ	*S.D.*	*df*	*t*	*Sig.*
นักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	34	12.91	86.07	1.443	67	3.79	.000
นักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ	35	11.37	75.80	1.896			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.8 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าผลการเปรียบเทียบความสามารถในสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ มีความแปรปรวนไม่ต่างกัน คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่า นักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเปรียบเทียบความสามารถในสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยแสดงการเปรียบเทียบดังแผนภูมิภาพ เพื่อให้เห็นถึงความชัดเจนของผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการเปรียบเทียบความสามารถในสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ ปรากฏดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบความสามารถในสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

จากภาพ 4.5 พบว่า ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยคือ 12.91 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 1.443 และความสามารถในการตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีค่าเฉลี่ยคือ 11.91 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 1.896 จะพบว่า ความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่า ที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ($\overline{X}$ =12.91, $S.D.$=1.443) และความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ ($\overline{X}$ =11.37, $S.D.$=1.896) และคะแนนความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ มีความแปรปรวนไม่ต่างกัน และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยพบว่า หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สูงกว่า นักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

1. สรุป
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้สรุปไว้ดังนี้

5.1.1 ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 พบว่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนที่ได้จากการทำใบกิจกรรม แบบฝึกหัด ทดสอบย่อย เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เท่ากับ 33.50, 26.29 และ 24.53 คิดเป็นร้อยละ 83.75, 87.65 และ 81.77 ตามลำดับ รวมค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 84.32 นั่นคือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 84.32 และนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เท่ากับ 12.91 คิดเป็นร้อยละ 86.08 นั้นคือประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 86.07 ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จึงมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.32/86.07 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่านักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้น

สองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.91 คิดเป็นร้อยละ 86.07

5.1.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ก่อนเรียนอยู่ที่ระดับ 1 ถึงระดับ 3 และหลังเรียนอยู่ที่ระดับ 3 ถึงระดับ 5 ซึ่งหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.1.4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ความสามารถในสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่านักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาคิดเป็นร้อยละ 86.07 ($\overline{X}$ =12.91, $S.D.$ =1.443) และการจัดการเรียนรู้แบบปกติคิดเป็นร้อยละ 75.80 ($\overline{X}$ =11.37, $S.D.$ =1.896)

5.2 อภิปรายผล

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.32/86.07 ทั้งนี้เนื่องมาจากแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นจำนวน 5 แผน ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ทำให้นักเรียนเกิดทักษะในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำจากการนำความรู้เดิมที่นักเรียนเรียนมาก่อน แล้วเป็นพื้นฐานในการศึกษาหาความรู้ใหม่ ทั้งเป็นการเชื่อมโยงต่อความรู้เก่าและความรู้ใหม่ให้เป็นเรื่องเดียวกันตลอด ทำให้นักเรียนเข้าใจเกิดความคิดรวบยอดหรือหลักการของเรื่องนั้น ๆ แจ่มแจ้งยิ่งขึ้น จากนั้นนักเรียนเชื่อมโยมปัญหาในชีวิตจริง โดยต้องอธิบายปัญหาคืออะไร คำตอบที่ต้องการคืออะไร และมีตัวแปรใดบ้างที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งช่วยกันวิเคราะห์แบบรูปที่แสดงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มากำหนดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แทนแบบรูปเหล่านั้น จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จนได้คำตอบ พร้อมทั้งตีความชิ้นงานและสร้างข้อสรุปโดยการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ แล้วแปลความหมายมาเป็นคำตอบของปัญหา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
Rajabhat Maha Sarakham University

จากนั้นแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการ โดยครูเพิ่มเงื่อนไขของปัญหา และนักเรียนหาคำตอบของปัญหาที่มีเงื่อนไขเพิ่มขึ้น เพื่อผู้เรียนจะได้ฝึกการคิดวิจารณญาณควบคู่ไปด้วย จากนั้นนำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์ โดยนักเรียนออกมารายงานผลอธิบายการหาคำตอบของสถานการณ์ สรุปความรู้ที่ได้ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน การนำไปต่อยอด และทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง จากนั้นผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้นำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย นักเรียนทุกกลุ่มรวมทั้งนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมิน สอดคล้องกับแนวคิดของ Nathan (2013, p. 183) กล่าวว่า การจัดประสบการณ์แบบสะเต็มศึกษา คือ“การเรียนรู้เนื้อหาและทักษะวิชาที่ส่งเสริมให้เด็กได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ ตั้งอยู่บนรากฐานความรู้และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี อีกทั้งวิชาทั้งสี่เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิตและความมั่นคงของประเทศ และ Sarah Kate Huber (2020, p. 40) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาครูสามารถจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาสถานการณ์จากสภาพจริง โดยคำนึงถึงบริบทแห่งความเป็นจริง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและศึกษาหาข้อมูลที่จะใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ด้วยตนเอง และสอดคล้องกับสุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557, น. 4) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังในการกระตุ้นให้เกิดความสนใจที่จะสืบเสาะหาความรู้ คิดอย่างมีเหตุมีผล สำรวจตรวจสอบ เพื่อมุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้ทักษะและประสบการณ์ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และสนธิ พลชัยยา (2557, น. 7) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการหลักสะเต็มศึกษาเข้าไปในหลักสูตรหรือนำไปใช้เพียงบางส่วนก็นับว่ามีการผสมผสานการเรียนรู้แบบเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เพราะนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

5.2.2 ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.91 คิดเป็นร้อยละ 86.07 ทั้งนี้เนื่องจาก นักเรียนทุกคนสามารถระบุปัญหา ระบุตัวแปร และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดของสถานการณ์ต่าง ๆ กับโจทย์คณิตศาสตร์ได้ ซึ่งผลการประเมินความสามารถที่กล่าวมานั้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และสามารถอธิบายตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ แต่การหาคำตอบของโจทย์คณิตศาสตร์บางส่วนยังทำได้ไม่ดีนัก และจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จะเป็นกิจกรรมที่เน้นกระบวนการทำงานแบบกลุ่ม การสืบค้น กระบวนการทำความเข้าใจ และแก้ปัญหาด้วยเหตุผล ซึ่งปัญหา

ที่นักเรียนได้รับจะเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวัน ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนมากขึ้น ทำให้นักเรียนได้พัฒนาด้านสติปัญญาและความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพราะนักเรียนจะได้ฝึกคิดแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างสมเหตุสมผล ทำให้นักเรียนมีความรู้สึกดีที่ได้รับปัญหาที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวันเพราะเป็นปัญหาที่ใกล้ตัว ทำให้นักเรียนสนใจที่จะเรียน เพราะการเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนที่เน้นคำถามเกี่ยวกับปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน และกระบวนการกลุ่มจะทำให้นักเรียนไม่ตึงเครียด จะทำให้นักเรียนอยากเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น แสดงพฤติกรรมที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนพร้อมที่จะลงมือปฏิบัติทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Sopot (2011, p.10) กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปแบบของปัญหาโลกแห่งความจริง วิธีการสร้างแบบจำลอง เพื่อการแก้ปัญหาที่มุ่งเน้นไปที่ความหลายหลาย ของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และจะช่วยให้นักเรียนเห็นคณิตศาสตร์ในมุมมองกว้างของการนำไปใช้ และสอดคล้องกับ Chan (2016, p. 9) ได้ศึกษาการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนในห้องเรียนคณิตศาสตร์ประเทศสิงคโปร์ พบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่ม จากสองโรงเรียนที่เป็นนักเรียนที่มีความสามารถสูง มีพัฒนาการในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ดี แม้ว่าจะเป็นครั้งแรกในการเรียนรู้เรื่องการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่ต้องเจอกับสถานการณ์ปัญหา ที่รายละเอียดค่อนข้างยาก แต่นักเรียนก็ยังสามารถสร้างตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ สามารถตีความคำตอบ วิธีการที่ทำให้เกิดความคาดหวังและมองถึงความสำเร็จที่รออยู่ นักเรียนได้แสดงให้เห็นถึงการหาคำตอบที่เป็นตัวแบบได้ ในระหว่างกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนมีการพัฒนาทางความคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อที่จะนำไปสู่การหาคำตอบใน ขั้นสุดท้ายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ทำให้พบว่า นักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ได้ดี และนักเรียนยังสามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหากับสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนในชีวิตประจำวัน และ Corinna Hankeln (2020, p. 1) ได้ศึกษาถึงวิธีที่นักเรียนมัธยมปลายฝรั่งเศสและเยอรมันจัดการกับปัญหาการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ปัญหาที่พวกเขาพบ และความแตกต่างในกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างนักเรียนจากทั้งสองประเทศ สามารถอธิบายได้จากความแตกต่างระหว่างการสอน และการเรียนรู้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในฝรั่งเศสและเยอรมนี เพื่อให้เข้าใจความแตกต่างเหล่านี้ได้ดียิ่งขึ้น จึงมีการนำเสนอภาพรวมโดยสังเขปเกี่ยวกับการพัฒนาประวัติศาสตร์ของการศึกษาคณิตศาสตร์ในทั้งสองประเทศ โดยเน้นที่การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ตามด้วยการศึกษาเชิงประจักษ์ เชิงคุณภาพ ทั้งในฝรั่งเศสและเยอรมนี มีความแตกต่างสามารถระบุได้ว่าการจัดการกับสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง และไพรินทร์ ชุมคำน้อย (2563, น. 5) ได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย 3.79 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน มีนักเรียนร้อยละ 36.36 สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 3 มีนักเรียน ร้อยละ 50 สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 4 และมีนักเรียนร้อยละ 13.64 สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 5 ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีความสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับ 0 ถึง 2 และการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทาง

5.2.3 ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ก่อนเรียนอยู่ที่ระดับ 1 ถึงระดับ 3 และหลังเรียนอยู่ที่ระดับ 3 ถึงระดับ 5 ซึ่งหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องมาจาก ผู้วิจัยได้ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพราะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ลงมือคิด สืบค้น แก้ปัญหาด้วยตนเอง ทำให้เกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญาและสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตจริงโดยการใช้หลักการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ Kimberly Groshong (2018, p. 16-19) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองและแสดงออกถึงสิ่งที่เรียนรู้ทั้งด้านองค์ความรู้ ความเชี่ยวชาญ และทักษะต่างๆ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเรียนเกิดการรับรู้และเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น และสอดคล้องกับ Jolly (2014, p. 2-4) กล่าวว่า บทเรียนสะเต็มศึกษาให้ความสำคัญหรือเน้นไปในการได้ลงมือปฏิบัติของนักเรียน คนคว้ารายละเอียด และการสำรวจอย่างเปิดกว้าง หัวใจสำคัญของการเรียนรู้ อยู่ที่การเปิดกว้างทางความคิดในการแก้ปัญหานักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติเอง อยู่บนฐานของการทำงานแบบร่วมมือร่วมใจ เพื่อให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้ทักษะกระบวนการแต่ละสาระการเรียนรู้ นำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสามารถพบเจอในชีวิตประจำวัน และพัฒนาทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 และสอดคล้องกับณิชภัชร นนทะโส (2561, น. 8) ได้ศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามความคิดเห็นของครูในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยภูมิเขต 2 พบว่าสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามความคิดเห็นของครูโดยรวมครูส่วนใหญ่มีระดับการปฏิบัติตามลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก โดยมีลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาด้าน เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านการพัฒนา

ทักษะศตวรรษที่ 21 ด้านมุ่งเน้นการบูรณาการ ด้านท้าทายผู้เรียน และด้านกระตุ้นการเรียนรู้แบบ Active Learning ของผู้เรียน

5.2.4 ความสามารถในสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่านักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาคิดเป็นร้อยละ 86.07 ($\overline{X}$ =12.91, $S.D.$ =1.443) และการจัดการเรียนรู้แบบปกติคิดเป็นร้อยละ 75.80 ($\overline{X}$ =11.37, $S.D.$ =1.896) ทั้งนี้เนื่องมาจาก การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จะเป็นกิจกรรมที่เน้นกระบวนการทำงานแบบกลุ่ม การสืบค้น กระบวนการทำความเข้าใจ และแก้ปัญหาด้วยเหตุผล ซึ่งปัญหาที่นักเรียนได้รับจะเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวัน ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนมากขึ้น ทำให้นักเรียนได้พัฒนาด้านสติปัญญาและความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพราะนักเรียนจะได้ฝึกคิดแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างสมเหตุสมผล ทำให้นักเรียนมีความรู้สึกดีที่ได้รับปัญหาที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวันเพราะเป็นปัญหาที่ใกล้ตัว ทำให้นักเรียนสนใจที่จะเรียน เพราะการเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการเรียนที่เน้นคำถามเกี่ยวกับปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน และกระบวนการกลุ่มจะทำให้นักเรียนไม่ตึงเครียด จะทำให้นักเรียนอยากเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น แสดงพฤติกรรมที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนพร้อมที่จะลงมือปฏิบัติ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ดีขึ้น และสอดคล้องกับ Gatabi and Abdolahpour (2019, p. 5) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นทักษะและความสามารถในการดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างตัวแบบได้อย่างถูกต้องและตรง ตามเป้าหมาย รวมถึงความเต็มใจที่จะนำไปสู่การปฏิบัติ และ Kaiser (2020, p.19) กล่าวว่า การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นการเปลี่ยนปัญหาจากโลกแห่งความเป็นจริงให้เป็นโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากนั้นใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์แก้โจทย์ปัญหา แล้วตีความผลเฉลยนำไปอธิบายคำตอบของปัญหาดั้งเดิมเหล่านั้น ดังนั้น การเรียนรู้ในห้องเรียนก็สามารถฝึกทักษะให้นักเรียนมีความสามารถสร้างตัวแบบ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถจัดการกับปัญหาทั่วไปที่ไม่จำเป็นต้องเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้วยเหตุนี้การส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญ และสอดคล้องกับงานวิจัยของชนน คันธาวัตร์ (2561, น. 5-6) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับอนุกรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า แนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ควรให้ความสำคัญกับการเลือกสถานการณ์ที่มีความน่าสนใจหรือใกล้เคียงกับประสบการณ์ของนักเรียน ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด และการอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริม

การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น วิเคราะห์ ตีความ ประเมินผลลัพธ์ และความรอบคอบในการทำงานของนักเรียน สำหรับผลของการประเมินการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์พบว่า นักเรียนมีระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในระดับ 3-4 นั้นคือ นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ได้เหมาะสมและสอดคล้อง สามารถสร้างตัวแปรเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในการทำกระบวนการเชิงคณิตศาสตร์ เลือกใช้หลักการ กลยุทธ์ได้อย่างถูกต้อง และสามารถเลือกสถานการณ์พร้อมอธิบายการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับกาญจณ์พิชชา บารมี (2562, น. 3-4) ได้ศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเทียบกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับที่สามารถตั้งโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์และแปลงไปอยู่ในรูปปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ได้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.3 ข้อเสนอแนะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ และเพื่อนำการวิจัยครั้งต่อไป มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ครูผู้สอนควรนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการสอนคณิตศาสตร์ครบถ้วน โดยเฉพาะขั้นที่ 6 ซึ่งเป็นขั้นนำเสนอผลงานที่สมบูรณ์ และเชื่อมโยงขั้นตอนของแต่ละขั้น เพื่อช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ดียิ่งขึ้น

5.3.1.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ควรเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถที่อยู่ในระดับเดียวกัน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการวิจัย และผลของการวิจัยมีความถูกต้องชัดเจน

5.3.1.3 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูต้องมีการทบทวนความรู้เดิม เพื่อดึงความรู้เดิมให้แก่ผู้เรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

เพื่อเตรียมความพร้อมที่จะรับข้อมูล และประสบการณ์ใหม่ ซึ่งผู้สอนจะต้องใช้กิจกรรมที่หลากหลายให้กับผู้เรียน

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรเพิ่มขั้นที่มีการใช้ Application ในการเรียนรู้หรือตรวจคำตอบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

5.3.2.2 ควรมีการศึกษาว่าปัจจัยใด ที่ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่งผลให้เกิดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สูงที่สุด

5.3.2.3 ควรมีการขยายการศึกษาไปในระดับต่าง ๆ เช่น ระดับประถมศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (สายอาชีพ) และระดับอุดมศึกษา เพื่อศึกษาว่าเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาแล้ว ผู้เรียนจะเกิดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สูงที่สุด และทักษะด้านอื่น ๆ มากน้อยเพียงใด โดยที่เนื้อหาจะต้องมีความเหมาะสม สายการเรียนและหลักสูตรที่สอดคล้องกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรมวิชาการ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2551) *กรอบแนวคิดหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กรมการศาสนา.

กาญจณ์พิชชา บารมี. (2562). *การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). *ตัวอย่างการประเมินผลนานาชาติ PISA*: คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

จำรัส อินทลาภาพร. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย*ศรีนครินทรวิโรฒ*

ชนันธร เข็มสุข. (2560). *การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการทดลอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ชนน คันธาวัตร์. (2561). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชลาธิป สมาหิโต. (2557). การจัดประสบการณ์เรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาปฐมวัย. *ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์,* 30(2), 102-111.

ณิชภัชร นนทะโส. (2561). *การศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามความคิดเห็นของครู ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยภูมิเขต 2* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ธานี จันทร์นาง. (2556). สะท้อนความคิดจากประสบการณ์การใช้กิจกรรม STEM Education ในห้องเรียน. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 19, 29-36.*

ปิยะธิดา ปัญญา. (2560). *สถิติสำหรับวิจัย STATISTICS FOR RESEARCH*. มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์.

ประสาน มีดภา. (2556). *การส่งเสริมกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ในทฤษฎีบทพีทาโกรัส* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

เพียงขวัญ แสนมณี. (2563). *การศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). *STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21.* สืบค้นจาก htpp://bu.ac.th2knowledgecenter/ executive_journal_june_13/ pdf/aw07.pdf.

ไพรินทร์ ชุมคำน้อย. (2563). *การศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้สถานะการณ์จริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ไพศาล วรคำ. (2554). *การวิจัยทางการศึกษา Educational Research*. มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์.

ภัคภร ใสแจ่ม. (2560). *การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยวิธีใช้โจทย์ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศกรรมและคณิตศาสตร์หรือสะเต็ม. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย,* 19, 3-14

ยศวีย์ สายฟ้า. (2555). *การเสริมสร้างวิทย์ เทคโนโลยี ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ด้วย STEM Model.* สืบค้นจาก htp://www.educathai.com/workshop dowload_handout download.php?id=60&page=4.

รามนรี นนทภา. (2563). *เทคโนโลยีสำหรับคณิตศาสตร์*. มหาสารคาม: สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 1). มหาสารคาม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

รัตติพร ทองสาร. (2561). *การศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามความคิดเห็นของนักเรียนในสังกัดโรงเรียนเทศบาลเมืองมหาสารคาม* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM RAJABHAT UNIVERSITY

วาสนา ประภาษี. (2560). *การศึกษาการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

วิรวรรณ สารกิจปรีชา. (2557). *การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา* (สารนิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *Feridian E-Journal,* 8(1).

ศันสนีย์ เณรเทียน. (2560). การเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านปัญหาในชีวิตจริงที่เน้นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์. *วารสารครุศาสตร์,* 45(2), 238-253.

ศิริพร ชวนชัยสิทธิ์. (2561). *การศึกษาความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 จังหวัดกาฬสินธุ์* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษา. (STEM Education),* 8(3).

สุรสาล ผาสุก. (2546). *การศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และผลในด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). ธนบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.

สถานบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2564). *รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* สืบค้นจาก http//www.niets.or.th.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *การวัดประเมินผลเพื่อคุณภาพการเรียนรู้และตัวอย่างข้อสอบจากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA).* กรุงเทพฯ: เซเว่นพริ้นติ้งกรุ๊ป.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.* กรงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *ครูคณิตศาสตร์มืออาชีพเส้นทางสู่ความสำเร็จ.* กรุงเทพฯ: 3-คิวมีเดีย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *คู่มือจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3.* กรุงเทพฯ: องค์การค้าของ สกสค.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *ผลการประเมินPISAคณิตศาสตร์การอ่านและวิทยาศาสตร์บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. กรุงเทพฯ: แอดวานซ์พริ้นติ้งเซอร์วิส.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(186), 3-5.

สมชาย พัฒนาชวนชม. (2557). เชื่อมต่อ STEM ด้วยโครงงานและ ICT สู่ทักษะศตวรรษที่ 21. 42(186), 25-28.

สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(189), 7.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยทางการวัดและประเมินผล.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ยศวีย์ สายฟ้า. (2556). *การเสริมสร้างวิทย์ เทคโนโลยี ศิลปะ และคณิศาสตร์ ด้วย STEM Model.* สืบค้นจาก http://www.educathai.com/workshop_dowload_handout_doownload.php?id=60@page=4.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556). เรียนรู้สภาวะโลกร้อน STEM Education แบบบูรณาการ. *สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, 41(182), 15-20.

อนัญลักษณ์ ลีละสรชัย. (2560). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ. (2556). สะเต็มศึกษากับการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา. *วารสารสมาคมครูวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, 19, 15-18.

อัมพร ม้าคะนอง. (2552). *คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทย จำกัด ปี พ.ศ. 2552.

อรธิดา สว่าง. (2560). *การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

Ang. (2001). *“Teaching Mathematical modelling in Singapore schools”* *In The Mathematics Educator.* 6. pp. 63-75 Singpore: Association of Mathematics Educators.

Anhalt and Cortez. (2015). *Mathematical Modelind: A structured process Mathematicals Teacher.* 108(6): 446-452.

Balakrishnan and Goh. (2010). Mathematical Modelling in the Singapore SecondarySchool Mathematics Currilum. *Mathematical Applicalion and Modeling Yearbook Association of Mathematics Education,* 1(22): 247-257.

Blum and Lei β . (2007). *How do students and teachers deal with mathematicalmodelling problems? The example Sugarloaf*, In ICTMA 12 proceedings. P.222-231. New York: Ellis Horwood Limited.

Breiner, Carla Harkness and Koehler. (2012). *What is STEM? A Discussion /about conceptions of STEM in education and Selly Sheats Harkness Parnerships.* School Science and Mathematics.

Brophy. (2008). *STEM Education in the classroom.* New York: Vikiny penguin.

Burkhardt. (2013). *Assessing Modeling,* In Proceedings conference on mathematical modeling. New York: Columbia University.

Cathrine Maiorca. (2016). *A CASE STUDY: STUDENTS' MATHEMATICS-RELATED BELIEFS FROM INTEGRATED STEM MODEL-ELICITING ACTIVITIES*. Las Vegas: University of Nevada.

Chan. (2012). Mathematical modelling as problem solving for children in the Singapore mathematics classrooms. *Journal of Science and Mathematics Educatioin Southeast Asia. http://www.recsam.edu.my/R&D_Journals,* April 20, 2016.

Corinna. (2020). *Mathematical modeling in Germany and France: a comparison of students' modeling processes.* Münster: Westphalian University.

Dejarmette. (2012). *America is children: providing early exposure to STEM initiatives.*

Dimple Pravin Patel. (2020). *KEY CHALLENGES ASSOCIATED WITH SCHOOL LEADERSHIP ROLES AT FOUR STEM ELEMENTARY SCHOOLS: ADMINISTRATOR VIEWPOINTS ON STEMCURRICULUM IMPLEMENTATION.* Washington State University.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Dindyal and Berinderjeet. (2016). *Word problems and modelling in primary school mathematics*, Mathematical Application And Modelling: Yearbook 2010, AssociationofMathematicsEducators. https://book.google.co.th/books.

Dindyal. (2010). *Word problems and modelling in primary school mathematics*, Mathematical Application And Modelling: Yearbook 2010, AssociationofMathematicsEducators.https://book.google.co.th/books?id=Ff5.

Elizabeth Anne White Fulton. (2017). *THE MATHEMATICS IN MATHEMATICAL MODELING*. Bozeman, Montana: MONTANA STATE UNIVERSITY.

Elke Jessonya Hyacinth. (2019). *The Effect of STEM and non-STEM Education on Student Mathematics Ability in Third Grade.* Walden University.

Emily Plunkett Thrasher. (2015). *An Investigation of Mathematical Modeling with Pre-service Secondary Mathematics Teachers.* North Carolina State University.

Ferri. (2013). *Mathematical Modeling-The Teacher's Responsibility*. In Proceedings conference on mathematical modeling. Benjamin D. & Andrew S. Editors. P.26-31. New York: Columbia University.

Gatabi and Abdolahpour. (2013). *Investigating Students' Modeling Competancy through Grade, Gender, and Location*, In Proceedings of the 8th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education CERME. P.1070-1077.Türkiye: Middle East Technical University.

Giordano and Weir. (1958). *A First Course in Mathematical Modeling*. Delaware University California: Brooks ocle.

Gonzalez and Kuenzi. (2012). *Guidelines for the Creation of Institutional Repositories at Universities and Higher Education Organisations.* Retrieved from http://www.works.bepress.com/ir_reseach/18.

Heather. (2012). *STEM Education*. Retrieved from http://www.STEMEducationworks. bepress.com/pdf/id456721.

Hershbach and Williams. (2011). *Address Vocational Training and Retaining Educational and Teachnology.* Policy Alternative Information Series No. 276. Columbus, OH: The National Center.

Jeffery Robertson. (2018). *STEM Education: A Phenomenological Study of Females in High School STEM Education*. Irvine, California: Brandman University.

Jenifer Hummer. (2019). *FOSTERING MATHEMATICAL MODELING THROUGH LESSON STUDY.* University of Delaware.

Kaiser. (2011). *Trends in teaching and lerning of mathematical modelling*: ICTMA14. Springer Science: Business Media.

Kathleen Matson. (2018). *TEACHERS' PERSPECTIVES ON HOW THEY LEARN MATHEMATICAL MODELING*. George Mason University.

Kimberly and Groshong. (2018). *Defining mathematical modeling for K-12 education.* Ohio: Ohio state university.

Lantz. (2009). *Science Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?*. Retrieved from http://www. currtechintegrations.com/pdf/STEMEducation Artical.pdf.

Leong. (2013). *Assessment of Mathematical Modelling tasks*, In 5th International Conference on Science and Mathematics Education CoSMEd 2013 Penang, Malaysia. P.1-6. Kuala Lumpur: University of Malaya.

Michel. (2012). *STEM*. Retrieved from http://www.teachengineering. org/view_activity.php?url=collection/cub_/activities/c ub.

Nathan. (2013). *Elements of STEM Education*. Retrieved from https://scholar google.co.th/scholar?q.

Nicholas and Mousoulides. (2012). Mathematical modeling for Elementary and Secondary School Teachers, Leaming and Education in and through Modelling and Applications, *www.lemma-project.org.* 25 April.

O'Neil Yamagata & Togioka. (2012). Teaching STEM Means Teacher Learning. *Phi Delta Kappan*, 94(1), 36-40.

Pollak and Garfunkel. (2013). *A View of Mathematical Modeling in Mathematicals Education*, In Proceedings conference on mathematical modeling. P.6-12. New York: Columbia University.

Reeve. (2014). *Knowledge about of STEM education*. Retrieved from https://vtechworks.*lib.vt.edu/handle/10919/51616.*

Sarah Kate Huber. (2020). *STEM Education: Early Elementary Educators Understanding of STEM Education and Implementation.* Wilmington University.

Schukajlow Krug and Rakoczy. (2015). Effects of prompting multiple

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

solutions for modelling problems on students' performance. *Educatinal Studies in Mathematics*, 89(3): 393-417.

Supot. (2011). The Development of Hand-on and E-Activities For Leaming MathematicalModels. *Apec-Ubon Ratchathani Intemational Symposium Innovation on Problem Solving-Based Mathematicals Texbooks and E-texbooks,* 1(8): 55-60.

