การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1

โดย

นางสาวกวิสรา วรภัทรขจรกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1

โดย
นางสาวกวิสรา วรภัทรขจรกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

THE DEVELOPMENT OF MOTION GRAPHIC WITH USING STEM EDUCATION LEARNING TO ENHANCE COMPUTATIONAL THINKING IN SCIENCE (TECHNOLOGY) OF PRATHOMSUKSA 3 STUDENTS SCHOOL IN THE PHOTHARAM 1 NETWORK

By

MISS Kawisara WORAPHATKHACHONKUN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Education EDUCATIONAL TECHNOLOGY

Department of Educational Technology

Silpakorn University

Academic Year 2022

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1
โดย	นางสาวกวิสรา วรภัทรขจรกุล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย ลายเสมา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ศิวนิต อรรถวุฒิกุล
	รองศาสตราจารย์ ดร. เอกนฤน บางท่าไม้

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาเรียม นิลพันธุ์)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. น้ำมนต์ เรืองฤทธิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย ลายเสมา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิวนิต อรรถวุฒิกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกนฤน บางท่าไม้)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(รองศาสตราจารย์ ดร. พินันทา ฉัตรวัฒนา)

61257406 : เทคโนโลยีการศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา, การใช้สื่อโมชันกราฟิก, การคิดเชิงคำนวณ

นางสาว กวิสรา วรภัทรขจรกุล: การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย ลายเสมา

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดดอนทราย (สุวรรณรัฐราษฎร์อุปถัมภ์) จำนวน 48 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับสลาก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง 2) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) สื่อโมชันกราฟิกวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) 4) แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ 5) แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิก การวิเคราะข้อมูล คือ ใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติ t-test แบบ Dependent การหาประสิทธิภาพสื่อ E1/E2

ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 2) ผลการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ มีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมาก

61257406 : Major EDUCATIONAL TECHNOLOGY
Keyword : STEM EDUCATION WITH LEARNING MANAGEMENT, MOTION GRAPHIIC USAGE, COMPUTATIONAL THINKING

MISS Kawisara WORAPHATKHACHONKUN : THE DEVELOPMENT OF MOTION GRAPHIC WITH USING STEM EDUCATION LEARNING TO ENHANCE COMPUTATIONAL THINKING IN SCIENCE (TECHNOLOGY) OF PRATHOMSUKSA 3 STUDENTS SCHOOL IN THE PHOTHARAM 1 NETWORK Thesis advisor : Assistant Professor Sitthichai Laisema, Ph.D.

The objectives of this research were to 1) To develop motion graphic media with learning activities according to the STEM Education of Science (technology) for student of Prathomsuksa 3. 2) To compare the computational thinking skills of students before and after learning with motion graphics media and learning activities according to the STEM Education. 3) To study the students' satisfaction with motion graphics media and learning activities according to the STEM Education. In order to promote computational thinking skills of Science (Technology). The sample group which be used in this research is 48 student of Prathomsuksa 3 of Wat Don Sai School. (Suwan Ratupatham) which was obtained from simple random sampling by lottery method The research instruments consisted of: 1) the structure interview 2) Learning activity plans based on STEM education guidelines 3) Motion Graphic Media of Science (Technology) 4) Computational thinking skills assessment form 5) Satisfaction questionnaire for motion graphic media. Data analysis is using mean, standard deviation, Dependent t-test, media efficiency determination E1/E2.

The results of this research were as 1) The quality of motion graphics media with STEM education activities to promote computational thinking skills in Science (technology) was at a very good level. 2) Assessment results of computational thinking abilities of students learning with motion graphic media combined with STEM education activities to promote computational thinking skills after learning was significantly higher than before learning at the level of .05 3) Students' satisfaction found that the overall quality of motion graphics media design content were overall very good.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย ลายเสมา รองศาสตราจารย์ ดร.ศิวนิต อรรถวุฒิกุล รองศาสตราจารย์ ดร.เอกนฤน บางท่าไม้ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดี และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.น้ำมนต์ เรืองฤทธิ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พินันทา ฉัตรวัฒนา กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการอ่านและให้ข้อเสนอแนะข้อคิดเห็นที่ดีในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่เสียสละเวลาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัยให้ความรู้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอันเป็นประโยชน์และมีคุณค่ายิ่ง ตลอดจนชี้แนะแนวทางและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาเทคโนโลยีการศึกษาที่ให้ความรู้ และคำแนะนำ ตลอดการศึกษาที่ผ่านมา และขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ร่วมสาขาทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครู และนักเรียนโรงเรียนวัดดอนทราย (สุวรรณรัฐราษฎ์อุปถัมภ์) จังหวัดราชบุรี ที่อำนวยความสะดวกในการทำการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกคน ที่ให้ความเข้าใจ ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน ห่วงใย และคอยเป็นกำลังใจอันยิ่งใหญ่ให้จนประสบความสำเร็จ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาคุณบิดา มารดาและครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

นางสาว กวิสรา วรภัทรขจรกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฒ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
สมมุติฐานการวิจัย 6
ขอบเขตการวิจัย 6
นิยามศัพท์เฉพาะ 7
กรอบแนวคิดการวิจัย 9
บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 11
2. สื่อโมชันกราฟิก 19
2.1 ความหมายของโมชันกราฟิก 19
2.2 ขั้นตอนการสร้างสื่อโมชันกราฟิก 20
2.3 หลักการสร้างสื่อโมชันกราฟิก 24
2.4 กระบวนการพัฒนางานโมชันกราฟิก 27
3. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 28

3.1 ที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา 28
3.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา 30
3.3 องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา 31
3.4 การบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 33
3.5 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 35
3.6 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 36
4. การคิดเชิงคำนวณ 39
4.1 ความหมายและความสำคัญของการคิดเชิงคำนวณ 39
4.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ 43
4.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ 47
4.4 แนวทางการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ 49
4.5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ 56
4.6 การประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ 57
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 58
5.1 งานวิจัยในประเทศ 58
5.2 งานวิจัยต่างประเทศ 62
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 69
1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 69
2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย 69
3. ระเบียบวิธีการวิจัย 70
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 70
5. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 71
5.1 แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง 71

5.2 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 75
5.3 สื่อโมชันกราฟิกวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 85
5.4 แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ 90
5.5 แบบประเมินความพึงพอใจ 92
6. วิธีดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล 95
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย 96
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 98
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 98
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 104
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 105
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 107
สรุปผลการวิจัย 109
อภิปรายผล 110
ข้อเสนอแนะ 113
ภาคผนวก 115
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย 116
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 120
ภาคผนวก ค ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 168

ภาคผนวก ง ภาพตัวอย่างสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 197

รายการอ้างอิง 217

ประวัติผู้เขียน 222

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 โครงสร้างเวลาเรียนสาระการเรียนรู้เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)..... 16
ตารางที่ 2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ชั้นประถมศึกษาปีที่ 17
ตารางที่ 3 การสังเคราะห์องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา 32
ตารางที่ 4 แสดงการสังเคราะห์ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 39
ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการคิดเชิงคำนวณและระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม . 44
ตารางที่ 6 แสดงองค์ประกอบย่อยของการคิดเชิงคำนวณ 45
ตารางที่ 7 แสดงการสังเคราะห์องค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณ 47
ตารางที่ 8 สรุปขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 49
ตารางที่ 9 แสดงการเติม parity bit..... 54
ตารางที่ 10 แสดงการแปลงข้อมูล..... 55
ตารางที่ 11 แสดงตารางสำหรับเติม parity bits..... 55
ตารางที่ 12 เกณฑ์คะแนนแบบรูบริคของแบบทดสอบการค้นหาและแก้ไขข้อผิดพลาดของ Rodriguez..... 56
ตารางที่ 13 การประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ..... 57
ตารางที่ 14 ระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ..... 57
ตารางที่ 15 แผนการทดลองแบบ One Group Pretest – Posttest Design..... 70
ตารางที่ 16 กำหนดการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา..... 76
ตารางที่ 17 แสดงขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 77
ตารางที่ 18 ตารางแสดงข้อบ่งชี้ของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณในแต่ละด้าน 90
ตารางที่ 19 ระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ..... 91

ตารางที่ 20 ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3..... 100

ตารางที่ 21 ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกด้านการออกแบบ ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 102

ตารางที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 104

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 105

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสัมภาษณ์ด้านเนื้อหา เรื่อง การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ 172

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสัมภาษณ์ด้านสื่อโมชันกราฟิก เรื่อง การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ 174

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ 175

ตารางที่ 27 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 178

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 180

ตารางที่ 29 ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 182

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินคุณภาพสื่อด้านการออกแบบโมชันกราฟิก ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 184

ตารางที่ 31 ผลการประเมินคุณภาพสื่อด้านการออกแบบโมชันกราฟิก ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 186

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3..... 188

ตารางที่ 33 ผลการหาประสิทธิภาพ (E1/E2) จากการทดลองเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3..... 188

ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3..... 189

ตารางที่ 35 ผลการหาประสิทธิภาพ (E1/E2) จากการทดลองเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3..... 189

ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ขั้นทดลอง 190

ตารางที่ 37 ผลการหาประสิทธิภาพ (E1/E2) จากการทดลองเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ขั้นทดลอง 192

ตารางที่ 38 แสดงผลการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินทักษาะการคิดเชิงคำนวณ 193

ตารางที่ 39 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความพึงพอใจนักเรียนต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3..... 195

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัย 9
ภาพที่ 2 ภาพตัวอย่าง Mood Board ของงาน 21
ภาพที่ 3 ภาพตัวอย่าง Storyboard 22
ภาพที่ 4 ภาพคนเดินเป็นคนร่างเพื่อเป็นแบบในการทำ Animate 23
ภาพที่ 5 ภาพระดับของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 34
ภาพที่ 6 แผนภาพตัวอย่างแบบทดสอบ Bebras tasks แสดงแผนผังของแม่น้ำและทะเลสาบ 50
ภาพที่ 7 ตัวอย่างคำถามจากแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของ Brackmann 52
ภาพที่ 8 ตัวอย่างแบบวัดรูปแบบการสอบข้อเขียนประเภทการเขียนตอบแบบอัตนัย 53
ภาพที่ 9 แผนภาพขั้นตอนการสร้างแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 74
ภาพที่ 10 แผนภาพขั้นตอนการสร้างแผนจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ 84
ภาพที่ 11 ขั้นตอนการสร้างสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ 89
ภาพที่ 12 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ 92
ภาพที่ 13 แผนภาพขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ 94
ภาพที่ 14 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิกเรื่อง การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน 99
ภาพที่ 15 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิกเรื่อง การแสดงอัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา 99
ภาพที่ 16 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก 198
ภาพที่ 17 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา 198
ภาพที่ 18 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก ขั้นตอนการแก้ปัญหา 199
ภาพที่ 19 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก พิจารณารายละเอียดและกำหนดรายละเอียดของปัญหา 199
ภาพที่ 20 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหา 200

ภาพที่ 21 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก ลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ 200
ภาพที่ 22 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา 201
ภาพที่ 23 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ 201
ภาพที่ 24 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม 202
ภาพที่ 25 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม 202
ภาพที่ 26 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการเขียนบอกเล่า 203
ภาพที่ 27 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการเขียนบอกเล่า 203
ภาพที่ 28 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการวาดภาพ 204
ภาพที่ 29 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการวาดภาพ 204
ภาพที่ 30 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการใช้สัญลักษณ์ 205
ภาพที่ 31 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการใช้สัญลักษณ์ 205
ภาพที่ 32 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการใช้สัญลักษณ์ 206
ภาพที่ 33 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก สรุปการแสดงอัลกอริทึม 206
ภาพที่ 34 หน้าจอแสดงการปฐมนิเทศ 207
ภาพที่ 35 หน้าจอแสดงการเรียน Online ผ่าน VROOM โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 207
ภาพที่ 36 หน้าจอแสดงการเรียน Online ผ่าน VROOM โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 208
ภาพที่ 37 หน้าจอแสดงการเช็กชื่อผู้เรียนที่เข้าเรียนผ่าน VROOM 209
ภาพที่ 38 หน้าจอแสดงการเรียน Online ผ่าน VROOM อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 209
ภาพที่ 39 หน้าจอแสดงการเรียน Online ผ่าน VROOM การเขียนอัลกอริทึมโดยการวาดภาพ 210
ภาพที่ 40 หน้าจอแสดงการเรียน Online การเขียนอัลกอริทึมโดยการวาดภาพ และการตอบโต้ของผู้เรียน ผ่าน VROOM โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 211

ภาพที่ 41 หน้าจอแสดงการเรียน Online การเขียนอัลกอริทึมโดยการวาดภาพ และการตอบโต้ของผู้เรียน ผ่าน VROOM โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 212

ภาพที่ 42 หน้าจอแสดงการทำใบงานOnline โดยใช้ Liveworksheets 212

ภาพที่ 43 หน้าจอแสดงการทำใบงาน Online โดยใช้ Liveworksheets 213

ภาพที่ 44 หน้าจอแสดงชิ้นงานของนักเรียนที่สอนโดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามนาวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ 213

ภาพที่ 45 หน้าจอแสดงชิ้นงานของนักเรียนที่สอนโดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามนาวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ 214

ภาพที่ 46 หน้าจอแสดงชิ้นงานของนักเรียนที่สอนโดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามนาวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ 214

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการศึกษาในทุกระดับมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาศักยภาพของคน เมื่อประเทศไทยก้าวเข้าสู่ “ไทยแลนด์ 4.0” สถาบันการศึกษาต่าง ๆ มีการจัดการศึกษาที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้เรียนที่เปลี่ยนไปและสอดคล้องกับการพัฒนา-เศรษฐกิจและสังคมของประเทศและทิศทางแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560-2574 ซึ่งประกอบด้วยจุดมุ่งหมาย 3 ประการ ได้แก่ 1. คนไทยเป็นพลเมืองดี มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และสมรรถนะที่สอดคล้องกับบทบัญญัติของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ร.บ.การศึกษาแห่งชาติ ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และยุทธศาสตร์ประเทศไทย 4.0 ที่ว่าด้วยการพัฒนากำลังคนที่มีทักษะสำคัญและมีสมรรถนะตรงตามความต้องการของตลาดงานและการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศด้วยการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมซึ่งส่งผลต่อการสร้างผลผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ การจัดการเรียนการสอนจะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและคุณลักษณะพื้นฐานของพลเมืองไทยและคุณลักษณะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 2. สังคมไทยเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ และคุณธรรม จริยธรรม รู้รักสามัคคี และร่วมมือผนึกกำลังมุ่งสู่การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง 3. ประเทศไทยก้าวข้ามกับดักประเทศที่มีรายได้ปานกลางและความเหลื่อมล้ำภายในประเทศลดลง กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดหลักสูตรการจัดการเรียนการสอน เพื่อสร้างบุคลากรที่มีคุณภาพเพียงพอที่จะช่วยยกระดับขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ การก้าวไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 นั้นจำเป็นต้องพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะศตวรรษที่ 21 (3Rs8Cs) (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2560)

กระทรวงศึกษาธิการจึงได้ออกคำสั่ง สพฐ. 1239/2560 เรื่อง ให้ใช้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อให้การจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อม ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วเป็นการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคนของชาติให้สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ การยกระดับคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและมาตรฐานระดับสากล สอดคล้องกับประเทศไทย 4.0 โลกในศตวรรษที่ 21 และทัดเทียมกับนานาชาติ ผู้เรียนมีศักยภาพในการแข่งขันและดำรงชีวิตอย่างสร้างสรรค์ในประชาคมโลก ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจ

พอเพียง โดยใช้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แทนมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรมในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้ ปีการศึกษา 2561 ให้ใช้ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 4 ปีการศึกษา 2562 ให้ใช้ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 2 4 และ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2 4 และ 5 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2563 เป็นต้นไป ให้ใช้ในทุกชั้นเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 4)

จากหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ของประเทศไทย กำหนดไว้ว่า วิชาวิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญญาที่หลากหลาย (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) แสดงให้เห็นว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นหาและพิจารณาปัญหา จัดการกับปัญหาที่หลากหลาย สอดคล้องกับการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ซึ่งเป็นความสามารถในการคิดอย่างหนึ่งที่ควรปลูกฝังให้กับพลเมืองในประเทศ เนื่องจากเป็นความสามารถพื้นฐานที่มนุษย์ทุกคนควรมีเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนหรือปัญหาที่พบทั่วไปในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย Wing (2006) ได้กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาการออกแบบระบบ และทำความเข้าใจในการทำงาน โดยใช้กรอบแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ สอดคล้องกับองค์การทางการศึกษา (Barefoot C. A. S., 2014) ที่นำเสนอว่าการคิดเชิงคำนวณเป็นวิธีการคิดที่ช่วยให้มนุษย์สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาจใช้คอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือช่วยแก้ปัญหาหรือไม่ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยสนับสนุนว่าการคิดเชิงคำนวณเกี่ยวข้องกับการคิดแก้ปัญหา การเข้าใจรูปแทนของสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนสามารถใช้เหตุผลในการแก้ปัญหาได้ (Gonzalez M. R. & Gonzalez J. P. & Fernandez C. J., 2016)

การคิดเชิงคำนวณนั้นจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้เรียนในปัจจุบัน เนื่องจากผู้เรียนจะต้องเผชิญปัญหาในโลกความเป็นจริง อีกทั้งยังต้องพิจารณาปัญหา สามารถจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ทดสอบแผนการดำเนินงานแก้ไขปัญหาเพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาด และปรับแก้ไขแผนการดำเนินงานให้ดีขึ้น (McKenna,2017) แม้ว่าความสามารถในการคิดเชิงคำนวณจะถูกส่งเสริมในแวดวงสาระวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์เป็นส่วนใหญ่ แต่มีความจำเป็นที่ครูผู้สอนควรส่งเสริมให้กับนักเรียนในสาระวิชาอื่น ๆ ที่หลากหลายไม่ใช่เพียงแต่ในสาระวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Yadav et al., 2011) เนื่องจากการคิดเชิงคำนวณเป็นการแก้ปัญหาที่มีลักษณะพิเศษคือประยุกต์ใช้หลักการของวิทยาศาสตร์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย การกำหนดสาระสำคัญหรือแนวคิดเชิง

นามธรรม (Abstraction) การย่อยปัญหา (Decomposition) การหารูปแบบ (Pattern Recognition) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในศาสตร์อื่น ๆ หรือปัญหาทั่วไปได้อย่างมีระบบ มีเหตุผลเป็นขั้นตอน ในระดับสากลประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดความสามารถในการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (Scientific and Engineering Practices) ที่ควรปลูกฝังให้กับนักเรียน ตามมาตรฐานการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวคิดใหม่ (Next Generation Science Standards) ประกอบด้วย 8 การปฏิบัติงาน โดยหนึ่งในนั้น คือ การคิดเชิงคำนวณ (NGSS Sead State, 2013) สำหรับประเทศไทยก็ได้มีการผลักดันความสามารถในการคิดเชิงคำนวณให้เป็นเรื่องที่ควรส่งเสริมกับนักเรียน โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้นำเสนอความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถของการคิดแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ควรพัฒนานักเรียนให้เป็นบุคคลที่มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เพื่อสามารถจัดการกับปัญหาทั่วไปในชีวิตประจำวัน ตลอดจนปัญหาในเรื่องการเรียนได้อย่างเป็นระบบ

จากการศึกษาแนวการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณพบว่า การจัดกิจกรรมในลักษณะที่ให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา มีการออกแบบและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง สามารถส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ โดย (Kim B. & Kim, 2013) จัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การเขียนโปรแกรมผ่านกระดาษ 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การสร้าง การนำไปใช้หรือทดสอบ และการแก้ไขข้อบกพร่อง Palts and Pedaste. (2015) เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) พบว่าสามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ นอกจากนี้ Leomard et al. (2016) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบหุ่นยนต์และเกม พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสูงกว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้โปรแกรมการสอนทางคอมพิวเตอร์ แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการคิดเชิงคำนวณควรส่งเสริมด้วยกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา พัฒนา หรือสร้างผลงานขึ้นมาด้วยตัวเอง ซึ่งในการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่มีขั้นตอนให้นักเรียนได้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและสร้างผลงานด้วยตนเองได้นั้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างผลงานที่ตอบสนองต่อการแก้ปัญหาที่เคยพบเห็นและสอดคล้องกับปัญหาในชีวิตจริง โดยบูรณาการเนื้อหาและทักษะวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) STEM ถูกใช้ครั้งแรก โดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (the National Science Foundation: NSF) ซึ่งใช้คำนี้เพื่ออ้างถึงโครงการหรือโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม สถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาไม่ได้ให้นิยามที่ชัดเจนของคำว่า STEM มีผลให้มีการใช้และให้ความหมายของคำนี้แตกต่างกันไป (Hanover Research, 2011, p.5) เช่น มีการใช้คำว่า STEM ในการอ้างอิงถึงกลุ่มอาชีพที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ดังนั้นสะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน อีกทั้งสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการ ที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity based) ครูผู้สอนจะต้องปรับเปลี่ยนและพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้ให้สนุกสนาน พัฒนาสื่อการเรียนรู้ให้น่าสนใจ มุ่งเน้นการพัฒนาการเรียนรู้ จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจ ผู้สอนจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้เท่าทันเทคโนโลยีที่ผันเปลี่ยน การเรียนรู้ต้องไม่ใช่การสอนแบบบอกเล่า ไม่ใช่สถานการณ์สมมติในห้องเรียน แต่ต้องออกแบบการเรียนรู้ให้ได้เรียนในสภาพที่ใกล้เคียงชีวิตจริงมากที่สุด เกิดการสั่งสมประสบการณ์ใหม่ เอามาโต้แย้งความเชื่อหรือค่านิยมเดิม ทำให้ละจากความเชื่อเดิมหันมายึดถือความเชื่อ หรือค่านิยมใหม่ ที่เรียกว่ากระบวนทัศน์ใหม่ ข้อสำคัญสำหรับคนที่จะเรียนรู้ได้ต้องเกิดประเด็นคำถามอยากรู้ก่อนจึงจะอยากเรียน ไม่ใช่ครูอยากสอนเพียงฝ่ายเดียว ดังนั้นการออกแบบการเรียนการสอนจำเป็นต้องใช้เทคนิควิธีสอนและสื่อการสอนในรูปแบบต่าง ๆ เป็นเครื่องมือในการสร้างความรู้ ความเข้าใจ ดึงดูดความสนใจ ความอยากรู้อยากเรียนในวิชานั้น ๆ ไม่ว่าจะเป็น สื่ออีเลิร์นนิง เว็บไซต์ช่วยสอน สื่อแอนนิเมชัน สื่ออินโฟกราฟิก จนกระทั่งมาถึงการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบสื่อโมชันกราฟิกที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน

โมชันอินโฟกราฟิก (motion infographic) เป็นวิธีการนำเสนอข้อมูลหรือความรู้ที่ผ่านการประมวลผล สรุปย่อให้เหลือใจความสำคัญหรือคำตอบที่ต้องการ ผ่านการออกแบบให้สื่อสารด้วยภาพประกอบกับเทคนิค การสร้างการเคลื่อนไหวของภาพอย่างสร้างสรรค์เพื่อนำเสนอเนื้อหาหรือข้อมูลที่

ค่อนข้างซับซ้อนให้ผู้รับสารเข้าใจได้ง่าย ซึ่งเหมาะสำหรับผู้คนในยุคดิจิทัล คอนเทนท์ (Digital Content) ที่ต้องการเข้าถึง เข้าใจ ข้อมูลที่มีปริมาณมากในเวลาจำกัดจากการคัดกรองข้อมูลมาเป็นอย่างดีในมุมมองที่แปลกตา ทันสมัย ทันต่อเหตุการณ์ในโลกปัจจุบัน พงษ์พิพัฒน์ สายทอง (2560) ปัจจุบันมีการส่งเสริมการสร้างสื่อโมชันกราฟิกกันมากขึ้นในประเทศไทย เพราะโมชันกราฟิกเป็นศิลปะการเคลื่อนไหวที่เล่าเรื่องด้วยภาพ ท่าทางและมีตัวละครมาเล่าเรื่องเหมือนกับหนัง แต่ความพิเศษของตัวการ์ตูนอยู่ตรงที่อาจมีรูปร่างหน้าตาน่ารัก เมื่อนำข้อดีของการ์ตูนโมชันกราฟิกที่สามารถสร้างอารมณ์และความรู้สึกได้สมจริงกว่า สามารถแสดงออกทางด้านสีหน้าอารมณ์ความรู้สึกของตัวละครผ่านทางการวาดรวมถึง การลงสีให้ความรู้สึกนุ่มนวล และอ่อนโยน จึงช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียนและสื่อความหมายได้ดีกว่า สุดารัตน์ วงศ์คำพา (2554) กล่าวว่า เด็กและเยาวชนมีการรับรู้สื่อการ์ตูนโมชันกราฟิก โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด จะเห็นได้ว่าสื่อการ์ตูนโมชันกราฟิก เป็นสื่อที่มีความเหมาะสมต่อการถ่ายทอดเรื่องราวสำหรับเด็กและเยาวชน สื่อโมชันกราฟิกเป็นสื่อเป็นสื่อมัลติมีเดียที่กำลังเป็นที่นิยม เป็นการทำให้ภาพวาดกราฟิกเคลื่อนไหวได้ การใช้งานมีทั้งการใช้งานเป็นสื่อเดี่ยวและสามารถนำไปเป็นสื่อร่วมกับสื่อต่าง ๆ ได้ เป็นสื่อที่สรุปข้อมูลความรู้ต่าง ๆ มาทำการออกแบบให้เป็นสื่อรูปภาพเพื่อใช้ในการสื่อสาร รวมเทคนิคการเคลื่อนไหวของภาพอย่างสร้างสรรค์เพื่อให้ผู้รับสารสามารถเข้าใจในข้อมูลหรือเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันที่ต้องการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างเข้าใจในเวลาที่จำกัด หากนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคหรือรูปแบบในการจัดการเรียนการสอนต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น วิธีสอนแบบโครงงาน การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ หรือการจัดการเรียนรู้ที่กำลังได้รับความนิยมในระดับชั้นอนุบาลถึงมัธยมศึกษา นั่นก็คือวิธีสอนแบบสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วนและสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21

จากที่กล่าวถึงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ปรับเปลี่ยนไว้ข้างต้น โรงเรียนวัดดอนทราย (สุวรรณรัฐราษฎร์อุปถัมภ์) ได้เล็งเห็นความสำคัญในการปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ๒๕๕๑ จึงได้จัดทำหลักสูตรสถานศึกษาจัดการเรียนการสอนโดยใช้ กิจกรรมสะเต็มศึกษาเข้ามาบูรณาการในวิชาต่าง ๆ โดยเฉพาะ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้การทำงานการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสมและมีคุณธรรม เพื่อเป็นการปรับปรุงทักษะด้านเทคโนโลยีให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น พัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ โดยผ่านสื่อโมชันกราฟิก ซึ่งเป็นสื่อการสอนที่เป็นกราฟิกเคลื่อนไหว สรุปใจความสำคัญของเนื้อหาวิชาที่มีความซับซ้อน เข้าใจยาก อย่างเช่นวิชา วิทยาการคำนวณ ซึ่งเป็นวิชาที่เกิดขึ้นใหม่ เป็นวิชาที่นำความรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และทักษะที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คือ ทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยนำเนื้อหาใน

รายวิชา มาสรุปย่อผ่านอินโฟกราฟิกและจัดทำให้เคลื่อนไหวกลายเป็นโมชันกราฟิก เพื่อดึงดูดความสนใจให้ผู้เรียนเกิดการอยากเรียนรู้ในรายวิชา อีกทั้งเป็นการเพิ่มทักษะการคิดเชิงประมวลหรือการคิดเชิงคำนวณ ฝึกให้ผู้เรียนได้คิดอย่างเป็นขั้นตอน คิดอย่างมีเหตุ มีผลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อสอบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการสอบ NT การสอบ O-net หรือ PISA และที่สำคัญผู้เรียนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน อีกทั้งยังสามารถใช้ในแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี)

สมมุติฐานการวิจัย

1. สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
2. นักเรียนเกิดทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนและหลังการเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแตกต่างกัน โดยหลังการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) อยู่ในระดับมาก

ขอบเขตการวิจัย

ประชากร

นักเรียนที่กำลังศึกษาในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 จำนวน 8 โรงเรียน 247 คน

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดดอนทราย (สุวรรณรัฐราษฎร์อุปถัมภ์) จำนวน 48 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับสลาก

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรต้น (Independent Variables)

การสอนโดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี)

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

2.1 ทักษะการคิดเชิงคำนวณ

2.2 ความพึงพอใจของผู้เรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหานำมาจากกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) หน่วยที่ 1 เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564

ระยะเวลาในการวิจัย

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รวม 8 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบก่อนเรียนจากนั้นจัดการเรียนรู้ 8 ชั่วโมง และทำการทดสอบหลังเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

โมชันกราฟิก (Motion Graphic) หมายถึง ภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหว ประกอบไปด้วย ภาพ เสียง และเนื้อหาในบทเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 นำมาผ่านการวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหวและเสียงบรรยาย สรุปเนื้อหาในบทเรียนให้ผู้เรียนเข้าใจในเวลาอันรวดเร็ว

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรม (Engineering : E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) ผ่านการเรียนรู้ด้วยกระบวนการวิศวกรรมศาสตร์ 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การระบุปัญหา 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบและสร้าง 4) การวางแผนและพัฒนา 5) การทดสอบและประเมินผล และ 6) การนำเสนอผลลัพธ์ โดยผ่านการเรียนรู้จากสื่อโมชันกราฟิก ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและสามารถปฏิบัติกิจกรรมในบทเรียน

รายวิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) เน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน

โรงเรียน หมายถึง โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 จำนวน 8 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาราชบุรี เขต 2

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหาในหลากหลายลักษณะเป็นการแก้ปัญหา โดยประยุกต์ใช้หลักการเชิงคำนวณประกอบด้วย การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) การแยกส่วนประกอบหรือส่วนย่อยของปัญหา (Decomposition) การหารูปแบบ (Pattern Recognition) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) ซึ่งวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยมีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบ (multiple Choice)

ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับความรู้สึกและความคิดเห็นของนักเรียนเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดดอนทราย (สุวรรณรัฐราษฎร์อุปถัมภ์) ที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ด้านเนื้อหา ด้านสื่อการเรียนการสอน และด้านการวัดประเมินผล ซึ่งใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้มาตราประเมินค่า 3 ระดับ คือ มาก ปานกลาง น้อย

กรอบแนวคิดการวิจัย

ภาพที่ 1 แผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดดอนทราย (สุวรรณรัฐราษฎร์อุปถัมภ์) อ.โพธาราม จ.ราชบุรี ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 วิสัยทัศน์

1.2 หลักการ

1.3 จุดมุ่งหมาย

1.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1.6 หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2561)

2. สื่อโมชันกราฟิก (Motion Graphic)

2.1 ความหมายของโมชันกราฟิก

2.2 ขั้นตอนการสร้างสื่อโมชันกราฟิก

2.3 หลักการสร้างสื่อโมชันกราฟิก

2.4 กระบวนการพัฒนางานโมชันกราฟิก

3. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3.1 ที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

3.2 ความหมายและองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

3.3 การบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

4. ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา**การคิดเชิงคำนวณ**

4.1 ความหมายและความสำคัญของการคิดเชิงคำนวณ

4.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ

4.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

4.4 แนวทางการประเมินทักษะการคิดการคิดเชิงคำนวณ

4.5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

4.6 การประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ในปีพ.ศ. 2551 กระทรวงศึกษาธิการประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี ตัวชี้วัดช่วงชั้น และสาระการเรียนรู้แกนกลาง ให้สถานศึกษาและท้องถิ่น นำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดทำหลักสูตร โดยสาระเทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร เป็นสาระที่ 3 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี การจัดทำตัวชี้วัดชั้นปีและตัวชี้วัดช่วงชั้นสำหรับสาระนี้ได้นำมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นเดิมจากหลักสูตร ปีพ.ศ. 2544 มาพิจารณาและจัดแบ่งเนื้อหาแต่ละชั้นปีตามความยากง่ายและศักยภาพของเด็กในแต่ละช่วงวัย เน้นให้ผู้เรียนนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถค้นหาข้อมูลและสร้างชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีจริยธรรม และมีความรู้พื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมเพื่อการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเริ่มเข้ามามีบทบาทกับการทำงานและการดำเนินชีวิตประจำวันมากขึ้น ปัจจุบันเศรษฐกิจสังคมโลกเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก มีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ ใช้ในชีวิตประจำวันและใช้ในด้านอุตสาหกรรมการผลิต การบริการ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิต สังคม มีการทำธุรกรรมออนไลน์การเข้าถึงติดต่อสื่อสาร นำเสนอข้อมูลข่าวสาร ผ่านสื่อต่าง ๆ ส่วนการพัฒนาด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการสื่อสารก็ได้รับการนำไปใช้เป็นเครื่องมือ ช่วยในการทำงาน การศึกษา การเรียนรู้ให้มี ประสิทธิภาพและสะดวกสบายมากขึ้น เพื่อการพัฒนาประเทศให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงนี้รัฐจึงได้วางนโยบาย ประเทศไทย 4.0 ที่เน้นขีดความสามารถการแข่งขันของประเทศ เป็นโมเดลเศรษฐกิจที่จะนำพาประเทศไทย ให้เปลี่ยนผ่านไปสู่ “ประเทศในโลกที่หนึ่ง” ที่มีความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในบริบทของ การปฏิวัติอุตสาหกรรมยุคที่ 4 อย่างเป็นรูปธรรม ตามแนวทางแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ด้วยการสร้างความเข้มแข็งจากภายในควบคู่ไปกับการเชื่อมโยงกับประชาคมโลกตามแนวคิด “ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ จัดทำขึ้นสำหรับท้องถิ่นและสถานศึกษาได้นำไปใช้เป็นกรอบและทิศทางในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาและจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาเด็กและ

เยาวชนไทยทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้มีคุณภาพด้านความรู้ และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงและแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1.1 วิสัยทัศน์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็น มนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

1.2 หลักการ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญดังนี้

1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้

1.2.2 เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ คุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชนที่ประชาชนทุกคนมี โอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้เวลาและการจัดการเรียนรู้

1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบนอกระบบและตามอัธยาศัยครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมายสามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์

1.3 จุดหมาย หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐานดังนี้

1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

1.3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยีและมีทักษะชีวิต

1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัยและรักการออกกำลังกาย

1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิต และการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนา สิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

1.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

1.4.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสารมีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยน ข้อมูล ข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรอง เพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

1.4.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

1.4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสม บนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจ ความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

1.4.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม การรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

1.4.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยี ด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมใน

ด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

1.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทย และพลโลก ดังนี้

1.5.1 รักชาติศาสน์ กษัตริย์

1.5.2 ซื่อสัตย์สุจริต

1.5.3 มีวินัย

1.5.4 ใฝ่เรียนรู้

1.5.5 อยู่อย่างพอเพียง

1.5.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

1.5.7 รักความเป็นไทย

1.5.8 มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตน

1.6 หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)

1.6.1 เป้าหมายของหลักสูตร

การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาการคำนวณ มีเป้าหมายที่สำคัญในการพัฒนาผู้เรียน ดังนี้ 1. เพื่อใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ 2. เพื่อให้มีทักษะในการค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศประเมินจัดการวิเคราะห์สังเคราะห์และนำสารสนเทศไปใช้ในการแก้ปัญหา 3. เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงการทำงานร่วมกันอย่างสร้างสรรค์เพื่อประโยชน์ต่อตนเองหรือสังคม 4. เพื่อใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างปลอดภัย รู้เท่าทัน มีความรับผิดชอบ มีจริยธรรม

1.6.2 สาระการเรียนรู้เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)

สาระการเรียนรู้เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และมีทักษะ การคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้

อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้กำหนดสาระสำคัญดังนี้ วิทยาการคอมพิวเตอร์ การแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ การใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน การบูรณาการกับวิชาอื่น การเขียนโปรแกรม การคาดการณ์ผลลัพธ์การตรวจหาข้อผิดพลาด การพัฒนาแอปพลิเคชันหรือพัฒนาโครงงานอย่างสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร การรวบรวมข้อมูล การประมวลผล การประเมินผล การนำเสนอข้อมูลหรือสารสนเทศเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง การค้นหาข้อมูลและแสวงหาความรู้บนอินเทอร์เน็ต การประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล การเลือกใช้ซอฟต์แวร์หรือบริการบนอินเทอร์เน็ต ข้อตกลงและข้อกำหนดในการใช้สื่อหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ หลักการทำงานของคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการสื่อสารการรู้ดิจิทัล การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างปลอดภัย การจัดการอัตลักษณ์การรู้เท่าทันสื่อ กฎหมายเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์การใช้ลิขสิทธิ์ของผู้อื่นโดยชอบธรรม นวัตกรรมและผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม และวัฒนธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560 น. 6)

1.6.3 มาตรฐานการเรียนรู้

ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ว 4.2 เข้าใจ และใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอน และเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหา ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560 น. 5)

1.6.4 โครงสร้างเวลาเรียน

สถานศึกษาสามารถนำหลักสูตรนี้ไปจัดการเรียนรู้โดยกำหนดจำนวนชั่วโมงได้ตามความเหมาะสมและความพร้อมของสถานศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้มีเวลาในการศึกษาเนื้อหา ฝึกทักษะและสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้อย่างเพียงพอ จนสามารถบรรลุตัวชี้วัดตามเป้าหมายของหลักสูตร ควรจัดจำนวนชั่วโมงขั้นต่ำ ดังนี้

ตารางที่ 1 โครงสร้างเวลาเรียนสาระการเรียนรู้เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)

ช่วงชั้น	เวลาเรียนจำนวนชั่วโมงต่อปี
1	20
2	40
3	40
4	40

* หมายเหตุสามารถเพิ่มหรือลดจำนวนชั่วโมงจากที่แนะนำได้ตามจุดเน้นและบริบทของสถานศึกษา

1.6.5 คุณภาพผู้เรียน

จบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหา มีทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารเบื้องต้น รักษาข้อมูลส่วนตัว

จบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ค้นหาข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพและประเมินความน่าเชื่อถือ ตัดสินใจเลือกข้อมูล ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการทำงานร่วมกัน เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพสิทธิของผู้อื่น

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและ สารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง และเขียนโปรแกรมอย่างง่าย เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการ สื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับผิดชอบต่อสังคม

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวติง สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อรวบรวมข้อมูลในชีวิตจริงจากแหล่งต่าง ๆ และความรู้จากศาสตร์อื่นมาประยุกต์ใช้ สร้างความรู้ใหม่ เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม วัฒนธรรม และใช้อย่างปลอดภัย มีจริยธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560 น. 31-32)

1.6.6 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ชั้นประถมศึกษาปีที่

ตัวชี้วัด	**สาระการเรียนรู้**
1. แสดงอัลกอริทึมในการทำงาน หรือการแก้ปัญหาอย่างง่าย โดยใช้ภาพสัญลักษณ์หรือ ข้อความ	- อัลกอริทึมเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา - การแสดงอัลกอริทึมทำได้โดยการเขียน บอกเล่า วาดภาพหรือใช้สัญลักษณ์ - ตัวอย่างปัญหา เช่น เกมเศรษฐีเกมบันไดงูเกม Tetris เกม OX การเดินไปโรงอาหาร การทำความสะอาดห้องเรียน
2. เขียนโปรแกรมอย่างง่าย โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือสื่อ และตรวจหาข้อผิดพลาด ของโปรแกรม	- การเขียนโปรแกรมเป็นการสร้างลำดับของคำสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน - ตัวอย่างโปรแกรม เช่น เขียนโปรแกรมที่สั่งให้ตัวละครทำงานซ้ำไม่สิ้นสุด - การตรวจหาข้อผิดพลาดทำได้โดยตรวจสอบคำสั่งที่แจ้งข้อผิดพลาด หรือหากผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามที่ต้องการให้ตรวจสอบการทำงานทีละคำสั่ง - ซอฟต์แวร์หรือสื่อที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เช่น ใช้บัตรคำสั่งแสดงการเขียนโปรแกรม Code.org
3. ใช้อินเทอร์เน็ตค้นหาความรู้	- อินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ ช่วยให้การติดต่อสื่อสาร ทำได้สะดวกและรวดเร็ว เป็นแหล่งข้อมูลความรู้ที่ช่วย ในการเรียนและการดำเนินชีวิต - เว็บเบราว์เซอร์เป็นโปรแกรมสำหรับอ่านเอกสารบนเว็บเพจ - การสืบค้นข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตทำได้โดยใช้เว็บไซต์สำหรับสืบค้น และต้องกำหนดคำค้นที่เหมาะสมจึงจะได้ข้อมูลตามต้องการ ข้อมูลความรู้เช่น วิธีทำอาหาร วิธีพับกระดาษเป็นรูปต่าง ๆ - ข้อมูลประวัติศาสตร์ชาติไทย (อาจเป็นความรู้ในวิชาอื่น ๆ หรือเรื่องที่เป็นประเด็นที่สนใจ)

ตารางที่ 2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้
4. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ อย่างปลอดภัย ปฏิบัติตาม ข้อตกลงในการใช้คอมพิวเตอร์ ร่วมกัน ดูแลรักษาอุปกรณ์ เบื้องต้น ใช้งานอย่าง เหมาะสมรวบรวม ประมวลผล และ นำเสนอข้อมูลโดยใช้ ซอฟต์แวร์ตามวัตถุประสงค์	- การรวบรวมข้อมูลทำได้โดยกำหนดหัวข้อที่ต้องการเตรียมอุปกรณ์ในการจดบันทึก - การประมวลผลอย่างง่าย เช่น เปรียบเทียบ จัดกลุ่ม เรียงลำดับ - การนำเสนอข้อมูลทำได้หลายลักษณะตามความเหมาะสม เช่น การบอกเล่า การทำเอกสารรายงาน การจัดทำป้ายประกาศ - การใช้ซอฟต์แวร์ทำงานตามวัตถุประสงค์เช่น ใช้ซอฟต์แวร์นำเสนอหรือซอฟต์แวร์กราฟิกสร้างแผนภูมิรูปภาพ ใช้ซอฟต์แวร์ประมวลคำทำป้ายประกาศหรือเอกสารรายงาน ใช้ซอฟต์แวร์ตารางทำงานในการประมวลผลข้อมูล
5. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ อย่างปลอดภัย ปฏิบัติ ตามข้อตกลงในการใช้ อินเทอร์เน็ต	- การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย เช่น ปกป้องข้อมูลส่วนตัว - ขอความช่วยเหลือจากครูหรือผู้ปกครองเมื่อเกิดปัญหาจาก การใช้งาน เมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ทำให้ไม่สบายใจ - การปฏิบัติตามข้อตกลงในการใช้อินเทอร์เน็ต จะทำให้ ไม่เกิดความเสียหายต่อตนเองและผู้อื่นเช่นไม่ใช้คำหยาบล้อเลียน ด่าทอ ทำให้ผู้อื่นเสียหายหรือเสียใจ - ข้อดีและข้อเสียในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