Swetz and Hartzler. (1991). *Mathematical Modeling in the Secondary School Curriculum*, Virginia: The national council of teacher of mathematics.

Vasquez Sneider and Comer. (2013). STEM Lesson Essentials Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering and Mathematics Portsmouth, NH: Heinemann.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน (ค23101) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 12 ชั่วโมง
เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวน จำนวน 1 ชั่วโมง
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วันที่ .....เดือน ..... พ.ศ. ..... คาบที่ .....

มาตรฐานและตัวชี้วัด

ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

ม.3/3 ประยุกต์ใช้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

สาระสำคัญ

การแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวน ทำได้โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องการแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยการกำจัดตัวแปร และกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อหาจำนวนที่ต้องการทราบ ได้แก่ สมมติตัวแปรสองตัวแปรเพื่อแทนปริมาณที่ต้องการทราบ สร้างระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรที่มีจำนวนสองสมการ โดยใช้เงื่อนไขจากโจทย์ ดำเนินการแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยใช้วิธีต่าง ๆ ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้ (K-P-A)

ด้านความรู้ (K): นักเรียนสามารถ

แก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ด้านทักษะกระบวนการ (P): นักเรียนสามารถ

1. แก้ปัญหาเกี่ยวกับแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้

2. เชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับการแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยใช้การกำจัดตัวแปรกับการแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้

3. ให้เหตุผลเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A): นักเรียนสามารถ

1. มีความมุมานะในการทำความเข้าใจปัญหาและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ค้นหาลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ และประยุกต์ใช้ลักษณะดังกล่าวเพื่อทำความเข้าใจหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

2. เชื่อมโยงความรู้และประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

3. สร้างเหตุผลเพื่อสนับสนุนแนวคิดของตนเองหรือโต้แย้งแนวคิดของผู้อื่นอย่างสมเหตุสมผล

สาระการเรียนรู้

โจทย์ปัญหาของระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรสามารถเขียนให้อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ได้ เพื่อให้ง่ายต่อการหาคำตอบของระบบสมการเชิงเส้นนั้น

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าครึ่งหนึ่งของผลบวกของจำนวนสองจำนวนเป็น 43 และสามเท่าของจำนวนน้อยมากกว่าสองเท่าของจำนวนมากอยู่ 23 จงหาจำนวนสองจำนวนนั้น

<u>วิธีทำ</u> เมื่อกำหนดให้ x แทนจำนวนมาก

และ y แทนจำนวนน้อย จะเขียนสมการได้ดังนี้

ครึ่งหนึ่งของผลบวกสองจำนวนนี้เป็น 43

จะได้สมการเป็น $\frac{1}{2}(x+y)=43$ ----------(1)

สามเท่าของจำนวนน้อย มากกว่าสองเท่าของจำนวนมากอยู่ 23

จะได้สมการเป็น $3y-2x=23$ ----------(2)

$(1)\times 2$; $x+y=86$ ----------(3)

$(3)\times 2$; $2x+2y=172$ ----------(4)

$(2)+(4)$; $(3y-2x)+(2x+2y)=23+172$

$$3y-2x+2x+2x=195$$

$$5y=195$$

$$y=39$$

แทน y ด้วย 39 ในสมการ (3) จะได้

$$x+39=86$$

$$x=47$$

ตรวจสอบ ถ้าสองจำนวนนั้นคือ 47 และ 39 จะได้ครึ่งหนึ่งของผลบวกเป็น $\frac{1}{2}(47+39)=43$

และสามเท่าของ 39 มากกว่าสองเท่าของ 47 อยู่เท่ากับ $3(39)-2(47)=117-94=23$

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

ดังนั้น จำนวนสองจำนวนนั้นคือ 47 และ 39

<u>ตอบ</u> 47 และ 39

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวอย่างที่ 2 แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท ถ้าแตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท จงหาราคาของแตงโม 1 ผล และส้มโอ 1 ผล

<u>วิธีทำ</u> เมื่อกำหนดให้ x แทนราคาของแตงโม 1 ผล

และ y แทนราคาของส้มโอ 1 ผล

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท

จะได้สมการเป็น $x+y=55$ ----------(1)

แตงโม 5 ผลกับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท

จะได้สมการเป็น $5x+5y=335$ ----------(2)

$(1)\times(-5)$; $-5x-5y=-275$ ----------(3)

$(2)+(3)$; $3y=60$ ----------(4)

$y=20$

แทน y ด้วย 20 ในสมการ (1) จะได้ $x+20=55$

$x=35$

ตรวจสอบ ถ้าแตงโม 1 ผล ราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน $35+20=55$ บาท

แตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน $5(35)+8(20)=175+160$ บาท

$=335$ บาท

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

ดังนั้น แตงโม 1 ผลราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

<u>ตอบ</u> แตงโม 1 ผลราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

ตัวอย่างที่ 3 ถุงใบหนึ่งมีเหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน 23 เหรียญ คิดเป็นเงิน 160 บาท จงหาจำนวนเหรียญแต่ละชนิด

<u>วิธีทำ</u> เมื่อกำหนดให้ x แทนจำนวนเหรียญสิบบาท คิดเป็นเงิน $10x$ บาท

และ y แทนจำนวนเหรียญห้าบาท คิดเป็นเงิน $5y$ บาท

มีเหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน 23 เหรียญ

จะได้สมการเป็น $x+y=23$ ----------(1)

เหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน คิดเป็นเงิน 160 บาท

จะได้สมการเป็น $10x+5y=160$ ----------(2)

$(1)\times(-5)$; $-5x-5y=-115$ ----------(3)

$(2)+(3)$; $5x=45$ ----------(4)

$$x=9$$

แทน x ด้วย 9 ในสมการ (1) จะได้ $9+y=23$

$$y=14$$

ตรวจสอบ ถ้ามีเหรียญสิบบาท 9 เหรียญ คิดเป็นเงิน 90 บาท

และมีเหรียญห้าบาท 14 เหรียญ คิดเป็นเงิน 70 บาท

รวมมีเหรียญทั้งหมด $9+14=23$ เหรียญ

เหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน คิดเป็นเงิน $90+70=60$ บาท

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

ดังนั้น มีเหรียญสิบบาท 9 เหรียญ และเหรียญห้าบาท 14 เหรียญ

ตอบ มีเหรียญสิบบาท 9 เหรียญ และเหรียญห้าบาท 14 เหรียญ

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน *(เทคโนโลยี Technology: T, วิศวกรรมศาสตร์ Engineer: E และคณิตศาสตร์ Mathematics: M)*

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเขียนโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ โดยให้นักเรียนเล่นเกม Kahoot (ภาคผนวก ก) ใครได้คะแนนมากสุดเป็นผู้ชนะ จากนั้นครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 4-6 กลุ่ม แบบคละความสามารถ แล้วถามกระตุ้นความคิดกับนักเรียนว่า นักเรียนจะหาคำตอบจากระบบสมการได้อย่างไรและมีวิธีการใดบ้าง (แนวคำตอบ ทำสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายแล้วแทนค่า และการกำจัดตัวแปร) พร้อมทั้งให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกวิธีการแก้ระบบสมการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาที่กลุ่มตนเองได้รับ (ภาคผนวก ข)

ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน *(วิทยาศาสตร์ Science: S, วิศวกรรมศาสตร์ Engineer: E, และคณิตศาสตร์ Mathematics: M)*

2.1 นักเรียนแต่กลุ่มส่งตัวแทนมารับใบกิจกรรมที่ 1 (ภาคผนวก ค)

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านทำความเข้าใจกับโจทย์ปัญหาที่ได้รับ

2.3 นักเรียนบันทึกคำตอบลงในคำถามในกิจกรรมที่ 1 ดังต่อไปนี้

- ระบุปัญหาคืออะไร
- คำตอบที่ต้องการคืออะไร
- มีตัวแปรใดบ้างที่เกี่ยวข้อง

2.4 บันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 1 ขั้นที่ 1 โดยครูคอยเน้นย้ำคำถามในขั้นที่ 1 ให้นักเรียนตอบได้ดังตัวอย่างเช่น

- ปัญหาคืออะไร

2.5 นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์หาแบบรูปที่แสดงความสัมพันธ์ของสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2.6 นักเรียนช่วยกันใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมากำหนดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แทนแบบรูปเหล่านั้น

ขั้นที่ 3 สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม *(คณิตศาสตร์ Mathematics: M)*

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จนได้คำตอบเชิงคณิตศาสตร์

3.2 นักเรียนช่วยกันบันทึกผลกิจกรรมลงในใบกิจกรรมที่ 1 ขั้นที่ 3

ขั้นที่ 4 ตีความชิ้นงานและสร้างข้อสรุป *(วิทยาศาสตร์ Science: S, และคณิตศาสตร์ Mathematics : M)*

4.1 นักเรียนช่วยกันตีความหมายของคำตอบที่ได้ จากค่าทางคณิตศาสตร์มาเป็นค่าคำตอบของสถานการณ์

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปและบันทึกข้อสรุปลงในใบกิจกรรมที่ 1 ขั้นที่ 4

4.1 นักเรียนพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ โดยเปรียบเทียบตรวจสอบกับข้อมูลจริงที่กำหนดให้ แล้วแปลความหมายออกมาเป็นคำตอบของปัญหา

4.2 นักเรียนช่วยกันบันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 1 ขั้นที่ 5

ขั้นที่ 5 แก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ *(คณิตศาสตร์ Mathematics: M)*

5.1 ครูเพิ่มเงื่อนไขของปัญหา

5.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันหาคำตอบของปัญหาที่มีเงื่อนไขเพิ่มขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้ทบทวนขั้นที่ 1-5 อีกครั้ง โดยอาจมีการเพิ่มตัวแปรหรือปรับเปลี่ยนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

5.3 นักเรียนช่วยกันหาคำตอบตามขั้นตอนกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อีกครั้ง โดยครูคอยสังเกตและให้คำแนะนำ

5.4 บันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 1 ขั้นที่ 6

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
PHRANAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์

นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมารายงานผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และการนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปอธิบายการหาคำตอบของสถานการณ์

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวน
2. แบบประเมินกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
3. แบบประเมินการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
4. กระดาษชาร์ท
5. ปากกาเคมี
6. ห้องสมุดโรงเรียน
7. ห้องหมวดคณิตศาสตร์โรงเรียน
8. คอมพิวเตอร์และอินเตอร์เน็ต
9. โทรศัพท์มือถือ (ใช้ในการสืบค้นข้อมูล)

การวัดและประเมินผล

สิ่งที่วัด/ประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	วิธีการวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ (K) - แก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้	- ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง “ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวน”	- การตรวจใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง “ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวน”	- นักเรียนทำแบบฝึกหัด ได้คะแนนรวม 70% ขึ้นไป หรือผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีขึ้นไป
ด้านทักษะและกระบวนการ(P) 1. แก้ปัญหาเกี่ยวกับแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้ 2. เชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับการแก้ระบบ	- กิจกรรมจากขั้นนำเข้าสู่บทเรียน - เกม Kahoot	- สังเกตจากการตอบคำ ถามและการร่วมกิจกรรม - ดูจากการร่วมกิจกรรมและทำกิจกรรมและคะแนนในเกม Kahoot	- นักเรียนได้คะแนนรวม 70% ขึ้นไป หรือผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีขึ้นไป

สิ่งที่วัด/ประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	วิธีการวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
สมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยใช้การกำจัดตัวแปรกับการแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้ 3. ให้เหตุผลเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้			
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. มีความมุมานะในการทำความเข้าใจปัญหาและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ค้นหาลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ และประยุกต์ใช้ลักษณะดังกล่าวเพื่อทำความเข้าใจหรือแก้ปัญหาในสถาน-การณ์ต่าง ๆ 2. เชื่อมโยงความรู้และประยุกต์ ใช้คณิตศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ 3. สร้างเหตุผลเพื่อสนับสนุนแนวคิดของตนเองหรือโต้แย้ง	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียน	- สังเกตจากการตอบคำ ถาม และการร่วมกิจกรรม - สังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน	- นักเรียนได้คะแนนรวม 70% ขึ้นไป หรือผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีขึ้นไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สิ่งที่วัด/ประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	วิธีการวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
แนวคิดของผู้อื่นอย่างสมเหตุสมผล			

เกณฑ์การประเมินผลจากการทำกิจกรรม

80 % ขึ้นไป หมายถึง ดีมาก

70-79% หมายถึง ดี

60-69% หมายถึง ปานกลาง

50-59% หมายถึง พอใช้

ต่ำกว่า 50% หมายถึง ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินผลจากคุณลักษณะอันพึงประสงค์

3 หมายถึง ดีมาก

2 หมายถึง พอใช้

1 หมายถึง ควรปรับปรุง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บันทึกผลหลังการสอน

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวการแก้ไข

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายชัชวาล อ่อนเกษ)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้บริหาร/ผู้ที่รับมอบหมาย

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของครูพี่เลี้ยง

.....

.....

(ลงชื่อ).....

(นางสาวชนิดาภา น้อยสุวรรณา)

ครูพี่เลี้ยง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

.....

.....

.

(ลชื่อ).....

(นางวรรณนิภา วงศ์สวาสดิ์)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ช่วยอำนวยการ กลุ่มบริหารงานวิชาการ

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(ลงชื่อ).....

(นายปราโมทย์ โพธิไสย)

ผู้ช่วยอำนวยการ กลุ่มบริหารงานวิชาการ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของรองผู้อำนวยการ กลุ่มบริหารงานวิชาการ

.....

.....