2. สื่อโมชันกราฟิก

2.1 ความหมายของโมชันกราฟิก

สุโรทัย แสนจันทรแดง และ ธวัชชัย สหพงษ์ (2559) กล่าวว่า โมชันกราฟิกเป็นการนำข้อมูลที่ที่เป็นตัวหนังสือจำนวนมากมานำเสนอในรูปแบบอย่างสร้างสรรค์ ให้สามารถเล่าเรื่องได้ด้วยภาพ มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ โมชันกราฟิกจะช่วยดึงดูดความสนใจได้ดีและสร้างความเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยจะพบว่าปัจจุบันมีการส่งเสริมการสร้างสื่อโมชันกราฟิกกัน มากขึ้นในประเทศไทยเพราะโมชันกราฟิกเป็นศิลปะการเคลื่อนไหวที่เล่าเรื่องด้วยท่าทางและมีตัวละครมาเล่าเรื่องเหมือนกับหนังช่วยลดเวลาในการอธิบายเพิ่มเติม จัดทำให้มีความสวยงาม น่าสนใจ เข้าใจง่าย สามารถจดจำได้นาน ทำให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จงรัก เทศนา (2559) กล่าวว่า โมชันกราฟิกเกิดมาจากการผสมคำ 2 คำ คือโมชัน (Motion) ที่หมายถึงการเคลื่อนไหวและคำว่ากราฟิก (Graphic) หมายถึง ภาพ ซึ่งภาพในที่นี้เป็นได้หลายอย่าง ไม่ใช่แค่เพียง ภาพถ่าย เท่านั้น แต่ไม่ว่าจะเป็นภาพการ์ตูน รูปสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม เส้น ทุก อย่างล้วนนับเป็นภาพกราฟิกได้หมด เมื่อสองคำ นี้มารวมกันเป็นคำว่า โมชันกราฟิกจะแปลแบบง่าย ๆ ว่า ภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวนั่นเอง โดยโมชันกราฟิกจะเป็นการนำกราฟิกต่าง ๆ มาขยับและเคลื่อนไหวให้เกิดความน่าสนใจซึ่งจะช่วยสร้างความสนุกสนานให้กับงานกราฟิกที่เป็นภาพนิ่งและบอกเล่าเรื่องราวข้อมูลต่าง ๆ ได้ดีมีชีวิตชีวายิ่งขึ้น

พงษ์พิพัฒน์ สายทอง (2560) กล่าวว่า โมชันอินโฟกราฟิก (motion infographic) เป็นวิธีการนำเสนอข้อมูลหรือความรู้ที่ผ่านการประมวล สรุป ย่อให้เหลือใจความสำคัญหรือคำตอบที่ต้องการผ่านการออกแบบให้สื่อสารด้วยภาพ ประกอบกับเทคนิค การสร้างการเคลื่อนไหวของภาพอย่างสร้างสรรค์เพื่อนำเสนอเนื้อหาหรือข้อมูลที่ค่อนข้างซับซ้อนให้ผู้รับสารเข้าใจได้ง่าย ซึ่งเหมาะสำหรับผู้คนในยุคดิจิทัล คอนเทนท์ (Digital Content) ที่ต้องการเข้าถึง เข้าใจ ข้อมูลที่มีปริมาณมากในเวลาจำกัดจากการคัดกรองข้อมูลมาเป็นอย่างดีในมุมมองที่แปลกตา ทันสมัย ทันต่อเหตุการณ์ในโลกปัจจุบัน

เบญจวรรณ จุปะมะตัง และ ธวัชชัย สหพงษ์ (2560) กล่าวว่า โมชันกราฟิก คือ งานกราฟิกเคลื่อนไหว ที่เกิดจากการนำภาพมาจัดเรียงต่อๆกัน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่ง คือ การ ผสมผสานกันระหว่างงานดีไซต์กับภาพเคลื่อนไหว ก่อให้เกิดเป็นชิ้นงานที่น่าสนใจ เป็นไฟล์งานอยู่ในภาพยนตร์ รายการ โทรทัศน์ มิวสิคเพลง หรือฉากหลังประกอบงานแสดงรายการ พิธีกร ต่างๆ เพื่อให้เกิดความน่าตื่นตาและความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

รวิษฎา เจริญสุข (2562) กล่าวว่า โมชันกราฟิก (Motion Graphic) สามารถแยกคำออกได้ 2 คำ ได้แก่ โมชัน (Motion) คือ การขยับ การเลื่อน การเคลื่อนไหว ส่วนคำว่า กราฟิก (Graphic) คือ ศิลปะแขนงหนึ่งที่สื่อความหมายด้วยการใช้เส้น สี รูปภาพ แผนภูมิ แผนภาพ ดังนั้น โมชันกราฟิก

(Motion Graphic) ก็คือการสร้างให้กราฟิกมีการเคลื่อนไหวได้หลากหลายมิติ ซึ่งโมชันกราฟิกนั้นจะแตกต่างกับแอนิเมชัน (Animation) ตรงที่ไม่มีตัวละครเป็นตัวดำเนินเรื่องหรือมีบทพูด และการตัดฉากสลับแบบภาพยนตร์ แต่โมชันกราฟิกจะใช้แค่การเพิ่มหรือสร้างภาพเคลื่อนไหวให้กราฟิกและใช้การพากย์เสียงบรรยายประกอบ โมชันกราฟิกจึงนิยมนำมาเล่าเรื่องราวที่มีตัวข้อมูลเยอะ เข้าใจยาก ให้ออกมาในรูปแบบที่สวยงาม สนุกสนาน น่าติดตามและเข้าใจได้ง่าย

สรุปได้ว่า โมชันกราฟิก คือ การนำภาพกราฟิกมาทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ประกอบไปด้วย ภาพ เสียง เนื้อหา แผนภูมิ แผนภาพ มานำเสนอให้ผู้ที่พบเห็นสามารถเข้าใจเนื้อหาที่ต้องการสื่อสารได้โดยง่าย โมชันกราฟิกเป็นการนำเสนอข้อมูลที่มีจำนวนมาก เนื้อหาที่ซับซ้อน เข้าใจยาก นำมาสรุปให้อยู่ในรูปของมัลติมีเดียชนิดหนึ่ง มีการพากย์เสียงประกอบการสรุปบรรยายเนื้อหาให้กระชับสอดคล้องกับภาพเคลื่อนไหวในแต่ละตอน เพื่อนำเสนอผลงานให้น่าสนใจ และผู้ชมเข้าใจเนื้อหาที่นำเสนอได้อย่างรวดเร็ว เหมาะกับทุกสายงานไม่ว่าจะเป็นงาน โปรโมทสินค้า โฆษณา แม้กระทั่งสื่อการสอน เป็นสื่อที่ดึงดูดความสนใจ ทันสมัย และทันต่อเหตุการณ์ในปัจจุบัน

2.2 ขั้นตอนการสร้างสื่อโมชันกราฟิก

Infographic Thailand (2557) กล่าวว่า การสร้างโมชันกราฟิกมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.2.1 Direction Concept หรือ การกำหนดทิศทางของงาน เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ Creative ต้องคิดหาโครงสร้างทิศทางของเนื้อเรื่องที่จะเล่า จะต้องรู้ว่างานต้องการอะไร คอนเซ็ปต์อะไร โดยที่ Direction Concept อาจสรุปออกมามากกว่า 1 แบบ เพื่อที่จะเอาไว้เลือกใช้หรือเอาไว้เลือก

2.2.2 Mood Board เป็นสิ่งที่ไม่ได้นำไปใช้งานจริงเพียงแค่เอาไว้รวบรวมไอเดีย และแรงบันดาลใจ หรืออาจจะเป็นเว็บไซต์ ซึ่งองค์ประกอบในงานออกแบบจะไม่เหมือนกันเพราะฉะนั้นองค์ประกอบใน Mood board ก็จะไม่เหมือนกัน จะต้องใส่องค์ประกอบที่จะใช้ในงานออกแบบลงไปให้ได้ทั้งหมด เช่น ในการออกแบบจะต้องประกอบไปด้วยสี , ตัวอักษร รูปภาพ เมื่อนำองค์ประกอบทุกส่วนลงไปใน Mood Board เรียบร้อย จะทำให้มองเห็นภาพรวมของงานได้โดยง่าย Mood Board ไม่ได้เป็นเพียงสิ่งที่เอาไว้สื่อถึงอารมณ์งานแต่ก็เป็นเหมือนการทดลองแนวคิด ลองหยิบนู่น หยิบนี่มาใส่ใน Mood Board มันจะง่ายกว่าการทดลองในงานจริงมาก จะทำให้มองเห็นภาพรวมของงานได้อย่างรวดเร็วที่สุด

ภาพที่ 2 ภาพตัวอย่าง Mood Board ของงาน
ที่มา: (Federica Maccari. Tutto sulle mood board, 2019)

2.2.3 Script หรือ บท เป็นแบบร่างของการสร้างภาพยนต์หรือการทำภาพเคลื่อนไหวต่าง ๆ จะมีการบอกเล่าเรื่องราวว่า ใคร ทำอะไร ที่ไหน อย่างไร และต้องการสื่อความหมายออกมาเป็นภาพ โดยใช้ภาพเป็นตัวสื่อความหมาย เป็นการนเขียนอธิบายรายละเอียดเรื่องราว เมื่อได้โครงสร้างเรื่องที่ชัดเจนแล้วจึงนำเหตุการณ์มาแตกขยากเป็นฉาก ๆ ลงรายละเอียดย่อย ๆ ใส่สถานการณ์ ช่วงเวลา สถานที่ ตัวละคร บทสนทนา บทพูด บทบรรยาย บางครั้งอาจกำหนดมุมมองกล้อง หรือขนาดภาพให้ชัดเจนเลย ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ

2.2.3.1 Introduction ส่วนบทนำ ในส่วนนี้จะต้องเล่าเรื่องให้น่าติดตาม ให้น่าค้นหา เพราะส่วนนี้จะเป็นเนื้อหาส่วนแรกที่ออกไปให้คนดูรับชม เช่น การเล่าถึงปัญหาหรือเนื้อหาหลักของเรื่อง เป็นการเกริ่นนำก่อน เพื่อที่ขจะเชื่อมต่อเข้ากับส่วนต่อ ๆ ไปอีกที

2.2.3.2 Main Idea เป็นใจความสำคัญของเรื่อง อาจจะเป็นการเล่าเรื่องเนื้อหาส่วนที่สำคัญที่สุด หรือถ้าเป็นการขายของก็จะบอกถึงคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ชิ้นนั้นว่ามีอะไร

2.2.3.3 Ending หรือฉากจบ คือการสรุปเรื่องราว ปิดฉากของเหตุการณ์ทั้งหมด สรุปเรื่องราวที่เล่ามาตั้งแต่ต้น โดยจะบอกว่าผู้รับชมจะรับรู้อะไรจากการรับชม และมักจะมีประโยชน์เป็น KEYWORD ปิดท้ายสั้น ๆ ก็ได้โดยปกติการเขียน Script นั้นถ้าเป็นงานโฆษณามักจะมีความยาวไม่มากนัก โดยจะอยู่ประมาณ 1 นาทีครึ่งถึง 2 นาที โดยประมาณ เพื่อความกระชับของเนื้อหาและความเข้าใจง่ายและงานก็จะดูไม่น่าเบื่อ

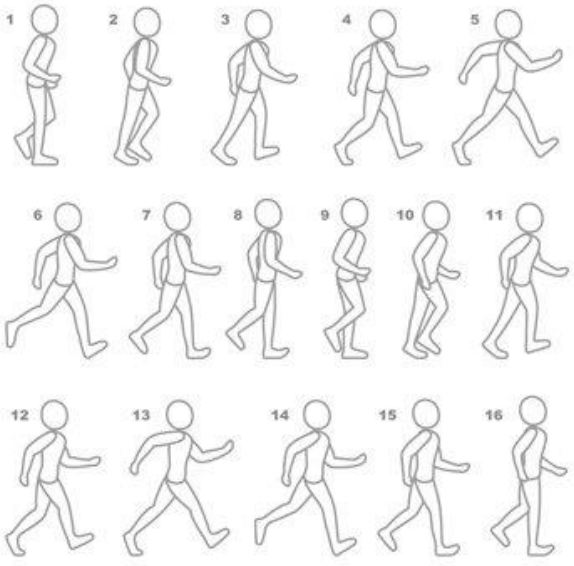
2.2.4 Storyboard คือ การเขียนกรอบแสดงเรื่องราวที่สมบูรณ์ของภาพยนต์หรือหนังแต่ละเรื่อง โดยมีการแสดงรายละเอียดที่จะปรากฏในแต่ละฉากหรือแต่ละหน้าจอเช่น ข้อความ ภาพ ภาพเคลื่อนไหว เสียงดนตรี เสียงพูดและแต่ละอย่างนั้นลำดับของการปรากฏของเรื่องราว ว่าอะไรจะปรากฏขึ้นก่อน-หลัง อะไรจะปรากฏพร้อมกัน เป็นการออกแบบอย่างละเอียดในแต่ละหน้าจอก่อนที่จะลงมือสร้างเอนิเมชันหรือหนังขึ้นมาจริง ๆ รูปแบบของสตอรี่บอร์ด จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนภาพกับส่วนเสียง โดยปกติการเขียนสตอรี่บอร์ดก็จะวาดภาพในกรอบสี่เหลี่ยมต่อด้วยการเขียนบทบรรยายภาพหรือบทสนทนา และส่วนสุดท้ายคือการใส่เสียงซึ่งอาจจะประกอบด้วยละครหรือฉาก ไม่ว่าจะเป็นคน สัตว์ สิ่งของ

ภาพที่ 3 ภาพตัวอย่าง Storyboard
ที่มา: (จีระพงษ์ โพพันธุ์, 2019)

2.2.5 Animate คือ การใส่ความมีชีวิต หรือการเคลื่อนไหวต่าง ๆ เข้าสู่งานกราฟิก โดยถ้าทำกราฟิกในโปรแกรม Adobe illustrator ก็สามารถนำเข้ามาแยก Layer และส่งไปทำการเคลื่อนไหวได้โดยใช้โปรแกรม After Effect ได้ทันที ในขั้นตอนการทำควรมีเสียงไกด์ลาย เพื่อที่จะได้ภาพที่ตรงกับเสียงและไม่ผิดจากคอนเซ็ปต์ที่สร้างไว้ในขั้นตอนแรก ๆ การทำ Animation ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบการทำงานอยู่ 2 แบบ คือ

2.2.5.1 Straight ahead animation ซึ่งก็คือการ animate แบบทำทีละเฟรม เดินหน้าไปเรื่อย ซึ่งการ animate รูปแบบนี้จะเหมาะกับการทำ animation การเคลื่อนที่เป็นของธรรมชาติ เช่น น้ำ ไฟ ลม ฝน เพราะสิ่งเหล่านี้จะไม่เคย์เฟรม (key frame) ที่แน่นอน

2.2.5.2 pose-to-pose action ซึ่งก็คือการทำ animation แบบใช้ Key frame ที่นิยมทำกันอยู่ กำหนดท่าทางหลัก และตำแหน่งเฟรมที่เกิดขึ้น จากนั้นก็มาจัดการ animate in between ที่อยู่ช่วงระหว่างคีย์เฟรมหลัก ซึ่งขั้นตอนนี้ถ้าเป็นงาน computer animation ก็คือช่วงเส้นกราฟที่ไม่มีตำแหน่งคีย์เฟรม และคอมพิวเตอร์คำนวณการเคลื่อนที่ให้โดย animator จะควบคุมผ่านความโค้งของเส้นกราฟ



ภาพที่ 4 ภาพคนเดินเป็นคนร่างเพื่อเป็นแบบในการทำ Animate
ที่มา: (in8finity, 2015)

2.2.6 Mix Sound หรือการผสมเสียง คือขั้นตอนสุดท้ายในการผลิตโมชันกราฟิก เป็นการใส่เสียงทุกชนิดที่ต้องการในงาน ไม่ว่าจะเป็นเสียงบรรยากาศ เสียงบทบรรยาย เสียงเอฟเฟกต์ เสียงเพลงเข้าไปในงาน โดยผ่านโปรแกรมที่ถนัด สามารถแยกออกเป็นเสียงต่าง ๆ ได้ 3 รูปแบบ

2.2.6.1 Dialog เสียงบรรยาย หรือบทพูด เป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุดที่ใช้ในการบอกเล่าเรื่องราวและเนื้อหาของหนัง ส่วนมากจะบันทึกสดในขณะถ่ายทำเพราะจะสื่ออารมณ์ได้ดีกว่า การนำมาพากย์ใหม่ แต่จะเสียค่าใช้จ่ายสูง ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการอัดและใช้เครื่องบันทึกเสียงคือ Production Mixer โดยมี Boom Man เป็นผู้ช่วยในการถือและวางตำแหน่งของ

ไมโครโฟนที่ใช้อัด หากช่วงไหนเสียงที่บันทึกมาคุณภาพไม่ดี เช่น มีเสียงรบกวนเยอะ เสียงเบาไป เสียงแตก

2.2.6.2 Sound Effect คือเสียงพิเศษที่ใส่เข้ามาเพื่อเพิ่มอารมณ์ทางเสียงต่อเนื้อหาในซีนนั้น ๆ โดยสามารถแยกออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1) Foley คือการบันทึกเสียงพิเศษ เสียงที่ไม่สามารถบันทึกได้ระหว่างการถ่ายทำ เช่น ทำเสียงเท้าเดินหรือวิ่ง ส่วนมากจะทำขึ้นมาใหม่เพราะเป็นการยากที่จะอัดได้อย่างชัดเจนในขณะถ่ายทำ และรวมไปถึงเสียงเสื้อผ้าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของตัวละคร หรือเสียงการหยิบ จับวางของ เป็นต้น

2) Sound Design คือเสียงบางอย่างที่ไม่ได้เกิดขึ้นในชีวิตจริงแต่ไปเสริมความรู้สึกให้กับภาพได้ เช่น เสียงฮัมต่ำ ๆก็อาจใช้แทนความรู้สึกถึงอันตรายที่กำลังจะเกิดขึ้น หรือเสียงดาบเลเซอร์ในภาพยนต์เรื่อง Starwars

3) Ambience คือเสียงบรรยากาศในสถานที่ต่าง ๆ เช่น ในป่าตอนกลางคืนจะต้องมีเสียงจิ้งหรีด เรไร หรือเสียงความวุ่นวายของสภาพการจราจรในเมือง หรือเสียงของกลุ่มคนในงานเลี้ยง งานแต่งงาน ภัตตาคาร ร้านอาหาร เป็นต้น ซึ่งจะมีเสียงแตกต่างกัน หรือเสียงสภาพบรรยากาศของห้อง (Room Tone) แต่ละห้องก็จะไม่เหมือนกัน

2.2.6.3 Music หรือดนตรีประกอบ ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่ใช้สร้างอารมณ์ของหนังให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังที่เคยได้ยินจากภาพยนตร์หลาย ๆ เรื่อง ผู้ที่ทำหน้าที่ตรงนี้ก็คือ Music Composer อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญที่สุดก็คือความพอดีในการใช้เสียงต่าง ๆ เช่น การไม่จงใจใช้ดนตรีหรือ effect ต่าง ๆ ที่ขับเน้นอารมณ์มากเกินไป หรือมีเสียงน้อยหรือโล่งและรกจนเกิดความรู้สึกอึดอัด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ขึ้นอยู่ที่ดุลยพินิจของคนทำแต่ละคน

2.3 หลักการสร้างสื่อโมชันกราฟิก

อัครพล ด่านทองหลาง (2562) กล่าวถึง 12 Principles of Animation เป็นหลักการที่ถูกนำเสนอในหนังสือ The Illusion of Life: Disney Animation โดย Animator ยุคบุกเบิกของ Disney คือ Frank Thomas และ Ollie Johnston ที่สาระ และหัวใจ คือการชุบชีวิตแก่ภาพวาด ให้โลดแล่นเคลื่อนไหวอย่างมีชีวิตชีวา ถึงแม้หลักการนี้จะมีจุดเริ่มต้นมาจากงาน Character Animation แต่ด้วยหลักการที่ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ ที่มีพื้นฐานมาจากการเคลื่อนที่ตามหลักฟิสิกส์ จึงสามารถนำมาประยุกต์กับงานภาพเคลื่อนไหวรูปแบบต่าง ๆ ได้เช่นเดียวกันไม่ว่าจะเป็น Motion Graphics, Interactive Design หรือ UI Design โดยมีหลักการทั้ง 12 ข้อ ดังนี้

1. Squash & Stretch เริ่มต้นด้วยหลักการข้อแรก คือ Squash & Stretch เป็นหลักการที่ว่าด้วยการยืดและการหด เพื่อที่ช่วยให้วัตถุมีการเคลื่อนไหวอย่างมีชีวิตชีวาขึ้นมา ถึงแม้วัตถุนั้นจะ

ไม่ใช่สิ่งมีชีวิตก็ตาม โดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ เช่น แรงโน้มถ่วง มวล น้ำหนัก และค่าความยืดหยุ่น จะมีความสัมพันธ์กับทิศทางน้ำหนักของวัตถุ แต่เราจะต้องเพิ่มระดับความเกินจริงให้กับวัตถุนั้น ๆ (ถึงแม้วัตถุนั้นในโลกแห่งความเป็นจริงจะเป็นวัตถุที่ไม่ยืดหยุ่นก็ตาม เช่น ของแข็ง) เพื่อทำให้การเคลื่อนไหวของวัตถุนั้นมีชีวิตชีวาขึ้นมาได้ ตัวอย่างเช่น เมื่อโยนวัตถุขึ้นไปบนอากาศ วัตถุนั้นจะยืดขึ้นในแนวดิ่ง และวัตถุนั้นจะลู่ขึ้นเพราะถูกแรงบีบจากด้านข้าง แต่เมื่อวัตถุนั้นตก และเคลื่อนที่ลงกระทบกับพื้น วัตถุนั้นจะถูกแรงกดจากด้านบน และจะเกิดการแผ่ขยายออกในแนวระนาบ

2. Anticipation คือ ลักษณะการเตรียมการของวัตถุก่อนที่จะเกิดการเคลื่อนไหวหลัก (Primary Action/Main Action) เพื่อช่วยให้ผู้ชมรับรู้ว่ากำลังจะเกิดอะไรขึ้นต่อจากการเตรียมการนี้ ซึ่งจะมีผลต่อการทำให้การกระทำของวัตถุนั้นสมจริง และมีพลังมากยิ่งขึ้น เช่น การง้างหมัดเพื่อการต่อยที่รุนแรง การย่อตัวงอขาก่อนที่จะกระโดด หรือการที่วัตถุถอยหลังมาเล็กน้อย เพื่อที่จะพุ่งทะยานไปข้างหน้าด้วยความเร็ว เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ลักษณะของวัตถุที่กำลังจะเคลื่อนที่ และพุ่งไปข้างหน้าก่อนที่พุ่งไป มีการเตรียมถอยหลังมาเพื่อถ่ายเทน้ำหนัก เพื่อสร้างแรงส่งก่อน ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นดูมีพลังมากยิ่งขึ้น รวมทั้งยังให้ผู้ชมคาดการณ์ได้ว่าหลังจากนี้จะเกิดเหตุการณ์อะไรขึ้น

3. Staging เป็นหลักการเคลื่อนไหวที่เน้นการจัดวางองค์ประกอบผ่านการเคลื่อนไหวของวัตถุ เพื่อนำสายตาของผู้ชม และดึงความสนใจไปยังวัตถุที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในฉากนั้น และลดการเคลื่อนไหวของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในฉากที่ไม่สำคัญออกไป เพื่อให้มีการเคลื่อนไหวน้อยที่สุด โดยจะช่วยเรื่องการจัดลำดับก่อนหลังในการมองเห็นวัตถุของผู้ชมได้ (Hierarchy of Perception) เพื่อกำหนดว่าวัตถุไหนมีความสำคัญมากน้อยกว่ากัน ซึ่งจะสื่อความหมายถึงความสำคัญของวัตถุนั้น ๆ อีกด้วย

4. Straight Ahead Action & Pose to Pose หลักการข้อนี้จะมีพื้นฐานมาจากเทคนิคการวาดภาพ Animation แบบดั้งเดิม นั่นคือ วิธีการเปลี่ยนลักษณะภาพจากภาพแรกไปถึงภาพสุดท้าย มี 2 วิธี คือ Straight Ahead Action เป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงภาพที่ตรงไปตรงมา คือ การกำหนดภาพ (Frame) เฉพาะภาพเริ่มต้น (Start Frame) โดยภาพสุดท้าย (End Frame) จะเกิดจากการค่อยๆ เปลี่ยนจากภาพแรกไปทีละภาพจนถึงภาพสุดท้าย เทคนิคนี้จะช่วยให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีความลื่นไหล และมีอิสระตามที่ผู้สร้างต้องการ Pose to Pose คือ การกำหนดภาพเริ่มต้น และภาพสุดท้ายอย่างชัดเจนตั้งแต่แรก เรียกว่า ภาพหลัก (Key Frame) แล้วสร้างภาพที่อยู่ระหว่างภาพหลัก (In-Between Frame) ให้ครบจนเป็นภาพเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์ เทคนิคนี้ช่วยให้สามารถควบคุมลักษณะของภาพได้อย่างแม่นยำ ทั้ง Straight Ahead Action และ Pose to Pose จะมีประโยชน์แตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่มักจะใช้เทคนิคทั้ง 2 ควบคู่กันไป

5. Follow Through & Overlapping Action สาระสำคัญของหลักการข้อนี้ คือ ทุกการเคลื่อนไหวของวัตถุมีองค์ประกอบที่ซับซ้อน จะมีการเคลื่อนไหวขององค์ประกอบหลัก (Main

Action) และองค์ประกอบอื่น ๆ จะมีความต่อเนื่อง ทับซ้อน และสัมพันธ์กันอยู่เสมอ ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ Follow Through คือ ภาพที่เกิดจากการเคลื่อนไหวหลัก เรียกว่า Actionเกิดขึ้นแล้วมีการเคลื่อนไหวอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องอันเป็นผลมาจากAction นั้น เรียกว่า Reaction ตัวอย่างเช่น หากวัตถุหนึ่งที่เคลื่อนมาด้วยความเร็ว (Action) แล้วหยุดกระทันหัน วัตถุนั้นจะมีการเคลื่อนที่ต่อเนื่องเล็กน้อย (Reaction) ก่อนที่จะหยุดสนิท เป็นหลักการสำคัญที่ทำให้การเคลื่อนไหวมีความสมจริง ซึ่งเป็นไปตามกฎของแรงเสียดทาน และแรงเฉื่อย Overlapping Action คือการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนไหวหลัก (Main Action) และการเคลื่อนไหวรอง เช่น หากตัวละครกำลังวิ่ง แขน และขาจะเกิดการเคลื่อนไหวขึ้นพร้อมกันๆ โดยมีอัตราความเร็วที่แตกต่างกัน เช่นการเคลื่อนไหวของลำตัว, การเคลื่อนไหวของหัว ซึ่งการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้เรียกว่า Overlapping Action

6. Slow In & Slow Out ข้อนี้เป็นหลักการที่ว่าด้วยการสร้างความแตกต่างของความเร็ว ในช่วงเริ่มต้น และสิ้นสุดการเคลื่อนไหวนั้น ๆ โดยจะเกี่ยวข้องกับอัตราเร่งสัมพันธ์กับมวลและน้ำหนัก ซึ่ง Slow In คือ การเคลื่อนที่จะช้าในตอนเริ่มต้น ส่วน Slow Out คือ การเคลื่อนที่จะช้าในตอนสิ้นสุด ของการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น ตัวอย่างเช่น ในแนวระนาบ การเคลื่อนที่ของรถตั้งแต่ออกตัวจนกระทั่งหยุด จะพบว่ามีความเร็วที่แตกต่างกัน โดยช่วงเริ่มออกตัว หรือช่วงรถหยุด การเคลื่อนที่ของรถจะช้ากว่า ช่วงที่รถทำความเร็วได้คงที่ แต่สำหรับ Slow In & Slow Out ในแนวดิ่งความเร็วจะตรงกันข้าม เช่น การโยนวัตถุขึ้นบนอากาศ ความเร็วในช่วงเริ่มต้น และช่วงวัตถุตกลงพื้นจะมีความเร็วที่สูงกว่าช่วงที่เวลาที่วัตถุลอยขึ้น และหยุดนิ่งอยู่กลางอากาศในตำแหน่งสูงสุด

7. Arc หลักการข้อนี้อธิบายถึงลักษณะของการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นไปตามวิถีโค้ง หรือเส้นตรง โดยการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ จะมีขอบเขต และข้อจำกัดทางกายภาพตามธรรมชาติ เช่น การขว้างวัตถุขึ้นไปในอากาศ วัตถุจะเคลื่อนตามแนววิถีโค้ง อันเป็นผลจากแรงโน้มถ่วง หากเป็นการเคลื่อนไหวของ Character แบบต่าง ๆ ทิศทางจะต้องอิงตามหลัก Anatomy ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะข้อจำกัดของข้อต่อ ข้อพับหลัก ข้อพับรอง หรือความยืดหยุ่น เช่น การวิ่ง องศาของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ตามวิถีโค้ง จะอิงจากแกนข้อต่อหลักของอวัยวะต่าง ๆ

8. Secondary Action คือ การเคลื่อนไหวรอง ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากการเคลื่อนไหวหลักหรือ Primary Action เพื่อสนับสนุน หรือเน้น Primary Action ที่เกิดขึ้นภายในเหตุการณ์นั้น ๆ ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น การเคลื่อนไหวของเส้นผมที่อ่อนช้อยของตัวละครจะเป็น Secondary Action ที่เกิดขึ้นขณะที่การเคลื่อนที่หรือแสดงท่าทางต่าง ๆ จะเป็น Primary Action ซึ่ง Secondary Action จะต้องตอบสนองและสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน ไม่ควรดึงความสนใจจากการเคลื่อนไหวหลักออกไป

9. Appeal การสร้างแรงดึงดูด จากความแตกต่างของการเคลื่อนไหว และการออกแบบที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวสำหรับด้านการออกแบบต้องอาศัยการสร้างรูปทรง ขนาด สัดส่วน และท่าทางของตัวละครแต่ละตัวเพื่อให้มีเอกลักษณะเฉพาะตัวให้เป็นที่น่าจดจำ วิธีการที่ช่วยตรวจสอบ Appeal ของตัวละครทำได้โดยการนำตัวละครนั้นมาจัดท่าทางแล้วสร้างเป็นภาพทึบโดยแสดงเพียงขอบรูปร่าง (Silhouette) ของตัวละคร หากตัวละครนั้นยังคงเอกลักษณ์ของบุคลิกของตัวละครนั้น ๆ ออกมาได้ถือว่ามี Appeal ส่วนการสร้าง Appeal ในงาน Animation คือ การสร้างจังหวะการเคลื่อนไหวที่มีความดึงดูดสายตา โดยอาศัยหลักการข้อต่าง ๆ มาผสมผสานกันเพื่อสร้าง Appeal ขึ้นมา

10. Timing สำหรับหลักการข้อนี้ ยังคงเกี่ยวข้องกับกฎของฟิสิกส์ และการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ ที่เราสัมผัสได้จริงตามธรรมชาติ ซึ่งในหลักการนี้จะเจาะจงไปที่การสร้างความแตกต่างของความเร็วที่สัมพันธ์กับเวลา ที่เรียกว่า Timing การสร้าง Timing เป็นการเร่ง หรือการผ่อนความเร็วในการเคลื่อนไหวให้มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา โดยอาศัยหลักการที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว ความเร่ง ความหน่วง หรือแรงเฉื่อยต่าง ๆ หากการสร้างภาพเคลื่อนไหวมีการใช้ Timing ที่ถูกต้องจะช่วยให้การควบคุมจังหวะ อารมณ์ และปฏิกิริยาของตัวละคร หรือวัตถุได้

11. Exaggeration หลักการสร้างความเกินจริงสำหรับการเคลื่อนไหว และการเปลี่ยนรูปร่าง รูปทรง ขนาด และสัดส่วนของวัตถุ เพื่อให้วัตถุนั้นทรงพลัง และมีชีวิตชีวามากยิ่งขึ้น โดยกำหนดการเคลื่อนไหวหลัก (Main Action) ตามหลักการที่มีความสมจริง แล้วเพิ่มเติม หรือขยายเพิ่มขีดจำกัด (Exaggeration) ให้การเคลื่อนไหวนั้นเกินกว่าที่จะเป็นไปได้โดยสามารถประยุกต์กับหลักการเคลื่อนไหวข้ออื่น ๆ เช่น Squash & Stretch ที่เพิ่มการยืด หรือหดที่เกินจริงของตัวละครจะช่วยเพิ่มอารมณ์ความรู้สึกของการเคลื่อนไหวนั้นได้ชัดเจนขึ้น

12. Solid Drawing หลักการที่ว่าด้วยการกำหนดท่าทางของตัวละคร หรือวัตถุคร่าวๆ โดยอ้างอิงพื้นฐานมาจากการวาดภาพ กายวิภาคศาสตร์ น้ำหนัก และปริมาตรของแสง และเงา เพื่อทำให้เกิดลักษณะภาพแบบ 3 มิติ และเกิดมุมมองแบบ Perspective จากมุมมองใดมุมมองหนึ่ง เพื่อช่วยให้ภาพนั้นมีมิติ มีความลึก และความสมดุลที่เป็นไปตามสัดส่วนจริงตามธรรมชาติ โดยอาจใช้เส้น Grid มาช่วยในการกำหนดทิศทาง มุมมอง และขนาดที่สัมพันธ์กับระยะใกล้ ระยะไกล ของวัตถุแต่ละชิ้นในภาพนั้น ๆ

2.4 กระบวนการพัฒนางานโมชันกราฟิก

นิพนธ์ คุณารักษ์ (2559) แบ่งกระบวนการ พัฒนาโมชันกราฟิกตามหลัก 3P เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.4.1. Pre-Production (ขั้นตอนการเตรียมการผลิต)

2.4.2. Production (ขั้นตอนการผลิต)

- นำภาพตามที่ออกแบบไว้นำมาประกอบเข้าเป็นเรื่องราว
- การกำหนดหลักการเคลื่อนไหวของตัวละคร
- การเตรียมและทดสอบเสียง
- การนำส่วนประกอบทั้งหมดมาประกอบกัน

2.4.3. Post-Production (ขั้นตอนหลังการผลิต)

- การนำเสนองานในรูปแบบวีดีโอกับอาจารย์ที่ปรึกษา
- ขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา
- ทดลองและปรับปรุงแก้ไข

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การสร้างสื่อโมชันกราฟิก จำเป็นต้องอาศัยหลักการในการออกแบบและดำเนินตามขั้นตอน ตลอดจนเข้าสู่กระบวนการพัฒนางานโมชันกราฟิก สามองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้สื่อโมชันกราฟิก เป็นสื่อที่สมบูรณ์ สวยงาม และสามารถถ่ายทอดเนื้อหาในบทเรียนที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ได้พัฒนาขึ้นได้อย่างมีประสิทธิ์ภาพ และมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3.1 ที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดที่ได้รับอิทธิพลมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีความพยายามขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจและผลักดันให้แรงงานภายในประเทศเป็นแรงงานทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม เนื่องมาจากแรงงานที่เป็นเชื้อชาติอเมริกามีเพียงร้อยละ 4 เท่านั้นที่ทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์และในด้านการศึกษาของนักเรียนในประเทศไม่ได้ตอบโจทย์เศรษฐกิจที่ดี ดังตัวอย่างจากผลการศึกษาของ National Assessment of Educational Progress พบว่านักเรียนเกรด 8 ในประเทศสหรัฐอเมริกาขาดทักษะและไร้ความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์และการคำนวณเมื่อจบการศึกษาในระดับเกรด 8 นั่นแสดงให้เห็นถึงระบบการศึกษาที่ไร้ประสิทธิภาพ (National Research Council, 2011) อีกทั้งผลการทดสอบโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programmer for International Student Assessment: PISA) และผลการทดสอบด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS) ของนักเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกานั้นต่ำกว่าหลายประเทศ คะแนนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความถดถอยของการจัดการศึกษาในปี ค.ศ. 2006 เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2003 โลกของการศึกษาได้มีการเปลี่ยนแปลง ไปอย่างมากในศตวรรษที่ 21 เครื่องมือเพื่อแสวงหาความรู้มีความสำคัญมากกว่าเนื้อหาความรู้ ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสื่อสารทำให้ผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเองจากแหล่งต่างๆ มากมาย

และตลอดเวลาที่ต้องการ ทำให้ห้องเรียนมีความแปลกตาไปจากที่เป็นอยู่ ภาพของการที่นักเรียนหรือนิสิตนักศึกษาจะมีคอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) แท็บเล็ต (Tablet) ไอแพด (iPad) หรือสมาร์ทโฟน (Smart Phone) เป็นอุปกรณ์การเรียน จึงเป็นเรื่องปกติดังนั้นหน้าที่ของครูอาจารย์ใน การสอนจึงเปลี่ยนแปลงไปจากการยืนหน้าชั้น มาเป็นการกระตุ้นและอำนวยความสะดวกในการเรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาศักยภาพของตนเองให้มากที่สุด (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) จึงเกิดแนวคิดสะเต็มศึกษาขึ้นมาเพื่อยกระดับการศึกษาดังกล่าว โดยที่ National Research Council (2011) นำเสนอว่าสะเต็มศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกานั้นมีเป้าหมายที่สำคัญสามประการ ได้แก่ เพื่อเพิ่มกำลังพลในสายงานด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อขยายขีดความสามารถของแรงงานด้านสะเต็มและเพื่อเพิ่มการรู้วิทยาศาสตร์ให้กับประชากรในประเทศ นอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้วในประเทศอื่น ๆ ต่างก็ตื่นตัวและให้ความสนใจกับ สะเต็มศึกษา เช่น ประเทศอังกฤษได้กำหนดนโยบายสะเต็มศึกษาแห่งชาติและกรอบการลงทุนด้านวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมโดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาสู่การเป็นชาติที่สามารถเติบโตภายใต้สภาวะเศรษฐกิจโลกที่มีการแข่งขันสูง และประเทศจีนได้มีการวางนโยบายสะเต็มศึกษาแห่งชาติและกรอบการพัฒนาและปฏิรูปการศึกษาระยะยาวแห่งชาติ ค.ศ. 2010-2020 โดยมีแนวคิดหลักคือการสร้างกำลังแรงงานด้านสะเต็มด้วยการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในทุกระดับการศึกษา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา, 2559)

สำหรับประเทศไทยได้มีการให้ความสำคัญกับสะเต็มศึกษาซึ่งจัดอยู่ใน 11 นโยบายเร่งด่วนของกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยจำทำให้มีการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาครบทุกโรงเรียนภายใน 5 ปี โดยมีการประชุมชี้แจงนโยบายการปฏิรูปการศึกษาให้แก่ข้าราชการส่วนกลาง กระทรวงศึกษาธิการ เมื่อวันที่ 3 สิงหาคม 2559 (สำนักงานรัฐมนตรี, 2559) เนื่องจากมีปัญหาทางด้านการศึกษาที่คล้ายคลึงกับประเทศสหรัฐอเมริกา กล่าวคือ จากการประเมินระดับผลคะแนน PISA สำหรับการประเมินครั้งล่าสุดในปีพุทธศักราช 2558 ของนักเรียนไทยพบว่า มีคะแนนที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานองค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development: OECD) ทุกด้านและยังถดถอยลงเมื่อเทียบกับการประเมินในปีพุทธศักราช 2555 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) นอกจากนี้

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556) ได้กล่าวถึงเหตุผลหลักที่ประเทศไทยต้องนำการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษามาใช้ดังนี้ (1) ความรู้และความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของเยาวชนไทยยังด้อยกว่านานาชาติ (2) ประเทศไทยต้องการหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง (3) กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคต และในปัจจุบันสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ศึกษา โดยมีลักษณะ 5 ประการ ได้แก่ (1) เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ (2) ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ (3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (4) ท้าทายความคิดของนักเรียนและ (5) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา และมีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน

3.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

ความหมายของสะเต็มศึกษานั้น มีนักการศึกษาได้กำหนดความหมายไว้อย่างสอดคล้องกันดังต่อไปนี้

กอนซาเลซ และ คูเอนซิ (Gonzalez H. B. & Kuenzi J. J., 2012, น. 59) ได้กล่าวถึงสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการเรียนการสอนและ การเรียนรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นรูปแบบของการ จัดกิจกรรมทางการศึกษาที่เหมาะสมกับทุกระดับชั้นเรียน วาซเกรซ สไนเดอร์ และ คอมเมอร์ (Vasquez J. A. & Sneider C. & Comer M., 2013) ได้กำหนดความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวคิดบูรณาการความรู้ระหว่างสาระวิชาในการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่การบูรณาการใช้ในโลกแห่งความจริง มีการ เชื่อมโยงประสบการณ์เรียนรู้ของนักเรียน

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556) ระบุว่า สะเต็มศึกษาคือวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้นตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือ สมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการเนื้อหาและทักษะวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557) ระบุว่าสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ สาระวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยที่จะต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง

รีฟ (Reeve E. M., 2015) ได้กำหนดความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่นำสาระวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาบูรณาการเข้าไว้ด้วยกัน โดยมีการสร้างความท้าทายและข้อจำกัดในการแก้ปัญหา

สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา (2559) ได้นิยามความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็น แนวทางการจัดการศึกษาโดยใช้แนวคิดสะเต็มในการเรียนรู้และบูรณาการเนื้อหาของรายวิชาสะเต็ม ผ่านโครงงานหรือกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เน้นการสร้างทักษะและสมรรถนะของผู้เรียนในการ บูรณาการความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง

สินีนาฎ ทาบึงกาฬ (2559) ได้ระบุว่าสะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ในสหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งพัฒนาการกระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อชีวิตและการดำเนินงาน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 วิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ได้เน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีการพัฒนาผลงานขึ้นมาตอบสนองการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งในบทเรียนและการดำเนินชีวิตประจำวัน

3.3 องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

สำหรับองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาเมื่อพิจารณาในความหมายที่ศึกษาดังกล่าวแล้ว แสดงให้เห็นองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยมีนักการศึกษาและหน่วยงานได้นิยามองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

สถาบันวิศวกรรมแห่งชาติ National Academy of Engineering (2014) ได้ให้ความหมายองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

1) วิทยาศาสตร์ (Science) คือ การศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติ อันได้แก่ กฎธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา โดยวิทยาศาสตร์นั้นหมายรวมถึงองค์ความรู้และกระบวนการ

2) เทคโนโลยี (Technology) คือ สาระที่ต้องประกอบไปด้วยระบบของมนุษย์ การจัดการองค์ความรู้ กระบวนการและเครื่องมือหรืออุปกรณ์ไปสร้างสรรค์ชิ้นงาน เพื่อตอบสนองความต้องการ

3) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คือ องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ สร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์โดยมนุษย์และเป็นกระบวนการสำหรับแก้ปัญหา

4) คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบหรือความสัมพันธ์ของปริมาณ (Quantities) ตัวเลข (Numbers) และที่ว่าง (Space)

รีฟ (Reeve, 2015) ได้ให้ความหมายองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1) วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติประกอบด้วย กฎธรรมชาติที่เกี่ยวกับฟิสิกส์ เคมี ชีวิทยา และหมายรวมถึงกระบวนการสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2) เทคโนโลยี (Technology) เป็นการปรับเปลี่ยนสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ เป็นนวัตกรรมของมนุษย์ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ตามความต้องการ

3) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) เป็นการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เพื่อสร้างเทคโนโลยีและเกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์

4) คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การศึกษาเกี่ยวกับตัวเลข การปฏิบัติการ รูปแบบและความสัมพันธ์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559) ได้ให้ความหมายองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