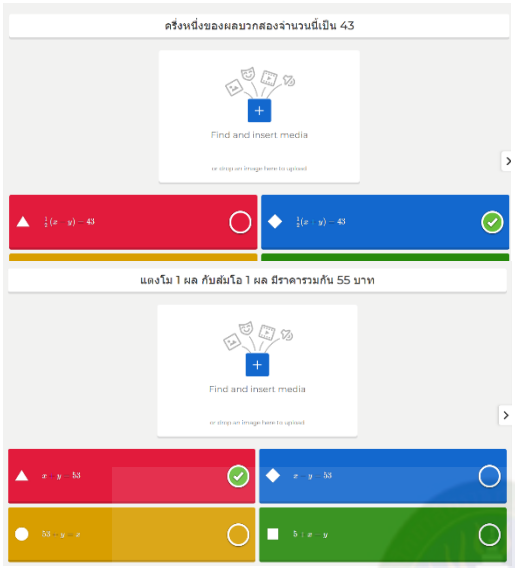
(ลงชื่อ).....

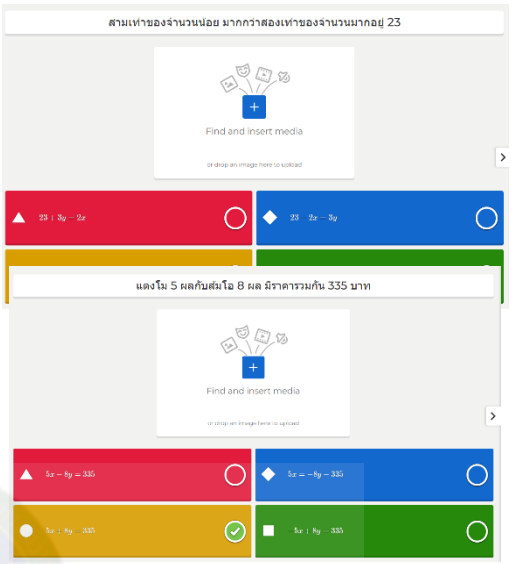
(นายสมคิด ปทุมวัน)

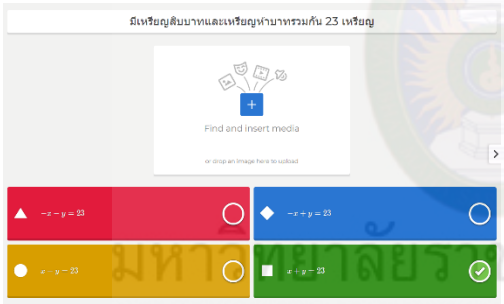
รองผู้อำนวยการ กลุ่มบริหารงานวิชาการ

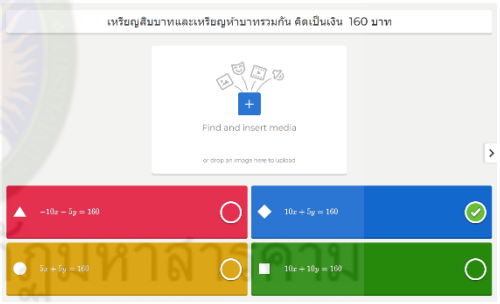
ภาคผนวก ก

เกม Kahoot

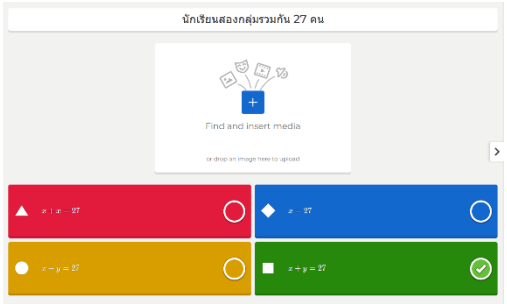


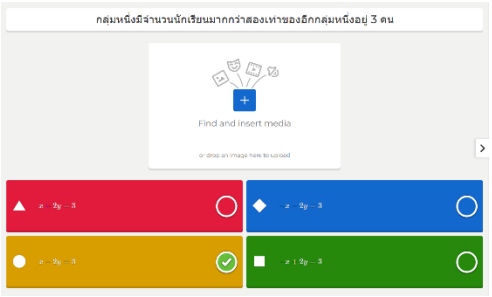






มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY





ภาคผนวก ข

คำถามกระตุ้นการคิด“นักเรียนคิดว่าจะหาคำตอบจากระบบสมการนี้ได้อย่างไรและมีวิธีการใดบ้าง”

แนวคำตอบ ทำสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายแล้วแทนค่า และการกำจัดตัวแปร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

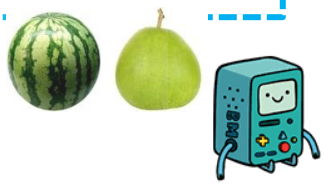
ภาคผนวก ค

ใบกิจกรรมที่ 1

ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวน

คำสั่ง จงใช้กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หาคำตอบของสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์ ร้านขายผลไม้ขายแตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท ถ้าแตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท จงหาราคาของแตงโม 1 ผล และส้มโอ 1 ผล และสภาพดิน ฟ้าอากาศ มีผลต่อการเจริญเติมโตของแตงโมและส้มโอหรือไม่ พร้อมออกแบบป้ายราคาเพื่อดึงดูดความสนใจของลูกค้า



ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา

คำถาม	คำตอบ
1.1 ปัญหาคืออะไร	
1.2 โจทย์ต้องการคำตอบอะไร	

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.3 มีตัวแปรใดบ้างที่เกี่ยวข้อง	

ขั้นที่ 2 สร้างและกำหนดตัวแบบ

คำถาม	คำตอบ
2.1 ให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร	
2.2 ให้นักเรียนเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหานี้	

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 3 คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ

จาก 2.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว

ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป

ให้นักเรียนสรุปความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสรุป

ให้นักเรียนตรวจสอบข้อสรุปดังกล่าว

ขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุง

จากโจทย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ให้นักเรียนแสดงวิธีทำขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 5 เพื่อให้คำตอบ

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท ถ้าแตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท จงหาราคาของแตงโม 1 ผล และส้มโอ 1 ผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เฉลยใบกิจกรรมที่ 1

ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวน

คำสั่ง จงใช้กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หาคำตอบของสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์ แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท ถ้าแตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท จงหาราคาของแตงโม 1 ผล และส้มโอ 1 ผล และสภาพดิน ฟ้า อากาศ มีผลต่อการเจริญเติมโตของแตงโมและส้มโอหรือไม่ พร้อมออกแบบป้ายราคาเพื่อดึงดูดความสนใจของลูกค้า

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา

คำถาม	คำตอบ
1.1 ปัญหาคืออะไร	แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท ถ้าแตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท
1.2 โจทย์ต้องการคำตอบอะไร	- ราคาของแตงโม 1 ผล และส้มโอ 1 ผล - สภาพดิน ฟ้า อากาศ มีผลต่อการเจริญเติมโตของแตงโมและส้มโอหรือไม่ - ออกแบบป้ายราคาเพื่อดึงดูดความสนใจของลูกค้า
1.3 มีตัวแปรใดบ้างที่เกี่ยวข้อง	กำหนดให้ x แทนราคาของแตงโม 1 ผล และ y แทนราคาของส้มโอ 1 ผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 2 สร้างและกำหนดตัวแบบ

คำถาม	คำตอบ
2.1 ให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร	แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท จะได้สมการเป็น $x+y=55$ และแตงโม 5 ผลกับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท จะได้สมการเป็น $5x+5y=335$
2.2 ให้นักเรียนเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหานี้	$x+y=55$ ----------(1) $5x+5y=335$ ----------(2)

ขั้นที่ 3 คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ

จาก 2.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว

<u>วิธีทำ</u> เมื่อกำหนดให้ x แทนราคาของแตงโม 1 ผล

และ y แทนราคาของส้มโอ 1 ผล

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท

จะได้สมการเป็น $x+y=55$ ----------(1)

แตงโม 5 ผลกับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท

จะได้สมการเป็น $5x+5y=335$ ----------(2)

$(1)\times(-5)$; $-5x-5y=-275$ ----------(3)

$(2)+(3)$; $3y=60$ ----------(4)

$y=20$

แทน y ด้วย 20 ในสมการ (1) จะได้ $x+20=55$

$x=35$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป

ให้นักเรียนสรุปความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้

แตงโม 1 ผลราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

สภาพดิน ฟ้า อากาศ มีผลต่อการเจริญเติมโตของแตงโมและส้มโอ เพราะ ดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแตงโมและส้มโอ ต้องเป็นดินที่อุ้มน้ำได้ดี ร่วนซุย มีการระบายน้ำและอากาศถ่ายเทความชื้นได้ดี

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสรุป

ให้นักเรียนตรวจสอบข้อสรุปดังกล่าว

ถ้าแตงโม 1 ผล ราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน $35+20=55$ บาท

แตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน $5(35)+8(20)=175+160$ บาท

$=335$ บาท

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

ดังนั้น แตงโม 1 ผลราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุง

จากโจทย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ให้นักเรียนแสดงวิธีทำขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 5 เพื่อให้คำตอบ

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท ถ้าแตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท จงหาราคาของแตงโม 3 ผล และส้มโอ 4 ผล รวมกันเป็นเงินกี่บาท

คำตอบที่ต้องการ คือ แตงโม 3 ผล และส้มโอ 4 ผล รวมกันเป็นเงินกี่บาท

ตัวแปลที่เกี่ยวข้อง คือ กำหนดให้ x แทนราคาของแตงโม 1 ผล

และ y แทนราคาของส้มโอ 1 ผล

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท

จะได้สมการเป็น $x+y=55$ ----------(1)

แตงโม 5 ผลกับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท

จะได้สมการเป็น $5x+5y=335$ ----------(2)

$(1)\times(-5)$; $-5x-5y=-275$ ----------(3)

$(2)+(3)$; $3y = 60$ ----------(4)

$y = 20$

แทน y ด้วย 20 ในสมการ (1) จะได้

$x + 20 = 55$

$x = 35$

ดังนั้น แตงโม 3 ผล ราคา $3(35) = 155$ และส้มโอ 8 ผล ราคา $8(20) = 160$ รวมกันราคา $115 + 160 = 275$ บาท

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน (ค23101) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 12 ชั่วโมง
เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวน จำนวน 1 ชั่วโมง
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วันที่ .....เดือน ..... พ.ศ. ..... คาบที่ .....

มาตรฐานและตัวชี้วัด

ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

ม.3/3 ประยุกต์ใช้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

สาระสำคัญ

การแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวน ทำได้โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องการแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยการกำจัดตัวแปร และกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อหาจำนวนที่ต้องการทราบ ได้แก่ สมมติตัวแปรสองตัวแปรเพื่อแทนปริมาณที่ต้องการทราบ สร้างระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรที่มีจำนวนสองสมการ โดยใช้เงื่อนไขจากโจทย์ ดำเนินการแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยใช้วิธีต่าง ๆ ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้ (K-P-A)

ด้านความรู้ (K): นักเรียนสามารถ

แก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P): นักเรียนสามารถ

1. แก้ปัญหาเกี่ยวกับแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้
2. เชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับการแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยใช้การกำจัดตัวแปรกับการแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้
3. ให้เหตุผลเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A): นักเรียนสามารถ

1. มีความมุมานะในการทำความเข้าใจปัญหาและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ค้นหาลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ และประยุกต์ใช้ลักษณะดังกล่าวเพื่อทำความเข้าใจหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ
2. เชื่อมโยงความรู้และประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ
3. สร้างเหตุผลเพื่อสนับสนุนแนวคิดของตนเองหรือโต้แย้งแนวคิดของผู้อื่นอย่างสมเหตุสมผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครสาร
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สาระการเรียนรู้

โจทย์ปัญหาของระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรสามารถเขียนให้อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ได้ เพื่อให้ง่ายต่อการหาคำตอบของระบบสมการเชิงเส้นนั้น

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าครึ่งหนึ่งของผลบวกของจำนวนสองจำนวนเป็น 43 และสามเท่าของจำนวนน้อยมากกว่าสองเท่าของจำนวนมากอยู่ 23 จงหาจำนวนสองจำนวนนั้น

<u>วิธีทำ</u> เมื่อกำหนดให้ x แทนจำนวนมาก

และ y แทนจำนวนน้อย จะเขียนสมการได้ดังนี้

ครึ่งหนึ่งของผลบวกสองจำนวนนี้เป็น 43

จะได้สมการเป็น $\frac{1}{2}(x+y)=43$ ----------(1)

สามเท่าของจำนวนน้อย มากกว่าสองเท่าของจำนวนมากอยู่ 23

จะได้สมการเป็น $3y-2x=23$ ----------(2)

$(1)\times 2$; $x+y=86$ ----------(3)

$(3)\times 2$; $2x+2y=172$ ----------(4)

$(2)+(4)$; $(3y-2x)+(2x+2y)=23+172$

$$3y-2x+2x+2x=195$$
$$5y=195$$
$$y=39$$

แทน y ด้วย 39 ในสมการ (3) จะได้

$$x+39=86$$
$$x=47$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตรวจสอบ ถ้าสองจำนวนนั้นคือ 47 และ 39 จะได้ครึ่งหนึ่งของผลบวกเป็น $\frac{1}{2}(47+39)=43$

และสามเท่าของ 39 มากกว่าสองเท่าของ 47 อยู่เท่ากับ

$3(39)-2(47)=117-94=23$ ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

ดังนั้น จำนวนสองจำนวนนั้นคือ 47 และ 39

<u>ตอบ</u> 47 และ 39

ตัวอย่างที่ 2 แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท ถ้าแตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท จงหาราคาของแตงโม 1 ผล และส้มโอ 1 ผล

<u>วิธีทำ</u> เมื่อกำหนดให้ x แทนราคาของแตงโม 1 ผล

และ y แทนราคาของส้มโอ 1 ผล

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท

จะได้สมการเป็น $x+y=55$ ----------(1)

แตงโม 5 ผลกับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท

จะได้สมการเป็น $5x+5y=335$ ----------(2)

$(1)\times(-5)$; $-5x-5y=-275$ ----------(3)

$(2)+(3)$; $3y=60$ ----------(4)

$y=20$

แทน y ด้วย 20 ในสมการ (1) จะได้ $x+20=55$

$x=35$

ตรวจสอบ ถ้าแตงโม 1 ผล ราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน $35+20=55$ บาท

แตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน $5(35)+8(20)=175+160$ บาท