1) วิทยาศาสตร์ คือ การศึกษาสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์คิดค้นตรวจสอบ จนได้ทฤษฎีต่าง ๆ ที่เชื่อถือได้เป็นความรู้ในเนื้อหาสาระได้แก่ เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ โลกและอวกาศ

2) เทคโนโลยี คือ การเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมมาประดิษฐ์ คิดค้นโดยใช้กระบวนการทางเทคโนโลยี พัฒนาผลผลิตที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์รวมทั้งการจัดการสาระสนเทศ

3) วิศวกรรมศาสตร์ คือ การศึกษากระบวนการพัฒนาหรือการวางแผนเพื่อนำความรู้ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ มาผลิตสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์วิเคราะห์ความต้องการของมนุษย์ตลอดจนวางแผนและตรวจสอบแก้ไข

4) คณิตศาสตร์ คือ การศึกษาจำนวน ตัวเลข สัญลักษณ์ สูตร สถิติ กฎเกณฑ์ ความสัมพันธ์ต่าง ๆ มาคิดวิเคราะห์มาคำนวณเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งทำให้ข้อมูลน่าเชื่อถือมากขึ้น

กล่าวโดยสรุปแล้วสะเต็มศึกษาจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญทั้ง 4 องค์ประกอบ ในการนำไปจัดการเรียนรู้เรื่องต่าง ๆ ผ่านสถานการณ์ที่ต้องแก้ปัญหาและสอดคล้องกับในชีวิตจริง โดยจะต้องอาศัยความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ร่วมกับการใช้เครื่องมือหรือวัสดุอุปกรณ์ซึ่ง จัดเป็นเทคโนโลยีมาแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากการศึกษาองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้สังเคราะห์องค์ประกอบของสะเต็มศึกษาได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การสังเคราะห์องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

3.4 การบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

องค์ประกอบสะเต็มศึกษา	National Academy of Engineering (2014)	Reeve (2015)	สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา (2559)	ผู้วิจัย
วิทยาศาสตร์	√	√	√	√
เทคโนโลยี	√	√	√	√
วิศวะกรรมศาสตร์	√	√	√	√
คณิตศาสตร์	√	√	√	√
กระบวนการพัฒนาหรือวางแผนทางวิทยาศาสตร์			√	
สร้างเทคโนโลยีและออกแบบสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์	√	√		

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีลักษณะสำคัญ ได้แก่ สร้างความเชื่อมโยงให้นักเรียนได้นำความรู้ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริง เรียนรู้และแก้ปัญหาภายใต้ความท้าทาย มีการวางแผนออกแบบอย่างเป็นขั้นตอน เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และเน้นการบูรณาการความรู้โดยระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้ 4 ระดับ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ดังนี้

ภาพที่ 5 ภาพระดับของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ
ที่มา: Vasquez. J. A.. Snelder. C. and Comer. M. (2013), น.1

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และ วิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลักที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความ เชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาใน วิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกันโดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกันโดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียน การสอนที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการ

แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคมและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตัวเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบของปัญหากว้าง ๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ (1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ (2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและ (3) ความรู้เดิมของนักเรียน

3.5 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สำหรับทฤษฎีที่มาสนับสนุนและมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา คือ ทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ (Constructionism) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายกระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ โดย Papert (1990) ได้อธิบายทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ไว้ว่าการเรียนรู้ที่ดีต้องเน้นกระบวนการสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาใหม่ด้วยตนเอง โดยการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ และมีการลงมือปฏิบัตินำไปสู่แนวคิดที่ว่าการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นผู้เรียนจะต้องได้รับประสบการณ์เรียนรู้โดยทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชิ้นงานหรือผลผลิตซึ่งจะทำให้การเรียนรู้มีความหมายกับผู้เรียน เมื่อมีการสร้างผลงานออกมาแล้วหมายความว่าผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ดีหากมีโอกาสเรียนรู้ผ่านการออกแบบโดยการนำความรู้นั้นไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อ เทคโนโลยี วัสดุ อุปกรณ์ที่เหมาะสม และการที่ผู้เรียนมีโอกาสนำความรู้ที่ตนเองสร้างขึ้นไปออกแบบสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นชิ้นงานจะช่วยทำให้ความรู้ ความคิดนั้นเห็นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจนขึ้น ส่งผลให้การเรียนรู้มีความหมายมากขึ้นและคงทนไม่ลืมง่าย นอกจากนั้นยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถสื่อสารความรู้ความคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดีขึ้นตามทฤษฎีนี้ แม้ว่าผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ดำเนินการเรียนรู้และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองก็ตาม แต่ครูผู้สอนจำเป็นต้องดูแลจัดหาและจัดเตรียมสื่อและวัสดุต่าง ๆ ให้ผู้เรียนใช้ได้สะดวก ครูต้องคอยดูแลให้คำปรึกษาแนะนำกับการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ทั้งทางด้าน ผลผลิตและกระบวนการ (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2558)

กล่าวโดยสรุปได้ว่าทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ เป็นทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้โดยได้เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยเชื่อมโยงองค์ความรู้ ทักษะ และสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาปฏิบัติงานในการออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงานนำไปสู่การช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจองค์ความรู้ที่ได้ศึกษาได้ดี ตลอดจนสามารถสื่อสารความรู้ความคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เนื่องจากเป็นแนวคิดของการสอนที่บูรณาการ 4 สาระวิชา เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยส่งผลให้ผู้เรียนได้รับการฝึกความคิดสร้างสรรค์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

3.6 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีจุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งคือการผนวกการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยมีนักวิชาการและหน่วยงานออกแบบและนำเสนอไว้อย่างหลากหลายซึ่งมีความสอดคล้องกัน ดังนี้

แผนกการศึกษามหาวิทยาลัยแมซาซูเซส (Massachusetts Department of Education, 2001) ได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรมไว้ด้วยกัน 8 ขั้นตอน ดังนี้

1) การระบุความต้องการหรือปัญหา (Identify the Need or Problem) คือ ขั้นตอน การระบุปัญหาหรือความต้องการ

2) การศึกษาค้นคว้า (Research) คือ ขั้นตอนการค้นหาประเด็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาสำรวจแนวคิดหรือทางเลือก โดยอาจสำรวจผ่านอินเทอร์เนท ห้องสมุด หรือจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น

3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา (Develop Possible Solution) คือ ขั้นตอนการระดมความคิดเพื่อออกแบบแนวทางแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและกลั่นกรองวิธีการแก้ปัญหาร่วมกัน

4) การเลือกวิธีการที่เหมาะสม (Select the Best Possible Solution) คือ ขั้นตอนการเลือกแบบแผนการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดจากแบบแผนที่ออกแบบไว้ทั้งหมด เพื่อให้สอกคล้องกับวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาที่ตั้งไว้มากที่สุด

5) การสร้างต้นแบบ (Construct a Prototype) คือ ขั้นตอนการลงมือสร้างต้นแบบซึ่ง อาจเป็นชิ้นงานหรือลงมือสร้างวิธีการแก้ปัญหาจากแบบแผนที่เลือกไว้

6) การทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหา (Test and Evaluate the Solution) คือ ขั้นตอนการทดสอบและประเมินว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นได้ผลหรือไม่ตามข้อกำหนดหรือวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

7) การนำเสนอผลของการแก้ปัญหา (Communicate the Solution) คือ ขั้นตอนการนำเสนอผลลัพธ์ของการดำเนินงานเริ่มตั้งแต่ปัญหาจนถึงวิธีการแก้ปัญหา

8) การออกแบบใหม่ (Redesign) คือ ขั้นตอนในการปรับปรุงผลงาน ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้จากขั้นทดสอบและการสะท้อนผลจากขั้นนำเสนอ

Museum of Science Boston (2009) นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาประกอบด้วย

1) การตั้งคำถาม (Ask) คือ ขั้นตอนการระบุปัญหาและเงื่อนไขข้อจำกัดในการแก้ปัญหา

2) การจินตนาการ (Imagine) คือ ขั้นตอนการหาแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา โดยระดมความคิดเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

3) การวางแผน (Plan) คือ ขั้นตอนการวางแผนโดยอาจสร้างเป็นแผนภาพวิธีการกำหนดวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้

4) การสร้าง (Create) คือ ขั้นตอนการลงมือปฏิบัติการดำเนินงานสร้างชิ้นงานหรือ วิธีการตามแผนการที่วางไว้รวมถึงการทดสอบผลงาน

5) การปรับปรุง (Improve) คือ ขั้นตอนการปรับปรุงผลงานและสร้างขึ้นมาใหม่อีกครั้งให้ดีกว่าเดิมและทำการทดสอบอีกครั้งนำปสู่การแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

มอแกน, มูน, และบารอซโซ (Morgan, Moon, & Barroso, 2013) ได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ ดังนี้

1) การระบุปัญหาและข้อจำกัด (Identify Problem and Constraints) คือ ขั้นตอนการระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไขรวมถึงต้องพิจารณาเงื่อนไขหรือข้อจำกัดภายใต้สถานการณ์ที่ถูกกำหนดไว้

2) การศึกษาค้นคว้า (Research) คือ ขั้นตอนการสืบค้นข้อมูลหรือการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อนำไปสู่การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

3) การคิดออกแบบ (Ideate) คือ ขั้นตอนการใช้แนวคิดที่ผ่านการค้นหาหรือผ่านการสืบเสาะความรู้มาออกแบบวิธีการได้อย่างหลายหลายเพื่อเป็นตัวเลือกในการนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างผลผลิต

4) การวิเคราะห์ความคิด (Analyze Ideas) คือ ขั้นตอนการระดมความคิดวิเคราะห์ วิธีการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้และกลั่นกรองออกมาเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

5) การสร้าง (Build) คือ ขั้นตอนการลงมือสร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงานที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ซึ่งเรียกว่าแบบจำลองต้นแบบ

6) การทดสอบและปรับปรุง (Test and Refine) คือ ขั้นตอนการนำแบบจำลองต้นแบบ ไปทดสอบและประเมินผลว่าเป็นไปตามเงื่อนไข และตอบโจทย์ปัญหาที่ตั้งไว้หรือไม่ หากยังเห็นถึงข้อบกพร่องจึงทำการปรับปรุงให้ได้เป็นผลงานชิ้นใหม่ที่ดีขึ้นจนกว่าจะตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

7) การสื่อสารและสะท้อนผล (Communicate and Reflect) คือ ขั้นตอนการนำเสนอหลักการและความคิดของการออกแบบ สร้างวิธีการ และสร้างสรรค์ชิ้นงาน ตลอดจนผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินงานจากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนผลลัพธ์และกระบวนการ ซึ่งจะช่วยให้พัฒนากระบวนการออกแบบได้ดีขึ้นไป

รีฟ (Reeve, 2015) สรุปกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) การระบุปัญหาความท้าทาย (Identify a Challenge) คือ ขั้นตอนการระบุสถานการณ์ซึ่งนำไปสู่ความท้าทายในการตั้งประเด็นปัญหาโดยมีเงื่อนไขและข้อจำกัดในการปัญหา

2) การค้นหาแนวคิด (Explore Ideas) คือ ขั้นตอนการวิเคราะห์รายละเอียดของปัญหา นำไปสู่การค้นหาหรือสืบสอบความรู้ซึ่งมาจากการค้นคว้าด้วยตนเอง และได้รับการถ่ายทอดจากครูหรือผู้เชี่ยวชาญประกอบกัน เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาตามประเด็นที่ตั้งไว้

3) การออกแบบและสร้าง (Plan and Develop) คือ ขั้นตอนการออกแบบวางแผนอย่างเป็นขั้นตอน โดยวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาเลือกหรือคัดกรองวิธีการและลงมือสร้างวิธีการหรือ ชิ้นงานขึ้นมาเพื่อนำไปแก้ปัญหาตามที่ตั้งไว้

4) การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) คือ ขั้นตอนการทดสอบผลงาน และประเมินผลงานนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องให้ดีขึ้น

5) การนำเสนอผลการดำเนินงาน (Present the Solution) คือ ขั้นตอนการนำเสนอผล การดำเนินงานซึ่งหมายรวมถึงการออกแบบผลงานและผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่ได้

กล่าวโดยสรุป ลักษณะขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของหน่วยงานและนักการศึกษาแต่ละท่านมีจำนวนขั้นตอนที่อาจแตกต่างกันออกไปแต่มีลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุม 6 ลักษณะด้วยกันอย่างเป็นลำดับ คือ (1) สร้างความสนใจเพื่อกระตุ้นนักเรียนเข้าสู่บทเรียนด้วยการกำหนดปัญหา (2) การศึกษาและทำการสืบค้นข้อมูล (3) การออกแบบและสร้างสรรชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา (4) การสร้างต้นแบบ (5) การทดสอบประเมินผลและปรับปรุงชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาและ (6) นำเสนอผลการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาลงในตารางที่ 4 นี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4 แสดงการสังเคราะห์ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	Massachusetts Department of Education (2001)	Museum of Science Boston (2009)	Morgan, Moon, and Barroso (2013)	Reeve (2015)	ผู้วิจัย
การระบุความต้องการหรือระบุปัญหา	√	√	√	√	√
การศึกษาค้นคว้า	√		√	√	√
การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา	√	√	√		√
การวางแผนและเลือกวิธีที่เหมาะสม	√	√	√		
การสร้างต้นแบบ	√	√	√	√	√
การทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหา	√		√	√	√
การนำเสนอผลของการแก้ปัญหา	√		√	√	√
การออกแบบใหม่	√	√			

4. การคิดเชิงคำนวณ

4.1 ความหมายและความสำคัญของการคิดเชิงคำนวณ

เซอร์คราวกี้แอนด์ชูวส์, วิงค์ (Czerkawski & Xu, 2012; Wing, 2006) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณหรือการคิดเชิงประมวล (Computational Thinking) เป็นความสามารถที่ใช้เพื่อการแก้ปัญหา การออกแบบหรือพัฒนาระบบ โดยหาหนทางหรือใช้วิธีการบนแนวคิดพื้นฐานการคำนวณอย่างเป็นระบบ การคิดเชิงประมวลผล เป็นรูปแบบหนึ่งของการคิดเชิงวิเคราะห์ (Analytical Thinking) ที่สามารถนำวิธีการคิดทางคณิตศาสตร์ มาช่วยออกแบบวิธีการประมวลผลข้อมูลที่มีความซับซ้อนและพัฒนาไปสู่การสร้างระบบอัตโนมัติไป จนถึงระบบอัจฉริยะที่ทำงานคล้ายกับความคิดและพฤติกรรมของมนุษย์ โดยองค์ประกอบของความคิดเชิงประมวลผล คือ การวิเคราะห์ปัญหาหรือ

องค์ประกอบ การรู้จำแบบ การหารูปแบบหรือวิธีการที่ เหมาะสมและดีที่สุดในการออกแบบหรือพัฒนาออกมาเป็นแผนผังอัลกอริทึม แล้วนำระบบประมวลผล บนคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างระบบแก้ไขปัญหาหรือจัดการกับสิ่งที่ต้องการได้ เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อชีวิตทุกคน ทั้งด้านการดำรงชีวิตความเป็นอยู่ การส่งเสริม ให้ผู้เรียนมีความเข้าใจกระบวนการเทคโนโลยี การใช้คอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหา เข้าใจองค์ประกอบ ของระบบสารสนเทศ องค์ประกอบและหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ มีความสำคัญในการดำรงชีวิต ของมนุษย์เกิดการประมวลผลตลอดเวลา เช่น ระบบการประมวลผลที่ฝังอยู่ในระบบมือถือสมาร์ทโฟน ระบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบควบคุมรถยนต์ ฉะนั้นการเข้าใจหลักการหรือเลือกใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ จำเป็นต้องมีเข้าใจการประมวลผลพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งมีหลายวิธีที่ นำมาสนับสนุนหรือเสริมสร้างการเรียนรู้เพื่อก่อให้เกิดความคิดเชิงประมวลผลนี้เช่น การเรียนผ่านการควบคุมหุ่นยนต์ ซอฟต์แวร์ที่ผลิตขึ้นการใช้โลกเสมือน การผลิตสื่อแอปพลิเคชัน และการสอนการแก้ปัญหาผ่านคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ในยุคนี้การรู้และการเข้าใจเทคโนโลยีเป็นสิ่งที่สำคัญ หน่วยงาน การศึกษาหรือองค์กรต่าง ๆ จึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะความคิดเชิงประมวลผล โดยได้บรรจุ ทักษะนี้ไว้ในหลักสูตรทุกระดับชั้น ทุกสาขาวิชา ฉะนั้นทักษะความคิดเชิงประมวลผลจึงถือได้ว่าเป็น ทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 (Computational thinking for educators, 2015) ความคิดเชิงประมวลผลนี้เป็นทักษะที่สำคัญ นักการศึกษาและนักวิจัยต่าง ๆ ได้ให้ความหมายของความคิดเชิงประมวลผลไว้ดังนี้

วิงค์ (Wing J. M., 2006) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดเชิงประมวลผลเป็นวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบระบบและการวิเคราะห์พฤติกรรมของสิ่งต่าง ๆ บนแนวคิดพื้นฐานการคำนวณ เป็นรูปแบบหนึ่งของการคิดเชิงวิเคราะห์ โดยนำวิธีการทางคณิตศาสตร์มาช่วยหาคำตอบ แล้วนำความคิดนี้มาออกแบบวิธีการประมวลผลข้อมูลที่มีขนาดใหญ่หรือมีระบบที่ซับซ้อนเพื่อหาคำตอบที่ต้องการ การวิเคราะห์ปัญหาแล้วนำเทคโนโลยีมาช่วยแก้ปัญหาหรือสามารถนำมาสร้างเป็นระบบอัจฉริยะที่ ทำงานคล้ายกับความคิดและพฤติกรรมของมนุษย์จากข้อมูลพื้นฐานที่มีได้

เดนนิง (Denning, 2009) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดเชิงประมวลผลเป็นความคิดแบบอัลกอริทึม (Algorithmic Thinking) ซึ่งเป็นรูปแบบการคิดที่เป็นระบบเกี่ยวกับการสร้างสมการแก้ไขปัญหาโดยมี ข้อมูลป้อนเข้าและเกิดเป็นผลลัพธ์ผ่านอัลกอริทึมที่ออกแบบ การนำหลักการคณิตศาสตร์มาเพื่อพัฒนา อัลกอริทึมและการหาวิธีการ รูปแบบหรือกรอบแนวคิดในการใช้คอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาตามที่ต้องการ

ลูและเฟล็ทเชอร์ (Lu & Fletcher, 2009) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดเชิงประมวลผลเป็นความสามารถเกี่ยวกับการอ่าน การเขียนและการคำนวณทางด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ความสามารถนี้ช่วยช่วยทำให้เข้าใจหรือนำหลักการของคอมพิวเตอร์มาใช้ในการ

ทำงานที่เป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ความคิดนี้ถือว่าการใช้คอมพิวเตอร์หรือเทคโนโลยีเป็นสิ่งที่จาเป็นเพื่อช่วยส่งเสริมให้มนุษย์เกิดการเรียนรู้รอบด้าน

บาร์และสเตเฟนสัน (Barr V. & Stephenson C., 2011) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดเชิงคำนวณหรือความคิดเชิงประมวลผลเป็นทักษะที่สามารถบูรณาการกับหลากหลายสาขาวิชาไม่เพียงแต่สายวิทยาการคอมพิวเตอร์เท่านั้น โดยประยุกต์ใช้แก้ปัญหาด้วยวิธีการวิเคราะห์และการแยกปัญหาหรือองค์ประกอบย่อยออกมากระบวนการต้องทำแบบเป็นระบบ โดยใช้ทรัพยากรทางเทคโนโลยีที่มีอยู่ให้เต็มที่การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ประโยชน์ในกาแรวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล เช่น การสกัดเอาข้อมูลสำคัญจากแหล่งข้อมูลขนาดใหญ่ซึ่งส่งผลให้ลดระยะเวลาการทำงาน การเข้าใจโครงสร้างการทำงานของคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นพื้นฐานต่อยอดของการพัฒนานวัตกรรมทางเทคโนโลยี การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ออกแบบหรือแก้ปัญหานั้นต้องทำให้ระบบนั้นง่ายไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพความน่าเชื่อถือและความปลอดภัย

อโฮ (Aho A. V., 2012) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดเชิงคำนวณหรือความคิดเชิงประมวลผล เป็นกระบวนการที่จะนำมาแก้ไขปัญหาผ่านขั้นตอนการคำนวณและอัลกอริทึม โดยจะแบ่งปัญหานั้นออกเป็นส่วน ๆ จากนั้นก็ใช้การวิเคราะห์รูปแบบที่เหมือนกันออกมาแล้วหาวิธีการที่ดีที่สุด สำหรับบางปัญหาหรือองค์ประกอบที่มีความซับซ้อนมากจำเป็นต้องวิเคราะห์รูปแบบการประมวลผลเชิงลึกเข้าไปเพื่อแก้ปัญหาทีละส่วนให้สำเร็จได้

เซอร์คราวกี้ (Czerkawski, 2012) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดเชิงคำนวณหรือความคิดเชิงประมวลผล เป็นกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่ซับซ้อนด้วยคอมพิวเตอร์ สถาบันการศึกษาหลายแห่งได้บรรจุเอาการพัฒนาความคิดนี้มาใช้ในหลักสูตรและรายวิชาการออกแบบการเรียนการสอนโดยนำเอาความสามารถนี้ไปช่วยแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ด้วยหลักการพื้นฐานทางวิทยาการคอมพิวเตอร์

เอ็นจีเอสเอส ลีด สเตท (NGSS Lead State,2013) ได้กำหนดความหมายว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถในการใช้เครื่องมือและกรอบแนวคิดทางด้านคณิตศาสตร์ในการจัดการปัญหาทางด้านวิทยาศาสตร์

แบร์ฟุต (Barefoot : 2014) นำเสนอว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นวิธีการคิดที่ช่วยให้มนุษย์สามารถ แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาจใช้คอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือช่วยแก้ปัญหาหรือไม่ก็ได้

ลายด์แอนด์คอช (Lye and Koh : 2014) ได้ให้ความหมายว่า การคิดเชิงประมวลผลเป็นการนำหลักการของวิทยาการคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านการเขียนโปรแกรม ถือเป็นรูปแบบการสอนหนึ่งที่ทำให้เกิดความสามารถนี้โดยการนำหลักการสกัดความคิดแบบนามธรรม (Abstraction) และการแยะแยะปัญหาออกเป็นย่อย (Decomposition) วิธีการนำหลักการของการคิดนี้มาประยุกต์ใช้กับหลายสาขาวิชาสามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ความคิด

เชิงประมวลผลนี้ถูกแบ่งออกเป็น 3 มุมมอง คือ หลักการพื้นฐาน การนำมาปฏิบัติ และมุมมองของความคิดเชิงประมวลผล หลักการพื้นฐานของความคิดเชิงประมวล คือ หลักการพื้นฐานทางการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การใช้ตรรกศาสตร์ ส่วนการนำมาปฏิบัติคือการสร้างชิ้นงานหรือการแก้ปัญหารวมไปจนถึงการทำงานร่วมกัน การแบ่งปันความรู้ร่วมกัน ส่วนสุดท้ายคือมุมมองของความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลที่สามารถนำไปพัฒนาได้คือ การสร้างหุ่นยนต์ การสร้างระบบอัตโนมัติหรือการพัฒนาเป็นระบบอัจฉริยะได้

คิม, ซอง, และ ปาร์ค (KIM, SONG, and PARK : 2014) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดเชิงประมวลผลเป็นความคิดที่สำคัญต่อการเรียนรู้ เป็นการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมการออกแบบอัลกอริทึมแล้วนำมาพัฒนาต่อด้วยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ซีซิสเมเดียและคณะ (Csizmadia et al. : 2015) ได้ให้ความหมายว่า การคิดเชิงประมวลผลเป็นการอธิบาย ลำดับ หรือกระบวนการทำงานเมื่อต้องการคิดแก้ปัญหาหรือระบบโดยการใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยตามจุดประสงค์นั้น

เฮลฟานท์ (Helfant : 2017) ได้เสนอว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นการเชื่อมโยงข้อมูลและแนวคิดต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาโดยให้ผู้เรียนระบุปัญหาและควบคุมคอมพิวเตอร์ในการช่วยแก้ไขปัญหา

ยาเดฟ, เกรทเตอร์, กู๊ด, แอนด์แมเครน (Yadav, Gretter, Good, and Mclean : 2017) นำเสนอการคิดเชิงคำนวณไว้ว่าเป็นการ แก้ปัญหาโดยประยุกต์ใช้หลักการเชิงคำนวณ เช่น การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) การแยก ส่วนประกอบหรือส่วนย่อยของปัญหา (Decomposition) การหารูปแบบ (Pattern Recognition) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นต้น

แมคเคนนา (McKenna : 2017) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณคือทักษะกระบวนการที่นักเรียนค้นหาและ พิจารณาปัญหาจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อปรับปรุงแก้ไข

บัญญพนต์ พูลสวัสดิ์ (2559) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นการคิดที่ต้องใช้ทักษะและเทคนิคเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างเช่นที่นักพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Developer) หรือวิศวกรซอฟต์แวร์ (Software Engineer) ใช้ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งแก่นแท้คือการแก้ปัญหาแบบมีลำดับขั้นตอนให้กลายเป็นเรื่องที่สายอาชีพอื่น ๆ สามารถนำแนวคิดลำดับขั้นตอนไปแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้ให้ความหมายว่า แนวคิดเชิงคำนวณหรือแนวคิดเชิงประมวลผลเป็นแนวคิดพื้นฐานของการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยอาศัยหลักการคำนวณการออกแบบกระบวนการแก้ปัญหาที่คลุมเครือให้เป็นขั้นตอนที่ชัดเจนเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหานั้น ๆ โดยการคิดแบบแยกส่วนประกอบและย่อยปัญหา การหารูปแบบของสิ่งที่ต้องการ

ศึกษา การคิดเชิงนามธรรมเพื่อพิจารณาและเข้าใจสาระสำคัญของปัญหาและการออกแบบขั้นตอนวิธีการในการแก้ปัญหาได้

ณัฏฐ์ โอธนาทรัพย์ ชนินทร เฉลิมสุข และอภิชาติ คำปลิว (2561) ให้คำนิยามว่า แนวคิดเชิงคำมวลผลเป็นทักษะที่มุ่งเน้นการคิดเชิงตรรกะ การให้เหตุและผล และสามารถอธิบายการคิดเชิงคำนวณอย่างเป็นระบบ แนวคิดนี้สามารถนำมาใช้แก้ปัญหา โดยเริ่มจากการเข้าใจปัญหาและวิธีการในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่ทั้งมนุษย์และคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจร่วมกันได้

กล่าวโดยสรุปได้ว่า แนวคิดเชิงคำนวณหรือแนวคิดเชิงประมวล เป็นหลักการคิดรูปแบบหนึ่งในปัจจุบันที่นักการศึกษาให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก ประกอบด้วย การแยกแยะองค์ประกอบหลักหรือย่อย การศึกษารูปแบบการคิดเชิงนามธรรมและการคิดเชิงคำนวณใช้การแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างเป็นระบบไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของ การศึกษา การทำงาน แม้กระทั่งการดำเนินชีวิตประจำวัน ก่อนนำหลักการคิดเชิงคำนวณมาใช้ ผู้ใช้จะต้องวิเคราะห์ปัญหาให้เกิดความเข้าใจและเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาโดยใช้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยอาจใช้เทคโนโลยีมาช่วยแก้ปัญหาตามจุดประสงค์หรือปัญหานั้น ๆ หรือไม่ก็ได้

4.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ

มีนักการศึกษาจำนวนมากได้ศึกษาเกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณและได้กำหนดองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณที่มีลักษณะร่วมกันในบางองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งแสดงรายละเอียดของการศึกษาดังนี้

องค์กร Barefoot (2014) แห่งประเทศอังกฤษนำเสนอว่า การคิดเชิงคำนวณ (Computational thinking) มี 6 องค์ประกอบดังนี้

1) ตรรกะ (Logic) คือ ความสามารถในการใช้ความรู้เชิงเหตุผล

2) ขั้นตอนวิธี (Algorithms) คือ ความสามารถในการออกแบบชุดคำสั่งหรือลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาในการทำงาน

3) การแยกส่วนย่อยหรือส่วนประกอบของปัญหา (Decomposition) คือ ความสามารถในการแยกปัญหาหรือระบบออกเป็นส่วน ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการกับปัญหา

4) รูปแบบ (Pattern) คือ ความสามารถในการหารูปแบบของวิธีแก้ปัญหา เพื่อคาดการณ์คำตอบ

5) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) คือ ความสามารถในการระบุสิ่งที่เป็นส่วนสำคัญหรือรูปแบบทั่วไปของปัญหาโดยไม่สนใจรายละเอียดที่ไม่จำเป็น

6) การประเมินผล (Evaluation) คือ ความสามารถในการติดสินประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา

Code.org (2015) องค์กรไม่แสวงหาผลกำไรแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา มีเป้าหมายที่จะนำความรู้วิทยาการทางคอมพิวเตอร์เข้าไปในการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยได้แบ่งองค์ประกอบที่สำคัญของการคิดเชิงคำนวณไว้ดังนี้

1) การแยกส่วนย่อยปัญหา (Decompose) คือ ความสามารถในการแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อย

2) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) คือ ความสามารถในการดึงลักษณะเฉพาะของปัญหาออกและพิจารณารูปทั่วไปของการแก้ปัญหา เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในหลากหลายปัญหา

3) ความสัมพันธ์ของรูปแบบ (Pattern Matching) คือ ความสามารถในการสังเกตและค้นหาความเหมือนของสิ่งต่าง ๆ

4) ขั้นตอนวิธี (Algorithm) คือ ความสามารถในการสร้างชุดขั้นตอนที่ทำให้บรรลุงานหรือปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้

เซลบี้ (Selby : 2015) ได้นำเสนอองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณประกอบด้วย การแยกส่วนปัญหา (Decomposition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) และการประเมินผล (Evaluation) โดยสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณดังกล่าวกับระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม (Bloom's Taxonomy) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการคิดเชิงคำนวณและระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม

องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ	**ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม**
-	ความรู้ความจำ (Knowledge)
-	ความเข้าใจ (Comprehension)
การแยกส่วนปัญหา และการคิดเชิงนามธรรม	การนำไปใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis)
การออกแบบขั้นตอนวิธี	การสังเคราะห์ (Synthesis)
การประเมินผล	การประเมินผล (Evaluation)

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2559) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาประกอบด้วยการใช้ทักษะย่อย 4 ประการ ได้แก่ 1) การแยกย่อย (Decomposition) เช่น แตกปัญหาหรือกระบวนการออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการได้ง่ายขึ้น จัดได้ว่าเป็นการใช้ความคำวิเคราะห์ 2) การจดรูปแบบ (Pattern Recognition) เพื่อดูความเหมือนความต่างของรูปแบบการ เปลี่ยนแปลง

ทำให้ทราบแนวโน้มเพื่อทำนายไปข้างหน้าได้ เช่น ผู้เล่นหุ้นดูราคาทองคำกับตลาดหุ้นกลุ่มพลังงานจะเห็นรูปแบบที่สัมพันธ์กับราคาน้ำมัน เป็นต้น จัดเป็นการใช้ความคิดวิเคราะห์ที่เชื่อมโยง 3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นทักษะที่ช่วยให้เข้าใจภาพทั่วไปทำให้ได้หลักการที่ เกิดรูปแบบขึ้น ทักษะนี้ช่วยชักนำให้ผุดคำตอบเชิงนามธรรมขึ้นมาเองเป็นทักษะสำคัญที่ทำให้เกิดหลักความรู้หรือทฤษฎี 4) การออกแบบขั้นตอน (Algorithm Design) เป็นทักษะที่สร้างลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหา ทำให้ทราบว่าต้องทำอะไรก่อนและหลัง

โรดริเกซ (Rodriguez B. R., 2015) ได้ออกแบบการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ในกิจกรรมการเรียนวิทยาการคอมพิวเตอร์แบบถอดสาย (Computer Science Unplugged) โดยได้แบ่งองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณไว้ 5 องค์ประกอบด้วยกัน ได้แก่ การแทนค่าข้อมูล (Data Representation) การแยกส่วนย่อย (Decomposition) การหารูปแบบ (Pattern Recognition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และการคิดขั้นตอนวิธี (Algorithmic Thinking)

ซาดิค, เลฟวิช, และ นาดิรุซซามัน (Sadik, Leftwich, and Nardiruzzaman. : 2016) ได้สรุปองค์ประกอบย่อยของการคิดเชิงคำนวณ โดยแสดงความหมายของแต่ละองค์ประกอบ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงองค์ประกอบย่อยของการคิดเชิงคำนวณ

องค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ	**ความหมาย**
การแยกส่วนย่อย (Decomposition)	แบ่งข้อมูล วิธีการ หรือปัญหาออกเป็นส่วนย่อยที่สามารถจัดการได้ง่ายขึ้น
การหารูปแบบ (Pattern recognition)	สังเกตรูปแบบ แนวโน้ม สามารถ ค้นหาความเหมือนของชุดข้อมูลหรือ รูปแบบของวิธีแก้ปัญหา
การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)	การระบุหลักการทั่วไป ซึ่งสามารถสร้างรูปแบบของวิธีแก้ปัญหา
ขั้นตอนวิธี (Algorithms)	สร้างลำดับก่อนหลังของวิธีการ การแก้ปัญหาที่ชัดเจน
การประเมินผล (Evaluation)	ทดสอบ และพิสูจน์ความถูกต้องของ วิธีการแก้ปัญหา

เบอธอน, เคลียรี และ คิสซานทัส (Burton E. E. P. & Cleary T. J. & Kitsantas A., 2018) ได้นำเสนอองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ประกอบด้วย การแบ่งปัญหาหรือข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้ง่ายต่อการแก้ปัญหามากขึ้น (Decomposition) การค้นหาและจำรูปแบบหรือ

แนวโน้ม (Pattern Recognition) การสร้างชุดคำสั่ง ที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน (Algorithms) และการบอกหลักการทั่วไปที่สามารถ สร้างรูปแบบของวิธีแก้ปัญหา (Abstraction)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้จัดทำแบบเรียนสำหรับนักเรียนไทยและนำเสนอว่า การคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) เป็นความสามารถพื้นฐานของการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและได้กำหนดองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณไว้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1) การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองานออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น

2) การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบ แนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหาและพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา

3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ

4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจนจากการศึกษาองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณของนักการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ พบว่ามีลักษณะขององค์ประกอบที่สอดคล้องและคล้ายคลึงกัน โดยเมื่อพิจารณาองค์ประกอบตรรกะ (Logic) นั้นวิเคราะห์ได้ว่าเป็นความสามารถที่ถูกใช้กับการหารูปแบบเนื่องจากต้องหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการพิจารณาความเหมือนหรือความคล้ายของรูปแบบและองค์ประกอบการประเมินผล (Evaluation) วิเคราะห์ได้ว่าเป็นความสามารถที่ถูกใช้ร่วมกับการออกแบบขั้นตอนวิธี เนื่องจากในการออกแบบขั้นตอนวิธีนั้นต้องดำเนินการโดยใช้การตัดสินใจและประเมินขั้นตอนที่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยมีลักษณะขององค์ประกอบย่อยที่สำคัญ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (decomposition) การหารูปแบบ(Pattern recognition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงการสังเคราะห์องค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณ

องค์ประกอบของ ทักษะการคิดเชิงคำนวณ	องค์กรBarefoot (2014)	องค์กร Code.org (2015)	สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2559)	Burton, Cleary and Kitsantas (2018	สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	ผู้วิจัย
ตรรกะ (Logic)	√					
การแยกส่วนย่อย (Decomposition)	√	√	√	√	√	√
การหารูปแบบ (Pattern recognition)	√	√	√	√	√	√
การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)	√	√	√	√	√	√
ขั้นตอนวิธี (Algorithms)	√	√	√	√	√	√
การประเมินผล (Evaluation)	√					

4.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ในแวดวงสาระวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณให้กับนักเรียน โดยมีแนวทางที่สำคัญดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยการเขียนโปรแกรมเกมหรือหุ่นยนต์ (Programming Game or Robot) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและหุ่นยนต์ควบคู่กับการเขียนหรือสร้างคำสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานให้ได้ตามที่ต้องการด้วยภาษาที่คอมพิวเตอร์เข้าใจ โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาการคอมพิวเตอร์และฝึกฝนการคิดเชิงคำนวณไปพร้อม ๆ กัน การจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้เหมาะสมกับสาระวิชาที่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดการเรียนการสอน และโรงเรียนที่มีความพร้อมทางด้านเทคโนโลยี (Weinberg, 2013)

2. การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณแบบถอดสาย (Computational Thinking Unplugged Activities) เป็นการจัดการเรียนรู้ในแวดวงวิทยาการคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่งโดยไม่ใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า อินเทอร์เน็ต คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ใน

การจัดการเรียนรู้กิจกรรมการเรียนรู้มุ่งพัฒนานักเรียนให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณโดยเฉพาะซึ่งแต่ละกิจกรรมจะส่งเสริมความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ เช่น กิจกรรมการแยกส่วนประกอบ (Decomposition Activity) ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้จำแนกปัญหาตามที่ครูกำหนดไว้ในใบงานและทำการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาตามหัวข้อที่ได้รับ ซึ่งกิจกรรมนี้ออกแบบมาเพื่อพัฒนาความสามารถทางด้านการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) การใช้ขั้นตอนวิธี (Algorithms) เป็นต้น โดยการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้เหมาะสมกับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา (Brackmann C. P. & Gonzalez M. R. & Robles G. & Leon J. M., 2017)

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การเขียนโปรแกรมผ่านกระดาษ (Paper and Pencil Programming Strategy) เป็นวิธีการสอนในวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่สอนนักเรียนเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมโดยไม่ใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเขียนแผนผัง (Diagrams) การเขียนสัญลักษณ์หรือรูปแทน (Symbols) การสร้างแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน (Flowcharts) หรือวิธีการอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการเขียนลงกระดาษ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การสร้างการนำไปใช้หรือทดสอบและการแก้ไขข้อบกพร่อง โดยการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้เหมาะสมกับนักเรียนในระดับอุดมศึกษา (Kim B. & Kim, 2013)

4. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยมีการเชื่อมโยงสถานการณ์เข้ากับองค์ความรู้ จากนั้นดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนตามกระบวนการเชิงวิศวกรรม โดย Palts and Pedaste (2015) กล่าวว่า ลักษณะของกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณควรเริ่มจากการกำหนดหรือนิยามปัญหา จากนั้นจึงหาวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและเลือกวิธีแก้ปัญหา ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเหมาะสำหรับการเรียนการสอนในสาขาวิทยาศาสตร์ โดยมีการผสมผสานสาระวิชาเทคโนโลยี วิศกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าไว้ด้วยกัน

กล่าวโดยสรุป แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณมีหลากหลายรูปแบบดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจและเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม เนื่องจากสามารถจัดการเรียนรู้โดยนำสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงเชื่อมโยงกับเนื้อหาวิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) มุ่งเน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาวิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) โดยสามารถสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรมตามแนวทางของ Reeve (2015) ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 สรุปขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	ลักษณะการจัดกิจกรรม	องค์ประกอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
1. การระบุปัญหาความท้าทาย	ระบุสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับ ชีวิตประจำวันแล้วนำไปสู่การตั้งปัญหาที่ต้องการแก้ไข ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด	การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา
2. การค้นหาแนวคิด	วิเคราะห์หรือแยกแยะปัญหา และศึกษาองค์ความรู้ซึ่งมาจากการค้นคว้าด้วยตนเอง และได้รับการถ่ายทอดจากครู หรือผู้เชี่ยวชาญประกอบกันเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา	
3. การออกแบบและสร้าง	ร่วมกันออกแบบระดมความคิดวิเคราะห์ และเลือกหรือคัดกรองวิธีการแก้ปัญหาที่ เหมาะสม จากนั้นลงมือสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการ แก้ปัญหา	การหารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม การออกแบบขั้นตอนวิธี
4. ขั้นวางแผนและดำเนินการ	เป็นการนำร่างแนวคิดที่ผ่านการเลือกแล้วว่าเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมที่สุดในการจะนำไปปฏิบัติไป จัดทำรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงาน	การออกแบบขั้นตอนวิธี
5. การทดสอบและประเมินผล	ทดสอบ ประเมินผลงาน จากนั้นปรับปรุงแก้ไขผลงาน หรือวิธีแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่ การแก้ปัญหาที่ดีขึ้น	การออกแบบขั้นตอนวิธี
6. การนำเสนอผลการดำเนินงาน	นำเสนอวิธีการดำเนินงานและผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการประมวลความรู้และทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหามาตลอด	การออกแบบขั้นตอนวิธี

4.4 แนวทางการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

สำหรับแนวทางการการสร้างแบบประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ สามารถจัดทำได้หลายรูปแบบ อาทิเช่น การสอบข้อเขียน (Paper and Pencil Tests) การวิเคราะห์ชิ้นงาน (Analysis of Artifacts Produced) เป็นต้น

เบียนคอฟสกี้ (Bienkowski M. e. a., 2015) Bebras tasks เป็นหนึ่งในเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณรูปแบบการสอบข้อเขียนประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choices) โดยแบบทดสอบวัดแต่ละหัวข้อถูกสังเคราะห์ มาเพื่อวัดบางองค์ประกอบหรือทุก

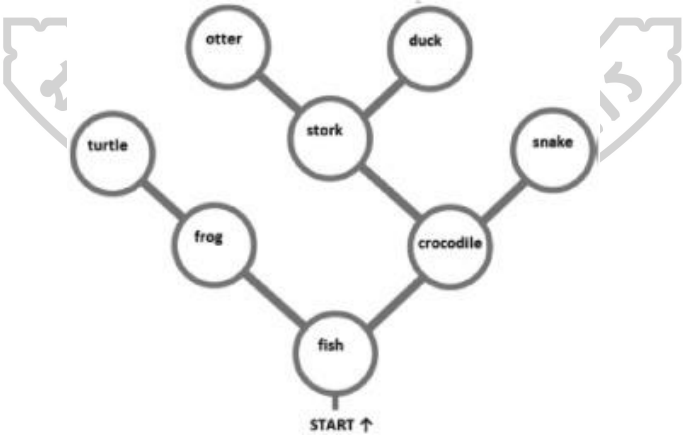
องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (Components of Computational Thinking) ที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา โดยแสดงตัวอย่าง แบบทดสอบได้ดังนี้ (Dolgopolovas V. & Jevsikova T. & Savulioniene L. & Dagiene V., 2015) ตัวอย่างแบบทดสอบหัวข้อ Beaver in his canoe ใน Bebras tasks ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

สถานการณ์ : บีเวอร์ตัวหนึ่งกำลังพายเรือแคนูอยู่ในแม่น้ำซึ่งประกอบไปด้วยทะเลสาบเล็ก ๆ ที่ถูกเชื่อมต่อด้วยแม่น้ำแสดงดังรูป บีเวอร์ชอบทุกทะเลสาบและต้องคิดขั้นตอนวิธีในการไปถึงทุกทะเลสาบ มันรู้ว่าแต่ละทะเลสาบมีแม่น้ำมากที่สุดได้เพียงสามสายที่เชื่อมต่อทะเลสาบอยู่ เมื่อบีเวอร์เริ่มพายเรือมาถึงทะเลสาบแต่ละแห่งและต้องการพายเรือไปต่อ มันจะต้องตัดสินใจตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1) ถ้ามีแม่น้ำสองสายที่มันยังไม่เคยไป มันจะพายเรือไปตามแม่น้ำที่อยู่ด้านซ้ายมือ