$=335$ บาท

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

ดังนั้น แตงโม 1 ผลราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

<u>ตอบ</u> แตงโม 1 ผลราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวอย่างที่ 3 ถุงใบหนึ่งมีเหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน 23 เหรียญ คิดเป็นเงิน 160 บาท จงหาจำนวนเหรียญแต่ละชนิด

<u>วิธีทำ</u> เมื่อกำหนดให้ x แทนจำนวนเหรียญสิบบาท คิดเป็นเงิน $10x$ บาท

และ y แทนจำนวนเหรียญห้าบาท คิดเป็นเงิน $5y$ บาท

มีเหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน 23 เหรียญ

จะได้สมการเป็น $x+y=23$ ----------(1)

เหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน คิดเป็นเงิน 160 บาท

จะได้สมการเป็น $10x+5y=160$ ----------(2)

$(1)\times(-5)$; $-5x-5y=-115$ ----------(3)

$(2)+(3)$; $5x=45$ ----------(4)

$x = 9$

แทน x ด้วย 9 ในสมการ (1) จะได้ $9 + y = 23$

$y = 14$

ตรวจสอบ ถ้ามีเหรียญสิบบาท 9 เหรียญ คิดเป็นเงิน 90 บาท

และมีเหรียญห้าบาท 14 เหรียญ คิดเป็นเงิน 70 บาท

รวมมีเหรียญทั้งหมด $9 + 14 = 23$ เหรียญ

เหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน คิดเป็นเงิน $90 + 70 = 60$ บาท

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

ดังนั้น มีเหรียญสิบบาท 9 เหรียญ และเหรียญห้าบาท 14 เหรียญ

ตอบ มีเหรียญสิบบาท 9 เหรียญ และเหรียญห้าบาท 14 เหรียญ

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ทบทวนความรู้พื้นฐาน

ทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเขียนโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูประโยคสัญลักษณ์ โดยครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 4-6 กลุ่ม แบบคละความสามารถ โดยครูนำบัตรโจทย์ปัญหามาติดหน้ากระดาษ (ภาคผนวก ก) แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกมาเขียนโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูประโยคสัญลักษณ์ หลังจากนั้นครูและเพื่อน ๆ ช่วยกันตรวจสอบความถูกต้อง กลุ่มไหนเสร็จก่อนและถูกต้องถือว่าชนะ จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาโจทย์ปัญหา แล้วถามกระตุ้นความคิดกับนักเรียนว่า นักเรียนจะหาคำตอบจากระบบสมการนี้ได้อย่างไรและมีวิธีการใดบ้าง (*แนวคำตอบ ทำสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่าย แล้วแทนค่า และการกำจัดตัวแปร*) พร้อมทั้งให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกวิธีการแก้ระบบสมการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาที่กลุ่มตนเองได้รับ (ภาคผนวก ก)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 2 สอนเนื้อหาใหม่

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ระบบสมการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาตามวิธีที่กลุ่มตนเองเลือก พร้อมทั้งแสดงวิธีการตรวจคำตอบ จากนั้นให้ตัวแทนกลุ่มออกมาเขียนแสดงวิธีทำบนกระดาน โดยมีเพื่อน ๆ ในชั้นเรียนและครูร่วมกันตรวจสอบความถูกต้อง (ภาคผนวก ข)

ขั้นที่ 3 สรุป

ครูให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอขั้นตอนหรือกระบวนการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จากนั้นครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย

ขั้นที่ 4 ฝึกทักษะ

ให้นักเรียนทุกคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง “โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร” (ภาคผนวก ค)

ขั้นที่ 5 นำไปใช้

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับฉลากบัตรข้อความ (ภาคผนวก ง) จากนั้นให้นักเรียนช่วยกันหาคำตอบของโจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรที่กลุ่มตัวเองจับได้ให้ถูกต้อง

ขั้นที่ 6 การวัดและการประเมินผล

ประเมินผลจากการร่วมกิจกรรม สังเกตความกระตือรือร้นของนักเรียน และจากการทำแบบฝึกหัด เรื่อง “โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร”

สื่อ / อุปกรณ์ / แหล่งเรียนรู้

1. บัตรโจทย์ปัญหา (ภาคผนวก ก)
2. แบบฝึกหัด เรื่อง “โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร” (ภาคผนวก ค)

การวัดและประเมินผล

สิ่งที่วัด/ประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	วิธีการวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ (K) - แก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้	- แบบฝึกหัด เรื่อง “โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร”	- การตรวจแบบฝึกหัด เรื่อง “โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร”	- นักเรียนทำแบบฝึกหัด ได้คะแนนรวม 70% ขึ้นไป หรือผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีขึ้นไป
ด้านทักษะและกระบวนการ(P) 1. แก้ปัญหาเกี่ยวกับแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้ 2. เชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับการแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยใช้การกำจัดตัวแปรกับการแก้โจทย์	- กิจกรรมจากขั้นทบทวนถึงขั้นสอนเนื้อหาใหม่ - แบบฝึกหัด เรื่อง “โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร”	- ดูจากการทำแบบฝึกหัด - ดูจากการร่วมกิจกรรมและทำกิจกรรม - สังเกตจากการตอบคำ ถามและการร่วมกิจกรรม	- นักเรียนได้คะแนนรวม 70% ขึ้นไป หรือผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีขึ้นไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สิ่งที่วัด/ประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	วิธีการวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้ 3. ให้เหตุผลเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนได้			
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. มีความมุมานะในการทำความเข้าใจปัญหาและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ค้นหาลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ และประยุกต์ใช้ลักษณะดังกล่าวเพื่อทำความเข้าใจหรือแก้ปัญหาในสถาน -การณ์ต่างๆ 2. เชื่อมโยงความรู้และประยุกต์ ใช้คณิตศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ 3. สร้างเหตุผลเพื่อสนับสนุนแนวคิดของตนเองหรือโต้แย้งแนวคิดของผู้อื่นอย่างสมเหตุสมผล	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียน	- สังเกตจากการตอบคำ ถาม และการร่วมกิจกรรม - สังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน	- นักเรียนได้คะแนนรวม 70% ขึ้นไป หรือผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีขึ้นไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เกณฑ์การประเมินผลจากการทำกิจกรรม

80 % ขึ้นไป หมายถึง ดีมาก

70-79% หมายถึง ดี

60-69% หมายถึง ปานกลาง

50-59% หมายถึง พอใช้

ต่ำกว่า 50% หมายถึง ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินผลจากคุณลักษณะอังพึงประสงค์

3 หมายถึง ดีมาก

2 หมายถึง พอใช้

1 หมายถึง ควรปรับปรุง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บันทึกผลหลังการสอน

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวการแก้ไข

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายชัชวาล อ่อนเกษ)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้บริหาร/ผู้ที่รับมอบหมาย

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของครูพี่เลี้ยง

.....

.....

(ลงชื่อ).....

(นางสาวชนิดาภา น้อยสุวรรณา)

ครูพี่เลี้ยง

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

.....

.....

.

(ลชื่อ).....

(นางวรรณนิภา วงศ์สวาสดิ์)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ช่วยอำนวยการ กลุ่มบริหารงานวิชาการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

.....

.....

(ลงชื่อ).....

(นายปราโมทย์ โพธิไสย)

ผู้ช่วยอำนวยการ กลุ่มบริหารงานวิชาการ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของรองผู้อำนวยการ กลุ่มบริหารงานวิชาการ

.....

.....

(ลงชื่อ).....

(นายสมคิด ปทุมวัน)

รองผู้อำนวยการ กลุ่มบริหารงานวิชาการ

ภาคผนวก ก

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกมาเขียนโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ กลุ่มไหนเสร็จก่อนและถูกต้องถือว่าชนะ

ตัวอย่าง บัตรโจทย์ปัญหา

ถ้าครึ่งหนึ่งของผลบวกของจำนวนสองจำนวนเป็น 43 และสามเท่าของจำนวนน้อย มากกว่าสองเท่าของจำนวนมากอยู่ 23 จงหาจำนวนสองจำนวนนั้น

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท ถ้าแตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท จงหาราคาของแตงโม 1 ผล และส้มโอ 1 ผล

ถุงใบหนึ่งมีเหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน 23 เหรียญ คิดเป็นเงิน 160 บาท จงหาจำนวนเหรียญแต่ละชนิด

ในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ครั้งหนึ่ง ครูแบ่งนักเรียน 27 คน เป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มหนึ่งมีจำนวนนักเรียนมากกว่าสองเท่าของอีกกลุ่มหนึ่งอยู่ 3 คน จงหาจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เฉลยภาคผนวก ก

ถ้าครึ่งหนึ่งของผลบวกของจำนวนสองจำนวนเป็น 43 และสามเท่าของจำนวนน้อย มากกว่าสองเท่าของจำนวนมากอยู่ 23 จงหาจำนวนสองจำนวนนั้น

เมื่อกำหนดให้ x แทนจำนวนมาก

และ y แทนจำนวนน้อย จะเขียนสมการได้ดังนี้

ครึ่งหนึ่งของผลบวกสองจำนวนนี้เป็น 43

จะได้สมการเป็น $\frac{1}{2}(x+y)=43$ ----------(1)

สามเท่าของจำนวนน้อย มากกว่าสองเท่าของจำนวนมากอยู่ 23

จะได้สมการเป็น $3y-2x=23$ ----------(2)

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท ถ้าแตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท จงหาราคาของแตงโม 1 ผล และส้มโอ 1 ผล

เมื่อกำหนดให้ x แทนราคาของแตงโม 1 ผล

และ y แทนราคาของส้มโอ 1 ผล

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท

จะได้สมการเป็น $x+y=55$ ----------(1)

แตงโม 5 ผลกับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท

จะได้สมการเป็น $5x+5y=335$ ----------(2)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ถุงใบหนึ่งมีเหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน 23 เหรียญ คิดเป็นเงิน 160 บาท จงหาจำนวนเหรียญแต่ละชนิด

เมื่อกำหนดให้ x แทนจำนวนเหรียญสิบบาท คิดเป็นเงิน $10x$ บาท

และ y แทนจำนวนเหรียญห้าบาท คิดเป็นเงิน $10y$ บาท

มีเหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน 23 เหรียญ

จะได้สมการเป็น $x+y=23$ ----------(1)

เหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน คิดเป็นเงิน 160 บาท

จะได้สมการเป็น $10x+5y=160$ ----------(2)

ในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ครั้งหนึ่ง ครูแบ่งนักเรียน 27 คน เป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มหนึ่งมีจำนวนนักเรียนมากกว่าสองเท่าของอีกกลุ่มหนึ่งอยู่ 3 คน จงหาจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม

เมื่อกำหนดให้ x แทนนักเรียนกลุ่มหนึ่ง

และ y แทนนักเรียนกลุ่มสอง

มีนักเรียนอยู่ 27 คน

จะได้สมการเป็น $x+y=27$ ----------(1)

กลุ่มหนึ่งมีจำนวนนักเรียนมากกว่าสองเท่าของอีกกลุ่มหนึ่งอยู่ 3 คน

จะได้สมการเป็น $x-2y=3$ ----------(2)

คำถามกระตุ้นการคิด“นักเรียนคิดว่าจะหาคำตอบจากระบบสมการนี้ได้อย่างไรและมีวิธีการใดบ้าง”

แนวคำตอบ ทำสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายแล้วแทนค่า และการกำจัดตัวแปร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ระบบสมการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาตามวิธีที่กลุ่มตนเองเลือก พร้อมทั้งแสดงวิธีการตรวจคำตอบ

ถ้าครึ่งหนึ่งของผลบวกของจำนวนสองจำนวนเป็น 43 และสามเท่าของจำนวนน้อย มากกว่าสองเท่าของจำนวนมากอยู่ 23 จงหาจำนวนสองจำนวนนั้น

<u>วิธีทำ</u> เมื่อกำหนดให้ x แทนจำนวนมาก

และ y แทนจำนวนน้อย จะเขียนสมการได้ดังนี้

ครึ่งหนึ่งของผลบวกสองจำนวนนี้เป็น 43

จะได้สมการเป็น $\frac{1}{2}(x+y)=43$ ----------(1)

สามเท่าของจำนวนน้อย มากกว่าสองเท่าของจำนวนมากอยู่ 23

จะได้สมการเป็น $3y-2x=23$ ----------(2)

$(1)\times 2$; $x+y=86$ ----------(3)

$(3)\times 2$; $2x+2y=172$ ----------(4)

$(2)+(4)$; $(3y-2x)+(2x+2y)=23+172$

$$3y-2x+2x+2x=195$$
$$5y=195$$
$$y=39$$

แทน y ด้วย 39 ในสมการ (3) จะได้

$$x+39=86$$
$$x=47$$

ตรวจสอบ ถ้าสองจำนวนนั้นคือ 47 และ 39 จะได้ครึ่งหนึ่งของผลบวกเป็น $\frac{1}{2}(47+39)=43$

และสามเท่าของ 39 มากกว่าสองเท่าของ 47 อยู่เท่ากับ

$3(39)-2(47)=117-94=23$ ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

ดังนั้น จำนวนสองจำนวนนั้นคือ 47 และ 39

<u>ตอบ</u> 47 และ 39

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท ถ้าแตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท จงหาราคาของแตงโม 1 ผล และส้มโอ 1 ผล

<u>วิธีทำ</u> เมื่อกำหนดให้ x แทนราคาของแตงโม 1 ผล

และ y แทนราคาของส้มโอ 1 ผล

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน 55 บาท

จะได้สมการเป็น $x+y=55$ ----------(1)

แตงโม 5 ผลกับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน 335 บาท

จะได้สมการเป็น $5x+5y=335$ ----------(2)

$(1)\times(-5)$; $-5x-5y=-275$ ----------(3)

$(2)+(3)$; $3y=60$ ----------(4)