2) ถ้ามีแม่น้ำเพียงแค่สายเดียวที่มันยังไม่เคยไป มันจะพายเรือไปตามแม่น้ำสายนั้น

3) ถ้าบีเวอร์เคยพายเรือผ่านแม่น้ำทุกสายที่อยู่รอบทะเลสาบแล้ว มันจะพายเรือจากทะเลสาบที่มันอยู่ไปยังทะเลสาบก่อนหน้าที่มันเคยอยู่ บีเวอร์จะหยุดการพายเรือแคนู ถ้ามันพบทุกอย่างที่มันต้องการและพายเรือกลับมายังจุดเริ่มต้น โดย ในแต่ละทะเลสาบบีเวอร์จะพบกับสัตว์แต่ละชนิดที่แตกต่างกันแสดงดังรูป และบีเวอร์จะเขียนบันทึก ชื่อสัตว์แต่ละชนิดที่เจอในครั้งแรกตลอดเส้นทางจนกว่าจะไปถึงครบทุกทะเลสาบ



ภาพที่ 6 แผนภาพตัวอย่างแบบทดสอบ Bebras tasks แสดงแผนผังของแม่น้ำและทะเลสาบ (ที่มา: Dolgopolovas et al., 2015)

คำถาม : ข้อใดเป็นลำดับสัตว์ที่บีเวอจะเขียนบันทึกลงไปในการเดินทางครั้งนี้

a. ปลา กบ จระเข้ เต่า นกกระสา งู นาก เป็ด

b. ปลา จระเข้ งู นกกระสา เป็ด นาก กบ เต่า

c. ปลา กบ เต่า จระเข้ นกกระสา นาก เป็ด งู

d. ปลา กบ เต่า

สำหรับคำตอบที่ถูกต้องคือ ตัวเลือก c. ปลา กบ เต่า จระเข้ นกกระสา นาก เป็ด งู และสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาในตัวอย่างดังกล่าวได้ดังนี้

1) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) : เข้าใจรูปแทนของระบบจริง (Real Objects) สำหรับตัวอย่างได้แก่ การใช้โครงสร้างต้นไม้ทวิภาค (Binary Tree) แทนลักษณะของทะเลสาบและแม่น้ำ

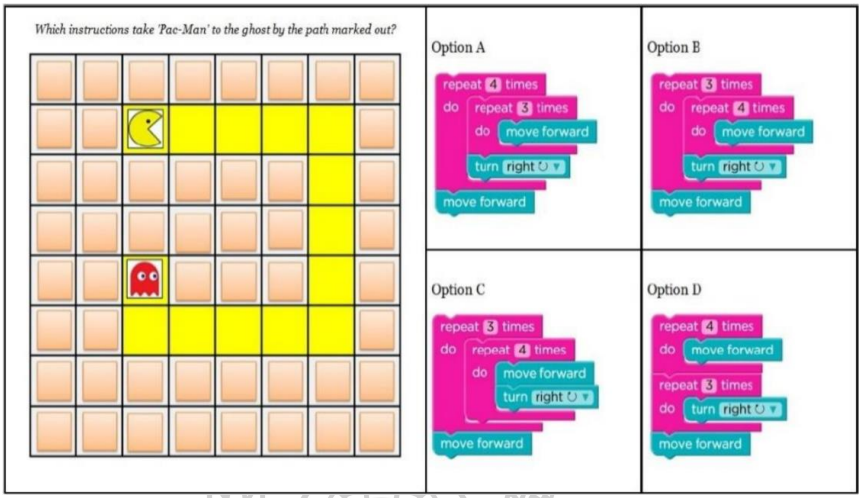
2) การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) : ตรวจสอบเงื่อนไขแต่ละข้อและนำไปใช้แก้ปัญหาตามโครงสร้างต้นไม้แต่ละส่วน

3) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) : สำหรับตัวอย่างดังกล่าวไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างหรือพัฒนาขั้นตอนวิธีแต่การระบุคำตอบได้ถูกต้องแสดงให้เห็นถึงการเข้าใจและมีการวางลำดับขั้นตอนวิธีในการบรรลุงานหรือแก้ไขปัญหา

Brackmann, Gonzalaz, Robles and Leon (2017) ได้ออกแบบเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยสร้างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณรูปแบบการสอบข้อเขียนประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choices) ซึ่งในแบบทดสอบแต่ละข้อสามารถวิเคราะห์การประเมินองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังตัวอย่างนี้

ตัวอย่างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของ Brackmann, Gonzalaz, Robles and Leon (2017) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

คำถาม : ชุดคำสั่งใดที่สามารถนำแพ็คแมนไปสู่ผีได้ตามเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้



ภาพที่ 7 ตัวอย่างคำถามจากแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของ Brackmann
(ที่มา: Brackmann et al., 2017)

จากแผนภาพที่ 7 คำตอบที่ถูกต้องคือตัวเลือก B และสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

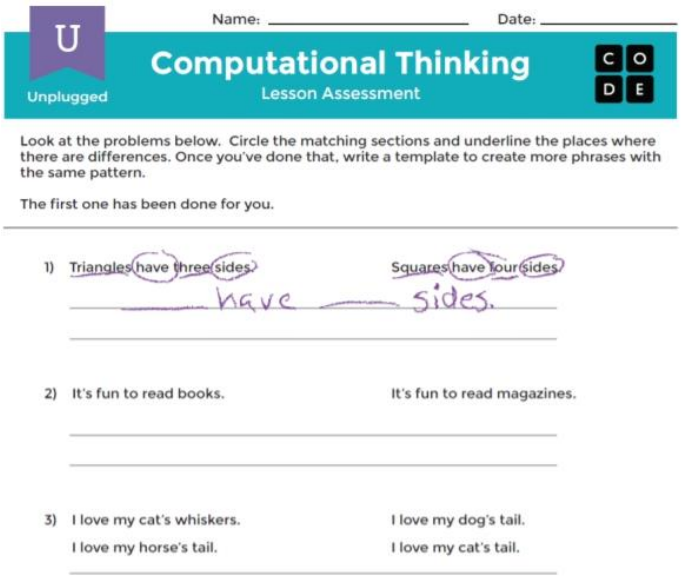
1) การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) : วิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่และแบ่งช่องการเคลื่อนที่แต่ละก้าวของแพ็คแมนไปสู่การกินผี

2) การหารูปแบบ (Pattern Recognition) : หารูปแบบการเคลื่อนที่ซ้ำของแพ็คแมนภายในเส้นทางที่กำหนดได้ (เดินหน้า 4 ครั้ง และเลี้ยวขวา 1 ครั้ง)

3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) : มุ่งความสนใจไปที่ลักษณะการแก้ปัญหากล่าวคือสนใจเฉพาะเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้เท่านั้น เพื่อนำไปสู่ชุดคำสั่งของเส้นทางดังกล่าว

4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) : พิจารณาขั้นตอนวิธีที่สามารถทำให้แพ็คแมนเดินทางไปกินผีได้

องค์กร Code.org (2015) ได้แสดงตัวอย่างวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นแบบวัดรูปแบบการสอบข้อเขียนประเภทการเขียนตอบแบบอัตนัยแสดงตัวอย่างดังแผนภาพที่ 8



U Unplugged

Name: _____ Date: _____

Computational Thinking

Lesson Assessment

C O D E

Look at the problems below. Circle the matching sections and underline the places where there are differences. Once you've done that, write a template to create more phrases with the same pattern.

The first one has been done for you.

1) Triangles have three sides. Squares have four sides.

_____ have _____ sides.

2) It's fun to read books. It's fun to read magazines.

3) I love my cat's whiskers. I love my dog's tail.
I love my horse's tail. I love my cat's tail.

ภาพที่ 8 ตัวอย่างแบบวัดรูปแบบการสอบข้อเขียนประเภทการเขียนตอบแบบอัตนัย
(ที่มา: Code.org, 2017)

ตัวอย่างแบบทดสอบดังกล่าวมีคำสั่งให้นักเรียนวงกลมส่วนย่อยของประโยคที่มีความเหมือนกันและขีดเส้นใต้ส่วนย่อยของประโยคที่แตกต่างกัน จากนั้นใช้โครงสร้างคำที่เป็นรูปแบบของประโยคเขียนประโยคใหม่ขึ้นมาสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

1) การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) : นักเรียนสามารถแยกคำออกเป็นส่วนที่มีความเหมือนและแตกต่างกันระหว่างประโยคใด ๆ ที่โจทย์กำหนด

2) การหารูปแบบ (Pattern Recognition) : นักเรียนสามารถระบุคำที่เหมือนกันในแต่ละประโยคได้

Rodriguez B. R. (2015) ได้ออกแบบเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยสร้างเครื่องมือวัดแบบการสอบข้อเขียน (Paper and Pencil Test) ลักษณะให้เขียนตอบแบบอัตนัยและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Rubric Scoring) สามารถแสดงแบบวัดได้ดังตัวอย่างแบบทดสอบต่อไปนี้ ตัวอย่างแบบทดสอบการค้นหาและแก้ไขข้อผิดผลาดของ Rodriguez คอมพิวเตอร์เก็บข้อมูลแบบระบบเลขฐานสองแม้แต่ตัวอักษร A-Z ก็ถูกเก็บในลักษณะของระบบเลขฐานสองในบางครั้งคอมพิวเตอร์ก็เกิดข้อผิดพลาดในการส่งและรับข้อมูล การค้นหาข้อผิดผลาด (Error Detection) ก่อนที่จะแปลงข้อมูลระบบเลขฐานเป็นอักษรนั้น จำเป็นต้องตรวจสอบว่าชุดข้อมูลมีข้อผิดพลาดหรือไม่โดยใช้วิธีการตรวจสอบแบบ parity bits คอลัมน์ทางด้านขวาสุดและแถว

ล่างสุดของตารางคือ parity bits หมายเหตุ : วิธีการเติม parity bit คือให้เติม 0 ถ้าชุดเลขฐานสองนั้น ๆ ประกอบด้วยเลข 1 เป็น จำนวนคู่และให้เติม 1 ถ้าชุดเลขฐานสองนั้น ๆ ประกอบด้วยเลข 1 เป็นจำนวนคี่

คอมพิวเตอร์เก็บข้อมูลแบบระบบเลขฐานสองแม้แต่ตัวอักษร A-Z ก็ถูกเก็บในลักษณะของระบบเลขฐานสองในบางครั้งคอมพิวเตอร์ก็เกิดข้อผิดพลาดในการส่งและรับข้อมูลการค้นหาข้อผิดผลาด (Error Detection)

ก่อนที่จะแปลงข้อมูลระบบเลขฐานเป็นอักษรนั้นจำเป็นต้องตรวจสอบว่าชุดข้อมูลมีข้อผิดพลาดหรือไม่โดยใช้วิธีการตรวจสอบแบบ parity bits คอลัมน์ทางด้านขวาสุดและแถวล่างสุดของตารางคือ parity bits หมายเหตุ : วิธีการเติม parity bit คือให้เติม 0 ถ้าชุดเลขฐานสองนั้น ๆ ประกอบด้วยเลข 1 เป็น จำนวนคู่ และให้เติม 1 ถ้าชุดเลขฐานสองนั้น ๆ ประกอบด้วยเลข 1 เป็นจำนวนคี่ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงการเติม parity bit

0 0 0 1 0	0 0 0 0 0	1 0 0 0 1	0
0 0 0 1 1	0 1 1 1 0	0 0 1 1 0	1
0 0 0 0 1	0 1 0 0 0	1 0 0 1 1	1
0 0 0 0 0	0 0 1 1 0	0 0 1 1 0	0

การแก้ไขข้อผิดพลาด (Error Correction)

หลังจากทราบข้อผิดพลาด จึงสั่งให้คอมพิวเตอร์ส่งกลับชุดตัวเลขที่ผิดพลาดออกไปและคอมพิวเตอร์ตอบกลับมาด้วยเลขชุดใหม่คือ 1 0 0 1 1 1 จงระบุชุดเลขฐานสองที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการแปลงข้อมูลและเขียนเลขชุด 1 0 0 1 1 บนตัวเลขชุดเดิมที่มีข้อผิดพลาดทับลงไปพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของ parity bit อีกครั้ง

ถ้ามั่นใจว่าไม่มีข้อผิดพลาดอะไรอีกแล้ว ให้ถอดรหัสชุดเลขในแต่ละแถวออกมาเป็นตัวอักษรโดยใช้ตารางแปลงข้อมูลด้านล่างในการถอดรหัสเป็นข้อความตัวอักษร (ไม่ต้องแปลงชุดเลข parity bit ที่อยู่คอลัมน์ด้านขวาสุดและแถวล่างสุดของตาราง)

ตารางที่ 10 แสดงการแปลงข้อมูล

A: 00000	E: 00100	I: 01000	M: 01100	Q: 10000	U: 10100	
B: 00001	F: 00101	J: 01001	N: 01101	R: 10001	V: 10101	Y: 11000
C: 00010	G: 00110	K: 01010	O: 01110	S: 10010	W: 10110	Z: 11001
D: 00011	H: 00111	L: 01011	P: 01111	T: 10011	X: 10111	

เมื่อเราต้องการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ เราจำเป็นต้องเติม parity bits ในชุดเลขฐานสอง ก่อนส่ง จงเติม parity bits ลงในคอมลัมน์และแถวที่ว่างในตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 11 แสดงตารางสำหรับเติม parity bits

1 0 0 1 1	0 0 0 0 0	0 0 1 1 0	
0 1 1 0 0	1 0 1 0 0	0 0 1 1 0	
1 0 0 0 1	0 1 1 1 0	1 0 0 1 1	

แบบทดสอบชุดนี้ถูกออกแบบเพื่อวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) และการหารูปแบบ (Pattern Recognition) (Rodriguez, 2015)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การออกแบบการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณสามารถสร้างสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาในการประเมินที่ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกถึงทักษะในการคิดเชิงคำนวณด้านต่าง ๆ และมีแนวทางการสร้างเครื่องมือประเมินความทักษะในการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งสามารถออกแบบได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณลักษณะให้เลือกตอบ (Multiple Choices) และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ลักษณะให้เขียนตอบซึ่งเป็นแบบประเมินประเภทอัตนัย

4.5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

นักการศึกษาได้ออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณตามลักษณะของแบบวัด ดังนี้

1. เกณฑ์การให้คะแนนแบบ 0-1 หรือ ตอบผิดได้ 0 คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน โดย (Kuder - Richardson formulas) เป็นการให้คะแนนในลักษณะแบบประเมินประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choices) โดยให้คะแนนเพียงสองค่าในแต่ละข้อคำถาม (Dolgopolovas et al., 2015; Brackmann et al., 2017)

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค เป็นการให้คะแนนในลักษณะเป็นแบบประเมินประเภทอัตนัย โดย Rodriguez (2015) ได้ออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อคำถามเป็นช่วงจำนวน 3 ช่วง ตั้งแต่ 1-3 คะแนน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคในแต่ละข้อคำถามจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานการณ์ปัญหาของแต่ละข้อคำถามโดยเฉพาะแสดงเกณฑ์คะแนนแบบรูบริคของ Rodriguez ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เกณฑ์คะแนนแบบรูบริคของแบบทดสอบการค้นหาและแก้ไขข้อผิดพลาดของ Rodriguez

ข้อคำถามที่	เกณฑ์คะแนน		
	(3)	(2)	(1)
1	นักเรียนระบุข้อผิดพลาดได้อย่างถูกต้อง 1 ตำแหน่งเท่านั้น และสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดนั้นได้ถูกต้องโดยใช้ชุดตัวเลขที่ถูกส่งกลับไปแทนชุดตัวเลขที่มีข้อผิดพลาด	นักเรียนระบุข้อผิดพลาดได้ 2 ตำแหน่งหรือมากกว่านั้น หรือแก้ไขข้อผิดพลาดโดยเปลี่ยนตัวเลขในแถวหรือคอลัมน์ที่เป็น parity bits	นักเรียนไม่ระบุข้อผิดพลาด หรือไม่แก้ไขข้อผิดพลาดในตาราง
2	นักเรียนเติม parity bits ได้ถูกต้องสมบูรณ์ทุกตำแหน่ง	นักเรียนเติม parity bits ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ทุกตำแหน่ง	นักเรียนไม่พยายามเติมหรือไม่สามารถเติม parity bits ได้ถูกต้องเลย

กล่าวโดยสรุปได้ว่า เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณสามารถออกแบบได้สองลักษณะแบ่งตามประเภทของแบบประเมิน ได้แก่ การให้คะแนนแบบ 0-1 ซึ่งเป็นแบบประเมินประเภทการเลือกตอบ และการให้คะแนนแบบรูบริค ซึ่งเป็นแบบประเมินประเภทอัตนัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบการให้คะแนน 0-1 ซึ่งเป็นแบบประเมินประเภทเลือกตอบตามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

4.6 การประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ในการประเมินระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณนั้น ผู้วิจัยได้ออกแบบการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณไว้จำนวน 30 ข้อ และเลือกใช้ทดสอบ 20 ข้อ องค์ประกอบการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ มีหัวข้อดังต่อไปนี้ 1. การคิดเชิงนามธรรม 2.การแยกส่วนประกอบของปัญหา 3.การหารูปแบบ 4. การออกแบบขั้นตอนวิธี โดยข้อที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดได้ 0 คะแนน โดยสามารถประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณในรายข้อคำถามได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ	จำนวน (ข้อ)
การคิดเชิงนามธรรม	4
การแยกส่วนประกอบของปัญหา	3
การหารูปแบบ	3
การออกแบบขั้นตอนวิธี	10

โดยข้อที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดได้ 0 คะแนน ซึ่งแบ่ง ออกเป็น 5 ระดับ สามารถแปลความหมายของแต่ละระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ ได้ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ระดับคะแนน	ความหมาย
17 - 20	ดีมาก
13 - 16	ดี
9 - 12	พอใช้
5 - 8	ค่อนข้างต่ำ
0 - 4	ต่ำ

ในการทำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณจากที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น สามารถแปลผลระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ จากตารางที่ 13 ได้ดังต่อไปนี้

คะแนน 17 – 20 หมายความว่า มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ ดีมาก

คะแนน 13 – 16 หมายความว่า มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ ดี

คะแนน 9 – 12 หมายความว่า มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ พอใช้
คะแนน 5 – 8 หมายความว่า มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ ค่อนข้างต่ำ
คะแนน 0 – 4 หมายความว่า มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ ต่ำ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

ธีรภพ แสงศร (2556) ศึกษาเรื่อง การสร้างบทเรียนออนไลน์ วิชาจิตวิทยาการศึกษา สำหรับ นักศึกษาปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างบทเรียน ออนไลน์วิชาจิตวิทยาการศึกษาสำ หรับนักศึกษา ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนจากบทเรียนออนไลน์ และศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาทีมี ต่อบทเรียน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย (1) บทเรียนออนไลน์ วิชาจิตวิทยาการศึกษา (2) แบบทดสอบ หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (3) แบบวัดความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อบทเรียน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา ระดับปริญญาตรีต่อเนื่อง ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่ จำ นวน 44 คนผลการวิจัยพบว่าบทเรียนออนไลน์ วิชาจิตวิทยาการศึกษา ที่สร้างขึ้นมีเกณฑ์คุณภาพดี นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อบทเรียนมีค่าเท่ากับ 3.79 อยู่ใน ระดับพึงพอใจมาก (3) สถิติที่ใช้ในการศึกษา คือค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีผลการศึกษาดังนี้ บทเรียนออนไลน์ วิชา จิตวิทยาการศึกษา ที่สร้างขึ้นมีเกณฑ์คุณภาพดี นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อบทเรียน มีค่าเท่ากับ 3.79 อยู่ในระดับพึงพอใจมาก

พงษ์ลือฤทธิ์ มีที (2557) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องการออกแบบโมชันกราฟิก เรื่องปัญหาคอร์รัปชันในสังคมไทย มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อพัฒนางานสื่อโมชันกราฟิก เรื่องปัญหาคอร์รัปชันในสังคมไทย เพื่อประเมิน คุณภาพงานสื่อโมชันกราฟิก เรื่องปัญหาคอร์รัชันในสังคมไทย ผลการศึกษาพบว่า 1) ผลจากการออกแบบโมชันกราฟิก เรื่องปัญหาคอร์รัปชันในสังคมไทย ได้สื่อโมชันกราฟิกในรูปแบบไฟล์วิดีโอ มีความยาว 9 นาที การดำเนินประกอบไปด้วย ตัวละคร 5 ตัว เนื้อเรื่องแสดงถึงเรื่องราวปัญหาคอร์รัปชันในสังคมไทย 2) ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิก เรื่อง ปัญหาคอร์รัปชันในสังคมไทย จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$ =4.37, SD. = 0.62)

สุโรทัย แสนจันทรแดงและธวัชชัย สหพงษ์ (2559) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องการพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่องการเลิกทาสในสมัยรัชกาลที่ 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่องการเลิกทาส

ในสมัยรัชกาลที่ 5 ให้มีคุณภาพและเพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย มีผู้เชี่ยวชาญด้านโมชันกราฟิกประเมินคุณภาพเครื่องมือ จำนวน 3 คน และ นักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้คือโมชันกราฟิก เรื่อง การเลิกทาสในสมัยรัชกาลที่ 5 แบบประเมินคุณภาพและแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการประเมินคุณภาพโมชันกราฟิก เรื่อง การเลิกทาสในสมัยรัชกาลที่ 5 มีผลการประเมินรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$ = 4.10, SD. = 0.52) พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด คือ การออกแบบตัวละคร ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก คือ ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหาบทดำเนินเรื่อง การออกแบบฉากสีสันของสื่อโมชันกราฟิก มีความเหมาะสม ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอ ความเหมาะสมการเรียบเรียงเนื้อหาบทดำเนินเรื่อง ความน่าสนใจของสื่อ ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการนำเสนอและผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง คือ เสียงบรรยายที่ใช้ ประกอบเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างภาพกับบทดำเนินเรื่องตามลำดับ ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อโมชันกราฟิก เรื่อง การเลิกทาสในสมัยรัชกาลที่ 5 มี ผลการประเมินรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$ =4.65, SD. = 0.52)

อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 42 คน โดยจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ในหน่วยการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ใช้เวลา 25 คาบเรียน ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีร้อยละคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนอยู่ในระดับดีมาก นักเรียนมีร้อยละคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีร้อยละคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนอยู่ ในระดับดี

พงษ์พิพัฒน์ สายทอง (2560) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่อง การพัฒนาโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรระดับปริญญาตรี คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหลักสูตรระดับปริญญาตรี คณะวิทยาการสารสนเทศ และพัฒนาโมชันอินโฟกราฟิก ศึกษาความเห็นของกลุ่มเป้าหมายหลังทดลองใช้โมชันกราฟิกประชาสัมพันธ์หลักสูตร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ได้แก่ อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรระดับปริญญาตรี คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 6 คน ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ครูแนะแนวจำนวน 105 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 420 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบหลาย

ขั้นตอน โดยผลการวิจัยพบว่า 1) ข้อมูลหลักสูตรที่นำมาเป็นกรอบในการออกแบบและพัฒนาโมชันอินโฟกราฟิก ได้แก่ ปรัชญาหลักสูตร ความรู้พื้นฐานของผู้เข้าศึกษา การจัดการเรียนการสอนและโอกาสในการประกอบอาชีพ 2) ผลการประเมินโมชันอินโฟกราฟิกของผู้เชี่ยวชาญโดยรวมอยู่ในระดับมีคุณภาพดีมาก 3) หลังทดลองใช้โมชันอินโฟกราฟิก ครูแนะแนวมีความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และนักเรียนมีความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมาก

วิชชาวุธ อุ่นสิม (2560) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีกลุ่มเป้าหมายในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 47 คน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้าสถิต ใช้เวลา 15 คาบเรียน จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนส่วนน้อยมีคะแนนพัฒนาการในทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณลดลงคิดเป็นร้อยละ 19 ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากนักเรียนให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทำข้อสอบเป็นหลักจึงขาดความสนใจในกิจกรรมที่ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ ในขณะที่นักเรียนส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 81 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย มีพัฒนาการในทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

อภิญญา สิงห์โต (2563) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อสร้างและประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก เมื่อนำกิจกรรมไปทดลองใช้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.49/77.98 2) ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ (2562) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา และเพื่อประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางน้อย (แจ่มประชานุกูล) ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย

จำนวน 22 คน ผลวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีและมีพัฒนาการสูงขึ้น 3) ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานอยู่ในระดับดี

ตรีประเสริฐ แสงศรีเรือง (2563) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่องหินและการเปลี่ยนแปลง มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่องหินและการเปลี่ยนแปลง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่องหินและการเปลี่ยนแปลง และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่องหินและการเปลี่ยนแปลง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่องหินและการเปลี่ยนแปลง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพ 79.08/82.67 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่องหินและการเปลี่ยนแปลง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อยู่ในระดับมากสุด ($\overline{x}$ = 4.68, S.D. = 0.46)

ชยามร กลัดทรัพย์ (2563) ศึกษาผลการใช้โมชันอินโฟกราฟิกร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง ภูมิศาสตร์ที่มีผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการทำงานร่วมกันของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนารีวิทยา ราชบุรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียน เพื่อศึกษาความสามารถในการทำงานร่วมกัน และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้โมชันอินโฟกราฟิกร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง ภูมิศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนารีวิทยา ราชบุรี ปีการศึกษา 2563 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากวิธีการสุ่มอย่างง่าย จากการศึกษาพบว่า 1) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการทำงานร่วมกันของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และ 3) ความพึงพอใจที่มีต่อโมชันอินโฟกราฟิกร่วมกับ

การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง ภูมิศาสตร์ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.08

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Werner, Denner, and Campe (2014) อธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้สำหรับการประเมินความคิดเชิงประมวลผลในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งถูกใช้ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมเกมเป็นการประเมินผลที่เป็นลำดับขั้นตอนเพื่อเสริมสร้างความรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำการทดลองกับนักเรียนจำนวน 311 คนโดยแบ่งออกเป็นปี 1 และปี 2 โดยปีหนึ่งนั้นใช้โปรแกรมที่ชื่อว่า Storytelling Alice (SA) ซึ่งพัฒนาโดยมหาวิทยาลัย Carnegie Mellon และปี 2 ใช้โปรแกรม Alice 2.2 โดยมีข้อจำกัดว่าโปรแกรม SA สามารถใช้งานได้บนคอมพิวเตอร์บนระบบปฏิบัติการวินโดว์เท่านั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ Alice โดย Alice เป็นโปรแกรมที่ควบคุมตัวละคร 3 มิติด้วยการใส่คำสั่งแบบลากวาง ผู้เรียนเรียนรู้แบบเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-Paced Learning) โดยการใช้หลักการ Scaffolding เข้ามาช่วยแก้ปัญหาหรือควบคุมตัวละครให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดให้ โดยในแต่ละเงื่อนไขหรือเหตุการณ์ ต้องนำความรู้เกี่ยวกับความคิดเชิงประมวลผลมาใช้ ความสามารถที่นำมาใช้คือ การคิดแบบนามธรรม (Abstraction) การเรียนรู้ตามต้นแบบ (Modeling) และใช้อัลกอริทึม (Algorithm) เพื่อใช้ในการควบคุม ตัวละครในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ค้นพบอุปสรรคของการนำสื่อการเรียนการสอนมาใช้โดยการระบุขั้นตอนของผู้เรียนในการวิเคราะห์หรือแก้ปัญหาตามงานที่กำหนดให้ โดยผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจ กับปัญหาก่อนถึงวิธีการหาคำตอบ ตามรูปแบบการวางเงื่อนไขของโปรแกรม Alice นอกจากนี้ผู้วิจัยยังหาวิธีการประเมินอื่น ๆ เพื่อช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดเชิงประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพได้

Daily et al. (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำเครื่องมือเทคโนโลยีที่ส่งเสริมการเรียนรู้มาพัฒนาความคิดเชิงประมวลผล โดยซอฟต์แวร์นั้นมีชื่อว่า Virtual Environment Interactions (VEnvI) เป็นซอฟต์แวร์ที่ผสมการควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละคร 3 มิติกับหลักการเขียนโปรแกรม การนำสภาพแวดล้อมเสมือนมาช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดเชิงประมวลผล การเชื่อมโยงการเคลื่อนไหว ของร่างกายระหว่างโลกจริงและเสมือนโดยใช้พื้นฐานการทำงานเป็นลำดับขั้นตอน การทำซ้ำ เป็นการได้ฝึกควบคุมการเคลื่อนไหวโดยได้เรียนรู้การเขียนโปรแกรมซึ่งเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่ช่วยเสริมสร้างความสามารถในการคิดเชิงประมวลผล

Roscoe, Fearn, and Posey (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการพัฒนาความคิดเชิงประมวลผลด้วยรูปแบบหรือวิธีต่าง ๆ โดยวิธีแรกเป็นการใช้ลักษณะของโลกเสมือนแล้วสร้างออกมาเป็นวัตถุจริงด้วยเครื่องปริ้นสามมิติ วิธีที่สองคือเป็นการฝึกการพัฒนาการสร้างแอปพลิเคชันควบคุมมือถือเพื่อให้เกิดการเรียนรู้และทดลองจริงกับสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวเช่นการควบคุมกล้องมือถือ และวิธีที่สาม

คือการเรียนรู้ด้วยวิธีการเชื่อมโยงหลายศาสตร์วิชาเพื่อใช้ในการพัฒนาหุ่นยนต์เช่นหลักการของอิเล็กทรอนิกส์ การใช้หลักการควบคุมฮาร์ดแวร์พื้นฐานด้วยการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น ปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาท สำคัญต่อชีวิตคนเรา ทั้งด้านการดำรงชีวิตความเป็นอยู่ การศึกษาและอื่น ๆ การประมวลผลจึงเกิดขึ้นตลอดเวลา เช่น มือถือสมาร์ทโฟน ระบบอิเล็กทรอนิกส์ ฉะนั้นการเข้าใจหรือการเลือกใช้เทคโนโลยี เหล่านี้จำเป็นต้องมีทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์เพื่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยความคิดเชิงประมวลผล เป็นสิ่งสำคัญเป็นการใช้หลักการของตรรกะกระบวนการอัลกอริทึมเพื่อเพิ่มศักยภาพและความสามารถให้กับผู้เรียน ปัจจุบันจึงได้มีหลายวิธีที่นำมาสนับสนุนหรือเสริมสร้างการเรียนรู้เพื่อก่อให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลเช่น การใช้โลกเสมือน การใช้ประยุกต์กับสิ่งรอบตัวดังเช่นมือถือและการปฏิบัติงานหรือถ่ายทอดความรู้ผ่านการควบคุมหุ่นยนต์ วิธีการเหล่านี้ได้ถูกบรรจุไว้ในหลักสูตร ในระดับการศึกษาขั้นต่าง ๆ จนถือว่าเป็นทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญในศตวรรษที่ 21

Zhang, Gao, Zou, and Bao (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการบูรณาการโดยนำรูปแบบที่ส่งเสริมให้เกิดความคิดเชิงประมวลผลกับสื่อมัลติมีเดียเพื่อช่วยเพิ่มทักษะให้กับผู้เรียน โดยเริ่มจากครูต้องใช้เวลาในการเตรียมการสอน สภาพแวดล้อมหรือทรัพยากรเพื่อเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนนั้นนำทักษะมาใช้วิธีการสอนโดยให้ผู้สอนได้กำหนดโจทย์หรือปัญหาขนาดใหญ่แล้วทำการแยกย่อยออกทีละส่วนผู้เรียน แก้ปัญหาจากขนาดเล็กผ่านสื่อเทคโนโลยีบนระบบเครือข่าย เพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนระหว่างผู้เรียน ลำดับต่อมาครูจะเสนอบทเรียนมัลติมีเดียเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจหรือดึงดูดใจกับเนื้อหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูสามารถติดตามผลของผู้เรียนผ่านระบบเครือข่ายผ่าน สุดท้ายครูสามารถตรวจสอบ ประเมินผู้เรียนหรือให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดผ่านระบบเว็บ 2.0 ได้

Atmatzidou S. & Demetriadis S. (2014) นำเสนอเกี่ยวกับการนำไปใช้และประเมินในการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลสำหรับผู้เรียนผ่านกิจกรรมหุ่นยนต์ โดยโฟกัสไปที่ความรู้พื้นฐานของความคิดเชิงประมวลผลคือ การคิดแบบนามธรรม (Abstraction) การนำไปใช้ได้หลากหลาย (Generalization) การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithm) การสร้างความเฉพาะ (Modularity) การแยกแยะองค์ประกอบหรือปัญหา (Decomposition) และการแก้ปัญหา (Problem Solving) ต่อมาวัดผลก่อน เรียน-หลังเรียน และการสัมภาษณ์ ผลลัพธ์จากการเรียนรู้ที่ได้จากหลักการความคิดเชิงประมวลผลและการนำมาผสมผสานกับกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยการเรียนรู้ผ่านหุ่นยนต์ได้ หุ่นยนต์เป็นเครื่องมือที่มาช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและสามารถพัฒนาความคิดด้านต่าง ๆ และทักษะในการแก้ไขปัญหาสามารถช่วยให้ผู้เรียนแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ การทำงานสามารถเรียนรู้ได้ทั้งแบบเดี่ยวหรือสามารถฝึกการทำงานเป็นทีมได้ ส่งผลให้เกิดความเข้าใจเพิ่มการคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับสถานการณ์ ปัญหา ส่งเสริมการเรียนรู้ขั้นสูงในโดเมนของคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนจะทำการแบ่งกลุ่ม ผู้เรียน แล้วอธิบายกิจกรรมตามใบงาน โดยผู้เรียน

ต้องวิเคราะห์และโฟกัสตามหลักการของการคิดเชิงประมวลผล แล้วนำมาใช้ในกิจกรรมหุ่นยนต์ โดยแบ่งออกเป็นส่วนของการฝึกฝน และส่วนของอุปสรรคที่ใช้ในการทดสอบโดยอุปกรณ์ที่ใช้คือ หุ่นยนต์รุ่น Lego NXT-G ผู้เรียนจะได้รับการฝึกฝนและทำการทดลองแก้ปัญหาตามเงื่อนไขต่าง ๆ และมีการแข่งขันกันระหว่างทีมเพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้การประเมิน เครื่องมือในการประเมินจะโฟกัส 5 ส่วน คือ (1) การพัฒนาด้วยหลักการคิดเชิงประมวลผล (2) ทักษะการแก้ปัญหา (3) พื้นฐานหลักการเขียนโปรแกรม (4) การเรียนรู้แบบร่วมมือ และ (5) เครื่องมือทางหุ่นยนต์ โดยการประเมินความพึงพอใช้ใช้เกณฑ์ตาม Likert Scale ผลลัพธ์ที่ได้จากกิจกรรมหุ่นยนต์ผ่านกระบวนการคิดเชิงประมวลผลในการนำมาใช้แก้ปัญหาเริ่มต้นอาจจะเกิดความยากเพื่อผู้เรียนยังไม่เข้าในรูปแบบหลังจากนั้นจะเริ่มพัฒนาทีละขั้นตอนจากง่ายไปยากเพื่อให้เกิดความ เข้าใจหลังจากที่ทำแบบทดสอบและแบบประเมินความพึงพอใจพบว่า ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ในระดับดี และมีความพึงพอใจในระดับดี ผู้เรียนสามารถประยุกต์หรือจำหลักการความคิดเชิงประมวลผลได้ ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้แบบร่วมมือในการทำงานเป็นทีม แต่อย่างไรก็ตามต้องเพิ่มสถานการณ์จากปัญหา จริงเพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจและแก้ปัญหาได้มากกว่านี้ เพื่อพัฒนาทักษะความคิดเชิงประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุมทุกปัญหาต่อไป

Lee et al. (2014) นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการสอนเพื่อให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลให้กับผู้เรียนที่มีอายุต่ำกว่า 10 ปี กลยุทธ์ที่ใช้ให้การจูงใจหรือดึงดูดคือการใช้เกม โดยข้อดีของการใช้เกมนั้นคือสามารถกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้แบบไม่จำกัดอายุ ทำให้สนุกสนานในการเรียน โดยผู้เรียนระดับเด็กเล็กอาจจะเริ่มด้วยเกมแก้ปัญหาแบบปริศนา (Puzzle) ง่าย ๆ บนกระดาษ ต่อมาจึงพัฒนาเป็นเกมที่เล่นบนคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะง่าย ๆ ด้วยกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดแบบอัลกอริทึม งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการสอนเพื่อให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลที่ไม่ได้เกิดจากการเขียนโปรแกรมแต่จะสอนกระบวนการทำให้เด็กสนใจในการเรียนด้วยระบบที่เรียกว่า CTArcade โดยเริ่มจากเกม Tic-Tac-Toe แล้วให้ผู้เรียนวิเคราะห์หาแนวทางเข้าใจหลักการคิดของตัวอย่างเกมนี้ ในการสร้างเกมนั้นเป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมในแวดวงการศึกษา Papert ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับการให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมายเรียกว่า Constructionism ปัจจุบันนี้ได้มีองค์กรทางการศึกษาสร้างโปรแกรมไว้สำหรับให้ผู้เรียนพัฒนาเกมโดยไม่ต้องเขียนโปรแกรม เพื่อให้เข้าใจและเรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างเกมหรือเงื่อนไขต่าง ๆ อย่างง่าย เช่น โปรแกรม Storytelling Alice , Scratch, AlgoArena, RoboCode เป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมมาก งานวิจัยนี้ได้มีลำดับ 3 ขั้นตอน ได้แก่ (1) นำเสนอวิธีการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดเชิงประมวลผลด้วยการเล่นเกม (2) ให้ผู้เรียนสาธิตระบบ CTArcade ด้วยเกม Tic-Tac-Toe และใช้โครงสร้างการเรียนรู้แบบ Scaffold และ (3) เก็บข้อมูล ของผู้เรียนแล้วนำผลมาเปรียบเทียบกันระหว่างการคิดบน

คอมพิวเตอร์และการเล่นเกมบนกระดาษ ผลลัพธ์ที่ได้คือกระบวนการที่ส่งเสริมความคิดเชิงประมวลผลขึ้นอยู่กับวิธีการและการออกแบบการเรียนรู้หรือกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียน

Lye and Koh (2014) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการทบทวนวรรณกรรมหลักการของวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยใช้ความสามารถในการคิดเชิงประมวลผล การเขียนโปรแกรม ถือเป็นรูปแบบการสอนหนึ่งที่ทำให้เกิดความสามารถนี้โดยการนำหลักการส่งเสริมความคิดนามธรรม (Abstraction) และการแยะแยะปัญหาออกเป็นย่อย ๆ (Decomposition) การนำหลักการของความสามารถนี้มาประยุกต์ใช้กับหลายสาขาวิชาและความคิดเชิงประมวลผลนี้ได้รับการยอมรับและเป็นสิ่งที่จำเป็นในศตวรรษ โดยความสามารถในการคิดนี้ถูกแบ่งออกเป็นสามมุมมองคือ หลักการความคิดเชิงประมวลผล การปฏิบัติ และมุมมองของความคิดนี้ หลายปีที่ผ่านมามีนักวิจัยและนักการศึกษาได้ทำวิจัยเกี่ยวกับวิธีการที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลนี้ให้เหมาะกับบริบทของผู้เรียน ระดับ K-12 ในงานวิจัยนี้ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการพัฒนาความคิดนี้ผ่านการเขียนโปรแกรมด้วยการใช้ Visual Programming ในการสร้างเกมหรือเรื่องราวในรูปแบบสื่อดิจิทัล กลยุทธ์ที่นิยมนำมาพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลอยู่บนพื้นฐานของหลักการการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Constructionism) โดยผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นไปในทิศทางดีสามารถนำมาประยุกต์กับหลักสูตรได้ วิธีการประเมินผลจากบันทึกการสอน ให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดและข้อมูลที่ได้คือหลักฐานจากการเรียน เขียนโปรแกรม สองมุมมองที่ช่วยสนับสนุนการเรียนนี้คือ Constructionist-Based และ ProblemSolving Learning Environment การเรียนรู้แก้ปัญหาพร้อมประเมินในสถานการณ์จริง การประมวลผลข้อมูล การใช้รูปแบบความช่วยเหลือ (Scaffolding) และการใช้กิจกรรมสะท้อนคิด (Reflection) ทั้งหมดสามารถนำมาช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่จำเป็นนี้ได้

Swaid (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับนำเสนอเกี่ยวกับโปรเจ็คที่ชื่อว่า HBCU-UP II ซึ่งเป็นการนำความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลมาใช้ในหลักสูตรที่บูรณาการด้วย STEM และนำเสนอกรอบแนวคิดการนำไปใช้และผลลัพธ์ที่ได้ โครงการนี้กำลังได้รับแรงสนับสนุนให้เผยแพร่ในหลักสูตร ทุกมหาวิทยาลัยในระดับสากลและผู้วิจัยมีความสนใจในการประยุกต์ความคิดนี้กับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM) การจัดคอร์สการเรียนการสอนเริ่มแรกจะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับความคิดเชิงประมวลผลเน้นที่การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์และการประยุกต์ใช้ร่วมกับวิชาอื่นเช่น ชีววิทยา การตลาดต่อมาจะเน้นที่วิชาที่พัฒนาด้วยการเขียนโปรแกรม โดยมีเกณฑ์ที่ว่าต้องเป็นภาษาที่เขียนง่าย เครื่องมือหรือแหล่งหาความรู้สามารถหาได้บนระบบออนไลน์และต้องออกแบบหลักสูตรให้ตรงตาม องค์ประกอบของความคิดเชิงประมวลผลการนำาความคิดเชิงประมวลผลนั้นมาบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM) ไม่ว่าจะเป็นโครงการระดับรายวิชา ระดับ

หลักสูตร ระดับคณะ มีความจำเป็นมาก เพื่อส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจข้อมูลที่มากมาย สามารถนำมาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

Moreno-León and Robles (2015) ได้นำเสนอรูปแบบการประเมินผลที่เรียกว่า Dr.Scratch ซึ่งเป็นระบบประเมินผลการเรียนรู้เพื่อให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลแบบระบบอัตโนมัติผ่านโปรแกรม Scratch โดยระบบ Dr.Scratch นั้นจะทำการตรวจสอบการประมวลผลของโครงงานที่สร้างจากโปรแกรม Scratch โดยในงานวิจัยนี้ตรวจสอบมากกว่า 100 โครงงาน เพื่อวัดและประเมินผลโครงงานนี้ว่าครบตามองค์ประกอบของความคิดเชิงประมวลผลโปรแกรม Scratch เป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมมาก เพราะสามารถใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายและมีขั้นตอนที่หลากหลายเรียนรู้พื้นฐานของการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น มีงานวิจัยหลายแห่งได้ออกมายืนยันว่าการเขียนโปรแกรมนั้นเป็นทักษะที่สำคัญสามารถนำไปแก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ได้ นอกจากเครื่องมือ Dr.Scratch แล้วยังมี เครื่องมือที่ชื่อว่า Hairball เป็นลักษณะการวิเคราะห์แบบ Static Code สามารถตรวจสอบความผิดพลาดของโครงงานสร้างจาก Scratch ได้ ส่วนโปรแกรม Dr.Scratch เป็นโอเพนซอร์สเครื่องมือ บนเว็บ มีความสามารถคล้ายกับ Hairball แต่สามารถวิเคราะห์ออกมาเป็นคะแนนในเทอมของตาม ลักษณะองค์ประกอบของความคิดเชิงประมวลผลแต่ก็มีข้อจำกัดใหญ่คือ ไม่สามารถวิเคราะห์โค้ดในลักษณะเชิงลึกได้ เช่น ความสามารถในการ Debugging หรือ Remixing แต่ถึงอย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ทำให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการคิดและการเขียนโปรแกรมเพิ่มขึ้น ผู้สอนสามารถใช้เครื่องมือ ในการประเมินความสามารถของผู้เรียนแต่วิธีการนี้ก็ไม่ได้สามารถแทนที่การประเมินชิ้นงานการทำงานใหญ่ ๆ ได้

Kalelioglu (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการสอนการเขียนโปรแกรมการกำหนดพื้นฐานวิธีการคิดก่อนการเรียนการสอนความคิดพื้นฐานด้านการวิเคราะห์ปัญหาการให้เหตุผลแบบตรรกะการทำงานของคอมพิวเตอร์โดยถ้าไม่เข้าใจตรรกะและความคิดแบบอัลกอริทึม การเขียนโปรแกรมจะทำได้ยากเพราะการทำงานจะมองเป็นระบบเป็นขั้นตอน ปัจจุบันได้มีตัวช่วยในการเขียนหรือพัฒนาโปรแกรมโดยการใช้รูปแบบของ Block Coding เพื่อให้ง่ายและสะดวก ตัวอย่างโปรแกรมนี้ก็มี Scratch, Alice Blocky และ Kodu ทั้งหมดนี้เป็นการทำกิจกรรมที่ต้องติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่มีอีกรูปแบบหนึ่งที่ทำกิจกรรมบนระบบออนไลน์คือ Code.org ซึ่งผลิตมาตั้งแต่ปี 2013 ในเว็บไซต์นี้รองรับ 34 ภาษาสามารถทำให้ผู้เรียนผลิตเกมได้ด้วยตัวเอง โดยสามารถใช้คำสั่งได้เหมือนการเขียนโปรแกรม เช่น if condition, Variables , Loops และ Functions. การใช้ Code.org ในการเรียนการสอนนั้นสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงประมวลผล ทักษะการแก้ปัญหาและการเขียนโปรแกรมได้ การทดลองงานวิจัยได้มีผู้เข้าร่วมประมาณ 32 โรงเรียน เป็นเด็กปี 4 เรียนหมวดวิทยาการคอมพิวเตอร์ โดย มีผู้หญิง 17 คน ผู้ชาย 15 คน โดยให้เรียนสัปดาห์ละ 1 ชั่วโมง แต่ละสัปดาห์จะให้โจทย์การแก้ปัญหาไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับความยากง่าย โดยแต่ละสัปดาห์นั้นจะมีการ

ติดตามผลโดยแสดงเป็นถ้วยรางวัลเป็น สีทอง สีบรอนซ์ สีเงินตามลำดับ ทักษะการเขียนโปรแกรมนั้นเป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 โดยทักษะนี้สามารถนำไปใช้ในหลากสาขาวิชาผู้สอนออกแบบวิธีการสอนได้หลายรูปแบบหนึ่งในนั้นคือการ ใช้ Code.org เป็นเครื่องมือบนระบบออนไลน์ สามารถกำหนดกิจกรรมระหว่างผู้เรียนและผู้สอน สามารถสร้างเป็นห้องเรียนออนไลน์ รูปแบบของการเขียนโปรแกรมจะเป็น Block Coding ทำให้ง่ายต่อการพัฒนาหรือสร้างสรรค์ชิ้นงาน ตัวโปรแกรมนี้สามารถดึงดูดให้ผู้เรียนมีความสนใจและสามารถพัฒนา ความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Bower, Lister, Mason, Highfield, and Wood (2015) ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับทัศนคติ ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดเชิงประมวลผลของครูผู้สอนจากสถาบันต่าง ๆ ในประเทศออสเตรเลีย โดยระบบการศึกษาของออสเตรเลียได้นำเอาเทคโนโลยีไปช่วยในการเรียนรู้ของผู้เรียนทุกโรงเรียนและสอนให้ผู้เรียนเข้าใจและสามารถนำความคิดนี้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ต่อมาได้ทำการสำรวจความ คิดเห็นกับครูผู้สอนจำนวน 221 คน เกี่ยวกับความเข้าใจความคิดเชิงประมวลผลในเรื่องหลักการออกแบบการสอนและเทคโนโลยีและมีความมั่นใจที่สามารถนำทักษะนี้ไปใช้ได้ โดยจำแนกผลการ สำรวจและข้อคำถามได้ดังนี้ คำถามที่ 1 คือ อะไรคือความคิดเชิงประมวลผลที่คุณเข้าใจ จากการตอบ ของครูผู้สอนจำนวน 294 คนพบว่า 76 คน (ร้อยละ 25.8) คิดว่าเป็นทักษะในการแก้ปัญหา รองลงมา 60 คน (ร้อยละ 20.4) คิดว่าเป็นทักษะการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้คำถามที่ 2 คือ กลยุทธ์การสอนอะไรที่ จะเอาทักษะความคิดเชิงประมวลผลมาพัฒนาผู้เรียนให้เกิดศักยภาพ จากการตอบของครูผู้สอน จำนวน 273 คน พบว่า 39 คน (ร้อยละ 14.3) คิดว่าเป็นงานหรือกิจกรรมที่สร้างมาให้ผู้เรียนแก้ปัญหาตามที่ได้ออกแบบงานไว้ รองลงมา 35 คน (ร้อยละ 12.8) คิดว่าเป็นการใช้เทคโนโลยีในการเสริมความสามารถในการคิดเชิงประมวลผล คำถามที่ 3 จะมีวิธีใดที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลจากการตอบของครูผู้สอน จำนวน 199 คน พบว่า 36 คน (ร้อยละ 18.1) คิดว่าต้องสอนการเขียนโปรแกรมในการแก้ปัญหานั้น รองลงมา 22 คน (ร้อยละ 11.1) คิดว่าเป็นการนำการวิธีการสร้างหุ่นยนต์มาใช้ในการเรียนการสอน จากการสำรวจความมั่นใจของผู้สอน จากจำนวนครู 140 คนที่ได้ตอบคำถามพบว่าครูผู้สอนหลายคนที่มีความมั่นใจที่จะนำวิธีการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงประมวลผล ด้วยมั่นใจในความสามารถของตัวผู้สอนเอง แต่ก็มีส่วนหนึ่งที่ไม่มั่นใจและไม่มีความเชื่อมั่นที่จะสามารถพัฒนาได้จริง จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ครูผู้สอนหลายคนที่เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิธีการสร้างความสามารถนี้ให้ผู้เรียน ซึ่งเป็นอุปสรรคในการพัฒนาความสามารถของผู้เรียน ตัวชี้วัดนี้จะนำไปเป็นข้อมูลเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่มาช่วยครูผู้สอนในการออกแบบการสอนทรัพยากรที่ต้องใช้ และกลยุทธ์การสอนที่มีประสิทธิภาพ รวมไปจนถึงการสร้างความมั่นใจให้กับผู้สอนในการนำความคิดเชิงประมวลผลไปใช้สอนด้วย

Kalelioglu et al. (2016) ได้นำเสนอเกี่ยวกับการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับกรอบแนวคิดของความคิดเชิงประมวลผล จุดประสงค์เพื่ออธิบายความหมายและกระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดความสามารถนี้ โดยงานวิจัยที่เลือกมาจะดูที่จุดประสงค์การทดลอง กลุ่มประชากร ทฤษฎีพื้นฐาน รูปแบบงานวิจัย ข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดนี้จะนำมาสร้างกรอบแนวคิด จำนวนงานวิจัยได้เลือกมา ทั้งสิ้น 125 ฉบับจากฐานข้อมูลวิจัย 6 ฐาน เป้าหมายของกลุ่มเป้าหมายนี้จะเป็นผู้เรียนระดับ K-12 บน พื้นฐานของทฤษฎีแนวคิดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานและแนวคิดคอนสตรัคติวิสม์ เป็นต้น ความคิดเชิงประมวลนั้นมีความสำคัญในการเข้าใจและหาวิธีแก้ปัญหาด้วยการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยแก้ปัญหา

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 เป็นวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อศึกษาและพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขั้นนตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย
3. ระเบียบวิธีการวิจัย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
6. วิธีดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

นักเรียนที่กำลังศึกษาในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 จำนวน 8 โรงเรียน 247 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดดอนทราย (สุวรรณรัฐราษฎร์อุปถัมภ์) จำนวน 48 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับสลาก

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ตัวแปรต้น (Independent Variables)

การสอนโดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี)

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

2.2.1 ทักษะการคิดเชิงคำนวณ

2.2.2 ความพึงพอใจของผู้เรียน

3. ระเบียบวิธีการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ใช้แผนการทดลองแบบแผน กลุ่มวัดก่อนและหลัง One Group Pretest – Posttest Design (Tuckman,1999: 161 อ้างถึงใน มาเรียม นิลพันธุ์, 2549: 144) โดยมีการทดสอบทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน (Pretest) จากนั้นให้นักเรียนเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แล้วทดสอบทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน (Posttest) ซึ่งมีแบบแผนการทดลองดังนี้

ตารางที่ 15 แผนการทดลองแบบ One Group Pretest – Posttest Design

T1	X	T2

เมื่อ T1 แทน การทดสอบทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน

X แทน การเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

T2 แทน การทดสอบทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

4.2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

4.3 สื่อโมชันกราฟิกวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี)

4.4 แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

4.5 แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

5. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1 แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเพื่อใช้สอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสื่อโมชันกราฟิก จำนวน 3 ท่านนี้เพื่อวัตถุประสงค์นำไปใช้ในการสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยมีขั้นตอนสร้างแบบสัมภาษณ์ดังนี้

5.1.1 ศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1.2 กำหนดประเด็นคำถาม โดยการเรียบเรียงเป็นข้อคำถามในแต่ละขั้นตอน เพื่อพัฒนาแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

5.1.3 สร้างแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ โดยในแต่ละฉบับมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 สถานภาพและข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ ชื่อ วุฒิการศึกษา สาขาวิชาที่จบการศึกษา ประสบการณ์การทำงาน ตำแหน่งหน้าที่ในปัจจุบัน ซึ่งจะเหมือนกันทั้งสองฉบับ

ตอนที่ 2 คำถามปลายเปิดสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสื่อโมชันกราฟิกและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ซึ่งแบบสัมภาษณ์จะมีเนื้อหาแตกต่างกันตามความเชี่ยวชาญในแต่ละด้าน รวมทั้งมีคำถามปลายเปิดให้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติม

5.1.4 เสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของแบบสัมภาษณ์

5.1.5 เสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อสอดคล้องกับเนื้อหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อสอดคล้องกับเนื้อหา

-1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อไม่สอดคล้องกับเนื้อหา

5.1.6 นำข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของข้อคำถามโดยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องที่มีค่าระหว่าง 0.50 ขึ้นไปมาเป็นข้อคำถามในการสัมภาษณ์

5.1.7 นำแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญที่แก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก จำนวน 3

5.1.8 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

โดยผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ผลการตรวจสอบค่า IOC มีค่า เท่ากับ 1.00 และผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญแยกเป็นด้านเนื้อหาและด้านการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกมีรายละเอียดดังนี้

สรุปผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

1. ควรเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสคิดวิเคราะห์ วางแผน มีการทดลอง โดยการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการคำนวณ สืบค้น เพื่อให้เป็นไปตามแนวทางการสอนของสะเต็ม

2. ภายในเนื้อหาควรสรุปให้เข้าใจง่ายไม่ใช้ข้อความที่มีจำนวนมากจนเกินไป ควรเลือกใช้ ภาพ วีดีโอ เป็นส่วนประกอบและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมกันการคิด วิเคราะห์ ทดลอง

3. ควรเป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชากับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันอย่างมีขั้นตอน สามารถพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ท้าทายความคิดของนักเรียน

4. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นในระหว่างการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

5. มีการประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย ในส่วนของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ ควรใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบไม่เกิน 4 ตัวเลือกหรือแบบทดสอบเลือกคำตอบถูก-ผิด โดยมีจำนวนข้อของแบบทดสอบไม่เกิน 20 ข้อ ทั้งนี้ในส่วนของเกณฑ์การให้คะแนน ควรให้น้ำหนักตามความยากง่ายของเนื้อหาและบริบทของผู้เรียน

สรุปผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสื่อโมชันกราฟิก

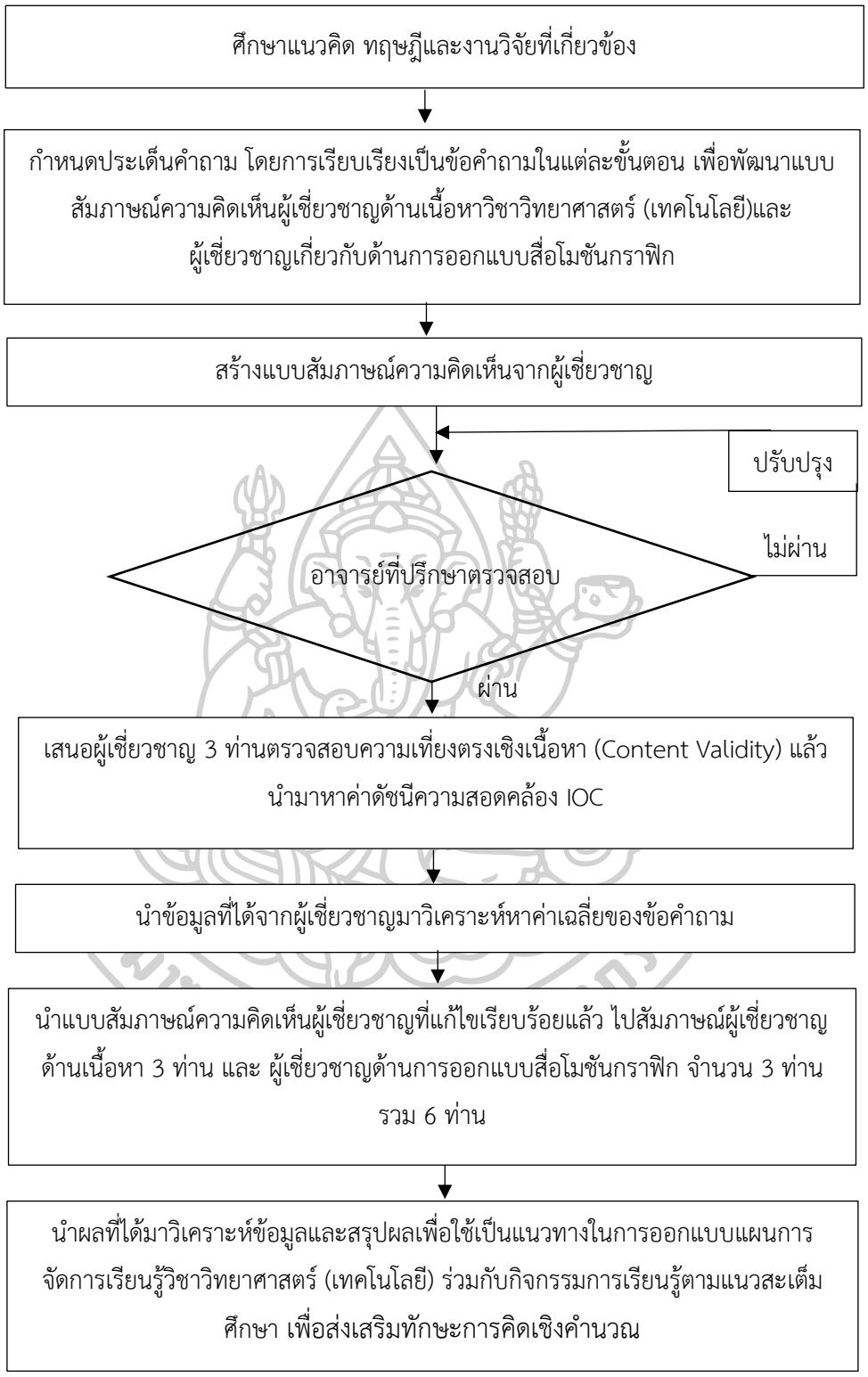
1. ควรมีความน่าสนใจเพื่อดึงดูด และเร้าผู้เรียนให้มีความตื่นเต้นและเกิดความสนใจในการเรียน เนื่องจากเนื้อหาในวิชาวิทยาการคำนวณมีความซับซ้อน การเริ่มต้นที่ทำให้ผู้เรียนสนใจจะทำให้การจัดการเรียนการสอนสำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

2. สื่อโมชันกราฟิก จะต้อง น่าสนใจและสวยงาม สามารถนำข้อมูลยากๆ มาย่อยและเปลี่ยนเป็นรูปภาพ เสียง และ ภาพเคลื่อนไหว มาทำให้การรับรู้ข้อมูลเป็นไปได้ง่ายดาย

3. รูปแบบของสื่อควรเหมาะสมกับกิจกรรมเสียงบรรยาย ข้อความ รูปภาพ มาใช้ในสื่ออย่างเหมาะสม ควรคำนึงถึงวัยและระดับชั้นของผู้เรียน เช่น ชั้นมัธยมศึกษาสามารถนำข้อความมาใช้บรรยายเนื้อหาได้ แต่ในระดับชั้นประถมศึกษาควรเลือกใช้ รูปภาพ การ์ตูน หรือวีดีโอ เป็นสำคัญ

4. ควรเป็นสถานการณ์จำลองในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เป็นเหตุการณ์ที่เด็กเคยพบเจอในปัญบัน เพื่อสามารถเชื่อมโยงความรู้กับเหตุการณ์จริงได้

5. ไม่ควรใช้ข้อความมากจนเกินไป สื่อโมชันกราฟิกที่ดีผู้เรียนสามารถนำไปใช้ต่อยอดความรู้เดิมได้ ซึ่งผู้วิจัยรวบรวมเป็นแนวทางในการสร้างสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ต่อไปดังแผนภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แผนภาพขั้นตอนการสร้างแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

5.2 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) เนื้อหาจากหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

5.2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
ศึกษาจุดประสงค์ คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) เรื่อง การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

5.2.2 นำผลการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านการออกแบบสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) มาวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี)

5.2.3 ดำเนินการสร้างแผนการการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) เรื่อง การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 3 แผน แผนละ 2-3 ชั่วโมง รวม 8 ชั่วโมงดังนี้

แผนที่ 1 อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา
แผนที่ 2 การแสดงอัลกอริทึม
แผนที่ 3 การแก้ปัญหาเกมเตตริส

โดยกำหนดการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหาดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 กำหนดการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา

แผนที่	เรื่อง	กิจกรรม/สื่อโมชันกราฟิก	ระยะเวลา ชั่วโมง
1	การแก้ปัญหาในชีวิตประจำ	ปฐมนิเทศ/ทดสอบก่อนเรียน	1
		การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	1
		การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ	1
2	การแสดงอัลกอริทึม	การแสดงอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาโดยการเขียนบอกเล่า	2
		การแสดงอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ	
		การแสดงอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาโดยการใช้สัญลักษณ์	
3	การแก้ปัญหาเกมเตตริส	การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาเกมเตตริส	2
		สรุปสาระสำคัญ/ทดสอบหลังเรียน	1

ในขั้นตอนการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งมีขั้นตอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นตอนที่จะเตรียมความพร้อมของผู้เรียน และทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนเพื่อเข้าสู่การเรียนรู้เนื้อหาใหม่ โดยผู้สอนเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมท้าทายให้ผู้เรียน

2. ขั้นสอน ผู้เรียนศึกษาเนื้อหา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) จากสื่อโมชันกราฟิก 2 เรื่อง ครอบคลุมเนื้อหาบทเรียนจำนวน 1 บทเรียนดังนี้

เรื่องที่ 1 การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

- ขั้นตอนการแก้ปัญหา
- สถานการณ์ตัวอย่างในการแก้ปัญหา
- การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ
- สถานการณ์การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ

เรื่องที่ 2 การแสดงอัลกอริทึม

- การแสดงอัลกอริทึมโดยการเขียนบอกเล่า
- การแสดงอัลกอริทึมโดยการวาดภาพ
- การแสดงอัลกอริทึมโดยใช้สัญลักษณ์

ผู้สอนจะเป็นผู้ช่วยเหลือและทำหน้าที่ให้คำแนะนำในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยมีกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นขั้นตอนดังตารางที่ 17 นี้

ตารางที่ 17 แสดงขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ขั้นตอน	แนวทางปฏิบัติ
1. ขั้นระบุปัญหา	**1.1 การทำให้นักเรียนมองเห็นปัญหา** ครูต้องจัดหาหรือยกสถานการณ์ เช่น การสนทนาโดยใช้ประเด็นจากข่าว การเล่าเหตุการณ์ การฉายวิดีทัศน์ ฯลฯ เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพของสภาพจริงในชีวิตประจำวัน ที่มีอุปสรรคต่อความสำเร็จที่ต้องการ หรือเห็นภาพที่ทำให้เกิดการกระตุ้นให้คิดว่า ควรจะสร้างหรือมีนวัตกรรมที่จะช่วยให้การดำเนินการหรือการทำงานหรือคุณภาพชีวิตดีขึ้น และ ท้ายสุดให้นักเรียนเล่าหรือบอกเรื่องราวในชีวิตจริงของนักเรียน อาชีพของผู้ปกครอง หรือครอบครัว หรือชุมชนของนักเรียน ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ ประเด็นจากข่าว การเล่าเหตุการณ์ การฉายวิดีทัศน์ ฯลฯ ดังกล่าว
	1.2 การทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของปัญหา ครูต้องทำให้นักเรียนเกิดความตระหนักถึงความสำคัญของปัญหา ซึ่งเกิดจากการเห็นคุณค่าของ “การรับรู้โดยการใส่ใจ” โดยครูต้องทำให้นักเรียนรับรู้ให้ได้ว่าจากสถานการณ์ที่นักเรียนได้บอกเล่ามานั้น มี “ปัญหาหรืออุปสรรคต่อเป้าหมาย” ที่ควรใส่ใจในการหาวิธีแก้ไข มิฉะนั้นจะส่งผลกระทบในด้านลบ หรือใส่ใจที่จะ “สร้างหรือมีนวัตกรรม” อันเป็นการพัฒนา ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบในด้านบวก
	1.3 การทำให้นักเรียนสามารถ “ระบุปัญหา” จากสถานการณ์ได้ตรงประเด็น ครูต้องทำให้นักเรียนมีความสามารถในการระบุปัญหา ซึ่งการระบุปัญหาที่ดีนั้น ต้องสื่อสารให้เห็นเป้าหมายในการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน และวิธีการทำให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้ตรงประเด็นที่สุด คือให้นักเรียนซึ่งเป็นสมาชิกของกลุ่มระดมความคิด “ต้นตอที่ทำให้เกิดสถานการณ์ที่มีปัญหาแฝงอยู่” ให้มากที่สุด จากนั้นนำผลที่เกิดจากสถานการณ์ทั้งหมดมาสรุปให้แคบลง

ตารางที่ 17 ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (ต่อ)

ขั้นตอน	แนวทางปฏิบัติ
2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	**2.1 การฝึกให้นักเรียน “วิเคราะห์ปัญหา และทำความเข้าใจสภาพแวดล้อมหรือบริบทของปัญหา”** ครูต้องพยายามให้นักเรียนแยกแยะปัญหาว่าปัญหานั้นมีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง เกิดจากอะไร ประกอบขึ้นมาได้อย่างไรและมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร และให้นักเรียนอภิปรายเพื่อระบุให้ได้ว่า 1) “เป้าหมายของการแก้ปัญหา” คืออะไร 2) “ความต้องการของผู้รับประโยชน์จากการแก้ปัญหา” มีอะไรบ้าง 3) “เงื่อนไข หรือข้อจำกัด หรือเกณฑ์ที่เป็นบริบทของปัญหา” มีอะไรบ้าง
	2.2 การฝึกให้นักเรียน “รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง” ขั้นนี้ ครูให้นักเรียนค้นคว้าหรือหาคำอธิบายในสิ่งที่นักเรียนได้แยกแยะมาแล้วแต่ยังไม่มีความชัดเจน โดยให้ค้นคว้า ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและเกี่ยวกับปัญหาที่สนใจว่า ในสภาพแวดล้อมหรือบริบทเหมือนกันหรือคล้ายกันกับปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน มีการศึกษาหรือแก้ไขมาบ้างหรือไม่ ทำอย่างไร และได้ผลอย่างไร ค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ใด ด้วยวิธีใด ซึ่งในการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ในบางครั้งอาจจำเป็นต้องเชิญผู้รู้หรือผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมาคุยกับนักเรียน หรือนำนักเรียนไปศึกษาเรียนรู้นอกสถานที่

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 17 ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (ต่อ)

ขั้นตอน	แนวทางปฏิบัติ
3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	**3.1 ฝึกให้นักเรียนมีความรอบคอบในการออกแบบวิธีแก้ปัญหา** ขั้นนี้ ครูต้องดำเนินการให้นักเรียนเห็นความสำคัญของความรอบคอบในการการออกแบบวิธีแก้ปัญหา โดยเน้นว่าการจะทำให้ได้ “เป้าหมายของการแก้ปัญหา”นั้น ต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้รับประโยชน์จากการแก้ปัญหา เงื่อนไข หรือข้อจำกัด หรือเกณฑ์ที่เป็นบริบทของปัญหา ซึ่งจะทำให้ผลผลิตจากการแก้ปัญหาเป็นที่ยอมรับ
	3.2 ฝึกให้นักเรียนสร้างทางเลือกวิธีแก้ปัญหา ขั้นนี้ ครูต้องทำให้นักเรียนเอาเป้าหมายเป็นตัวตั้ง แล้วระดมสมองให้ได้ “วิธีการเพื่อให้ถึงเป้าหมาย” ให้มากวิธีที่สุด ซึ่งบางวิธีอาจมีความเป็นไปได้ยาก แต่ครูไม่ควรรีบด่วนตัดทิ้ง เนื่องจากวิธีคิดที่เป็นไปไม่ได้อาจทำให้เกิดวิธีคิดใหม่ที่เป็นไปได้หรืออาจปรับให้มีความเป็นไปได้ในภายหลัง ประการสำคัญต้องเน้นย้ำกับนักเรียนว่าแต่ละวิธีแก้ปัญหาจะต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจมีเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องมาร่วมด้วยก็ได้ จากนั้น นำมาออกแบบเป็น”ร่างแนวคิด”ของแต่ละวิธี แล้วประเมินในท้ายที่สุดว่าควรจะเลือกเลือกวิธีแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ และดีที่สุดเพื่อนำไปปฏิบัติจริง
4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	**4.1 ฝึกให้นักเรียนเขียนแผนการปฏิบัติการ** ขั้นนี้ เป็นการนำร่างแนวคิดที่ผ่านการเลือกแล้วว่าเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมที่สุดในการจะนำไปปฏิบัติไปจัดทำรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงาน เงื่อนไขเวลาที่ต้องดำเนินงาน ความสามารถของแรงงาน ความเหมาะสมด้านเทคนิค ค่าใช้จ่าย และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งขั้นตอนนี้ครูควรให้ความสนใจอย่างใกล้ชิดและซักถามนักเรียนอย่างละเอียดเพื่อให้ข้อเสนอแนะหรือป้องกันอุปสรรคที่อาจเกิดจากการวางแผนที่ไม่รอบคอบเหมาะสม และหลังการเขียนแผนปฏิบัติการ อาจต้องให้ครูอนุมัติแผนปฏิบัติการก่อนนำไปดำเนินการ เนื่องจากบางกิจกรรมอาจต้องอยู่ในความดูแลใกล้ชิดจากครูหรือผู้รู้เฉพาะด้าน

ตารางที่ 17 ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (ต่อ)

ขั้นตอน	แนวทางปฏิบัติ
	4.2 ฝึกให้นักเรียนปฏิบัติงานตามแผนและรายงานความก้าวหน้า ขั้นนี้ เป็นการลงมือปฏิบัติจริงในการแก้ปัญหา ระหว่างการปฏิบัติครูควรให้นักเรียนบันทึกความสำเร็จตามแผน ปัญหาอุปสรรคและวิธีแก้ไข และควรกำหนดเวลาที่นักเรียนต้องรายงานสรุปให้ครูทราบความก้าวหน้าของการปฏิบัติงานเป็นระยะๆด้วย โดยกำชับนักเรียนว่าหากมีปัญหาหรืออุปสรรคหรือเหตุการณ์ที่จะต้องปรับแผน ต้องแจ้งให้ครูทราบก่อนดำเนินการทุกครั้ง
5. ขั้นทดสอบประเมินผล และปรับปรุง	**5.1 ฝึกให้รู้จักวิธีการทดสอบ** ครูควรให้นักเรียนระดมความคิดว่า ในการทดสอบผลงาน ควรจะทดสอบด้วยวิธีใด และใครเป็นผู้ทดสอบ ระหว่างการทดสอบต้องอยู่ในการควบคุมดูแลหรือไม่ เพราะบางครั้งวิธีการทดสอบต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ซึ่งต้องอยู่ในการดูแลใกล้ชิดจากครูหรือผู้รู้เฉพาะด้าน
	5.2 ฝึกให้รู้จักประเมินผล ครูควรให้นักเรียนประเมินโดยยึดว่า ได้ผลงานเป็นรูปธรรมตามเป้าหมายหรือไม่ ผลงานนั้นมีคุณลักษณะเป็นไปตามความต้องการ และภายใต้เงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้แต่แรกหรือไม่ จากผลการประเมินมีสิ่งใดที่ต้องปรับปรุงหรือไม่
	5.3 ฝึกให้มีกระบวนการในการปรับปรุง ครูต้องกำชับนักเรียนว่า หากจำเป็นต้องปรับปรุง จะต้องบันทึกสาเหตุของการปรับปรุง วิธีปรับปรุงต้องอยู่บนพื้นฐานของการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิธีการทางวิศวกรรมมาใช้ และขออนุมัติแผนการปรับปรุงต่อครูก่อนนำไปปรับปรุง

ตารางที่ 17 ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (ต่อ)

ขั้นตอน	แนวทางปฏิบัติ
6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหา	ครูควรเสนอแนะให้นักเรียนนำเสนอ อย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่สถานการณ์ปัญหา การระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูล การออกแบบ การวางแผน การปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหา การทดสอบ ผลการประเมิน การปรับปรุง โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนของการทำความเข้าใจปัญหาว่าอะไรคือเป้าหมาย อะไรคือความต้องการ อะไรเป็นข้อจำกัดของการสร้างงาน การรวบรวมข้อมูลทำให้เรียนรู้อะไร การออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างไร มีเทคโนโลยีอะไรที่ใช้ประโยชน์ในการสร้างงานนี้ เกิดปัญหาอุปสรรคระหว่างสร้างงานอย่างไร ปรับแก้อย่างไร และผลลัพธ์สุดท้ายเป็นไปตามเป้าหมายและความต้องการหรือไม่ ประการสำคัญจะต้องให้นักเรียนลงข้อสรุปให้ผู้ฟังเห็นชัดเจนว่า วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

3. ขั้นสรุป หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาด้วยตนเองจากสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้เรียนจะต้องทำกิจกรรมเพื่อสรุปสาระการเรียนรู้ที่เรียนในขั้นนี้ ซึ่งเป็นกิจกรรมในลักษณะของการเสนอสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียนตอบคำถาม หรือปฏิบัติสร้างชิ้นงาน จากนั้นให้ผู้เรียนทำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น

5.2.4 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5.2.5 สร้างแบบประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ มีขั้นตอนดังนี้

- ศึกษาหลักการสร้างแบบประเมินคุณภาพการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ จากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- กำหนดแบบประเมินคุณภาพการเรียนรู้แผนจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ แบบปลายปิดมีลักษณะการตอบแบบให้คะแนนระดับคุณภาพตามหัวข้อ และแบบสอบถามปลายเปิดเพื่อสอบถามความคิดเห็นต่าง ๆ โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมิน

เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแนวคิดของลิเคอร์ท ได้แก่ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง การวิเคราะห์ค่าคะแนนเห็นด้วยในประเด็นดังกล่าวในระดับ

ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยในระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยในระดับดี

ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยในระดับพอใช้

ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยในระดับควรปรับปรุง

สำหรับการให้ความหมายของค่าที่วัดได้ โดยค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.50-5.00 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพแผนระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.50-4.49 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพแผนระดับดี

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.50-3.49 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพแผนระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.50-2.49 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพแผนระดับพอใช้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00-1.49 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพแผนควรปรับปรุง

- นำแบบประเมินคุณภาพแผนการการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สร้างเสร็จแล้วไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตามที่ได้รับคำแนะนำ

- นำแบบประเมินที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน หาความเที่ยงตรงของแบบประเมินโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องที่มีค่าระหว่าง 0.50-1.00 แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมโดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการพิจารณารูปแบบแต่ละขั้นตอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการพิจารณารูปแบบแต่ละขั้นตอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

-1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการพิจารณารูปแบบแต่ละขั้นตอนไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่คำนวณได้มากกว่า 0.5 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540 : 117) แต่ถ้าได้คะแนนน้อยกว่า 0.5 ต้องปรับปรุงโดยพิจารณาจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยผลการตรวจสอบค่า IOC โดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเท่ากับ 1.00 และผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ ในเรื่องการใส่ขั้นตอนกิจกรรมสะเต็มศึกษาให้มีความละเอียดในแผนการจัดการเรียนรู้ และความถูกต้องของการใช้ภาษา

- นำแบบประเมินคุณภาพแผนการเรียนรู้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณไปใช้ในการวิจัย

5.2.6 นำแผนการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.34 (รายละเอียดการประเมินดังแสดงในภาคผนวก ค หน้า 201)

5.2.7 นำข้อเสนอและผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาพที่ 10 แผนภาพขั้นตอนการสร้างแผนจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

5.3 สื่อโมชันกราฟิกวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

5.3.1 ศึกษา วิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

5.3.2 นำผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสื่อโมชันกราฟิก และผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา มาพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังขั้นตอนต่อไปนี้

5.3.2.1 จัดทำผังงาน (Flow Chart) เพื่อพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

5.3.2.2 จัดทำสตอรี่บอร์ด (Story Board) โดยมีเนื้อหาในสื่อโมชันกราฟิก 2 ตอน ใน 1 บทเรียน ดังนี้

บทที่ 1 อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา

ตอนที่ 1 การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

- การแก้ปัญหาเบื้องต้น
- สถานการณ์ตัวอย่าง
- การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ
- สถานการณ์ตัวอย่าง

ตอนที่ 2 การแสดงอัลกอริทึม

- การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการเขียนบอกเล่า
- สถานการณ์ตัวอย่าง
- การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ
- สถานการณ์ตัวอย่าง
- การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยใช้สัญลักษณ์
- สถานการณ์ตัวอย่าง

5.3.2.3 สร้างสื่อโมชันกราฟิกด้วยโปรแกรม Adobe After Effect ตาม สตอรี่บอร์ดที่จัดทำขึ้น

5.3.3 นำสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

5.3.4 สร้างแบบประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ มีขั้นตอนดังนี้

5.3.4.1 ศึกษาหลักการสร้างแบบประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณจากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.3.4.2 กำหนดรูปแบบของแบบประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ แบบปลายปิดมีลักษณะการตอบแบบให้คะแนนระดับคุณภาพตามหัวข้อและแบบสอบถามปลายเปิดเพื่อสอบถามความคิดเห็นต่าง ๆ โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแนวคิดของลิเคอร์ท (Likert, อ้างถึงใน พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543 : 107 - 108) ได้แก่ คุณภาพดีมาก คุณภาพดี คุณภาพปานกลาง คุณภาพพอใช้ คุณภาพควรปรับปรุง การวิเคราะห์ค่าคะแนนมีดังนี้

5	หมายถึง	มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
4	หมายถึง	มีคุณภาพอยู่ในระดับดี
3	หมายถึง	มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
1	หมายถึง	มีคุณภาพอยู่ในระดับปรับปรุง

สำหรับการให้ความหมายของค่าที่วัดได้ โดยค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.50-5.00 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.50-4.49 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกระดับดี

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.50-3.49 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.50-2.49 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกระดับพอใช้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00-1.49 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกระดับควรปรับปรุง

5.3.4.3 นำแบบประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สร้างเสร็จแล้ว ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตามที่ได้รับคำแนะนำ

5.3.4.4 นำแบบประเมินที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านหาความเที่ยงตรงของแบบประเมินโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่คำนวณได้มากกว่า 0.5 (พวง

รัตน์ ทวีรัตน์, 2540 :117 แต่ถ้าได้คะแนนน้อยกว่า 0.5 ต้องปรับรุงแก้ไขเพิ่มเติมโดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการพิจารณารูปแบบแต่ละขั้นตอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการพิจารณารูปแบบแต่ละขั้นตอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

-1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการพิจารณารูปแบบแต่ละขั้นตอนไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

5.3.4.5 นำแบบประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณไปใช้

5.3.5 นำสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสื่อโมชันกราฟิก จำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้น ซึ่งมีลักษณะของแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วน ประเมินค่า 5 ระดับ ตามหลักการของลิเคิร์ท (Likert, อ้างใน พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543 : 107 - 108) คือ มีคุณภาพระดับมากที่สุด มีคุณภาพระดับมาก มีคุณภาพระดับปานกลาง มีคุณภาพระดับน้อย และมีคุณภาพระดับน้อยที่สุด

5.3.6 ปรับปรุงแก้ไข สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ตามคำชี้แนะและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

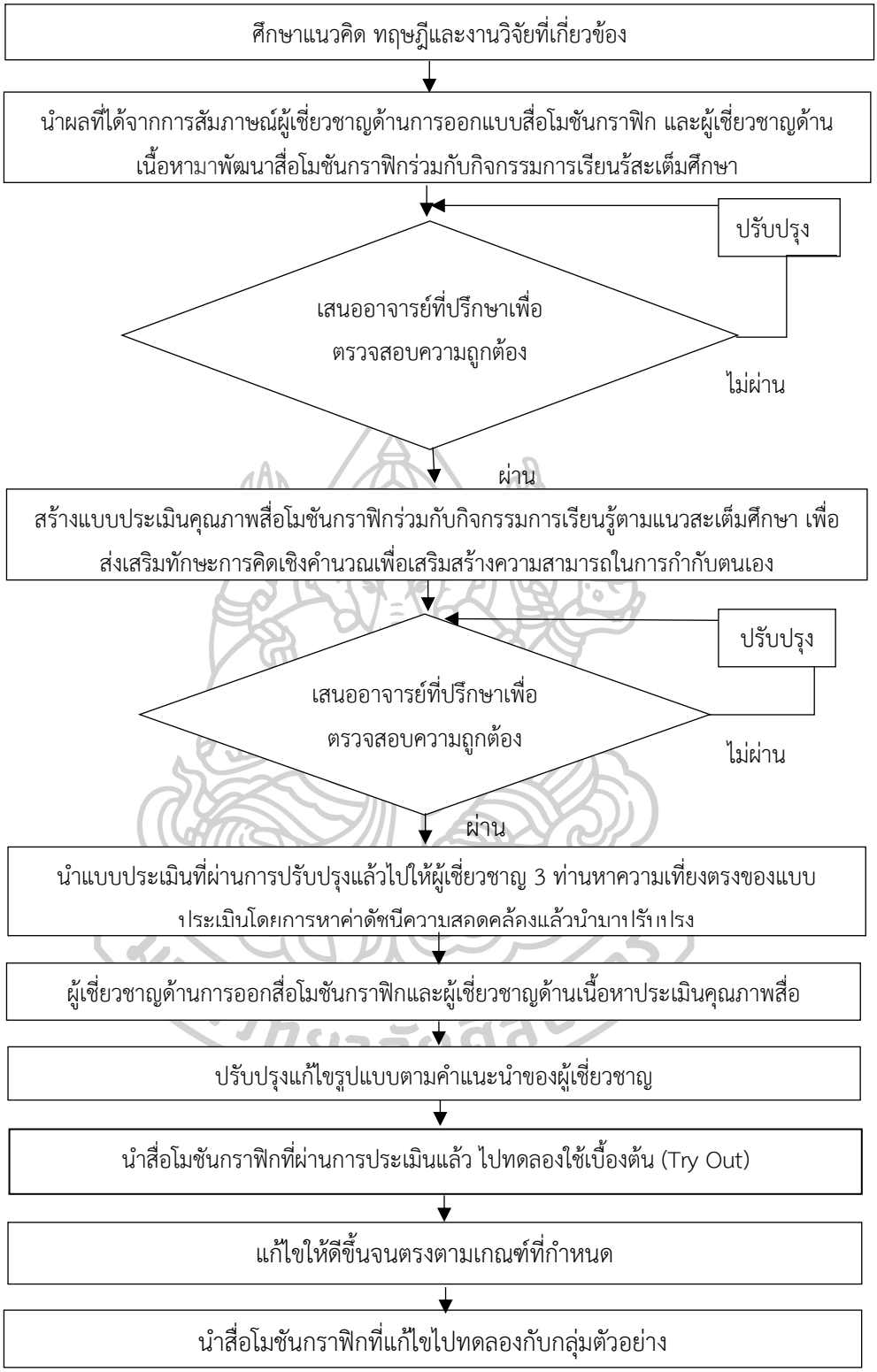
5.3.7 นำข้อเสนอและผลการประเมินคุณภาพสื่อจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขให้ตรงตามวัตถุประสงค์ และนำสื่อที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปหาประสิทธิภาพทดลองใช้เบื้องต้น (Try Out) ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดบางลาน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ดังนี้

ขั้นทดลองรายบุคคล (One to One Tryout) ได้ทดลองกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดบางลาน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 3 คน โดยการสุ่มอย่างง่ายคัดเลือกนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูง กลาง และอ่อน ทำการทดลองใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยให้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน จากนั้นให้ผู้เรียนศึกษาโมชันกราฟิก เรื่อง อัลกอลิทึมกับการแก้ปัญหา พร้อมกับทำกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยได้จัดทำไว้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนทำกิจกรรม ใบงาน ระหว่างเรียน จากนั้นทำแบบทดสอบหลังเรียนหลังจากเรียนและทำกิจกรรมครบทุกตอนและสัมภาษณ์ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากกลุ่ม Tryout จากนั้นคำนวณหาประสิทธิภาพของสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ตามเกณฑ์ (80/80) จากการทดลองรายบุคคล พบว่า สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ/ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/ E_2) เท่ากับ