$y=20$

แทน y ด้วย 20 ในสมการ (1) จะได้

$x+20=55$

$x=35$

ตรวจสอบ ถ้าแตงโม 1 ผล ราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

แตงโม 1 ผล กับส้มโอ 1 ผล มีราคารวมกัน $35+20=55$ บาท

แตงโม 5 ผล กับส้มโอ 8 ผล มีราคารวมกัน $5(35)+8(20)=175+160$ บาท

$=335$ บาท

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

ดังนั้น แตงโม 1 ผลราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

<u>ตอบ</u> แตงโม 1 ผลราคา 35 บาท และส้มโอ 1 ผล ราคา 20 บาท

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ถุงใบหนึ่งมีเหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน 23 เหรียญ คิดเป็นเงิน 160 บาท จงหาจำนวนเหรียญแต่ละชนิด

วิธีทำ เมื่อกำหนดให้ x แทนจำนวนเหรียญสิบบาท คิดเป็นเงิน $10x$ บาท

และ y แทนจำนวนเหรียญห้าบาท คิดเป็นเงิน $5y$ บาท

มีเหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน 23 เหรียญ

จะได้สมการเป็น $x+y=23$ ----------(1)

เหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน คิดเป็นเงิน 160 บาท

จะได้สมการเป็น $10x+5y=160$ ----------(2)

$(1)\times(-5)$; $-5x-5y=-115$ ----------(3)

$(2)+(3)$; $5x=45$ ----------(4)

$x=9$

แทน x ด้วย 9 ในสมการ (1) จะได้ $9+y=23$

$y=14$

ตรวจสอบ ถ้ามีเหรียญสิบบาท 9 เหรียญ คิดเป็นเงิน 90 บาท

และมีเหรียญห้าบาท 14 เหรียญ คิดเป็นเงิน 70 บาท

รวมมีเหรียญทั้งหมด $9+14=23$ เหรียญ

เหรียญสิบบาทและเหรียญห้าบาทรวมกัน คิดเป็นเงิน $90+70=60$ บาท

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

ดังนั้น มีเหรียญสิบบาท 9 เหรียญ และเหรียญห้าบาท 14 เหรียญ

ตอบ มีเหรียญสิบบาท 9 เหรียญ และเหรียญห้าบาท 14 เหรียญ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ครั้งหนึ่ง ครูแบ่งนักเรียน 27 คน เป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มหนึ่งมีจำนวนนักเรียนมากกว่าสองเท่าของอีกกลุ่มหนึ่งอยู่ 3 คน จงหาจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม

<u>วิธีทำ</u> เมื่อกำหนดให้ x แทนนักเรียนกลุ่มหนึ่ง

และ y แทนนักเรียนกลุ่มสอง

มีนักเรียนอยู่ 27 คน

จะได้สมการเป็น $x+y=27$ ----------(1)

กลุ่มหนึ่งมีจำนวนนักเรียนมากกว่าสองเท่าของอีกกลุ่มหนึ่งอยู่ 3 คน

จะได้สมการเป็น $x-2y=3$ ----------(2)

$(1)\times 2$; $2x+2y=54$ ----------(3)

$(2)+(3)$; $3x=73$ ----------(4)

$x=19$

แทน x ด้วย 19 ในสมการ (1) จะได้ $19+y=27$

$y=8$

จะได้ว่า จำนวนนักเรียนในลุ่มหนึ่งมี 19 คน และกลุ่มสองมี 8 คน

ตรวจสอบ จำนวนนักเรียนในลุ่มหนึ่งมี 19 คน และกลุ่มสองมี 8 คน

รวมมีนักเรียนทั้งหมด $19+8=27$ เหรียญ

จำนวนนักเรียนมากกว่าสองเท่าของอีกกลุ่มหนึ่งอยู่ $19-(2)8=3$ คน

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

ดังนั้น จำนวนนักเรียนในลุ่มหนึ่งมี 19 คน และกลุ่มสองมี 8 คน

<u>ตอบ</u> มีเหรียญสิบบาท 9 เหรียญ และเหรียญห้าบาท 14 เหรียญ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

คำชี้แจง ให้นักเรียนหาคำตอบของโจทย์ปัญหาต่อไปนี้พร้อมทั้งตรวจสอบคำตอบ

1. มะลิซื้อส้มโอผลเล็กราคาผลละ 30 บาท และผลใหญ่ราคาผลละ 35 บาท คิดเป็นเงิน 950 บาท เมื่อนำมารวมกันแล้วขายไปผลละ 40 บาท ได้เงิน 1,200 บาท จงหาว่ามะลิซื้อส้มโอแต่ละขนาดมาอย่างละกี่ผล

วิธีทำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตรวจสอบ

เฉลยแบบฝึกหัด

คำชี้แจง ให้นักเรียนหาคำตอบของโจทย์ปัญหาต่อไปนี้พร้อมทั้งตรวจสอบคำตอบ

1. มะลิซื้อส้มโอผลเล็กราคาผลละ 30 บาท และผลใหญ่ราคาผลละ 35 บาท คิดเป็นเงิน 950 บาท เมื่อนำมารวมกันแล้วขายไปผลละ 40 บาท ได้เงิน 1,200 บาท จงหาว่ามะลิซื้อส้มโอแต่ละขนาดมาอย่างละกี่ผล

วิธีทำ ให้ x แทนจำนวนส้มโอผลเล็ก

y แทนเลขโดดในหลักหน่วย

มะลิซื้อส้มโอผลเล็กราคาผลละ 30 บาท และผลใหญ่ราคาผลละ 35 บาท คิดเป็นเงิน 950 บาท

จะได้สมการเป็น $30x + 35y = 950$ ----------(1)

เมื่อนำมารวมกันแล้วขายไปผลละ 40 บาท ได้เงิน 1,200 บาท

จะได้สมการเป็น $40(x + y) = 1,200$ ----------(2)

จากสมการ (2) $x + y = 30$

$x = 30 - y$ ----------(3)

แทน x ด้วย $30 - y$ ในสมการ (1) จะได้

$30(30 - y) + 35y = 950$

$900 - 30y + 35y = 950$

$5y = 50$

$y = 10$

แทน y ด้วย 10 ในสมการ (3) จะได้

$x = 30 - 10$

$= 20$

ตรวจสอบ ถ้ามะลิซื้อส้มโอผลเล็ก 20 ผล และผลใหญ่ 10 ผล

ซื้อส้มโอผลเล็กราคาผลละ 30 บาท และผลใหญ่ราคาผลละ 35 บาท

คิดเป็นเงิน $(20 \times 30) + (10 \times 35) = 600 + 350 = 950$ บาท

และเมื่อนำมารวมกันขายไปผลละ 40 บาท ได้เงิน $40(20 + 10) = 1,200$ บาท

ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไขในโจทย์

นั่นคือ มะลิซื้อส้มโอผลเล็ก 20 ผล แลผลใหญ่ 10 ผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับฉลากบัตรข้อความ จากนั้นให้นักเรียนช่วยกันหาคำตอบของโจทย์ปัญหาระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรที่กลุ่มตัวเองจับได้ให้ถูกต้อง

ตัวอย่าง บัตรข้อความ

1. ติ๊กสะสมเหรียญชนิดสิบบาท และหนึ่งบาท รวมกันได้ 200 เหรียญ คิดเป็นเงินรวมกัน 920 บาท อยากทราบว่าติ๊กมีเหรียญแต่ละชนิดอย่างละกี่เหรียญ

2. ถ้าผลบวกของขนาดมุมภายในสองมุมของรูปสามเหลี่ยมรูปหนึ่งเป็น 137 องศา และผลต่างของขนาดของมุมสองมุมนี้เป็น 73 องศา จงหาขนาดของมุมภายในทั้งสามของรูปสามเหลี่ยม

3. ติ๊กสะสมเหรียญชนิดสิบบาท และหนึ่งบาท รวมกันได้ 200 เหรียญ คิดเป็นเงินรวมกัน 920 บาท อยากทราบว่าติ๊กมีเหรียญแต่ละชนิดอย่างละกี่เหรียญ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4. ติ๊กสะสมเหรียญชนิดสิบบาท และหนึ่งบาท รวมกันได้ 200 เหรียญ คิดเป็นเงินรวมกัน 920 บาท อยากทราบว่าติ๊กมีเหรียญแต่ละชนิดอย่างละกี่เหรียญ

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

เรื่อง การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อ 1 ปัญหาการจัดการแข่งขันบาสเกตบอล

คำสั่ง จงใช้กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หาคำตอบของสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์

ในการแข่งขันกีฬาภายในโรงเรียนกมลาไสย ในแต่ละปีจะมีการจำแนกนักกีฬาออกเป็นคณะสีมีกีฬาหลายประเภท รวมถึงกีฬาบาสเกตบอลด้วย คณะกรรมการจัดการแข่งขันจะวางแผนการจัดการแข่งขันบาสเกตบอลอย่างไร ถ้าให้แข่งแบบทุกทีมต้องพบกันหมด โดยโรงเรียนให้แข่งขันในคาบที่ 7 ของแต่ละวัน

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์

1.1 ปัญหาคืออะไร

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.2 โจทย์ต้องการคำตอบอะไร

.....

.....

.....

1.3 มีตัวแปรอะไรที่เกี่ยวข้องบ้าง

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 สร้างและกำหนดตัวแบบ

2.1 ให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร

.....

.....

.....

2.2 ให้นักเรียนเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหานี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ

จาก 2.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป

ให้นักเรียนสรุปความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสรุป

ให้นักเรียนตรวจสอบข้อสรุปดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุง

จากโจทย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ให้นักเรียนแสดงวิธีทำขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 5 เพื่อให้คำตอบ

ถ้าโรงเรียนมีสนามบาสเกตบอลสำหรับแข่งขัน 2 สนาม จะต้องใช้เวลาในการแข่งขันกี่วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT PHRANAKHON SI AYUTTHAYA

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

เรื่อง การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อ 2 ปัญหาของตาบุญแป

คำสั่ง จงใช้กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หาคำตอบของสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์

ตาบุญแปเลี้ยงหมูกับเป็ดไว้จำนวนหนึ่ง เมื่อนับหัวรวมกันได้ 16 หัว และนับขารวมกันได้ 60 ขา อยากทราบว่าตาบุญแปเลี้ยงหมูและเป็ดไว้อย่างละกี่ตัว

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์

1.1 ปัญหาคืออะไร

.....

.....

.....

1.2 โจทย์ต้องการคำตอบอะไร

.....

.....

.....

1.3 มีตัวแปรอะไรที่เกี่ยวข้องบ้าง

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 2 สร้างและกำหนดตัวแบบ

2.1 ให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร

.....

.....

.....

2.2 ให้นักเรียนเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหานี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ

จาก 2.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป

ให้นักเรียนสรุปความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสรุป

ให้นักเรียนตรวจสอบข้อสรุปดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุง

จากโจทย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ให้นักเรียนแสดงวิธีทำขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 5 เพื่อให้คำตอบ

ตาบุญแปเลี้ยงหมูกับเป็ดไว้จำนวนหนึ่ง เมื่อนับหัวรวมกันได้ 30 หัว และนับขารวมกันได้ 70 ขา ตาบุญแปเลี้ยงหมูกับเป็ดไว้อย่างละเท่าไร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
เรื่อง การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อ 3 ปัญหาการใช้ความเร็วในการเดินทาง

คำสั่ง จงใช้กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หาคำตอบของสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์ บ้านพี่ชายและบ้านน้องชายห่างกัน 480 กิโลเมตร พี่ชายขับรถจากบ้านตัวเองเพื่อไปบ้านน้องชาย ส่วนน้องชายขับรถจากบ้านตัวเองเพื่อไปบ้านพี่ชายในเส้นทางเดียวกัน ทั้งสองออกเดินทางในเวลา 05:00 น. พร้อมกัน พบกันเวลา 08:00 น. โดยพี่ชายขับรถได้ระยะทางมากกว่าน้องชาย 30 กิโลเมตร จงหาว่าแต่ละคนใช้อัตราเร็วเท่าไร

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.1 ปัญหาคืออะไร

.....

.....

.....

1.2 โจทย์ต้องการคำตอบอะไร

.....

.....

.....

1.3 มีตัวแปรอะไรที่เกี่ยวข้องบ้าง

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 สร้างและกำหนดตัวแบบ

2.1 ให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร

.....

.....

.....