81.33/81.67 รายละเอียดคะแนนรายบุคคล (ดังแนบในภาคผนวก ค หน้า 207) ซึ่งพบส่วนที่ต้องปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ ตัวหนังสือบางช่วงของสื่อโมชันกราฟิก เคลื่อนไหวค่อนข้างเร็ว ทำให้ผู้เรียนอ่านไม่ทัน และบางช่วงเสียงบรรยายเบา ผู้วิจัยจึงได้ทำการแก้ไขและตรวจสอบสื่อโมชันกราฟิกเพื่อให้สื่อโมชันกราฟิกสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขั้นทดลองแบบกลุ่มย่อย (Small Group Tryout) ได้ทดลองกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดบางลาน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวนกลุ่มละ 3 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย คัดเลือกนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูง กลาง และอ่อน ทำการทดลองใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยให้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน จากนั้นให้ผู้เรียนศึกษาโมชันกราฟิก เรื่อง อัลกอลิทึมกับการแก้ปัญหาพร้อมกับทำกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยได้จัดทำไว้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนทำกิจกรรม ใบงาน ระหว่างเรียน จากนั้นทำแบบทดสอบหลังเรียนหลังจากเรียนและทำกิจกรรมครบทุกตอนและสัมภาษณ์ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากกลุ่ม Tryout จากนั้นคำนวณหาประสิทธิภาพของสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ตามเกณฑ์ (80/80) จากการทดลองแบบกลุ่มย่อย พบว่า สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ/ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/ E_2) เท่ากับ 81.56/84.44 รายละเอียดคะแนนรายบุคคล (ดังแนบในภาคผนวก ค หน้า 208) ซึ่งพบส่วนที่ต้องปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ ปรับตัวหนังสือให้มีความหนาขึ้น เนื่องจากรูปแบบตัวอักษรที่เลือกใช้เส้นค่อนข้างอ่อน ทำให้ตัวหนังสือไม่ชัดเจน และเพิ่มการเคลื่อนไหวในหัวข้อการแสดงอัลกอริทึม เพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพขั้นตอนอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

5.3.8 นำสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการสร้างสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

5.4 แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้ประเมินได้สร้างแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 2 ฉบับ ได้แก่ แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ และแปลผลหลังการทดลอง

5.4.1 ศึกษา วิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการคิดเชิงคำนวณในแง่ของความหมายและองค์ประกอบ ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) เพื่อกำหนดข้อบ่งชี้ของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ตารางแสดงข้อบ่งชี้ของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณในแต่ละด้าน

องค์ประกอบ	**ข้อบ่งชี้ของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ**
การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition)	มีการวิเคราะห์และแบ่งระบบหรือปัญหาออกเป็นส่วนย่อย เป็นขั้นตอนการแก้ปัญหาส่วนย่อย
การหารูปแบบ (Pattern Recognition)	ระบุรูปแบบของระบบหรือรูปแบบของวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเหมือนหรือสอดคล้องกัน ระบุแนวโน้มคำตอบโดยสังเกตรูปแบบของระบบหรือวิธีการแก้ไขปัญหา
การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)	เป็นข้อคำถามเขียนแผนภาพ สัญลักษณ์ ที่เป็นตัวแทนสถานการณ์หรือปัญหา มีการระบุส่วนสำคัญของปัญหา โดยคัดกรองสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกได้อย่างชัดเจน
การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms)	ระบุหรือจัดเรียงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา ข้อคำถามมีการออกแบบ สร้าง และเขียนขั้นตอนในการบรรลุงานหรือแก้ไขปัญหาได้

5.4.2 สร้างแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณในรูปแบบตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบในการคิดเชิงคำนวณ ดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) จำนวน 3 ข้อ องค์ประกอบที่ 2 การหารูปแบบ (Pattern Recognition) จำนวน 3 ข้อ องค์ประกอบที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) จำนวน 4 ข้อ และองค์ประกอบที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) จำนวน 10 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อ

5.4.3 กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย โดยมีการคำนวณผลระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ข้อที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดได้ 0 คะแนน แบ่งการแปลผลออกเป็น 5 ระดับ สามารถแปลความหมาย ได้ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ระดับคะแนน (ร้อยละ)	ความหมาย
80 -100	ดีมาก
60 - 79	ดี
40 – 59	พอใช้
20 - 39	ค่อนข้างต่ำ
ต่ำกว่า 20	ต่ำ

ในการทำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณจากที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น สามารถแปลผลระดับความสามารถในทักษะการคิดเชิงคำนวณ จากตารางที่ 19 ได้ดังต่อไปนี้

ระดับคะแนนร้อยละ 80 – 100 หมายความว่า มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ ดีมาก

ระดับคะแนนร้อยละ 60 – 79 หมายความว่า มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ ดี

ระดับคะแนนร้อยละ 40 – 59 หมายความว่า มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ พอใช้

ระดับคะแนนร้อยละ 20 – 39 หมายความว่า มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ ค่อนข้างต่ำ

ระดับคะแนนร้อยละต่ำกว่า 20 หมายความว่า มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ ต่ำ

5.4.4 นำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาและนำมาปรับปรุงแก้ไข

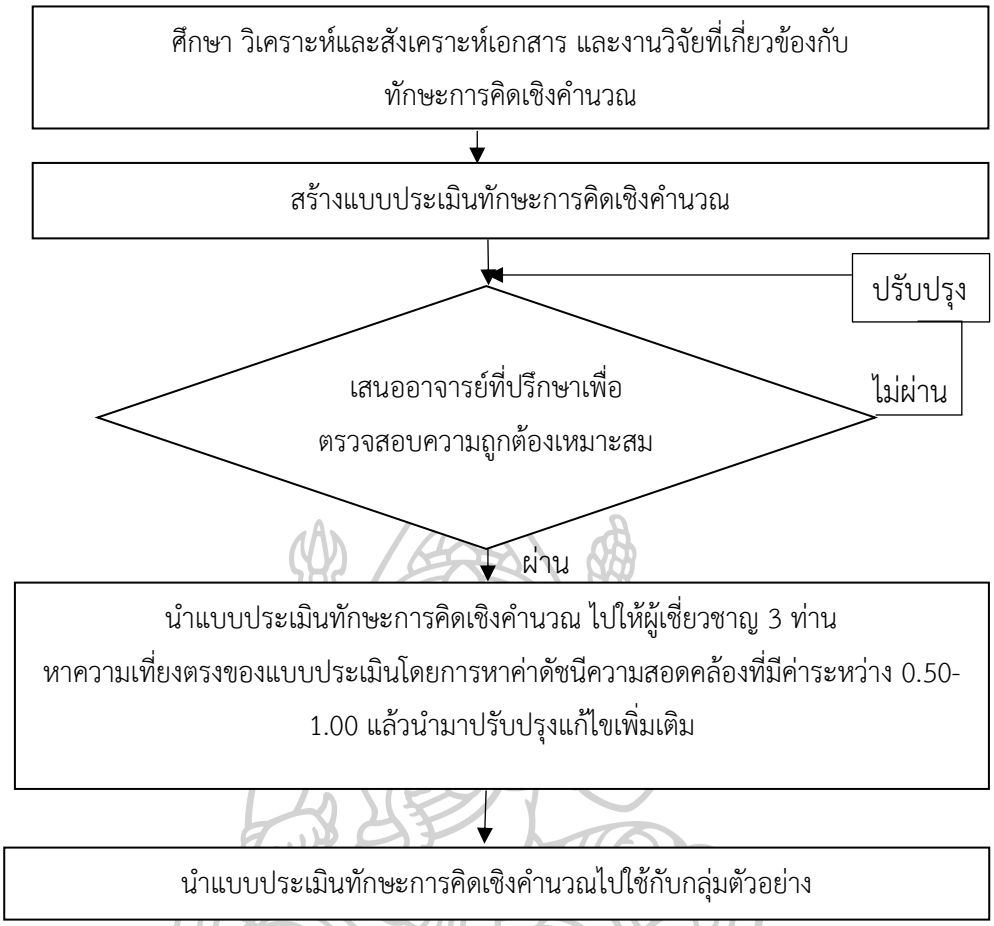
5.4.5 นำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน หาความเที่ยงตรงของแบบประเมินโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องที่มีค่าระหว่าง 0.50-1.00 นำมาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อสอดคล้องกับเนื้อหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อสอดคล้องกับเนื้อหา

-1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อไม่สอดคล้องกับเนื้อหา

5.4.6 นำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ผ่านการประเมินวิเคราะห์หาความเที่ยงตรงโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จำนวน 20 ข้อ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง



ภาพที่ 12 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

5.5 แบบประเมินความพึงพอใจ

แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมมทักษะการคิดเชิงคำนวณ เป็นแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากที่ได้เรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจนครบกระบวนการแล้ว ซึ่งแบบประเมินที่จะให้ผู้เรียนประเมินนี้มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแนวคิดของลิเคอร์ท โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

5.5.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักเกณฑ์และวิธีการในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน จากตำรา เอกสารต่าง ๆ

5.5.2 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา โดยมีเกณฑ์ในการประเมินความพึงพอใจ 3 ระดับ (Rating Scale) ได้แก่ ระดับความพึงพอใจมาก ระดับความพึงพอใจปานกลาง และระดับความพึงพอใจน้อย การวิเคราะห์ค่าคะแนนมีดังนี้

3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

และการแปลผลจากคะแนนเฉลี่ย ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด : 2545)

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.50-3.00 หมายถึง ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.50-2.49 หมายถึง ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับพอใช้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00-1.49 หมายถึง ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับควรปรับปรุง

5.5.3 นำแบบประเมินความพึงพอใจที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจพิจารณาความเหมาะสมและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

5.5.4 นำแบบประเมินความพึงพอใจที่ปรับปรุงเสร็จแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านทำการตรวจสอบความถูกต้องและพิจารณาความสอดคล้องครอบคลุมด้านเนื้อหา โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และเลือกข้อที่มีค่า 0.50-1.00 โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาดังนี้

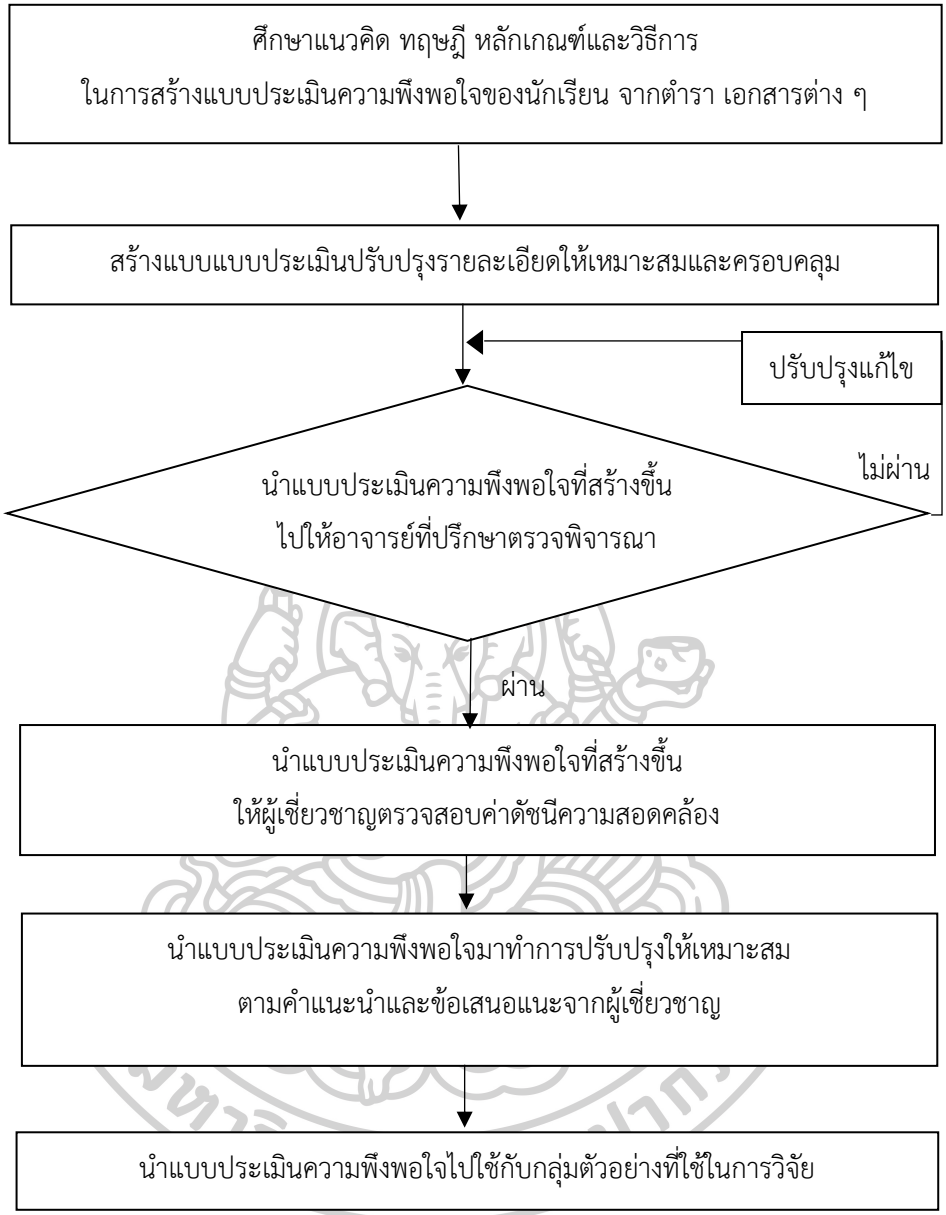
+1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการที่พิจารณาแบบประเมินความพึงพอใจสอดคล้องกับเนื้อหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการที่พิจารณาแบบประเมินความพึงพอใจสอดคล้องกับเนื้อหา

-1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการที่พิจารณาแบบประเมินความพึงพอใจไม่สอดคล้องกับเนื้อหา

5.5.5 นำแบบประเมินความพึงพอใจมาทำการปรับปรุงให้เหมาะสม ตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

5.5.6 นำแบบประเมินความพึงพอใจที่ปรับปรุงแก้ไขจนสมบูรณ์แล้ว ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยต่อไป



ภาพที่ 13 แผนภาพขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

6. วิธีดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

6.1 ขั้นเตรียมการ

6.1.1 นำหนังสือราชการจากคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนในเครือข่ายโพธารามที่ 1 อ.โพธาราม จังหวัดราชบุรี เพื่ออนุญาตและขอความร่วมมือในการทดลองและเก็บข้อมูล

6.1.2 ผู้วิจัยติดต่อประสานงานครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 เพื่อเตรียมสถานที่กำหนดวันและเวลาที่ใช้ทดลอง

6.1.3 เตรียมสถานที่ที่ใช้ในการทดลองพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดดอนทราย (สุวรรณรัฐราษฎร์อุปถัมภ์)

6.2 ขั้นดำเนินการทดลอง

การทดลองในครั้งนี้ใช้เวลาในการดำเนินการทดลอง ในภาคเรียนที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2564 โดยใช้เวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์ จำนวน 8 ชั่วโมง โดยดำเนินการดังนี้

6.2.1 ชี้แจงรายละเอียดกระบวนการการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ให้กลุ่มทดลองทราบ

6.2.2 ประเมินระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณของกลุ่มทดลองก่อนเรียน จากนั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) เนื้อหาบทเรียนจำนวน 1 เรื่อง ใช้เวลาเรียนทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ โดยจะเรียนสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง

6.2.3 หลังจากที่กลุ่มทดลองเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) แล้ว ให้นักเรียนกลุ่มทดลองทำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

6.2.4 ให้นักเรียนกลุ่มทดลองทำแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี)

6.2.5 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

7.1 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of item Objective Congruence : IOC)

$$IOC = \frac{\sum Xi \sum Xi}{n}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum Xi$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชา

7.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการตอบวัตถุประสงค์การวิจัยนั้นผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เกณฑ์ดังนี้ เปรียบเทียบผลการเรียนใช้เกณฑ์ ค่าคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ t – test for dependent

7.2.1 คำนวณค่าสถิติพื้นฐาน คือ คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2538: 73)

$$\overline{X} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

$\frac{\sum x}{N}$ แทน คะแนนแต่ละตัวในกลุ่มตัวอย่าง

7.2.2 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2538: 158)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum x^2-(\sum x)^2}{N}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

$\sum x$ แทน คะแนนแต่ละตัวในกลุ่มตัวอย่าง

7.2.3 คำนวณเพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ค่า t – test for dependent samples (ธีรศักดิ์ อุ่นอารมณ์เลิศ, 2549: 104) ดังต่อไปนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2-(\sum D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ t แทน อัตราส่วนวิกฤติ

D แทน ความแตกต่างของคะแนนของแต่ละคน

$\sum D$ แทน ผลรวมของคะแนนความต่างของแต่ละคน

N แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 48 คน การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 3 ตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

โดยแสดงรายละเอียดของผลการวิจัยแต่ละตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

1.1 การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ให้มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากนั้น ผู้วิจัยได้สร้างสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 2 เรื่อง คือเรื่องที่ 1 การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เรื่องที่ 2 การแสดงอัลกอริทึม

ภาพที่ 14 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิกเรื่อง การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

ภาพที่ 15 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิกเรื่อง การแสดงอัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา

1.2 ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสื่อ 2 ด้านคือ 1) ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) 2) ด้านการออกแบบสื่อโมชันกราฟิก ซึ่งมีผลการประเมินดังต่อไปนี้

1.2.1 ผลการประเมินคุณภาพสื่อด้านเนื้อหา ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ พบว่า ภาพรวมด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) มีค่าเท่ากับ 4.95 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.07 ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
1. ด้านเนื้อหา				
1.1	เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
1.2	เนื้อหาที่นำเสนอสามารถสื่อความหมายได้ถูกต้อง	5.00	0.00	ดีมาก
1.3	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	5.00	0.00	ดีมาก
1.4	การเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก	5.00	0.00	ดีมาก
1.5	การจัดการเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5.00	0.00	ดีมาก
1.6	เนื้อหามีความเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
2. ด้านภาพประกอบเนื้อหา				
2.1	ภาพมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
2.2	ภาพมีความชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก
2.3	ภาพสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก
2.4	ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในการสื่อความหมาย	5.00	0.00	ดีมาก
2.5	ขนาดของภาพที่ใช้เหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
2.6	ความเหมาะสมของจำนวนภาพ	5.00	0.00	ดีมาก
3. ด้านเสียงบรรยาย				
3.1	เสียงเนื้อหาประกอบสอดคล้องกับภาพ	5.00	0.00	ดีมาก
3.2	ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.67	0.58	ดีมาก
3.3	ระดับความดังของเสียงประกอบมีความเหมาะสม	4.67	0.58	ดีมาก
3.4	ระดับเสียง (เสียงแหลม - ทุ้ม) เหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
3.5	เสียงประกอบช่วยสร้างความสนใจ	4.33	0.58	ดีมาก
4. ด้านการใช้ภาษา				
4.1	ความเหมาะสมของการใช้ภาษา	5.00	0.00	ดีมาก
4.2	การใช้ภาษาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5.00	0.00	ดีมาก
4.3	ภาษาที่ใช้ในเนื้อหามีความชัดเจน และเข้าใจง่าย	5.00	0.00	ดีมาก

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
5. ด้านการนำไปใช้				
5.1	การควบคุมเนื้อหาทำได้ง่าย และสะดวก	5.00	0.00	ดีมาก
5.2	มีรูปแบบของเนื้อหาเป็นมาตรฐานเดียวกัน	5.00	0.00	ดีมาก
5.3	การออกแบบมีความคิดสร้างสรรค์ ใช้แนวคิดใหม่ ๆ	4.67	0.58	ดีมาก
5.4	ความเหมาะสมของเทคนิค และการนำเสนอ	5.00	0.00	ดีมาก
5.5	ความง่ายในการใช้งาน	5.00	0.00	ดีมาก
รวมทั้งหมด		**4.95**	**0.07**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 20 ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) มีรายการประเมิน 5 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหา 2) ด้านภาพประกอบเนื้อหา 3) ด้านเสียงบรรยาย 4) ด้านการใช้ภาษา 5) ด้านการนำไปใช้ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีคุณภาพมากที่สุด คือ ด้านเนื้อหา ด้านภาพประกอบเนื้อหา และด้านการใช้ภาษา มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) มีค่าเท่ากับ 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.00 รองลงมาคือด้านการนำไปใช้ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) มีค่าเท่ากับ 4.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.12 และลำดับสุดท้าย คือ ด้านเสียงบรรยาย มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) มีค่าเท่ากับ 4.73 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.35

1.2.2 ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ภาพรวมด้านสื่อโมชันกราฟิกมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) มีค่าเท่ากับ 4.94 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.11 ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกด้านการออกแบบ ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
1.ด้านภาพที่นำเสนอ				
1.1	ภาพมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
1.2	การจัดวางภาพมีความเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
1.3	ภาพมีสีสัน ทำให้เกิดความน่าสนใจ	5.00	0.00	ดีมาก
1.4	ภาพมีความชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก
1.5	ภาพสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	4.67	0.58	ดีมาก
1.6	ขนาดของภาพที่ใช้เหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
1.7	ความเหมาะสมของจำนวนภาพ	5.00	0.00	ดีมาก
2. ด้านเสียง				
2.1	เสียงบรรยายประกอบสอดคล้องกับภาพ	5.00	0.00	ดีมาก
2.2	ความชัดเจนของเสียง	4.67	0.58	ดีมาก
2.3	ระดับความดังของเสียงประกอบมีความเหมาะสม	4.67	0.58	ดีมาก
2.4	ระดับเสียง (เสียงแหลม - ทุ้ม) เหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
2.5	เสียงประกอบช่วยสร้างความสนใจ	5.00	0.00	ดีมาก
2.6	เสียงประกอบมีความกระชับ ไม่นานเกินไป	5.00	0.00	ดีมาก
3. ด้านตัวอักษร และสี				
3.1	ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ อ่านง่าย และสบายตา	5.00	0.00	ดีมาก
3.2	รูปแบบตัวอักษรที่ใช้อ่านง่ายและมีสีสันสวยงาม	5.00	0.00	ดีมาก
3.3	ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	5.00	0.00	ดีมาก
3.4	ความเหมาะสมของการจัดวางตัวอักษร	4.67	0.58	ดีมาก

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
4. ด้านโมชันกราฟิก				
4.1	ภาพเคลื่อนไหวสื่อความหมายตรงกับเนื้อหาที่ปรากฏ	5.00	0.00	ดีมาก
4.2	ความเร็วของสื่อเหมาะกับการวิเคราะห์ภาพและเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
4.3	ความรวดเร็วในการแสดงผลและการปรากฏของข้อความมีความสมดุล	5.00	0.00	ดีมาก
4.4	ความน่าสนใจในการนำเสนอสื่อโมชันกราฟิก	4.67	0.58	ดีมาก
4.5	ความเหมาะสมของโปรแกรมที่ใช้พัฒนาสื่อ	5.00	0.00	ดีมาก
5. ด้านการนำไปใช้				
5.1	การควบคุมเนื้อหาทำได้ง่าย และสะดวก	5.00	0.00	ดีมาก
5.2	รูปแบบของเนื้อหาเป็นมาตรฐานเดียวกัน	5.00	0.00	ดีมาก
5.3	ความเหมาะสมของเทคนิค และการนำเสนอ	5.00	0.00	ดีมาก
5.4	สามารถตอบสนองจุดประสงค์การเรียนรู้ได้	5.00	0.00	ดีมาก
รวม		**5.00**	**0.00**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 21 ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกด้านการออกแบบ ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสื่อโมชันกราฟิก มีรายการประเมิน 5 ด้าน คือ 1) ด้านภาพที่นำเสนอ 2) ด้านเสียง 3) ด้านตัวอักษรและสี 4) ด้านโมชันกราฟิก 5) ด้านการนำไปใช้ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีคุณภาพมากที่สุด คือ ด้านการนำไปใช้ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) มีค่าเท่ากับ 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.00 รองลงมาคือด้านภาพที่นำเสนอ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) มีค่าเท่ากับ 4.95 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.08 ด้านโมชันกราฟิก มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) มีค่าเท่ากับ 4.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.12 ด้านตัวอักษรและสี มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) มีค่าเท่ากับ 4.92 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.14 และด้านเสียงมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) มีค่าเท่ากับ 4.89 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.19 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แผนการจัดการเรียนการสอนร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 3 แผน แผนละ 2-3 ชั่วโมง รวม 8 ชั่วโมง ได้แก่ แผนที่ 1 อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา แผนที่ 2 การแสดงอัลกอริทึม แผนที่ 3 การแก้ปัญหาเกมเตตริส จากนั้นทำการประเมินด้วยแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ 1 ชุด มีจำนวนข้อสอบ 20 ข้อ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษารวมทั้งสิ้น 20 ข้อ 20 คะแนน แล้วนำผลคะแนนมาเปรียบเทียบค่าดัชนีประสิทธิผลระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนได้ผลดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	t	Sig.
คะแนนก่อนเรียน	20	6.25	32.2640	.000*
คะแนนหลังเรียน	20	16.98		

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 22 พบว่า สรุปผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พบว่าผลการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 6.25 ส่วนคะแนนประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 16.98 และมีค่าที (t) เท่ากับ 32.264

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อน และหลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยการเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ซึ่งมีผลการประเมินดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านเนื้อหา				
1.1	เนื้อหาที่นำมาทำสื่อการสอนมีความน่าสนใจ	2.90	0.30	มาก
1.2	เนื้อหาเหมาะสมสำหรับนักเรียน	3.00	0.00	มาก
1.3	เนื้อสอดคล้องกับกิจกรรมและสื่อประกอบการเรียนรู้	3.00	0.00	มาก
2. ด้านสื่อการเรียนการสอน				
2.1	สีของบทเรียนสวยงาม สบายตา	3.00	0.00	มาก
2.2	การ์ตูนนำเสนอบทเรียนน่าสนใจ	3.00	0.00	มาก
2.3	ขนาดตัวอักษรอ่านง่าย ชัดเจน	3.00	0.00	มาก
2.4	ภาพสอดคล้องกับเนื้อหา	2.95	0.22	มาก
2.5	เสียงบรรยายชัดเจน	2.90	0.30	มาก
3. ด้านเครื่องมือวัดและประเมินผล				
3.1	การประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	2.90	0.30	มาก
3.2	การประเมินผลเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน	2.95	0.22	มาก
3.3	นักเรียนมีความพึงพอในในการทำกิจกรรมการเรียนรู้	2.95	0.22	มาก
3.4	นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่มากขึ้น	3.00	0.00	มาก
รวม		**2.96**	**0.13**	**มาก**

จากตารางที่ 23 พบว่า นักเรียนที่ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยภาพรวมมีความพึงพอใจในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านมีรายละเอียด ดังนี้

ด้านเนื้อหา พบว่าภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 2.97 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า นักเรียนพึงพอใจในเรื่อง เนื้อหามีความเหมาะสมสำหรับนักเรียน, เนื้อหาสอดคล้องกับกิจกรรมและสื่อประกอบการเรียนรู้ มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 3.00 รองลงมา เนื้อหาที่นำมาทำสื่อการสอนมีความน่าสนใจ มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 2.90

ด้านสื่อการเรียนการสอน พบว่าภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 2.97 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า สีของบทเรียนสวยงาม สบายตา มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 3.00 การ์ตูนนำเสนอบทเรียนน่าสนใจ มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 3.00 และขนาดตัวอักษรอ่านง่าย ชัดเจน มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่า ($\overline{x}$) เฉลี่ยเท่ากับ 3.00 รองลงมา คือ ภาพสอดคล้องกับเนื้อหา มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 2.95 และ เสียงบรรยายชัดเจน มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 2.90

ด้านเครื่องมือวัดและประเมินผล พบว่าภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 2.95 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า นักเรียนพึงพอใจในเรื่อง ความเข้าใจในเนื้อหาที่มีมากขึ้น มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 3.00 รองลงมา คือ การประเมินผลเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน ความพึงพอใจในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 2.95 และการประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 2.90

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 ครั้งนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอ ระเบียบวิธีวิจัย สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

ระเบียบวิธีการวิจัย

ผู้วิจัยขอนำเสนอจุดมุ่งหมายของการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง สมมติฐานการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย โดยสังเขป ดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 ครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

สมมุติฐานการวิจัย

1. สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. นักเรียนเกิดทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนและหลังการเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแตกต่างกัน โดยหลังการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) อยู่ในระดับมาก

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 247 คน จากโรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดดอนทราย (สุวรรณรัฐราษฎร์อุปถัมภ์) อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาราชบุรี เขต 2 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เทคโนโลยี) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) จำนวน 48 คน

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น (Independent Variable)

การสอนโดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี)

ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

1. ทักษะการคิดเชิงคำนวณ
2. ความพึงพอใจของผู้เรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเพื่อใช้สอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญนี้เพื่อวัตถุประสงค์นำไปใช้ในการสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

2. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แบ่งออกเป็น 3 แผนจัดการเรียนรู้ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง

3. สื่อโมชันกราฟิกวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็นสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน จำนวน 1 บทเรียน

4. แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณในรูปแบบตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ โดยมีการคำนวณผลระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ข้อที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดได้ 0 คะแนน

5. แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. หนังสือราชการจากคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากรติดต่อประสานงานครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 เพื่อเตรียมสถานที่กำหนดวันและเวลาที่ใช้ทดลอง

2. การทดลองในครั้งนี้ใช้เวลาในการดำเนินการทดลอง ในภาคเรียนที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2564 โดยใช้เวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์ จำนวน 8 ชั่วโมง แบ่งเป็นทดสอบก่อนเรียน 30 นาที เนื้อหาการเรียน 7 ชั่วโมง และทำการทดสอบหลังเรียน 30 นาที

3. ดำเนินการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังสิ้นสุดการเรียนการสอนครบ 3 แผน โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แล้วรวบข้อมูลไว้เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 พบว่า

1. ผลพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง

สะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษาะการคิดเชิงคำนวณ พบว่าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) โดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

อภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายโพธารามที่ 1 ผู้วิจัยได้สร้างสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสื่อ 2 ด้านคือ 1) ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) และด้านการออกแบบสื่อโมชันกราฟิก ซึ่งมีผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

จากผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ด้านการออกแบบสื่อโมชันกราฟิก และการหาประสิทธิภาพของสื่อโมชันกราฟิก สามารถอภิปรายผลได้ว่า

1. ผลการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ทำให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุง 6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนได้รับความรู้จากการสื่อสารด้วยภาพการ์ตูนเคลื่อนไหวและเสียงที่อธิบายเนื้อหาที่มีความยาก ซับซ้อนให้อยู่ในรูปแบบการสรุปความรู้จากสื่อโมชันกราฟิกที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เรียนด้วยความสนุกสนานเพลิดเพลิน สามารถเรียนซ้ำได้อีกตามที่ต้องการและยังทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาเป็นอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ มีทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารเบื้องต้นในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) และนำเทคโนโลยีใหม่ที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต จนสามารถพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เรียงลำดับความสำคัญ เกิดความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในด้านการสื่อสาร มีความสามารถในการตัดสินใจ เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ได้ จึงทำให้นักเรียนมีผล

การเรียนที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิชชาวุธ อุ่นสิม (2560) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนน้อยมีคะแนนพัฒนาการในทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณลดลงคิดเป็นร้อยละ 19 ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากนักเรียนให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทำข้อสอบเป็นหลักจึงขาดความสนใจในกิจกรรมที่ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ ในขณะที่นักเรียนส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 81 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย มีพัฒนาการในทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Swaid (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับนำเสนอเกี่ยวกับโปรเจ็คที่ชื่อว่า HBCU-UP II ซึ่งเป็นการนำความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลมาใช้ในหลักสูตรที่บูรณาการด้วย STEM และนำเสนอกรอบแนวคิดการนำไปใช้และผลลัพธ์ที่ได้ โครงการนี้กำลังได้รับแรงสนับสนุนให้เผยแพร่ในหลักสูตร ทุกมหาวิทยาลัยในระดับสากลและผู้วิจัยมีความสนใจในการประยุกต์ความคิดนี้กับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM) การจัดคอร์สการเรียนการสอนเริ่มแรกจะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับความคิดเชิงประมวลผลเน้นที่การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์และการประยุกต์ใช้ร่วมกับวิชาอื่นเช่น ชีววิทยา การตลาด ต่อมาจะเน้นที่วิชาที่พัฒนาด้วยการเขียนโปรแกรม โดยมีเกณฑ์ที่ว่าต้องเป็นภาษาที่เขียนง่าย เครื่องมือหรือแหล่งหาความรู้สามารถหาได้บนระบบออนไลน์และต้องออกแบบหลักสูตรให้ตรงตาม องค์ประกอบของความคิดเชิงประมวลผลการนำความคิดเชิงประมวลผลนั้นมาบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM) เพื่อส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจข้อมูลที่มากมาย สามารถนำมาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้ ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากการทำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 20 ข้อ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 6.25 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 16.98 และมีค่า (t) เท่ากับ 32.26 เมื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณวิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นเพราะสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่พัฒนาขึ้นได้รับการตรวจสอบและ

ประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และพบว่าสื่อการสอนมีความเหมาะสมมากในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้โดยอาศัยกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ฝึกทักษะการคิดอย่างเป็นขั้นตอน เผชิญสถานการณ์การแก้ปัญหา วางแผนการเรียนรู้ ตรวจสอบการเรียนรู้ และสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ โดยใช้กระบวนการสะเต็มศึกษา ครูผู้สอนคอยให้การชี้แนะช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด จึงทำให้นักเรียนทุกคนเรียนได้ตามความสามารถ ความสนใจ ตามเวลา และโอกาสที่เหมาะสม อีกทั้งช่วยให้ครูวัดผลผู้เรียนได้ตรงความมุ่งหมาย และเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิด ฝึกตัดสินใจ แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ตรีประเสริฐ แสงศรีเรือง (2563) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่องหินและการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5 อีกทั้งยังผู้วิจัยได้ใช้สื่อโมชันกราฟิก สรุปย่อเนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ออกมาในรูปแบบการ์ตูนเคลื่อนไหวที่มีสีสันสะดุดตา ดึงดูดความสนใจ และเหมาะสมกับวัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนุกสนาน สนใจสื่อโมชันกราฟิก เมื่อได้ปฏิบัติพร้อมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาบทเรียนได้ดี ส่งผลให้คะแนนการประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ
ชยามร กลัดทรัพย์ (2563) ศึกษาผลการใช้โมชันอินโฟกราฟิกร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง ภูมิศาสตร์ที่มีผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการทำงานร่วมกันของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนารีวิทยา ราชบุรี โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียน

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) อยู่ในระดับมาก เป็นเพราะนักเรียนมีความเข้าใจวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) มากขึ้น เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ได้สัมผัสประสบการณ์ใหม่ๆ และได้แลกเปลี่ยนความคิดกับครูผู้สอนและเพื่อนๆ ทำให้ผู้เรียนรู้สึกสนุกสนานมีความสุขในการเรียน ด้วยสื่อโมชันกราฟิกมีการแสดงผลและสรุปเนื้อหา หัวข้อบทเรียน ให้อยู่ในรูปแบบการ์ตูนกราฟิกประกอบเนื้อหาวิชา

วิทยาศาสตร์ มีข้อข้อความ ภาพ เสียง ส่งผ่านถึงผู้เรียนในรูปแบบของ VDO ที่มีความยาวไม่มากจนเกินไป ทำให้ผู้เรียนไม่รู้สึกเบื่อหน่าย อีกทั้งยังมีกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาทั้ง 6 ขั้นตอนที่ผู้วิจัยได้ออกแบบร่วมกับสื่อโมชันกราฟิก สอดแทรกเกมการศึกษา การระดมความคิดในเรื่องการแก้ปัญหา โดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณทั้ง 4 องค์ประกอบ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้นักเรียนสามารถนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้ดีอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พงษ์ลือฤทธิ์ มีที (2557) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องการออกแบบโมชันกราฟิก เรื่องปัญหาคอร์รัปชันในสังคมไทย มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อพัฒนางานสื่อโมชันกราฟิก เรื่องปัญหาคอร์รัปชันในสังคมไทย พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจของคุณภาพสื่อโมชันกราฟิก โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พงษ์พิพัฒน์ สายทอง (2560) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรระดับปริญญาตรี คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พบว่า หลังทดลองใช้โมชันอินโฟกราฟิก ครูแนะแนวมีความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และนักเรียนมีความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ครูผู้สอนควรสอนความรู้พื้นฐานให้กับนักเรียนก่อน เพราะความรู้พื้นฐานการคิดเชิงคำนวณ จะช่วยให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการทำกิจกรรมการเรียนรู้

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนและกิจกรรมที่ต้องเน้นการปฏิบัติ นักเรียนอาจใช้เวลาทำกิจกรรมนานกว่าที่กำหนดไว้ ดังนั้นครูผู้สอนอาจยืดหยุ่นเวลาได้ตามความเหมาะสม

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ครูผู้สอนต้องกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็น และเน้นสร้างบรรยากาศแบบการมีส่วนร่วม

ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรนำรูปแบบการเรียนรู้ด้วยสื่อโมชันกราฟิก ไปใช้กับวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) เพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อโมชันกราฟิก สามารถทำให้นักเรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในด้านอื่นๆ ได้หรือไม่ เช่น ด้านความคิดสร้างสรรค์ ความอดทน การแก้ไขปัญหาแบบมีเงื่อนไข และพัฒนาอารมณ์ เป็นต้น

2. ควรศึกษาผลการใช้วิธีการเรียนรู้โดยใช้สื่อโมชันกราฟิก ที่มีต่อตัวแปรอื่น เช่น ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การศึกษาทัศนคติหรือเจคติของนักเรียนต่อการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) อันจะก่อให้เกิดประโยชน์กับครูและนักเรียนต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) (ให้ข้อมูลการสัมภาษณ์)

1. นายบำรุง อำภา	ผู้อำนวยการชำนาญการพิเศษ โรงเรียนวัดบ้านโพธิ์
2. นายสรายุทธ อนันตศิริ	ผู้อำนวยการชำนาญการ โรงเรียนวัดบ่อบุญ (จารุราษฎร์บำรุง)
3. นางสาวอุมาพร บรรจงเสนา ณ อยุธยา	ครูชำนาญการโรงเรียนวัดดอนทราย (สุวรรณรัฐราษฎร์อุปถัมภ์)

รายนามผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อโมชันกราฟิก (ให้ข้อมูลการสัมภาษณ์)

1. ผศ.ดร.นพดล ผู้มีจรรยา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
2. อาจารย์ ดร.วรวุฒิ มั่นสุขผล	อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
3. อาจารย์ ดร.มนธิรา บุญญวินิจ	อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรม-การศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี)

1. อาจารย์สราวุธ มีศรี	นักวิชาการสาขาเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. อาจารย์วชิรพรรณ ทองวิจิตร	นักวิชาการสาขาเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. นายสรายุทธ อนันตศิริ	ผู้อำนวยการชำนาญการ โรงเรียนวัดบ่อบุญ (จารุราษฎร์บำรุง)

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ด้านกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

1. นายสรายุทธ อนันตศิริ	ผู้อำนวยการชำนาญการ โรงเรียนวัดบ่อบุญ (จารุราษฎร์บำรุง)
2. นายวรพจน์ มุกสิกวัตร	ผู้อำนวยการชำนาญการ โรงเรียนวัดดอนมะขามเทศ (กิติยานุกูล)
3. นางสาวอุมาภรณ์ บรรจงเสนา ณ อยุธยา	ครูชำนาญการ โรงเรียนวัดดอนทราย (สุวรรณรัฐราษฎร์อุปถัมภ์)

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิก (ด้านการออกแบบ)

1. ผศ.ดร.นพดล ผู้มีจรรยา อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
2. ผศ.ดร.ไพศาล สิมาเลาเต่า อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
3. ผศ.ดร.ภาณุวัฒน์ ศรีไชยเลิศ อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิก (ด้านเนื้อหา)

1. ผศ.ดร.นพดล ผู้มีจรรยา อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
2. ผศ.ดร.ไพศาล สิมาเลาเต่า อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
3. ผศ.ดร.ภาณุวัฒน์ ศรีไชยเลิศ อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ (Index of Item Objective Congruence : IOC) เครื่องมือที่ประเมินได้แก่ แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ สื่อโมชันกราฟิก แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ และแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกของนักเรียน

1. ผศ.ดร.อุบลรัตน์ ศิริสุขโภคา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
2. ผศ.ดร.ไพศาล สิมาเลาเต่า	อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
3. ผศ.ดร.สุมาลี สุนทรา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เพื่อใช้สอบถามผู้เชี่ยวชาญ
- แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
- แบบประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
- แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
- แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านโมชันกราฟิก

คำชี้แจง แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อโมชันกราฟิกนี้ แบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ให้สัมภาษณ์

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์.....

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 วุฒิการศึกษา ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

1.3 สาขาที่จบการศึกษา.....

1.4 ตำแหน่งงานปัจจุบัน.....

1.5 ประสบการณ์ในการพัฒนาโมชันกราฟิก.....ปี

ตอนที่ 2 ด้านการออกแบบสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

2.1 ท่านคิดว่าการนำเข้าสู่บทเรียนของสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ควรมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 ท่านคิดว่ารูปแบบของสื่อที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ควรมีรูปแบบเป็นอย่างไร (เช่น วีดิโอ, การ์ตูน, ข้อความ, รูปภาพ, เสียงบรรยาย)

.....

.....

.....

.....

2.3 ท่านคิดสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ **3** ควรเป็นสถานการณ์ในลักษณะอย่างไร

....

....

.....

2.4 ท่านคิดว่าในการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีเครื่องมือใดบ้างที่เหมาะสมในการพัฒนา

....

....

.....

....

.....

2.5 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

....

....

.....

....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ให้สัมภาษณ์

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี)

คำชี้แจง แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหานี้ แบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ให้สัมภาษณ์

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์.....

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 วุฒิการศึกษา ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

1.3 สาขาที่จบการศึกษา.....

1.4 ตำแหน่งงานปัจจุบัน.....

1.5 ประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ หรือ ผู้ที่มีความสามารถเกี่ยวกับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เดิม กลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี).....ปี

ตอนที่ 2 ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

2.1 ท่านคิดว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่มีความเหมาะสมกับวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ควรเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

2.2 ท่านคิดว่าสื่อโมชันกราฟิกที่มีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอน วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ควรประกอบด้วยอะไรบ้าง (เช่น วีดิโอ, แอนนิเมชัน, ข้อความ, ภาพ)

.....

.....

.....

2.3 ท่านคิดว่าการนำสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ มาใช้ประกอบเพื่ออธิบายเนื้อหา วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

2.4 ท่านคิดว่าแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ ก่อน - หลังเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรเป็นรูปแบบใดจึงจะสอดคล้องกับเนื้อหาและมีความเหมาะสม (กรุณาเลือกตอบโดยสามารถตอบได้มากกว่า 1 ตัวเลือก)

☐ เลือกตอบ ☐ เติมข้อความ

☐ ถูก – ผิด ☐ จับคู่

☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

2.5 ท่านคิดว่าแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรมีรูปแบบและเกณฑ์การให้คะแนนอย่างไร จึงจะสอดคล้องกับเนื้อหาและมีความเหมาะสม

.....

.....

.....

2.6 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ให้สัมภาษณ์

(.....)

ตำแหน่ง.....

ภายใต้สถานการณ์ Covid19 ทางโรงเรียนได้ปรับแผนการสอนในรูปแบบ Online

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา **ระยะเวลา 3 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตัวชี้วัด ป.3/1 แสดงอัลกอริทึมในการทำงานหรือแก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ภาพ สัญลักษณ์หรือข้อความ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณได้ (K)
2. แก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณได้ (P)
3. ประยุกต์การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณในชีวิตประจำวันได้ (A)

3. สาระสำคัญ

การเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง การเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิก ซึ่งมีการแสดงผลและสรุปเนื้อหาหัวข้อ หรือบทเรียน โดยผ่านการแสดงผลในรูปแบบกราฟิกประกอบเนื้อหาข้อความ ภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหวผ่านทางจอภาพโดยส่งผ่านผู้เรียนในรูปแบบของ ไฟล์ VDO และประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ในเรื่องการแก้ปัญหา คือ การนำขั้นตอนและวิธีการต่าง ๆ มาใช้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้อง การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณเป็นกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลเชิงตรรกะ เช่น การจัดลำดับ การวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหาทีละขั้นตอน เรียกว่า อัลกอริทึม (Algorithm)

4. สาระการเรียนรู้

1. ขั้นตอนการแก้ปัญหา
2. การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ

5. รูปแบบการสอน/วิธีการสอน

1. วิธีการสอนแบบออนไลน์ (On-line)
2. เทคนิคตามแนวคิดเชิงคำนวณ

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ☑ ความสามารถในการสื่อสาร
- ☑ ความสามารถในการคิด
- ☑ ความสามารถในการแก้ปัญหา
- ☑ ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- ☐ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

7. ทักษะ

- ☐ ทักษะการคิดวิจารณญาณ (Critical Thinking)
- ☑ ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking)
- ☑ ทักษะการทำงานร่วมกัน (Collaboration Skill)
- ☑ ทักษะการสื่อสาร (Communication Skill)
- ☑ ทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)

8. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- ☐ รักชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์
- ☐ ซื่อสัตย์ สุจริต
- ☑ มีวินัย
- ☑ ใฝ่เรียนรู้
- ☐ อยู่อย่างพอเพียง
- ☑ มุ่งมั่นในการทำงาน
- ☐ รักความเป็นไทย
- ☐ มีจิตสาธารณะ

9. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ชั่วโมงที่ 1-3

ชั่วโมงที่ 1				**ระยะเวลา : 60 นาที**
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา - ตอน การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	1.ปฐมนิเทศ ชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ผ่าน VROOM 2. ผู้สอนแนะนำวิธีการเรียนการเข้าเรียนและการเก็บคะแนนให้แก่ผู้เรียนทราบ 3.ผู้สอนบอกรายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหา ภาระงาน การประเมินผลในช่วงสถานการณ์โควิด 4. ให้ผู้เรียนทำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนผ่าน shorturl.asia/F1H6b	1. ทดลองเข้าสู่ห้องเรียน VROOM เพื่อเข้าสู่การเรียนออนไลน์และการเช็คชื่อเข้าเรียน 2.ฟังคำแนะนำวิธีการเรียนการเข้าเรียน และการเก็บคะแนน หากมีข้อสงสัยให้ซักถาม 3.ฟังรายละเอียดเนื้อหา ภาระงาน และเกณฑ์การประเมินผล 4. ทำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนก่อนเรียนตามที่ได้รับมอบหมาย	1. PowerPoints ข้อตกลงและแนวทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) 2. แบบทดสอบก่อนเรียน 3. Website VROOM 4. หนังสือเรียน เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)	- ประเมินผลการเข้าชั้นเรียน - แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนก่อนเรียน - ประเมินผลจากการร่วมกิจกรรม

ชั่วโมงที่ 1				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา - ตอน การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน **กิจกรรมสะเต็มศึกษา** - ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	**ขั้นนำ** 1.กิจกรรมท้าทาย → ครูบอกนักเรียนว่าครูจะบอกคำทั้งหมด 25 คำให้นักเรียนตั้งใจฟังโดยห้ามจดลงในกระดาษ ให้จำคำให้ได้มากที่สุดจนครบ 25 คำ 2. ครูตรวจสอบคำที่นักเรียนบอก พิมพ์ลงบนกระดานสนทนา ตรวจความถูกต้องและครบทั้ง 25 คำหรือไม่ 3. ครูสอบถามนักเรียนทราบหรือไม่ ว่าทำไมนักเรียนถึงไม่สามารถจำคำได้ทั้งหมดถึง 25 คำ จากนั้นกระตุ้นความคิดว่านักเรียนมีวิธีการแก้ไขอย่างไรกับกิจกรรมนี้	1.ให้นักเรียน 1-2 คนที่คิดว่าจำได้มากที่สุด ตอบ โดยกดปุ่มยกมือใน VROOM (หากไม่มีใช้ Website Piliapp wordwall วงล้อสุ่มเลขที่) บอกคำศัพท์ที่จำได้ จนตัวเองนึกไม่ออก 2.จากนั้นให้เพื่อนช่วยกันบอกคำศัพท์ให้มากที่สุด 3.ระดมความคิด หาวิธีการแก้ปัญหาในกิจกรรม (แนวการตอบ : ตามดุลยพินิจของนักเรียน)	1. สื่อโมชันกราฟิก เรื่อง การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน 2. Website Piliapp, Wordwall ,VROOM 3. หนังสือเรียน เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)	- ประเมินผลการเข้าชั้นเรียน - ประเมินผลจากการร่วมกิจกรรม - ประเมินจากแบบฝึกหัด

ชั่วโมงที่ 1				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา - ตอน การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน **กิจกรรมสะเต็มศึกษา** - ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา - ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	**ขั้นสอน** 3.ครูเปิดสื่อโมชันกราฟิก เรื่อง การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน อธิบายว่าสิ่งที่พบเจอในชีวิตประจำวันเรามักพบเจอสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นปัญหา และจะมีวิธีการจัดการกับปัญหาได้อย่างไร (สื่อใช้เวลา 6-7 นาที) 4. หลังจากดูสื่อโมชันกราฟิก เรื่อง การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ครูยกตัวอย่างสถานการณ์ ในหนังสือ เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา “วันนี้ตื่นสายแล้วจะไปโรงเรียนด้วยวิธีใดจึงจะไปทันเวลาเข้าสอบ”จากการศึกษาสื่อโมชันกราฟิกไปนั้น ให้นักเรียน	4.ศึกษาเนื้อหาจากสื่อโมชันกราฟิก เรื่อง การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ศึกษาสถานการณ์ตัวอย่างที่ครูให้และพิจารณาแก้ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังนี้ ประกอบด้วย 1) พิจารณาและกำหนดรายละเอียดของปัญหา ขั้นระบุปัญหา 2) วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 3) ลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ 4) ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา ระดมความคิดและช่วยกัน		

ชั่วโมงที่ 1				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
	แก้ปัญหาเบื้องต้นได้โดยการใช้ขั้นตอนในการแก้ปัญหาประกอบด้วย 1) พิจารณาและกำหนดรายละเอียดของปัญหาขั้นระบุปัญหา 2) วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 3) ลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ 4) ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา			

ชั่วโมงที่ 1				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา - ตอน การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ **กิจกรรมสะเต็มศึกษา** - ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา	**ชั่วโมงที่ 3** **ขั้นสรุป (ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุป)** **1.**ครูสอบถามปัญหาการจดจำคำ 25 คำในชั่วโมงที่ 1 นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ จากการเรียน เรื่อง การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ สามารถนำมาแก้ปัญหาในเรื่องนี้ได้อย่างไร (แนวการตอบ: นักเรียนทราบแล้วว่าคำทั้งหมด มี 25 คำ ให้นับเพื่อนทั้งหมดในห้องว่ามีกี่คน แบ่งให้เพื่อนจดจำคำคนละเท่า ๆ กัน เช่น มี			

ชั่วโมงที่ 1				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
	ทั้งหมด 25 คนก็จำคนละ 1 คำจะสามารถจดจำและเขียนบนกระดานได้ครบและถูกต้องทั้งหมด 25 คำ) ครูคอยช่วยเสริมและสนับสนุนในการตอบคำถามของนักเรียน 2.ครูและนักเรียนร่วมกัน สรุปความรู้ว่า การแก้ปัญหาเราสามารถแก้ได้ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การจัดลำดับข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหาไปทีละขั้นตอน เรียกว่า อัลกอริทึม (Algorithm) 3.ครูเปิดโอกาสให้ซักถาม ในประเด็นที่สงสัย			

ชั่วโมงที่ 1				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
	4.ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมลองทำดู และกิจกรรมฝึกทักษะ จากหนังสือเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ป.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน หน้า 2-4 เป็นการบ้าน ส่งชั่วโมงถัดไป			

9. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เทคโนโลยี) ป.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา
2. หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เทคโนโลยี) ป.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา
3. ใบงานที่ 1.1.1 เรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ
4. สื่อโมชันกราฟิก เรื่อง การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน
5. Website Google, Wordwall, VROOM

10. การวัดและการประเมินผล

11.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม

จุดประสงค์	วิธีการประเมิน	เครื่องมือการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณได้ (K)	1. ประเมินใบงานที่ 1.1.1 เรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ	1. แบบประเมินใบงานที่ 1.1.1 เรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ	1. แก้ปัญหาโดยการใช้แนวคิดเชิงคำนวณได้ถูกต้องตามหลักการ อยู่ในเกณฑ์พอใช้ขึ้นไป
2. แก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณได้ (P)	1. ประเมินใบงานที่ 1.1.1 เรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ	1. ใบงานที่ 1.1.1 เรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ	1. แก้ปัญหาโดยการใช้แนวคิดเชิงคำนวณได้ถูกต้องตามหลักการ อยู่ในเกณฑ์พอใช้ขึ้นไป
3. ประยุกต์การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณในชีวิตประจำวันได้ (A)	1. ตรวจแบบฝึกหัดเรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ	1. แบบฝึกหัด เรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ	1. ตอบคำถามในแบบฝึกหัดได้ถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ 50 เปอร์เซ็นขึ้นไป

11.2 การประเมินใบงานที่ 1.1.1 เรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ

ประเด็นการประเมินใบงาน	คำอธิบายระดับคุณภาพ / ระดับคะแนน		
	3	2	1
1.เข้าใจปัญหาและวิเคราะห์ปัญหา	เข้าใจปัญหาและวิเคราะห์ปัญหา สามารถระบุประเด็นปัญหาที่สำคัญที่สุดได้	เข้าใจปัญหาและวิเคราะห์ปัญหา สามารถระบุประเด็นปัญหาได้แต่อาจไม่ใช่ประเด็นสำคัญที่สุด	เข้าใจปัญหาและวิเคราะห์ปัญหา ไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาที่สำคัญได้
2.การวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	มีการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีขั้นตอนที่สมบูรณ์ทั้งหมด	มีการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนแต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย	มีการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนแต่มีข้อผิดพลาดมาก
3. การตรวจสอบผลของการแก้ปัญหา	มีการตรวจสอบผลของการแก้ปัญหาและไม่พบข้อผิดพลาด	มีการตรวจสอบผลของการแก้ปัญหาและพบข้อผิดพลาด (น้อยกว่า 50 %)	มีการตรวจสอบผลของการแก้ปัญหาและพบข้อผิดพลาด (มากกว่า 50 %)
4.ความเข้าใจกระบวนการแก้ปัญหา	เข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้ได้ตามขั้นตอนที่มีความสมบูรณ์ตั้งแต่ต้นจนจบ	เข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาตามขั้นตอนได้เป็นส่วนใหญ่ (มากกว่า 50 %)	เข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาตามขั้นตอนได้เป็นบางส่วน (น้อยกว่า 50 %)
5.ความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของผลลัพธ์	ผลการแก้ปัญหาที่ได้น่าเชื่อถือและเป็นขั้นตอนที่สมบูรณ์ครบถ้วนถูกต้องทั้งหมด	ผลการแก้ปัญหาที่ได้น่าเชื่อถือและเป็นขั้นตอนที่สมบูรณ์ครบถ้วนแต่มีข้อผิดพลาดบางส่วน	ผลการแก้ปัญหาที่ได้ ไม่น่าเชื่อถือบางส่วนและมีข้อผิดพลาดมาก

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

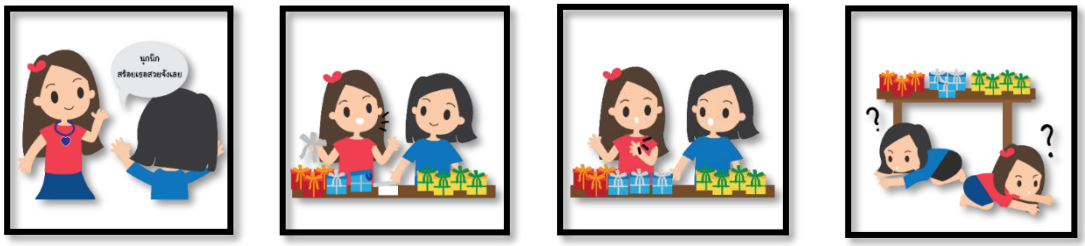
ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
14-15	ดีมาก
11-13	ดี
8-10	พอใช้
ต่ำกว่า 8	ปรับปรุง

ใบงานที่ 1.1.1

เรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ

สถานการณ์ที่ 1

นุกนิกกำลังห่อของขวัญให้เพื่อน 10 คนโดยของขวัญเป็นตุ๊กตาเซรามิกแบบเดียวกันทั้งหมด หลังจากที่ห่อเสร็จพบว่า สร้อยที่คอได้หล่นหายไป แต่ไม่รู้ว่าหายไปไหน นักเรียนช่วยนกนิกแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณอย่างไร



ให้นักเรียนช่วยกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ

1. นักเรียนคิดว่าสร้อยของนุกนิกที่หายไปนั้น เราสามารถสันนิษฐานอย่างไรได้บ้าง (Decomposition)

1.1 ตกอยู่ที่พื้น

เพราะ.....

1.2 ลืมใส่มา

เพราะ.....

1.3 หล่นอยู่ในกล่องของขวัญ

เพราะ.....

2. จากการสันนิษฐานของข้อ 1 นักเรียนคิดว่าสร้อยหายไปอยู่ที่ไหน เพราะอะไร (Pattern Recognition)

1.1 กล่องสีแดง เพราะ.....

1.2 กล่องสีเหลือง เพราะ.....

1.3 กล่องสีฟ้า เพราะ.....

3. จากข้อ 2 ถ้าสร้อยหล่นอยู่ในกล่องของขวัญ เราจะรู้ได้อย่างไรว่าอยู่ในกล่องไหน (Abstraction)

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนการหาสร้อยที่หายไป (Algorithm Design)

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การแสดงอัลกอริทึม

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา **ระยะเวลา 2 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตัวชี้วัด ป.3/1 แสดงอัลกอริทึมในการทำงานหรือแก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ภาพ สัญลักษณ์หรือข้อความ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เข้าใจขั้นตอนการแสดงอัลกอริทึมในการทำงานและการแก้ปัญหาได้ (K)
2. แสดงอัลกอริทึมในการทำงานและการแก้ปัญหาได้ (P)
3. เห็นประโยชน์ของการแสดงอัลกอริทึมในการทำงานและการแก้ปัญหาได้ (A)

3. สาระสำคัญ

การแสดงอัลกอริทึม (Algorithm) เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่สามารถอธิบายออกมาเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน เช่น การนำเข้าข้อมูลแล้วจะได้ผลลัพธ์อย่างไร ซึ่งทำได้โดยการเขียนบอกเล่า การวาดภาพ หรือการใช้สัญลักษณ์

4. สาระการเรียนรู้

การแสดงอัลกอริทึม

1. การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการเขียนบอกเล่า
2. การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ
3. การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยใช้สัญลักษณ์ (Flowchart)

5. รูปแบบการสอน/วิธีการสอน

1. วิธีการสอนแบบออนไลน์ (Online)
2. เทคนิคตามแนวคิดเชิงคำนวณ

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ☑ ความสามารถในการสื่อสาร
- ☑ ความสามารถในการคิด
- ☑ ความสามารถในการแก้ปัญหา
- ☑ ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- ☑ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

7. ทักษะ

- ☐ ทักษะการคิดวิจารณญาณ (Critical Thinking)
- ☑ **ทักษะการคิดเชิงคำนวณ** (Computational Thinking)
- ☑ ทักษะการทำงานร่วมกัน (Collaboration Skill)
- ☑ ทักษะการสื่อสาร (Communication Skill)
- ☑ ทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)

8. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- ☐ รักชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์
- ☑ มีวินัย
- ☐ อยู่อย่างพอเพียง
- ☐ รักความเป็นไทย
- ☐ ซื่อสัตย์ สุจริต
- ☑ ใฝ่เรียนรู้
- ☑ มุ่งมั่นในการทำงาน
- ☐ มีจิตสาธารณะ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

9. การจัดกระบวนการเรียนรู้ ชั่วโมงที่ 4-5

ชั่วโมงที่ 4-5				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา **ตอน การแสดงอัลกอริทึม** **กิจกรรมสะเต็มศึกษา** ขั้นที่ **1** ระบุปัญหา	**ขั้นนำ** 1.ตรวจสอบการบ้านจากชั่วโมงที่แล้วผ่าน VROOM 2. ให้นักเรียนนำกระดาษและดินสอขึ้นมา เพื่อวาดภาพตามคำสั่ง ดังนี้ 1) หน้าวงกลม 2) มีหู 2 ข้าง 3) มีตา 1 ดวง 4) ผมยาว 5) ฟันหลอ 6) จมูกสามเหลี่ยม 7) ติดโบว์ ให้นักเรียนยกภาพของตัวเองขึ้นมาให้เพื่อน ๆ ดูผ่าน 3.ครูอธิบายโปรแกรม VROOM จะเห็นว่าภาพของนักเรียนที่ยกขึ้นมานั้นต่างกันออกไปทั้งที่คำสั่งเป็นคำสั่งเดียวกันทั้งหมด เพิ่มเติมว่า นักเรียนทราบหรือไม่ว่าครูให้คำสั่งแบบเดียวกันทั้งหมด แต่ทำไมภาพที่ได้ของนักเรียนถึงแตกต่างกันออกไป (แนวการตอบ: ตามดุลยพินิจของนักเรียน)	1. ส่งการบ้านจากชั่วโมงที่แล้วผ่าน VROOM 2.วาดภาพตามคำสั่งที่ครูบอก เมื่อวาดเสร็จจนคำสั่งหมดแล้วให้นักเรียนยกภาพโชว์เพื่อน ๆ ผ่าน VROOM 3. ระดมความคิดช่วยกันตอบคำถาม “ทราบหรือไม่ว่าครูให้คำสั่งแบบเดียวกันทั้งหมด แต่ทำไมภาพที่ได้ของนักเรียนถึงแตกต่างกันออกไป”	1. Website VROOM 2. สื่อโมชันกราฟิก อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา ตอน การแสดงอัลกอริทึม 3. หนังสือเรียนเทคโนโลยี 4. Wordwall.net 5.หนังสือแบบฝึกหัดเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)	- ประเมินผลการเข้าชั้นเรียน - ประเมินผลจากการร่วมกิจกรรม - ประเมินผลจากใบงาน - ประเมินจากแบบฝึกหัด

ชั่วโมงที่ 4-5				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการก้ปัญหา **ตอน การแสดงอัลกอริทึม**	**ขั้นสอน** 5.ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมฝึกทักษะจากหนังสือเรียนเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ป.3 เรื่อง การแสดงอัลกอริทึมหน้า 16 บันทึกลงในสมุด ระหว่างบันทึกกิจกรรม เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถสอบถามกิจกรรม เพื่อให้ครูหรือเพื่อน ๆ ช่วยหาทางออกในขั้นตอนการเขียนอัลกอริทึม 6. ให้นักเรียนเล่นเกมการศึกษา “ไข่ดาวของหนู” https://wordwall.net/th/resource/20422444 7. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมฝึกทักษะ หน้า 17 เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป	**5**. ทำกิจกรรมฝึกทักษะหน้าที่ 16 จากหนังสือเรียนเทคโนโลยี ซักถามเมื่อไม่เข้าใจ **6.**เล่นเกมการศึกษาเรียงลำดับขั้นตอนการทอดไข่ดาว **7.**ทำกิจกรรมฝึกทักษะหน้า 17 เป็นการบ้าน		

ชั่วโมงที่ 4-5				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการก้ปัญหาตอน การแสดงอัลกอริทึม	**ขั้นสอน** 1.ตรวจกิจกรรมฝึกทักษะผ่าน VROOM ทบทวนกิจกรรมและเนื้อหาจากชั่วโมงก่อน ถึงวิธีการแสดงอัลกอริทึม พูดคุยถึงเกม “ไข่ดาวของหนู” สอบถามนักเรียนถึงอัลกอริทึมที่ได้จากการเล่นเกม เป็นอัลกอริทึมวิธีใด 2.ครูให้นักเรียนจับคู่ตามลำดับเลขที่ทำใบงานที่ 1.2.1 เรื่อง การแสดงอัลกอริทึม โดยใช้วงล้อสุ่ม คู่ไหนทำใบงานการแสดงอัลกอริทึมแบบใด ดังนี้ 1) การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยการเขียนบอกเล่า 2) การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ 3) การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้สัญลักษณ์	1.ส่งการบ้านกิจกรรมฝึกทักษะผ่าน VROOM ตอบคำถามจากกิจกรรม “ไข่ดาวของหนู” 2. จับคู่ตามลำดับเลขที่ และทำใบงานที่ 1.2.1 เรื่อง การแสดงอัลกอริทึม ตามโจทย์ที่คู่ตนเองได้รับ ดังนี้ 1) การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยการเขียนบอกเล่า 2) การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ 3) การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้สัญลักษณ์ 3. อธิบายอัลกอริทึมของกลุ่มตนเองเมื่อถูกสุ่มเลือก	1. Website VROOM 2. สื่อโมชันกราฟิก ตอน การแสดงอัลกอริทึม 3.ใบงานที่ 1.2.1 เรื่อง การแสดงอัลกอริทึม (LWS) https://www.liveworksheets.com/mh2255378yg https://www.liveworksheets.com/3-xm537651fv https://www.liveworksheets.com/3-ct537717ob https://www.liveworksheets.com/pt2253161yt	- ประเมินผลการเข้าชั้นเรียน - ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม - ประเมินผลจากใบงาน - ประเมินจากแบบฝึกหัด

ชั่วโมงที่ 4-5				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการก้ปัญหาตอน การแสดงอัลกอริทึม	**ขั้นสอน** 1.ตรวจกิจกรรมฝึกทักษะผ่าน VROOM ทบทวนกิจกรรมและเนื้อหาจากชั่วโมงก่อน ถึงวิธีการแสดงอัลกอริทึม พูดคุยถึงเกม “ไข่ดาวของหนู” สอบถามนักเรียนถึงอัลกอริทึมที่ได้จากการเล่นเกม เป็นอัลกอริทึมวิธีใด 2.ครูให้นักเรียนจับคู่ตามลำดับเลขที่ทำใบงานที่ 1.2.1 เรื่อง การแสดงอัลกอริทึม โดยใช้วงล้อสุ่ม คู่ไหนทำใบงานการแสดงอัลกอริทึมแบบใด ดังนี้ 1) การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยการเขียนบอกเล่า 2) การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ 3) การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้สัญลักษณ์	1.ส่งการบ้านกิจกรรมฝึกทักษะผ่าน VROOM ตอบคำถามจากกิจกรรม “ไข่ดาวของหนู” 2. จับคู่ตามลำดับเลขที่ และทำใบงานที่ 1.2.1 เรื่อง การแสดงอัลกอริทึม ตามโจทย์ที่คู่ตนเองได้รับ ดังนี้ 1) การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยการเขียนบอกเล่า 2) การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ 3) การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้สัญลักษณ์ 3. อธิบายอัลกอริทึมของกลุ่มตนเองเมื่อถูกสุ่มเลือก	1. Website VROOM 2. สื่อโมชันกราฟิก ตอน การแสดงอัลกอริทึม 3.ใบงานที่ 1.2.1 เรื่อง การแสดงอัลกอริทึม (LWS) https://www.liveworksheets.com/mh2255378yg https://www.liveworksheets.com/3-xm537651fv https://www.liveworksheets.com/3-ct537717ob https://www.liveworksheets.com/pt2253161yt	- ประเมินผลการเข้าชั้นเรียน - ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม - ประเมินผลจากใบงาน - ประเมินจากแบบฝึกหัด

10. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เทคโนโลยี) ป.3 หน่วยที่ 1 เรื่อง การแสดงอัลกอริทึม

2. หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและเทคโนโลยี (เทคโนโลยี) ป.3 หน่วยที่ 1 เรื่อง การแสดงอัลกอริทึม

3. ใบงานที่ 1.2.1 เรื่อง การแสดงอัลกอริทึม

11. การวัดและการประเมินผล

11.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม

จุดประสงค์	วิธีการประเมิน	เครื่องมือการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1.เข้าใจขั้นตอนการแสดงอัลกอริทึมในการทำงานและการแก้ปัญหาได้ (K)	1.ตรวจแบบฝึกหัดเรื่องการแสดงอัลกอริทึม	1.แบบประเมินแบบฝึกหัดเรื่อง การแสดงอัลกอริทึม	1.ตอบคำถามในแบบฝึกหัดได้ถูกต้องตามหลักอยู่ในเกณฑ์พอใช้ขึ้นไป
2.แสดงอัลกอริทึมในการทำงานและการแก้ปัญหาได้ (P)	1.ตรวจกิจกรรมฝึกทักษะ ในแบบฝึกหัดเรื่อง การแสดงอัลกอริทึม	1.แบบประเมินกิจกรรมฝึกทักษะในแบบฝึกหัดเรื่อง การแสดงอัลกอริทึม	1.ตอบคำถามในกิจกรรมฝึกทักษะ ในแบบฝึกหัด ได้ถูกต้องตามหลักอยู่ในเกณฑ์พอใช้ขึ้นไป
3. เห็นประโยชน์ของการแสดงอัลกอริทึมในการทำงานและการแก้ปัญหาได้ (A)	1.ตรวจกิจกรรมฝึกทักษะในแบบฝึกหัดเรื่องการแสดงอัลกอริทึม	1.แบบประเมินกิจกรรมฝึกทักษะในแบบฝึกหัดเรื่อง การแสดงอัลกอริทึม	1.ตอบคำถามในกิจกรรมฝึกทักษะในแบบฝึกหัด ได้ถูกต้องตามหลักอยู่ในเกณฑ์พอใช้ขึ้นไป

ใบงานที่ 1.2.1

เรื่อง การแสดงอัลกอริทึม

การแสดงอัลกอริทึม(Algorithm)เป็นขั้นตอนวิธี เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่สามารถอธิบายออกมาเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน การนำเข้าข้อมูล แล้วจะได้ผลลัพธ์อย่างไร ซึ่งทำได้โดยการเขียนบอกเล่า การวาดภาพ หรือการใช้สัญลักษณ์

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์แล้วแสดงอัลกอริทึมออกมาเป็นขั้นตอนด้วยวิธีการ เขียนบอกเล่า การวาดภาพ และการใช้สัญลักษณ์

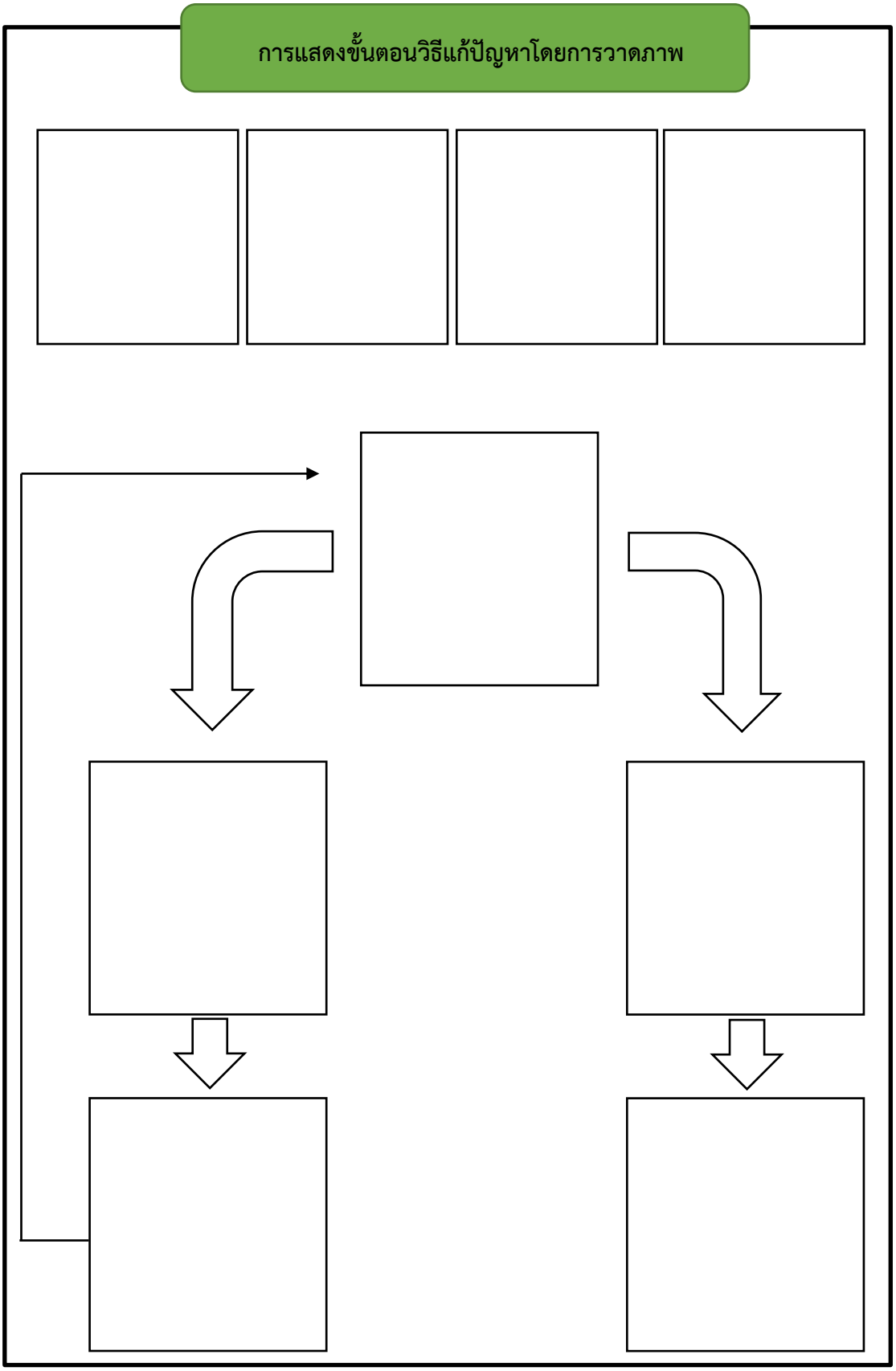
สถานการณ์ ในโรงอาหารของโรงเรียนมักพบปัญหา นักเรียนทานอาหารแล้ววางจานทิ้งไว้บนโต๊ะอาหาร ให้นักเรียนวางแผนเพื่อแก้ปัญหา แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาการทานอาหารแล้วไม่เก็บจาน จากการบอกเล่า การวาดภาพ และการใช้สัญลักษณ์ ให้ถูกต้อง ครบถ้วน (หากทำเสร็จให้ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่)

การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยการบอกเล่า

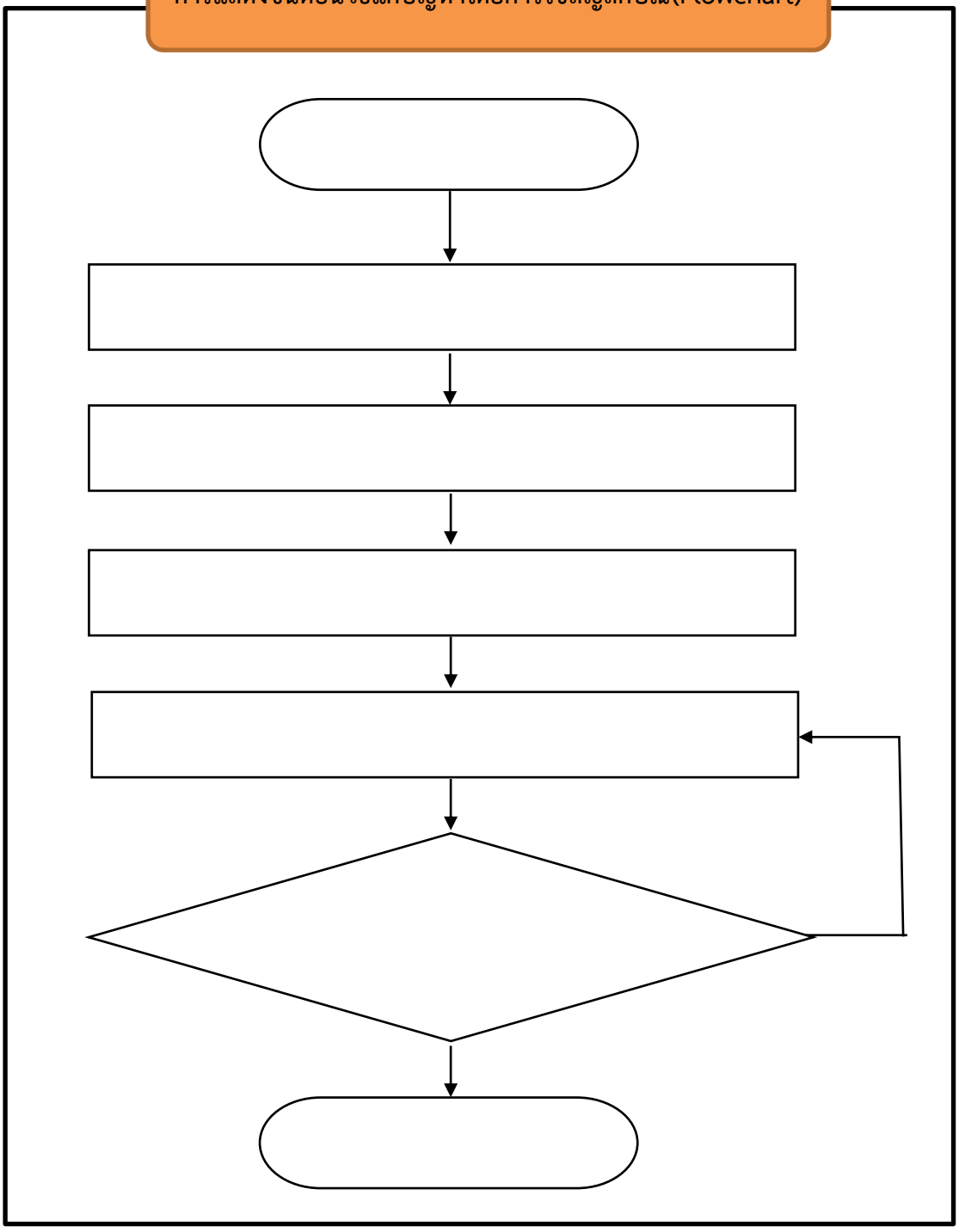
.....

.....

.....


การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ

การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยการใช้สัญลักษณ์(Flowchart)



นักเรียนสามารถนำการแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยใช้อัลกอริทึมไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้างในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ตัวอย่างการแก้ปัญหาเกมเตตริส

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตัวชี้วัด ป.3/1 แสดงอัลกอริทึมในการทำงานหรือแก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ภาพ สัญลักษณ์ หรือข้อความ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เข้าใจรูปแบบการแก้ปัญหา (K)
2. แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ (P)
3. ประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (A)

3. สาระสำคัญ

เกมเตตริสเป็นเกมแก้ปัญหาจัดเรียงตัวบล็อกที่หล่นลงมาแล้วจัดเรียงให้เป็นแถว และหมุนบล็อกวางในตำแหน่งที่วางลงได้ ตามขั้นตอนการเล่นของเกม ซึ่งเป็นการนำขั้นตอนและวิธีการมาแก้ปัญหาต่าง ๆ มาแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

4. สาระการเรียนรู้

1.) การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาเกมเตตริส

2) การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการเขียนบอกเล่า

3) การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ

4) การแสดงขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาโดยใช้สัญลักษณ์

5. รูปแบบการสอน/วิธีการสอน

1. วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM)
2. เทคนิคตามแนวคิดเชิงคำนวณ

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

☑ ความสามารถในการสื่อสาร

☑ ความสามารถในการคิด

☑ ความสามารถในการแก้ปัญหา

☑ ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

☐ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

7. ทักษะ 4 Cs

☑ทักษะการคิดวิจารณญาณ (Critical Thinking)

☑ ทักษะการทำงานร่วมกัน (Collaboration Skill)

☑ ทักษะการสื่อสาร (Communication Skill)

☑ ทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)

8. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

☐ รักชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์

☑ มีวินัย

☐ อยู่อย่างพอเพียง

☐ รักความเป็นไทย

☐ ซื่อสัตย์ สุจริต

☑ ใฝ่เรียนรู้

☑ มุ่งมั่นในการทำงาน

☐ มีจิตสาธารณะ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

9.การจัดกระบวนการเรียนรู้ ชั่วโมงที่ 6-8

ชั่วโมงที่ 6-8				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา ตอน การแสดงอัลกอริทึม	**ขั้นนำ** 1.ตรวจสอบการบ้านจากชั่วโมงที่แล้ว ผ่าน VROOM 2. ครูสอบถามนักเรียนว่ารูปด้านบนคือรูปอะไร และให้นักเรียนแยกส่วนประกอบของภาพนี้ออกมาว่ามีรูปทรงใดซ่อนอยู่ในนี้บ้าง (แนวการตอบ : รูปร่างสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมด้านขนาน) 3.ครูถามต่อว่ารูปทรงต่าง ๆ ทำไมเรารู้ว่าเป็นรูปบ้าน 4.ครูอธิบายเพิ่มว่าจะเห็นได้ว่ารูปร่างที่แตกต่างกัน เราสามารถนำมาสร้างเป็นรูปบ้านได้ แต่ต้องมีการวางแผน และวางลำดับขั้นตอนและตรวจสอบความถูกต้อง ถึงจะได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ	1. ส่งการบ้านจากชั่วโมงที่แล้วผ่าน VROOM 2.นักเรียนยกมือตอบคำถาม ที่ครูถามว่ารูปที่นักเรียนเห็นคือรูปอะไร และแยกส่วนประกอบออกว่ามีรูปทรงใดซ่อนอยู่บ้างรูปทราง 3. ระดมความคิดช่วยกันตอบคำถาม “รูปทรงต่าง ๆ ทำไมเรารู้ว่าเป็นรูปบ้าน” 4. นักเรียนคนใดมีแนวคิดว่ารูปทรงต่าง ๆ ที่เห็นสามารถนำมาทำอย่างอื่นได้ สามารถเสนอแนวคิดของตนเองค้นคว้าจากอินเทอร์เน็ต หรือสอบถามครูได้	1. Website VROOM 2. เกมการศึกษา https://tetris.com/play-tetris 3. หนังสือเทคโนโลยี ป.3 4.หนังสือแบบฝึกหัดเทคโนโลยี ป.3 5. เว็บไซต์ Google	- ประเมินผลการเข้าชั้นเรียน - ประเมินผลจากการร่วมกิจกรรม - ประเมินผลจากใบงาน - ประเมินจากแบบฝึกหัด

ชั่วโมงที่ 6-8				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา ตอน การแสดงอัลกอริทึม	**ขั้นสอน** 1.ครูอธิบายว่า ในคาบนี้เราจะมาทำความรู้จักเกมที่เกี่ยวกับการต่อบล็อกเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามต้องการ โดยเข้าเว็บไซต์ https://tetris.com/play-tetris ครูทดลองเล่น ให้นักเรียนดู 1 ครั้ง 2.ครูให้นักเรียนสืบค้นหาเกมเตตริสตัวอย่างการแก้ปัญหาเกมเตตริสจากเว็บไซต์/หนังสือเทคโนโลยีป.3 หากนักเรียนหาข้อมูลมาไม่ครบให้ครูคอยเสริมหรือแนะนำให้นักเรียนรู้จักบล็อกคำสั่งทั้ง 7 รูปแบบ พร้อมทั้งขยายความให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น 3. ครูถามคำถามประจำหัวข้อ ว่าเกมเตตริสมีประโยชน์ต่อผู้เล่นอย่างไร จากที่นักเรียนได้ไปสืบค้นในตอนต้น (แนวการตอบ : ตามดุลยพินิจของนักเรียน) หน้า 19	1. ทำความรู้จักการต่อบล็อกในเกมเตตริส และดูการสาธิตวิธีการเล่นเกมจากครู 2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเกมเตตริสและบล็อกเกม วิธีการแก้ปัญหารวมทั้งรูปแบบของเกม 3. ระดมความคิด ตอบคำถามประจำหัวข้อ ว่าเกมเตตริสมีประโยชน์ต่อผู้เล่นอย่างไร		

ชั่วโมงที่ 6-8				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา ตอน การแสดงอัลกอริทึม	**ขั้นสอน** 5.ครูถามคำถามท้าทายการคิดขั้นสูงหน้า 22 ว่าจากที่นักเรียนได้เล่นเกมเตตริสไปชั่วโมงที่ผ่านมา นักเรียนมีเทคนิคหรือวิธีการใดที่ใช้เพื่อแก้ปัญหาเกมเตตริสให้ผ่านในแต่ละด่านได้ง่ายและรวดเร็ว ให้นักเรียนบันทึกลงในสมุด และนักเรียนสามารถกดปุ่มยกมือ เพื่อรอการเรียกเชื่อตอบ (ให้คะแนนการมีส่วนร่วมกับนักเรียนที่ร่วมกิจกรรมตอบคำถามท้าทาย)	5. ตอบคำถามโดยการกดปุ่มยกมือ “จากที่เล่นเกมเตตริสมาแล้วนั้น เทคนิคหรือวิธีการใดที่ใช้เพื่อแก้ปัญหาเกมเตตริสให้ผ่านในแต่ละด่านได้ง่ายและรวดเร็ว”		

ชั่วโมงที่ 6-8				ระยะเวลา : 60 นาที
เนื้อหา	**บทบาทผู้สอน**	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียนรู้**	**การประเมินผล**
อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา ตอน การแสดงอัลกอริทึม	**ขั้นสรุป** 1.สรุปชิ้นงาน/ภาระงานรวบยอดใบงานกิจกรรมสะเต็มศึกษา 2.ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยและอธิบายเพิ่มเติม 3. ครูให้นักเรียนทำแบบตรวจสอบตนเองจากหนังสือเทคโนโลยี ป.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 23 4.ครูและนักเรียนร่วมกัน สรุปสาระสำคัญเรื่องอัลกอริทึมกับการแก้ปัญหาหน้า 24 ฟังว่าสิ่งที่นักเรียนสรุป นักเรียนมีความเข้าใจความรู้ที่เรียนมาหรือไม่ และเปิดโอกาสให้ซักถาม 5. นักเรียนทำกิจกรรมเสริมสร้างการเรียนรู้ไปทำเป็นการบ้านเพื่อทบทวนความรู้ หน้า 25 6.ให้นักเรียนทำแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ shorturl.asia/wn05z			

10. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ป.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา
2. ชิ้นงาน/ภาระงานรวบยอด เรื่อง บล็อกมหาสนุก
3. หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เทคโนโลยี) ป.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา
4. แบบฝึกหัด เว็บไซต์ Wordwall
5. เว็บไซต์ VROOM
6. เว็บไซต์เกมการศึกษา https://tetris.com/play-tetris
7. แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน shorturl.asia/F1H6b
8. แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน shorturl.asia/wn05z

11. การวัดและการประเมินผล

11.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม

จุดประสงค์	วิธีการประเมิน	เครื่องมือการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1. เข้าใจรูปแบบการแก้ปัญหา (K)	1.ประเมินการถาม-ตอบ จากกิจกรรมเกมเตตริส	1.แบบประเมินพฤติกรรม	1.ได้คะแนนการประเมินอยู่ในเกณฑ์พอใช้ขึ้นไป
2. แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ (P)	1.ประเมินชิ้นงาน/ภาระงานรวบยอด เรื่อง บล็อกมหาสนุก	1.แบบประเมินชิ้นงาน/ภาระงานรวบยอด เรื่อง บล็อกมหาสนุก	1.แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีต่าง ๆ ได้อยู่ในเกณฑ์พอใช้ขึ้นไป
3. ประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาอื่นได้ (A)	1.ประเมินแบบฝึกหัด	1.แบบประเมินแบบฝึกหัด	1.ตอบคำถามในแบบฝึกหัด อยู่ในเกณฑ์พอใช้ขึ้นไป

11.2 แบบประเมินชิ้นงาน (กิจกรรมสะเต็มศึกษา)

ประเด็นการประเมิน	คำอธิบายระดับคุณภาพ / ระดับคะแนน		
	3	2	1
1.ระบุปัญหา (Problem Identification)	เข้าใจปัญหา และวิเคราะห์ปัญหาสามารถระบุประเด็นปัญหาที่สำคัญที่สุดได้	เข้าใจปัญหา และวิเคราะห์ปัญหาสามารถระบุประเด็นปัญหาได้แต่อาจไม่ใช่ประเด็นสำคัญที่สุด	เข้าใจปัญหา และวิเคราะห์ปัญหา ไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาที่สำคัญได้
2.ขั้นรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สำคัญ ได้ครบทุกประเด็น	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สำคัญได้บางประเด็น	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สำคัญได้แต่ยังไม่เข้าประเด็น
3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	มีการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีขั้นตอนที่สมบูรณ์ตั้งแต่ต้นจนจบ	มีการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนแต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย	มีการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนแต่อาจมีข้อผิดพลาดมาก
4.ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	ขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยวิธีต่างๆได้อย่างสร้างสรรค์ และรวดเร็ว (มากกว่า 80 %)	ขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยวิธีต่างๆได้อย่างเจน สร้างสรรค์และรวดเร็ว (มากกว่า 50 %)	ขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยวิธีต่างๆได้สร้างสรรค์และรวมเร็ว (น้อยกว่า 50 %)
5.ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)	มีการทดสอบประเมินผลและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงานทุกครั้งหลังการแก้ปัญหา	มีการทดสอบประเมินผลและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงานบางครั้งหลังการแก้ปัญหา	ไม่มีการตรวจสอบประเมินผลของการแก้ปัญหาหลังการแก้ปัญหา

ประเด็นการประเมิน	คำอธิบายระดับคุณภาพ / ระดับคะแนน		
	3	2	1
6.ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	มีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานทุกครั้ง	มีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานบางครั้ง	ไม่มีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

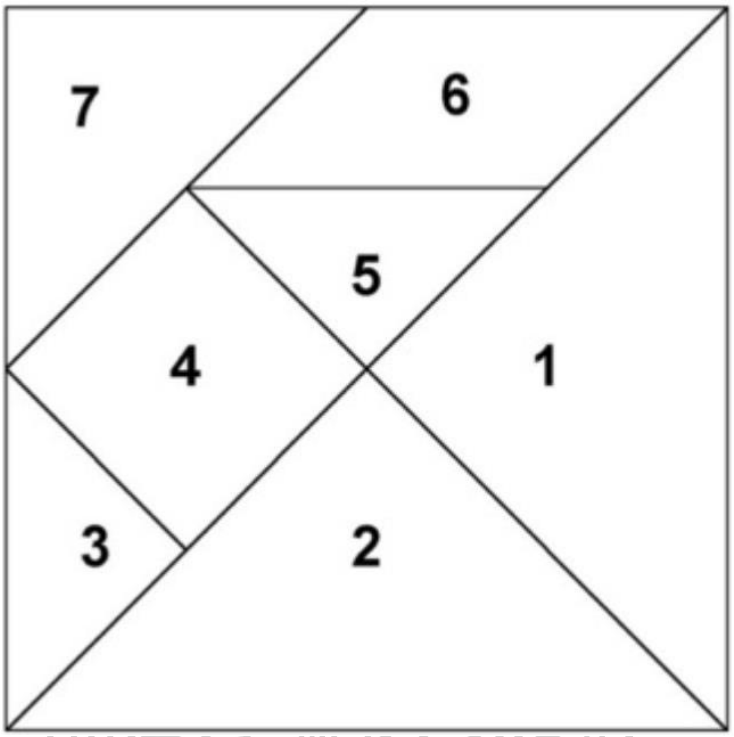
เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
11-12	ดีมาก
9-10	ดี
6-8	พอใช้
ต่ำกว่า 6	ปรับปรุง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ชิ้นงาน/ภาระงานรวบยอด

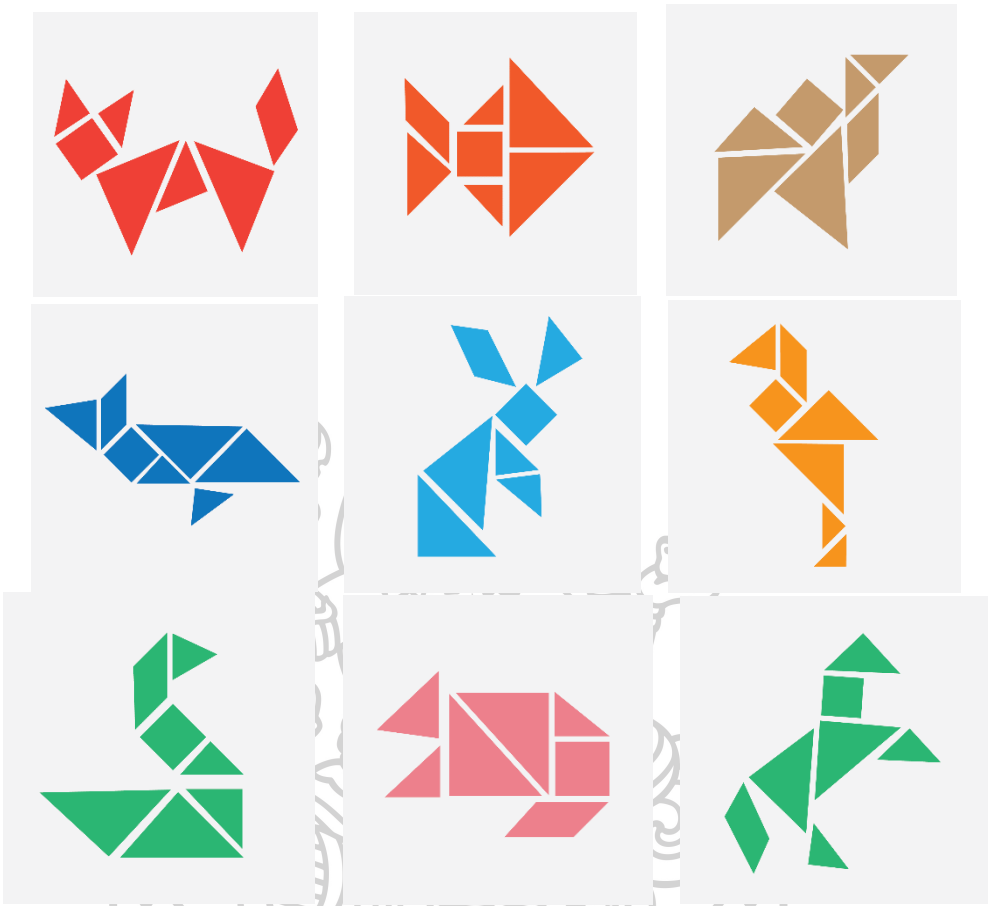
เรื่อง บล็อกมหาสนุก



ให้นักเรียนระบายสีและฉีกหรือตัดชิ้นส่วนเพื่อประกอบเป็นรูปภาพ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รูปภาพแบบ กรณีนักเรียนไม่สามารถสืบค้นหาภาพต้นแบบทางอินเทอร์เน็ตได้



แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

หน่วยที่ 1 อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. เมื่อเกิดปัญหาเราควรปฏิบัติอย่างไร
   ก. หนีปัญหา
   ข. หาวิธีแก้ปัญหา
   ค. หาที่ยึดเหนี่ยวจิตใจ
2. ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
   ก. พิจารณาปัญหาและกำหนดรายละเอียดของปัญหา>วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา>ลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้
   ข. พิจารณาปัญหาและกำหนดรายละเอียดของปัญหา>ลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ > ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา > วางแผนและออกแบบวิธีแก้ปัญหา
   ค. พิจารณาปัญหาและกำหนดรายละเอียดของปัญหา>วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา>ลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้> ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา
3. แม่ให้เงินแบมไปโรงเรียนจำนวน 100 บาท ให้ใช้ภายใน 5 วัน แบมมีการคำนวณการใช้เงิน 100 บาท ว่าจะต้องใช้เงิน วันละ 20 บาท ข้อความที่ขีดเส้นใต้คือขั้นใดในขั้นตอนการแก้ปัญหา
   ก. ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา
   ข. วางแผนและออกแบบวิธีแก้ปัญหา
   ค. พิจารณาปัญหาและกำหนดรายละเอียดของปัญหา
4. ข้อใดไม่ใช่การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ
   ก. ข้อมูลจำเพาะ (Specification)
   ข. การหาส่วนสำคัญของปัญหา (Abstraction)
   ค. การแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา (Algorithm)
5. เจนพบปัญหาคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะไม่ติดจึงพิจารณาปัญหาโดยดูในแต่ละองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้ การเปิดเครื่องแล้วหรือไม่การเสียบปลั๊กแล้วหรือไม่หรือ PC ทำงานหรือไม่จากสถานการณ์ดังกล่าว เจนมีการใช้แนวคิดเชิงคำนวณแบบใด

ก. การหาส่วนสำคัญของปัญหา (Abstraction)

ข. การแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา (Algorithm)

ค. การแบ่งแยกส่วนของปัญหา (Decomposition)

6. ข้อใดไม่ใช่การแสดงอัลกอริทึม (Algorithm)

ก. การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการบอกเล่า

ข. การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ

ค. การแก้ปัญหาโดยการบอกผลลัพธ์ที่ต้องการโดยไม่ต้องบอกขั้นตอนเพื่อความรวดเร็ว

7. จากข้อมูลด้านล่างเป็นการแสดงอัลกอริทึมแบบใด

ก. การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ

ข. การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการนำเสนอ

ค. การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการใช้สัญลักษณ์

8. สัญลักษณ์นี้มีความหมายตรงตามข้อใด

ก. การทำงานหรือการประมวลผล

ข. การตัดสินใจหรือการตรวจสอบเงื่อนไข

ค. ทิศทางข้อมูลหรือเส้นทางการทำงาน

9. เมื่อต้องการให้ตัวละครเคลื่อนที่ควรเลือกบล็อกคำสั่งใด

ก. ข. ค.

10. ข้อใดคือปัญหา

ก. แก้วลงมืออ่านหนังสือ

ข. เกดสอบผ่านวิชาคณิตศาสตร์

ค. จอยเรียนไม่เข้าใจวิชาภาษาอังกฤษ

11. บุคคลใดแก้ปัญหาตามขั้นตอนได้ถูกต้อง

ก. ฝนลงมือแก้ปัญหาทั้งที่ยังไม่ได้วางแผน

ข. มะนาวไม่ตรวจสอบปัญหาหลังการแก้ปัญหา เพราะเสียเวลา

ค. ปลาพิจารณาปัญหาและกำหนดรายละเอียดของปัญหาก่อนการวางแผนแก้ปัญหา

12. การตรวจสอบผลการแก้ปัญหาในขั้นตอนการแก้ปัญหาคือข้อใด

ก. ช็อปกำลังซ่อมจักรยาน

ข. ต้นลองปั่นจักรยานที่ซ่อมเสร็จแล้วว่าปั่นได้ไหม

ค. ชินเช็คจักรยานว่าทำไมปั่นไม่ได้ปัญหาเกิดขึ้นที่ตรงไหน

13. การแก้ปัญหาเกมเตตริส บล็อกในการต่อตัวต่อไปควรเป็นรูปแบบใด ถึงจะสมบูรณ์

ก. ข. ค.

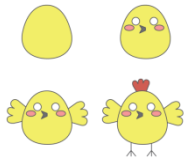
14. บุคคลในข้อใดมีการแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา (Algorithm) ในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน

ก. กิ๊บอธิบายการทอดไข่ว่าให้นำไข่ลงไปในกระทะ

ข. ต้นบอกวิธีการแก้ปัญหาจักรยานพังคือการนำไปซ่อม

ค. จำบอกทางไปห้องน้ำให้กับต้นว่า เดินตรงไป 2 เมตร ให้เลี้ยวซ้าย จากนั้นเดินตรงไปอีก 1 เมตรจะพบห้องน้ำอยู่ทางขวามือ

15. จากภาพข้อมูลนี้เป็นการแสดงอัลกอริทึมในรูปแบบใด



ก. การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการบอกเล่า

ข. การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการวาดภาพ

ค. การแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยการนำเสนอ

16. จากข้อมูลการแสดงอัลกอริทึมขั้นตอนใดหายไป

9 18 27 36 45 54 ... 72 81 90

ก. 56

ข. 63

ค. 70

17. ข้อใดคือแนวคิดเชิงคำนวณทั้งหมด

ก. การแบ่งแยกส่วนของปัญหา, การสืบค้น, การหาส่วนสำคัญของปัญหา, การแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา

ข. การแบ่งแยกส่วนของปัญหา, การหารูปแบบของปัญหา, การหาส่วนสำคัญของปัญหา, การแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา

ค. การแบ่งแยกส่วนของปัญหา, กระบวนการ, การหาส่วนสำคัญของปัญหา, การแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา

มหาวิทยาลัยศิลปากร

18. เอมพบว่า คอมพิวเตอร์ไม่ติด ซึ่งเกิดจากการที่ลืมเสียบปลั๊ก จากข้อความเอมมีการใช้แนวคิดเชิงคำนวณใดในการแก้ปัญหา

    ก. การหาส่วนสำคัญของปัญหา

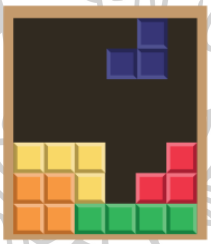
    ข. การแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา

    ค. การแบ่งแยกส่วนของปัญหา

19. เมื่อต้องการตัดสินใจเลือกการกระทำควรเลือกบล็อกคำสั่งใด

    ก. ข. ค.

20. การแก้ปัญหาเกมเตตริส ให้พิจารณาบล็อกต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง



    ก. หมุนขวา 1 ครั้ง

    ข. หมุนซ้าย 1 ครั้ง

    ค. หมุนซ้าย 2 ครั้ง

แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาข้อความหรือข้อคำถามของแบบสอบถามฉบับนี้ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ลงในช่องที่ตรงกับความพึงพอใจของนักเรียนมากที่สุด โดยมีระดับและความหมายดังนี้

😄 ระดับ 3 หมายถึง มาก

😊 ระดับ 2 หมายถึง ปานกลาง

😕 ระดับ 1 หมายถึง น้อย

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ			หมายเหตุ
		😄	😊	😕	
1. **ด้านเนื้อหา**					
1.1	เนื้อหาที่นำมาทำสื่อการสอนมีความน่าสนใจ				
1.2	เนื้อหาเหมาะสมสำหรับนักเรียน				
1.3	เนื้อหาสอดคล้องกับกิจกรรมและสื่อประกอบการเรียนรู้				
2. ด้านสื่อการเรียนการสอน					
2.1	สีของบทเรียนสวยงาม สบายตา				
2.2	การ์ตูนนำเสนอบทเรียนน่าสนใจ				
2.3	ขนาดตัวอักษรอ่านง่าย ชัดเจน				
2.4	ภาพสอดคล้องกับเนื้อหา				
2.5	เสียงบรรยายชัดเจน				
3. ด้านการประเมินผล					
3.1	การประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้				
3.2	การประเมินผลเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน				
3.3	นักเรียนมีความพึงพอในในการทำกิจกรรมการเรียนรู้				
3.4	นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่มากขึ้น				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากการสัมภาษณ์

ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

ประเด็นที่ **1** ท่านคิดว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่มีความเหมาะสมกับวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ควรเป็นอย่างไร

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาควรปรับใช้การจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม ดังนี้

1.1 จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

1.2 ผู้สอนจะต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ความสามารถกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียน

1.3 ผู้สอนจะต้องเลือกจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติได้จริง

1.4 ผู้สอนควรสอดแทรกกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมให้กับผู้เรียน

1.5 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

1.6 มีการประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย

ประเด็นที่ 2 ท่านคิดว่าสื่อโมชันกราฟิกที่มีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอน วิชาวิทยาการคำนวณ ควรประกอบด้วยอะไรบ้าง (เช่น วีดีโอ, แอนนิเมชัน, ข้อความ, ภาพ) การผลิตสื่อโมชันกราฟิกให้เหมาะสมและมีคุณภาพ สื่อสารให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายด้วยภาพเคลื่อนไหว วีดีโอ ข้อความหรือภาพนิ่งนั้น ต้องอาศัยความเข้าใจในการใช้เครื่องมือ ขั้นตอนการสร้างผลงาน รวมถึงความเข้าใจด้านศิลปะการใช้สีสันในสื่อสำหรับกลุ่มอายุของผู้เรียน เพื่อให้สื่อนั้นสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้สัมฤทธิ์ผลที่สุด

ประเด็นที่ 3 ท่านคิดว่าการนำสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ มาใช้ประกอบเพื่ออธิบายเนื้อหา วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรมีลักษณะอย่างไร

สื่อโมชันกราฟิก เป็นสื่อกราฟิกที่เคลื่อนไหวได้โดยการนำเอาภาพมาจัดเรียงต่อ ๆ กันเป็นการสร้างกราฟิกให้มีการเคลื่อนไหวได้หลากหลายมิติ ซึ่งการผลิตสื่อโมชันกราฟิกจะช่วยให้สามารถเล่าเรื่องได้ชัดเจนกว่าภาพนิ่ง ทำให้เนื้อหาไม่น่าเบื่อ ผู้เรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เข้าใจง่าย สามารถสื่อสารได้ครบถ้วนในเวลาสั้น ๆ ดังนั้น การเลือกสื่อโมชันกราฟิกจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการผลิตเป็นสื่อการเรียนการสอนได้ดี เนื้อหาที่ใช้ร่วมกับสื่อโมชันกราฟิกควรเป็นเนื้อหาที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลาง ควรมีเนื้อหาถูกต้องตามหลักวิชาทันสมัย ยากง่ายเหมาะสมกับวัยและระดับชั้น ไม่ขัดต่อความมั่นคงและความสงบเรียบร้อยของชาติ ใช้ภาษาในการสื่อสารที่ถูกต้องเหมาะสม ชัดเจน สื่อความหมายให้เข้าใจได้ง่าย

ประเด็นที่ 4 ท่านคิดว่าข้อสอบก่อน - หลังเรียน เพื่อวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรเป็นรูปแบบใดจึงจะสอดคล้องกับเนื้อหาและมีความเหมาะสม (กรุณาเลือกตอบโดยสามารถตอบได้มากกว่า 1 ตัวเลือก)

☑ เลือกตอบ

☐ เติมข้อความ

☑ ถูก – ผิด

☑ จับคู่

☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

ประเด็นที่ 5 ท่านคิดว่าแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรมีรูปแบบและเกณฑ์การให้คะแนนอย่างไร จึงจะสอดคล้องกับเนื้อหาและมีความเหมาะสม

หลักสำคัญในการจัดการเรียนรู้ ครูจะต้องกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนโดยมุ่งให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถ ทักษะและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามที่หลักสูตรกำหนดไว้ด้วยวิธีการที่หลากหลายรูปแบบ เพื่อให้บรรลุตามผลลัพธ์การเรียนรู้ แล้วจึงใช้วิธีการวัดประเมินผลการเรียนรู้มาตรวจสอบ ซึ่งต้องอาศัยเทคนิควิธีการและเครื่องมือวัดประเมินผลที่หลากหลาย กรณีผลลัพธ์การเรียนรู้ประเภทความรู้ ความเข้าใจนิยมใช้วิธีการทดสอบและแบบทดสอบ กรณีผลลัพธ์การเรียนรู้ประเภททักษะและคุณลักษณะ อาจใช้วิธีการวัดประเมินโดยการปฏิบัติ จัดทำผลงาน หรือแสดงออกแล้วใช้การสังเกตและให้คะแนนตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนควรใช้คำถามที่กระตุ้นความคิดของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน เช่น ทำให้นักเรียนมีโอกาสตอบคำถาม เสนอความคิดเห็นและตั้งคำถาม รวมทั้งได้ร่วมกิจกรรมอื่น ๆ ด้วย

ผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อโมชันกราฟิก

ประเด็นที่ 1 ท่านคิดว่าการนำเข้าสู่บทเรียนของสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (วิทยาการคำนวณ) ควรมีลักษณะอย่างไร

สื่อโมชันกราฟิกที่นำมาใช้ในการนำเข้าสู่บทเรียนนั้น ควรมีความน่าสนใจเพื่อดึงดูดและเร้าผู้เรียน ให้มีความตื่นเต้น เกิดความสนใจในการเรียน เนื่องจากเนื้อหาในวิชาวิทยาการคำนวณมีเนื้อหาซับซ้อนยากต่อการเข้าใจ การเริ่มต้นที่ทำให้ผู้เรียนสนใจจะทำให้การจัดการเรียนการสอนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ประเด็นที่ 2 ท่านคิดว่ารูปแบบของสื่อที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ควรมีรูปแบบเป็นอย่างไร (เช่น วีดิโอ, การ์ตูน, ข้อความ, รูปภาพ, เสียงบรรยาย)

การนำ วีดีโอ การ์ตูน ข้อความ รูปภาพ หรือเสียงบรรยายมาใช้ในสื่ออย่างเหมาะสมนั้นควรคำนึงถึงวัยและระดับชั้นของผู้เรียน เช่น ชั้นมัธยมศึกษาสามารถทำข้อความมาใช้บรรยายเนื้อหาได้ แต่ในระดับชั้นประถมศึกษาควรเลือกใช้รูปภาพ การ์ตูน หรือวีดีโอเป็นสำคัญ ไม่ควรใช้ข้อความที่มากเกินไป

ประเด็นที่ 3 ท่านคิดว่ารูปแบบที่ใช้ประกอบในสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรมีลักษณะอย่างไร

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถในการอ่าน เขียน และวิเคราะห์ในระดับพื้นฐานได้แล้ว ซึ่งโมชันกราฟฟิกที่ใช้สามารถใส่ข้อความที่อ่านง่ายหรือภาพประกอบที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ประเด็นที่ 4 ท่านคิดว่าในการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีเครื่องมือใดบ้างที่เหมาะสมในการพัฒนา

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาสื่อที่ดี ควรมีคุณลักษณะที่สามารถแก้ไขพัฒนาได้ในอนาคต ทั้งที่การจัดทำสื่อควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการศึกษาค้นคว้าและทดลองตามแนวทางสะเต็มศึกษา และผู้สอนมีความถนัดหรือเชี่ยวชาญในโปรแกรมใดบ้าง โดยโปรแกรมที่ใช้มีมากมายเช่น โปรแกรมในกลุ่ม Adobe หรือในกลุ่ม Microsoft ก็สามารถนำมาใช้ได้ตามความถนัด

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ในการใช้สื่อโมชันกราฟิกควรเรียงเนื้อหาจากง่ายไปยากเพื่อให้นักเรียนสร้างกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอน และตัวละครที่ใช้ควรเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือตัวเดียวกันเพื่อให้นักเรียนจดจำได้ง่ายขึ้น

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสัมภาษณ์ด้านเนื้อหา เรื่อง การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ข้อ	คำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
1.	ท่านคิดว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ที่มีความเหมาะสมกับวิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ควรเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.	ท่านคิดว่าสื่อโมชันกราฟิกที่มีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอน วิชาวิทยาการณ์คำนวณ ควรประกอบด้วยอะไรบ้าง (เช่น วีดิโอ, แอนนิเมชัน, ข้อความ, ภาพ)	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.	ท่านคิดว่าการนำสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ มาใช้ประกอบเพื่ออธิบายเนื้อหา วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรมีลักษณะอย่างไร	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4.	ท่านคิดว่าข้อสอบก่อน - หลังเรียน เพื่อวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรเป็นรูปแบบใดจึงจะสอดคล้องกับเนื้อหาและมีความเหมาะสม (กรุณาเลือกตอบโดยสามารถตอบได้มากกว่า 1 ตัวเลือก) ☐ เลือกตอบ ☐ เติมข้อความ ☐ ถูก – ผิด ☐ จับคู่ ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

ข้อ	คำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
5.	ท่านคิดว่าแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรมีรูปแบบและเกณฑ์การให้คะแนนอย่างไร จึงจะสอดคล้องกับเนื้อหาและมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
6.	ข้อเสนอแนะอื่น ๆ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
รวม					**1.00**	**นำไปใช้ได้**

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสัมภาษณ์ด้านสื่อโมชันกราฟิก เรื่อง การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ข้อ	คำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
1.	ท่านคิดว่าการนำเข้าสู่บทเรียนของสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์(เทคโนโลยี) ควรมีลักษณะอย่างไร	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.	ท่านคิดว่ารูปแบบของสื่อที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ควรมีรูปแบบเป็นอย่างไร (เช่น วีดีโอ, การ์ตูน, ข้อความ, รูปภาพ, เสียงบรรยาย)	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.	ท่านคิดว่ารูปแบบที่ใช้ประกอบในสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรมีลักษณะอย่างไร	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4.	ท่านคิดว่าในการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีเครื่องมือใดบ้างที่เหมาะสมในการพัฒนา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.	ข้อเสนอแนะอื่น ๆ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
รวม					**1.00**	**นำไปใช้ได้**

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
1. สาระสำคัญ						
1.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.2	สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.3	แสดงความคิดรวบยอดของสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.4	สาระสำคัญมีความถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	สอดคล้องกับความสามารถของนักเรียนที่สามารถวัด และประเมินได้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.2	สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.3	สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3. สาระการเรียนรู้						
3.1	มีความถูกต้อง และชัดเจนของเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.2	เนื้อหาครบถ้วนเพียงพอ สำหรับการสร้างความรู้ใหม่ให้กับนักเรียน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.3	มีความน่าเชื่อถือของเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.4	มีความทันสมัยของเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4. ชิ้นงาน/หลักฐานร่องรอยแสดงความรู้						
4.1	สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4.2	เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4.3	เหมาะสมกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
5. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา						
5.1	ขั้นระบุปัญหา : กำหนดปัญหาให้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.2	ขั้นรวบรวมข้อมูล : สืบค้นข้อมูลที่ต้องการทราบ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.3	ขั้นออกแบบวิธีแก้ปัญหา : ดำเนินการปัญหาอย่างมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.4	ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา : เสนอแบบร่างสรุปการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.5	ขั้นทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา : ดำเนินการประเมินผลงาน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงให้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.6	ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน : แสดงผลงานที่ได้จากการแก้ปัญหา ประเมิน และปรับปรุง จนชิ้นงาน มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.7	กิจกรรมสอดคล้องกับความสามารถของนักเรียน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.8	กิจกรรมมีความเหมาะสมของเวลาในการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.9	กิจกรรมมีความน่าสนใจ จูงใจให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.10	กิจกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
6. การวัด และประเมินผลการเรียนรู้						
6.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
6.2	สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
6.3	เกณฑ์การประเมินมีความสอดคล้องกับระดับความสามารถของนักเรียน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
รวม					**1.00**	**นำไปใช้ได้**

ตารางที่ 27 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
1. สาระสำคัญ				
1.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.58	ดีมาก
1.2	สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.67	0.58	ดีมาก
1.3	แสดงความคิดรวบยอดของสาระการเรียนรู้	4.00	0.00	ดี
1.4	สาระสำคัญมีความถูกต้องเหมาะสม	4.67	0.58	ดีมาก
2. จุดประสงค์การเรียนรู้				
2.1	สอดคล้องกับความสามารถของนักเรียนที่สามารถวัดและประเมินได้	5.00	0.00	ดีมาก
2.2	สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.67	0.58	ดีมาก
2.3	สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.67	0.58	ดีมาก
3. สาระการเรียนรู้				
3.1	มีความถูกต้อง และชัดเจนของเนื้อหา	4.00	0.00	ดี
3.2	เนื้อหาครบถ้วนเพียงพอ สำหรับการสร้างความรู้ใหม่ให้กับนักเรียน	4.33	0.58	ดี
3.3	มีความน่าเชื่อถือของเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
3.4	มีความทันสมัยของเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
4. ชิ้นงาน/หลักฐานร่องรอยแสดงความรู้				
4.1	สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
4.2	เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน	4.33	0.58	ดี
4.3	เหมาะสมกับสาระการเรียนรู้	4.67	0.58	ดีมาก

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
5. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา				
5.1	ขั้นระบุปัญหา : กำหนดปัญหาให้มีความเหมาะสม	4.67	0.58	ดีมาก
5.2	ขั้นรวบรวมข้อมูล : สืบค้นข้อมูลที่ต้องการทราบ	5.00	0.00	ดีมาก
5.3	ขั้นออกแบบวิธีแก้ปัญหา : ดำเนินการปัญหาอย่างมีความเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
5.4	ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา : เสนอแบบร่างสรุปการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
5.5	ขั้นทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา : ดำเนินการประเมินผลงาน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงให้มีความเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
5.6	ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน : แสดงผลงานที่ได้จากการแก้ปัญหา ประเมินและปรับปรุง จนชิ้นงาน มีความเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
5.7	กิจกรรมสอดคล้องกับความสามารถของนักเรียน	4.33	0.58	
5.8	กิจกรรมมีความเหมาะสมของเวลาในการเรียนรู้	4.67	0.58	ดีมาก
5.9	กิจกรรมมีความน่าสนใจ จูงใจให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	4.67	0.58	ดีมาก
5.10	กิจกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4.67	0.58	ดีมาก
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้				
6.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
6.2	สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
6.3	เกณฑ์การประเมินมีความสอดคล้องกับระดับความสามารถของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
รวม		**4.67**	**0.34**	**ดีมาก**

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิก ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
1. ด้านเนื้อหา						
1.1	เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.2	เนื้อหาที่นำเสนอสามารถสื่อความหมายได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.3	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.4	การเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.5	การจัดการเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.6	เนื้อหามีความเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2. ด้านภาพประกอบเนื้อหา						
2.1	ภาพมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.2	ภาพมีความชัดเจน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.3	ภาพสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.4	ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในการสื่อความหมาย	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.5	ขนาดของภาพที่ใช้เหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.6	ความเหมาะสมของจำนวนภาพ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3. ด้านเสียงบรรยาย						
3.1	เสียงเนื้อหาประกอบสอดคล้องกับภาพ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.2	ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.3	ระดับความดังของเสียงประกอบมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.4	ระดับเสียง (เสียงแหลม - ทุ้ม) เหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.5	เสียงประกอบช่วยสร้างความสนใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
4. ด้านการใช้ภาษา						
4.1	ความเหมาะสมของการใช้ภาษา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4.2	การใช้ภาษาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4.3	ภาษาที่ใช้ในเนื้อหามีความชัดเจน และเข้าใจง่าย	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5. ด้านการนำไปใช้						
5.1	การควบคุมเนื้อหาทำได้ง่าย และสะดวก	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.2	มีรูปแบบของเนื้อหาเป็นมาตรฐานเดียวกัน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.3	การออกแบบมีความคิดสร้างสรรค์ ใช้แนวคิดใหม่ ๆ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.4	ความเหมาะสมของเทคนิค และการนำเสนอ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.5	ความง่ายในการใช้งาน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
ค่าเฉลี่ย					**1.00**	**นำไปใช้ได้**

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 29 ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
1. ด้านเนื้อหา				
1.1	เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
1.2	เนื้อหาที่นำเสนอสามารถสื่อความหมายได้ถูกต้อง	5.00	0.00	ดีมาก
1.3	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	5.00	0.00	ดีมาก
1.4	การเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก	5.00	0.00	ดีมาก
1.5	การจัดการเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5.00	0.00	ดีมาก
1.6	เนื้อหามีความเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
2. ด้านภาพประกอบเนื้อหา				
2.1	ภาพมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
2.2	ภาพมีความชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก
2.3	ภาพสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก
2.4	ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในการสื่อความหมาย	5.00	0.00	ดีมาก
2.5	ขนาดของภาพที่ใช้เหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
2.6	ความเหมาะสมของจำนวนภาพ	5.00	0.00	ดีมาก
3. ด้านเสียงบรรยาย				
3.1	เสียงเนื้อหาประกอบสอดคล้องกับภาพ	5.00	0.00	ดีมาก
3.2	ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.67	0.58	ดีมาก
3.3	ระดับความดังของเสียงประกอบมีความเหมาะสม	4.67	0.58	ดีมาก
3.4	ระดับเสียง (เสียงแหลม - ทุ้ม) เหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
3.5	เสียงประกอบช่วยสร้างความสนใจ	4.33	0.58	ดี

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
4. ด้านการใช้ภาษา				
4.1	ความเหมาะสมของการใช้ภาษา	5.00	0.00	ดีมาก
4.2	การใช้ภาษาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5.00	0.00	ดีมาก
4.3	ภาษาที่ใช้ในเนื้อหามีความชัดเจน และเข้าใจง่าย	5.00	0.00	ดีมาก
5. ด้านการนำไปใช้				
5.1	การควบคุมเนื้อหาทำได้ง่าย และสะดวก	5.00	0.00	ดีมาก
5.2	มีรูปแบบของเนื้อหาเป็นมาตรฐานเดียวกัน	5.00	0.00	ดีมาก
5.3	การออกแบบมีความคิดสร้างสรรค์ ใช้แนวคิดใหม่ ๆ	5.00	0.00	ดีมาก
5.4	ความเหมาะสมของเทคนิค และการนำเสนอ	5.00	0.00	ดีมาก
5.5	ความง่ายในการใช้งาน	5.00	0.00	ดีมาก
รวม		**4.95**	**0.07**	**ดีมาก**

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินคุณภาพสื่อด้านการออกแบบโมชันกราฟิก ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
1.ด้านภาพที่นำเสนอ						
1.1	ภาพมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.2	การจัดวางภาพมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.3	ภาพมีสีสัน ทำให้เกิดความน่าสนใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.4	ภาพมีความชัดเจน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.5	ภาพสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.6	ขนาดของภาพที่ใช้เหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.7	ความเหมาะสมของจำนวนภาพ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2. ด้านเสียง						
2.1	เสียงบรรยายประกอบสอดคล้องกับภาพ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.2	ความชัดเจนของเสียง	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.3	ระดับความดังของเสียงประกอบมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.4	ระดับเสียง (เสียงแหลม - ทุ้ม) เหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.5	เสียงประกอบช่วยสร้างความสนใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.6	เสียงประกอบมีความกระชับ ไม่นานเกินไป	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3. ด้านตัวอักษร และสี						
3.1	ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ อ่านง่าย และสบายตา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.2	รูปแบบตัวอักษรที่ใช้อ่านง่ายและมีสีสันสวยงาม	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.3	ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.4	ความเหมาะสมของการจัดวางตัวอักษร	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
4. ด้านโมชันกราฟิก						
4.1	ภาพเคลื่อนไหวสื่อความหมายตรงกับเนื้อหาที่ปรากฏ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4.2	ความเร็วของสื่อเหมาะกับการวิเคราะห์ภาพและเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4.3	ความรวดเร็วในการแสดงผลและการปรากฏของข้อความมีความสมดุล	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4.4	ความน่าสนใจในการนำเสนอสื่อโมชันกราฟิก	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4.5	ความเหมาะสมของโปรแกรมที่ใช้พัฒนาสื่อ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5. ด้านการนำไปใช้						
5.1	การควบคุมเนื้อหาทำได้ง่าย และสะดวก	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.2	รูปแบบของเนื้อหาเป็นมาตรฐานเดียวกัน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.3	ความเหมาะสมของเทคนิค และการนำเสนอ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5.4	สามารถตอบสนองจุดประสงค์การเรียนรู้ได้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
ค่าเฉลี่ย					**1.00**	**นำไปใช้ได้**

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 31 ผลการประเมินคุณภาพสื่อด้านการออกแบบโมชันกราฟิก ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
1.ด้านภาพที่นำเสนอ				
1.1	ภาพมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
1.2	การจัดวางภาพมีความเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
1.3	ภาพมีสีสัน ทำให้เกิดความน่าสนใจ	5.00	0.00	ดีมาก
1.4	ภาพมีความชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก
1.5	ภาพสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	4.67	0.58	ดีมาก
1.6	ขนาดของภาพที่ใช้เหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
1.7	ความเหมาะสมของจำนวนภาพ	5.00	0.00	ดีมาก
2. ด้านเสียง				
2.1	เสียงบรรยายประกอบสอดคล้องกับภาพ	5.00	0.00	ดีมาก
2.2	ความชัดเจนของเสียง	4.67	0.58	ดีมาก
2.3	ระดับความดังของเสียงประกอบมีความเหมาะสม	4.67	0.58	ดีมาก
2.4	ระดับเสียง (เสียงแหลม - ทุ้ม) เหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
2.5	เสียงประกอบช่วยสร้างความสนใจ	5.00	0.00	ดีมาก
2.6	เสียงประกอบมีความกระชับ ไม่นานเกินไป	5.00	0.00	ดีมาก
3. ด้านตัวอักษร และสี				
3.1	ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ อ่านง่าย และสบายตา	5.00	0.00	ดีมาก
3.2	รูปแบบตัวอักษรที่ใช้อ่านง่ายและมีสีสันสวยงาม	5.00	0.00	ดีมาก
3.3	ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	5.00	0.00	ดีมาก
3.4	ความเหมาะสมของการจัดวางตัวอักษร	4.67	0.58	ดีมาก

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
4. ด้านโมชันกราฟิก				
4.1	ภาพเคลื่อนไหวสื่อความหมายตรงกับเนื้อหาที่ปรากฏ	5.00	0.00	ดีมาก
4.2	ความเร็วของสื่อเหมาะกับการวิเคราะห์ภาพและเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
4.3	ความรวดเร็วในการแสดงผลและการปรากฏของข้อความมีความสมดุล	5.00	0.00	ดีมาก
4.4	ความน่าสนใจในการนำเสนอสื่อโมชันกราฟิก	4.67	0.58	ดีมาก
4.5	ความเหมาะสมของโปรแกรมที่ใช้พัฒนาสื่อ	5.00	0.00	ดีมาก
5. ด้านการนำไปใช้				
5.1	การควบคุมเนื้อหาทำได้ง่าย และสะดวก	5.00	0.00	ดีมาก
5.2	รูปแบบของเนื้อหาเป็นมาตรฐานเดียวกัน	5.00	0.00	ดีมาก
5.3	ความเหมาะสมของเทคนิค และการนำเสนอ	5.00	0.00	ดีมาก
5.4	สามารถตอบสนองจุดประสงค์การเรียนรู้ได้	5.00	0.00	ดีมาก
รวม		**4.94**	**0.11**	**ดีมาก**

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

โดยการทดลองรายบุคคล (One-to-one-Tryout) จำนวน 3 คน

นักเรียนคนที่	คะแนนระหว่างเรียน					รวมคะแนน	ค่าเฉลี่ย	คะแนนหลังเรียน	ค่าเฉลี่ยเป็น %
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5				
1	8	9	9	8	8	42	84.00	16	80.00
2	8	8	7	8	8	39	78.00	15	75.00
3	7	9	9	7	9	41	82.00	18	90.00
เฉลี่ย						**40.67**	**81.33**	**16.34**	**81.67**

ตารางที่ 33 ผลการหาประสิทธิภาพ (E1/E2) จากการทดลองเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

โดยการทดลองรายบุคคล (One-to-one-Tryout) จำนวน 3 คน

ชื่อนวัตกรรม	ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2)
สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3	81.33/81.67

จากตารางที่ 33 แสดงผลการหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของการทดลองรายบุคคล (One-to-one-Tryout) จำนวน 3 คน พบว่า มีประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์เท่ากับ 81.33/81.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 นำไปปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จึงจะสามารถนำสื่อโมชันกราฟิกไปทดลองแบบกลุ่มย่อย (Small Group Tryout)

ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

โดยการทดลองแบบกลุ่มย่อย (Small Group Tryout) จำนวน 9 คน

นักเรียนคนที่	คะแนนระหว่างเรียน					รวมคะแนน	ค่าเฉลี่ย	คะแนนหลังเรียน	ค่าเฉลี่ยเป็น %
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5				
1	9	9	8	10	9	45	90.00	17	85.00
2	9	9	8	9	7	42	84.00	18	90.00
3	8	9	9	7	9	42	84.00	15	75.00
4	7	6	8	8	9	38	76.00	16	80.00
5	8	7	9	8	7	39	78.00	17	85.00
6	8	7	7	9	9	40	80.00	18	90.00
7	8	7	9	8	7	39	78.00	19	95.00
8	8	5	7	8	9	37	74.00	17	85.00
9	9	9	8	10	9	45	90.00	15	75.00
เฉลี่ย						**40.78**	**81.56**	**16.89**	**84.44**

ตารางที่ 35 ผลการหาประสิทธิภาพ (E1/E2) จากการทดลองเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

โดยการทดลองแบบกลุ่มย่อย (Small Group Tryout) จำนวน 9 คน

ชื่อนวัตกรรม	ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2)
สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3	81.56/84.44

จากตารางที่ 35 แสดงผลการหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของการทดลองแบบกลุ่มย่อย (Small Group Tryout) จำนวน 9 คน พบว่า มีประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์เท่ากับ 81.56/84.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 นำไปปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จึงจะสามารถนำไปใช้ทดลองได้

ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ขั้นทดลอง

จำนวน 48 คน

นักเรียนคนที่	คะแนนระหว่างเรียน					รวมคะแนน	ค่าเฉลี่ย	คะแนนหลังเรียน	ค่าเฉลี่ยเป็น %
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5				
1	9	8	9	8	10	44	88.00	17	85.00
2	8	10	9	10	8	45	90.00	19	95.00
3	7	9	9	7	8	40	80.00	17	85.00
4	7	6	8	8	9	38	76.00	19	95.00
5	8	7	9	6	7	37	74.00	19	95.00
6	8	5	7	10	9	39	78.00	18	90.00
7	9	9	8	10	9	45	90.00	19	95.00
8	9	9	8	9	7	42	84.00	18	90.00
9	8	9	9	7	8	41	82.00	18	90.00
10	10	9	10	8	9	46	92.00	17	85.00
11	9	8	9	8	9	43	86.00	18	90.00
12	9	8	9	9	8	43	86.00	18	90.00
13	8	8	6	9	8	39	78.00	19	95.00
14	9	10	7	7	9	42	84.00	16	80.00
15	8	9	10	8	9	44	88.00	17	85.00
16	8	9	6	10	8	41	82.00	14	70.00
17	8	8	7	7	8	38	76.00	16	80.00
18	7	8	9	8	10	42	84.00	18	90.00
19	8	9	9	10	7	43	86.00	19	95.00
20	8	7	5	8	9	37	74.00	18	90.00
21	7	7	6	9	8	37	74.00	16	80.00
22	10	8	9	8	8	43	86.00	17	85.00
23	7	8	8	10	8	41	82.00	17	85.00
24	7	8	7	10	10	42	84.00	17	85.00

นักเรียนคนที่	คะแนนระหว่างเรียน					รวมคะแนน	ค่าเฉลี่ย	คะแนนหลังเรียน	ค่าเฉลี่ยเป็น %
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5				
25	10	7	10	8	10	45	90.00	18	90.00
26	7	8	9	8	8	40	80.00	18	90.00
27	8	7	7	10	8	40	80.00	18	90.00
28	9	8	8	7	7	39	78.00	16	80.00
29	6	9	9	8	7	39	78.00	17	85.00
30	9	8	9	10	8	44	88.00	17	85.00
31	8	9	8	7	7	39	78.00	15	75.00
32	9	8	8	9	7	41	82.00	18	90.00
33	10	9	9	9	9	46	92.00	19	95.00
34	8