2.2 ให้นักเรียนเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหานี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ

จาก 2.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป

ให้นักเรียนสรุปความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสรุป

ให้นักเรียนตรวจสอบข้อสรุปดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากโจทย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ให้นักเรียนแสดงวิธีทำขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 5 เพื่อให้คำตอบ

ทั้งสองออกเดินทางในเวลา 06:00 น. พร้อมกัน พบกันเวลา 10:00 น. โดยพี่ชายขับรถได้ระยะทางมากกว่าน้องชาย 40 กิโลเมตร จงหาว่าแต่ละคนใช้อัตราเร็วเท่าไร่

เฉลย

แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

เรื่อง การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อ 1 ปัญหาการจัดการแข่งขันบาสเกตบอล

คำสั่ง จงใช้กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หาคำตอบของสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์

ในการแข่งขันกีฬาภายในโรงเรียนกมลาไสย ในแต่ละปีจะมีการจำแนกนักกีฬาออกเป็นคณะสีมีกีฬาหลายประเภท รวมถึงกีฬาบาสเกตบอลด้วย คณะกรรมการจัดการแข่งขันจะวางแผนการจัดการแข่งขันบาสเกตบอลอย่างไร ถ้าให้แข่งแบบทุกทีมต้องพบกันหมด โดยโรงเรียนให้แข่งขันในคาบที่ 7 ของแต่ละวัน

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์

1.1 ปัญหาคืออะไร

คณะกรรมการจัดการแข่งขันจะวางแผนการจัดการแข่งขันบาสเกตบอลอย่างไร ถ้าให้แข่งแบบทุกทีมต้องพบกันหมด โดยโรงเรียนให้แข่งขันในคาบที่ 7 ของแต่ละวัน

1.2 โจทย์ต้องการคำตอบอะไร

จะวางแผนจัดการแข่งขันกีฬาบาสเกตบอลอย่างไร

1.3 มีตัวแปรอะไรที่เกี่ยวข้องบ้าง

ให้ x แทน จำนวนทีมทั้งหมดที่เข้าแข่งขัน

y แทน จำนวนครั้งหรือจำนวนคู่ในการแข่งขัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHATMAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 2 สร้างและกำหนดตัวแบบ

2.1 ให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร

x	y
2	$1=\frac{2(2-1)}{2}$
3	$3=\frac{3(3-1)}{2}$
4	$6=\frac{4(4-1)}{2}$
5	$10=\frac{5(5-1)}{2}$
6	$15=\frac{6(6-1)}{2}$
...	...
x	$\frac{x(x-1)}{2}$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2 ให้นักเรียนเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหานี้

ถ้ามีทีมที่เข้าร่วมแข่งขัน x ทีม

จะมีการแข่งขันทั้งหมด $y=\frac{x(x-1)}{2}$ ครั้ง

ขั้นที่ 3 คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ

จาก 2.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว

ถ้าในปีการศึกษา 2562 มีทีมที่เข้าแข่งขัน 4 ทีม

จะมีการแข่งขันทั้งหมด $\frac{4(4-1)}{2}=\frac{4(3)}{2}=6$ ครั้ง

ถ้าในปีการศึกษา 2562 มีทีมที่เข้าแข่งขัน 5 ทีม

จะมีการแข่งขันทั้งหมด $\frac{5(5-1)}{2}=\frac{5(4)}{2}=10$ ครั้ง

ถ้าในปีการศึกษา 2562 มีทีมที่เข้าแข่งขัน 6 ทีม

จะมีการแข่งขันทั้งหมด $\frac{6(6-1)}{2}=\frac{6(5)}{2}=15$ ครั้ง

ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป

ให้นักเรียนสรุปความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้

ในแต่ละปีถ้ามีทีมที่เข้าร่วมแข่งขัน x ทีม

จะมีการแข่งขันทั้งหมด $\frac{x(x-1)}{2}$ ครั้ง

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสรุป

ให้นักเรียนตรวจสอบข้อสรุปดังกล่าว

x	y
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุง

จากโจทย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ให้นักเรียนแสดงวิธีทำขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 5 เพื่อให้คำตอบ ถ้าโรงเรียนมีสนามบาสเกตบอลสำหรับแข่งขัน 2 สนาม จะต้องใช้เวลาในการแข่งขันกี่วัน

คำตอบที่ต้องการ คือ วางแผนการจัดการแข่งขันกีฬาบาสเกตบอลอย่างไร ถ้าโรงเรียนมีสนามบาสเกสบอลสำหรับทำการแข่งขัน 2 สนาม

คำตอบที่ต้องการ คือ วางแผนการจัดการแข่งขันกีฬาบาสเกสบอลอย่างไร ถ้าโรงเรียนมีสนามบาสเกตบอลสำหรับทำการแข่งขัน 2 สนาม

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ ให้ x แทน จำนวนทีมทั้งหมดที่เข้าแข่งขัน

y แทน จำนวนครั้งหรือจำนวนคู่ในการแข่งขัน

z แทน จำนวนวันที่ใช้ในการจัดการแข่งขัน

ถ้ามีทีมที่เข้าร่วม x ทีม จะมีการแข่งขันทั้งหมด $y=\frac{x(x-1)}{2}$ ครั้ง

โดยใช้เวลาจัดการแข่งขันทั้งหมด $z=\frac{y}{2}=\frac{x(x-1)}{4}$ วัน (ถ้าเศษวันให้ปัดเป็น 1)

ถ้าในปีการศึกษา 2562 มีทีมที่เข้าแข่งขัน 4 ทีม

จะมีการแข่งขันทั้งหมด $\frac{4(4-1)}{2}=\frac{4(3)}{2}=6$ ครั้ง ใช้เวลาแข่ง $\frac{6}{2}=3$ วัน

ถ้าในปีการศึกษา 2562 มีทีมที่เข้าแข่งขัน 5 ทีม

จะมีการแข่งขันทั้งหมด $\frac{5(5-1)}{2}=\frac{5(4)}{2}=10$ ครั้ง ใช้เวลาแข่ง $\frac{10}{2}=5$ วัน

ถ้าในปีการศึกษา 2562 มีทีมที่เข้าแข่งขัน 6 ทีม

จะมีการแข่งขันทั้งหมด $\frac{6(6-1)}{2}=\frac{6(5)}{2}=15$ ครั้ง ใช้เวลาแข่ง $\frac{15}{2}=7.5$ หรือ 8 วัน

ถ้ามีทีมเข้าร่วมการแข่งขัน x ทีม

จะมีการแข่งขันทั้งหมด $\frac{x(x-1)}{2}$ ครั้ง โดยใช้เวลาจัดการแข่งขันทั้งหมด $\frac{x(x-1)}{4}$ วัน (ถ้าเศษวันให้ปัดเป็น 1 วัน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตรวจสอบข้อสรุป

x	y	z
2	1	1
3	3	2
4	6	3
5	10	5
6	15	8
7	21	11
8	28	14
9	36	18
10	45	23

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เฉลย

แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

เรื่อง การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อ 2 ปัญหาของตาบุญแป

คำสั่ง จงใช้กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หาคำตอบของสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์

ตาบุญแปเลี้ยงหมูกับเป็ดไว้จำนวนหนึ่ง เมื่อนับหัวรวมกันได้ 16 หัว และนับขารวมกันได้ 60 ขา อยากทราบว่าตาบุญแปเลี้ยงหมูและเป็ดไว้อย่างละกี่ตัว

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์

1.1 ปัญหาคืออะไร

ตาบุญแปเลี้ยงหมูกับเป็ดไว้จำนวนหนึ่ง เมื่อนับหัวรวมกันได้ 16 หัว และนับขารวมกันได้ 60 ขา อยากทราบว่าตาบุญแปเลี้ยงหมูและเป็ดไว้อย่างละกี่ตัว

1.2 โจทย์ต้องการคำตอบอะไร

อยากทราบว่าตาบุญแปเลี้ยงหมูและเป็ดไว้อย่างละกี่ตัว

1.3 มีตัวแปรอะไรที่เกี่ยวข้องบ้าง

ให้ ให้จำนวนหมูทั้งหมด แทนด้วย x ตัว

จำนวนเป็ดทั้งหมด แทนด้วย y ตัว

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 2 สร้างและกำหนดตัวแบบ

2.1 ให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร

หมู 1 ตัว มีขา 4 ขา

เป็ด 1 ตัว มี ขา 2 ขา

ดังนั้น จะได้ว่า ถ้านับจำนวนหัวรวมกันได้ 16 หัว แสดงว่ามีหมูและเป็ดรวมกันอยู่ 16 ตัว จะได้ $x+y=16$ และ ถ้านับจำนวนขารวมกันได้ 60 ขา จะได้ $4x+2y=60$

2.2 ให้นักเรียนเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหานี้

$x+y=16$ (จำนวนหัว) .....(1)

$4x+2y=60$ (จำนวนขา) .....(2)

ขั้นที่ 3 คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ

จาก 2.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว

<u>วิธีทำ</u> กำหนดให้ จำนวนเป็ดทั้งหมด แทนด้วย x ตัว

จำนวนหมูทั้งหมด แทนด้วย y ตัว

ดังนั้น สร้างตัวแบบสมการได้ว่า $x+y=16$ (จำนวนหัว) .....(1)

$4x+2y=60$ (จำนวนขา) .....(2)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แก้สมการ จากสมการ (1) นำ 2 มาคูณ ตลอดทั้งสองข้างสมการ จะได้ว่า

$2x+2y=32$ .....(3)

(2) – (3) จะได้ $(4x+2y)-(2x+2y)=60-32$

$2x=28$

$x=14$

แทน $x=14$ ใน (1) จะได้ $y=2$

ดังนั้น ตาบุญแปเลี้ยงหมู 14 ตัว และเลี้ยงเป็ด 2 ตัว

ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป

ให้นักเรียนสรุปความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้

ตาบุญแปเลี้ยงหมู 14 ตัว และเลี้ยงเป็ด 2 ตัว

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสรุป

ให้นักเรียนตรวจสอบข้อสรุปดังกล่าว

จากตาบุญแปเลี้ยงหมูไว้ 14 ตัว นับหัวหมูได้ 14 หัว และนับขาได้ $14\times4=56$ ขา

และเลี้ยงเป็ดอย่างน้อย 2 ตัว นับหัวเป็ดได้ 2 หัว และนับขาได้ $2\times2=4$ ขา

ดังนั้น นับหัวหมูและหัวเป็ดรวมกันได้ $14+2=16$ และนับขารวมกันได้ $56+4=60$

ขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุง

จากโจทย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ให้นักเรียนแสดงวิธีทำขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 5 เพื่อให้คำตอบ ตาบุญแปเลี้ยงหมูกับเป็ดไว้จำนวนหนึ่ง เมื่อนับหัวรวมกันได้ 30 หัว และนับขารวมกันได้ 70 ขา ตาบุญแปเลี้ยงหมูกับเป็ดไว้อย่างละเท่าไร

คำตอบที่ต้องการคือ ตาบุญแปเลี้ยงหมูกับเป็ดไว้อย่างละเท่าไร

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง จำนวนเป็ดทั้งหมด แทนด้วย x ตัว

จำนวนหมูทั้งหมด แทนด้วย y ตัว

ดังนั้น สร้างตัวแบบสมการได้ว่า $x+y=30$ (จำนวนหัว) .....(1)

$2x+4y=70$ (จำนวนขา) .....(2)

แก้สมการ จากสมการ (1) นำ 2 มาคูณ ตลอดทั้งสองข้างสมการ จะได้ว่า

$2x+2y=60$ .....(3)

(2) – (3) จะได้ $(2x+4y)-(2x+2y)=70-60$

จะได้ $2y=10$

$y=5$

แทน $y=5$ ใน (1) จะได้ $x=25$

ดังนั้น ตาบุญแปเลี้ยงหมู 5 ตัว และเลี้ยงเป็ด 25 ตัว

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เฉลย

แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

เรื่อง การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อ 3 ปัญหาการใช้ความเร็วในการเดินทาง

คำสั่ง จงใช้กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หาคำตอบของสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์ บ้านพี่ชายและบ้านน้องชายห่างกัน 480 กิโลเมตร พี่ชายขับรถจากบ้านตัวเองเพื่อไปบ้านน้องชาย ส่วนน้องชายขับรถจากบ้านตัวเองเพื่อไปบ้านพี่ชายในเส้นทางเดียวกัน ทั้งสองออกเดินทางในเวลา 05:00 น. พร้อมกัน พบกันเวลา 08:00 น. โดยพี่ชายได้ขับรถได้ระยะทางมากกว่าน้องชาย 30 กิโลเมตร จงหาว่าแต่ละคนใช้อัตราเร็วเท่าไร

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์

1.1 ปัญหาคืออะไร

บ้านพี่ชายและบ้านน้องชายห่างกัน 480 กิโลเมตร พี่ชายขับรถจากบ้านตัวเองเพื่อไปบ้านน้องชาย ส่วนน้องชายขับรถจากบ้านตัวเองเพื่อไปบ้านพี่ชายในเส้นทางเดียวกัน ทั้งสองออกเดินทางในเวลา 05:00 น. พร้อมกัน พบกันเวลา 08:00 น. โดยพี่ชายได้ขับรถได้ระยะทางมากกว่าน้องชาย 30 กิโลเมตร

1.2 โจทย์ต้องการคำตอบอะไร

แต่ละคนใช้อัตราเร็วเท่าไร

1.3 มีตัวแปรอะไรที่เกี่ยวข้องบ้าง

ให้ พี่ชายขับรถด้วยอัตราเร็ว x กิโลเมตรต่อชั่วโมง

น้องชายขับรถด้วยอัตราเร็ว y กิโลเมตรต่อชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 2 สร้างและกำหนดตัวแบบ

2.1 ให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร

ทั้งสองคนขับรถตั้งแต่ 05:00 น. และพบกันเวลา 08:00 น. คิดเป็นเวลาขับรถคนละ 3 ชั่วโมง ได้ระยะทางรวมกัน 480 กิโลเมตร นั่นคือ $3x+3y=480$ และในเวลา 3 ชั่วโมง พี่ชายขับรถได้ระยะทางมากกว่าน้องชาย 30 กิโลเมตร นั้นคือ $3x-3y=30$

2.2 ให้นักเรียนเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหานี้

$3x+3y=480$ ..... (1)

$3x-3y=30$ ..... (2)

ขั้นที่ 3 คำนวณผลเฉลยของตัวแบบ

จาก 2.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว

<u>วิธีทำ</u> กำหนดให้ พี่ชายขับรถด้วยอัตราเร็ว x กิโลเมตรต่อชั่วโมง

น้องชายขับรถด้วยอัตราเร็ว y กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ดังนั้น สร้างตัวแบบสมการได้ว่า $3x+3y=480$ ..... (1)

$3x-3y=30$ ..... (2)

(2) + (3) จะได้ $(3x+3y)+(3x-3y)=480+30$

$$6x=510$$

$$x=58$$

แทน x ด้วย 58 ในสมการ (1) จะได้

$$3(58)+3y=480$$

$$255+3y=480$$

$$3y=225$$

$$y=75$$

ดังนั้น พี่ชายและน้องชายขับรถด้วยอัตราเร็ว 85 และ 75 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป

ให้นักเรียนสรุปความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้

พี่ชายและน้องชายขับรถด้วยอัตราเร็ว 85 และ 75 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสรุป

ให้นักเรียนตรวจสอบข้อสรุปดังกล่าว

จากพี่ชายและน้องชายขับรถด้วยอัตราเร็ว 85 และ 75 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ถ้าใช้เวลาขับรถคนละ 3 ชั่วโมง พี่ชายและน้องชายจะขับรถได้ระยะทาง 255 และ 225 ตามลำดับ จะเห็นว่าพี่ชายขับรถได้ระยะทางมากกว่าน้องชาย $255-225=30$ กิโลเมตร และได้ระยะทางรวมกัน 480 กิโลเมตร

ขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดตัวแบบใหม่หรือปรับปรุง

จากโจทย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ให้นักเรียนแสดงวิธีทำขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 5 เพื่อให้คำตอบ ทั้งสองออกเดินทางในเวลา 06:00 น. พร้อมกัน พบกันเวลา 10:00 น. โดยพี่ชายได้ขับรถได้ระยะทางมากกว่าน้องชาย 40 กิโลเมตร จงหาว่าแต่ละคนใช้อัตราเร็วเท่าไร

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี RAJABHAT THANABURI UNIVERSITY

คำตอบที่ต้องการ คือ แล้วแต่ละคนใช้อัตราเร็วเท่าไร

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ ให้ พี่ชายขับรถด้วยอัตราเร็ว x กิโลเมตรต่อชั่วโมง

น้องชายขับรถด้วยอัตราเร็ว y กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ดังนั้น สร้างตัวแบบสมการได้ว่า $3x+3y=480$ ..... (1)

$3x-3y=40$ ..... (2)

(2) + (3) จะได้ $(3x+3y)+(3x-3y)=480+40$

$$6x=520$$

$$x\approx 86.67$$

แทน x ด้วย 86.67 ในสมการ (1) จะได้

$$3(86.67)+3y=480$$

$$260.01+3y=480$$

$$3y=219.99$$

$$y\approx 73.33$$

ดังนั้น พี่ชายและน้องชายขับรถด้วยอัตราเร็วประมาณ 86.67 และ 73.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

การหาคุณภาพเครื่องมือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข.1 การประเมินความเหมาะสมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 5 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ 2. สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ 3. สามารถวัดผลและประเมินได้	5	5	5	4.8	4.8	4.92	เหมาะสมมากที่สุด
สาระการเรียนรู้ 1. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระสำคัญ 2. สาระการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน 3. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	5	5	4.6	4.6	4.84	เหมาะสมมากที่สุด
เนื้อหาสาระ 1. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ 2. เนื้อหาสาระเรียงลำดับจัดเนื้อหาได้เหมาะสม	5	5	5	4.6	4.4	4.80	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 5 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
3. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ 4. เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมด้านเวลาที่ใช้ในการสอน							
กิจกรรมการเรียนรู้ 1. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล 2. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ 3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน 4. กิจกรรมการเรียนรู้มีความครอบคลุมในการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ทักษะ/กระบวนการ	5	4.8	5	4.6	4.6	4.80	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 5 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
5. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน 6. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม 7. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม 8. ส่งเสริมการทำงานร่วมกับผู้อื่น							
สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้ 1. สื่อการเรียนเหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน 2. สื่อการเรียนเหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ 3. สื่อการเรียนสอดคล้องกับวิธีการสอน 4. กิจกรรมการเรียนรู้มีความครอบคลุมในการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ทักษะ/กระบวนการ	5	5	5	5	4.2	4.84	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 5 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
การวัดผลและประเมินผล 1. สอดคล้องกับเนื้อหาสาระและการเรียนรู้ 2. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ 3. มีการประเมินผลตามสภาพจริงและสอดคล้องกับผลการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้ 4. ระบุเกณฑ์การประเมินผลอย่างชัดเจน	5	5	5	4.8	4.8	4.92	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ยรวม						4.85	เหมาะสมมากที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ ข.1 สรุปว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวนทั้งหมด 5 แผน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.85 หมายความว่า แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข.2 การประเมินความเหมาะสมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 5 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ 2. สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ 3. สามารถวัดผลและประเมินได้	5	5	5	4.6	4.6	4.84	เหมาะสมมากที่สุด
สาระการเรียนรู้ 1. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระสำคัญ 2. สาระการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน 3. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	5	5	4.8	4.6	4.88	เหมาะสมมากที่สุด
เนื้อหาสาระ 1. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ 2. เนื้อหาสาระเรียงลำดับจัดเนื้อหาได้เหมาะสม	5	5	5	4.4	4.4	4.76	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 5 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
3. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ 4. เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมด้านเวลาที่ใช้ในการสอน							
กิจกรรมการเรียนรู้ 1. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล 2. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ 3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน 4. กิจกรรมการเรียนรู้มีความครอบคลุมในการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ทักษะ/กระบวนการ	5	4.8	5	4.4	4.6	4.76	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 5 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
5. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน 6. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม 7. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม 8. ส่งเสริมการทำงานร่วมกับผู้อื่น							
สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้ 1. สื่อการเรียนเหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน 2. สื่อการเรียนเหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ 3. สื่อการเรียนสอดคล้องกับวิธีการสอน 4. กิจกรรมการเรียนรู้มีความครอบคลุมในการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ทักษะ/กระบวนการ	5	5	5	4.4	4.4	4.76	เหมาะสมมากที่สุด

(ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยจำนวน 5 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	คนที 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
การวัดผลและประเมินผล 1. สอดคล้องกับเนื้อหาสาระและการเรียนรู้ 2. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ 3. มีการประเมินผลตามสภาพจริงและสอดคล้องกับผลการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้ 4. ระบุเกณฑ์การประเมินผลอย่างชัดเจน	5	5	5	4.2	4.8	4.84	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ยรวม						4.81	เหมาะสมมากที่สุด

จากตารางที่ ข.2 สรุปว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวนทั้งหมด 5 แผน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.81 หมายความว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข.3 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	คนที 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

จากตารางที่ ข.3 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จำนวน 3 ข้อคำถาม มีค่า IOC ระหว่าง 0.80-1.00 ทุกข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.60 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น

ค่าอำนาจจำแนกจะเป็นการดูความเหมาะสมรายข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ศึกษา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 ข้อ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตาราง ข.4

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข.4 ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ และค่าความเชื่อมั่น (α) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

คำถาม	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.47
2	0.41
3	0.52
ค่าความเชื่อมั่น (α)	0.87

จากตารางที่ ข.4 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าอำนาจจำแนกได้ดี (0.40-0.59) จำนวน 3 ข้อ แสดงว่าข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด และมีค่าความเชื่อมั่น (α) เท่ากับ 0.87

ค่าความยากง่าย

ค่าความยากง่ายจะเป็นการดูความเหมาะสมรายข้อ ของแบบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 ข้อ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตาราง ข.5

ตารางที่ ข.5 ค่าความยาก (P) แบบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

คำถาม	ค่าความยากง่าย (P)
1	0.35
2	0.38
3	0.32

จากตารางที่ ข.5 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มีค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกได้ดี (0.20-0.39) จำนวน 3 ข้อ แสดงว่าข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ t-test (One-Sample t-test)

ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ t-test (One-Sample t-test) คือ ข้อมูลของประชากรต้องมีการแจกแจงแบบปกติ มีวิธีตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. ตั้งสมมติฐาน

H_0 : ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

Tests of Normality						
ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
นักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	.148	34	.057	.929	34	.089

a. Lilliefors Significance Correction

เนื่องจากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าสถิติทดสอบของ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ .05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ t-test (Dependent Sample t–test)

ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ t-test (Dependent Sample t–test) คือ ข้อมูลของประชาการต้องมีการแจกแจงแบบปกติ มีวิธีตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน

H_0 : ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Tests of Normality							
ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
นักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	ก่อนเรียน	.224	34	.123	.893	34	.063
	หลังเรียน	.148	34	.057	.929	34	.089

a. Lilliefors Significance Correction

เนื่องจากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าสถิติทดสอบของ Shapiro-Wilk มีค่า ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ .05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ t-test (Independent Sample t–test)

ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ t-test (Independent Sample t–test) คือ ข้อมูลของประชาการต้องมีการแจกแจงแบบปกติ มีวิธีตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน

   H_0 : ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

   H_1 : ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

2. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

Tests of Normality

ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
กลุ่ม	ทดลอง	.148	34	.057	.929	34	.089
	ควบคุม	.230	35	.103	.861	35	.125

a. Lilliefors Significance Correction

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เนื่องจากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าสถิติทดสอบของ Shapiro-Wilk มีค่า ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ .05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

ภาคผนวก ค

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. อาจารย์ ดร. บรรชา นันจรัส อาจารย์ประจำสาขาวิชาสถิติศาสตร์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์

2. อาจารย์ ดร. ณิฏฐะญาร์ บรรเทา อาจารย์ประจำสาขาวิชาสถิติศาสตร์ประยุกต์
อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยและเครื่องมือ

3. อาจารย์ ดร. วีรพงษ์ วงศ์พินิจ อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์
อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์

4. คุณครู วรรณนิภา วงศ์สวาสดิ์ ครูชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระคณิตศาสตร์
โรงเรียนกมลาไสย
ผู้เชี่ยวชาญด้านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

5. คุณครู จริยา วัลลานนท์ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระคณิตศาสตร์
โรงเรียนกมลาไสย
ผู้เชี่ยวชาญด้านแผนการจัดการเรียนรู้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

โรงเรียนกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์
รับเลขที่ 470
วันที่ ๒๕ ก.พ. ๒๕๖๕
เวลา 14.30 น.

ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/๑๓๗๑

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๒๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

เรียน ผู้อำนายการโรงเรียนโรงเรียนกมลาไสย

ด้วย นายชัชวาล อ่อนเกษ รหัสประจำตัว ๖๓๘๐๑๐๑๖๐๑๑๑ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขออนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยกับประชากรและกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ เพื่อนำข้อมูลไปทำการวิจัยให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกวรรณ ศรีวาปี)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนกมลาไสย
สรอง. ขออนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย
เพื่อโปรด ☑ ทราบ
☐ พิจารณาสั่งการ
☐ อนุญาต/อนุมัติ

(นางสาวณัฐณิชา แจ่มสุวรรณ)
เจ้าหน้าที่งานสารบรรณ
๒๕ ก.พ. ๒๕๖๕

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนกมลาไสย
เพื่อโปรดทราบ
เห็นควรดำเนินการดังนี้
☑ กลุ่มบริหารงานวิชาการ
☐ กลุ่มกิจการนักเรียน
☐ กลุ่มอำนวยการ
☐ กลุ่มงบประมาณ

(นางวรรณนิภา วงศ์สวาสดิ)
หัวหน้าเจ้าหน้าที่งานสารบรรณ
๒๕ ก.พ. ๒๕๖๕

เรียน
☐ ทราบ ☐ เห็นชอบ
☐ อนุมัติ ☑ อนุญาต
☐ พิจารณาสั่งการ

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
ผู้ประสานงาน
โทรศัพท์๐๙๒๒๕๑๒๒๘๕ (นายชัชวาล อ่อนเกษ)

ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/๑๓๘๑

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๒๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๕

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นางจริยา วัลลานนท์

ด้วย นายชัชวาล อ่อนเกษ รหัสประจำตัว ๖๓๘๐๑๐๑๖๐๑๑๑ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านวิจัยและเครื่องมือ
☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านคณิตศาสตร์
☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านแผนการจัดการเรียนรู้
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกวรรณ ศรีวาปี)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
โทรศัพท์๐๙๒๒๕๑๒๒๘๕ (นายชัชวาล อ่อนเกษ)

ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/๑๓๘๑

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๒๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๕

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นางวรรณนิภา วงศ์สวาสดิ์

ด้วย นายชัชวาล อ่อนเกษ รหัสประจำตัว ๖๓๘๐๑๐๑๖๐๑๑๑ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านวิจัยและเครื่องมือ
☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านคณิตศาสตร์
☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านแผนการจัดการเรียนรู้
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกวรรณ ศรีวาปี)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
โทรศัพท์๐๙๒๒๕๑๒๒๘๔ (นายชัชวาล อ่อนเกษ)

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์
ที่ คศ.๖๐๐๖๗/๒๕๖๕ ลงวันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๕
เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย
เรียน อาจารย์ ดร. วีรพงษ์ วงศ์พินิจ

ด้วยนายชัชวาล อ่อนเกษ นิสิตระดับปริญญาโท รหัส ๖๓๘๐๑๐๑๖๐๑๑๑ สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ
- ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านวิจัยและเครื่องมือ
- ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านคณิตศาสตร์
- ☑ สอบความถูกต้องด้านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านแผนการจัดการเรียนรู้
- ☐ อื่น ๆ ระบุ.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกวรรณ ศรีวาปี)
คณบดีคณะครุศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์
ที่ คศ.๖๐๐๖๗/๒๕๖๕ ลงวันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๕
เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย
เรียน อาจารย์ ดร. ณิฏะญาร์ บรรเทา

ด้วยนายชัชวาล อ่อนเกษ นิสิตระดับปริญญาโท รหัส ๖๓๘๐๑๐๑๖๐๑๑๑ สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ
- ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านวิจัยและเครื่องมือ
- ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านคณิตศาสตร์
- ☑ สอบความถูกต้องด้านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านแผนการจัดการเรียนรู้
- ☐ อื่น ๆ ระบุ.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกวรรณ ศรีวาปี)
คณบดีคณะครุศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์
ที่ คศ.๖๐๐๖๗/๒๕๖๕ ลงวันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๕
เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย
เรียน อาจารย์ ดร. บรรชา นันจรัส

ด้วยนายชัชวาล อ่อนเกษ นิสิตระดับปริญญาโท รหัส ๖๓๘๐๑๐๑๖๐๑๑๑ สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านวิจัยและเครื่องมือ
☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านคณิตศาสตร์
☑ สอบความถูกต้องด้านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านแผนการจัดการเรียนรู้
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกวรรณ ศรีวาปี)
คณบดีคณะครุศาสตร์

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

ชัชวาล อ่อนเกษ และนวพล นนทภา. (2565). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *ในการประชุมวิชาการระดับชาติ การศึกษาเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ครั้งที่ 6 The 6th National Conference on Education for Learning Development 2022.* วันที่ 26 มิถุนายน 2565. (น. 422-434). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ สกุล นายชัชวาล อ่อนเกษ

วัน เดือน ปี เกิด 26 ตุลาคม 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน 251/14 ตำบลคลองขาม อำเภอยางตลาด
จังหวัดกาฬสินธุ์ 46120

E-mail 638010160111@rmu.ac.th

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2563 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พ.ศ. 2565 ครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY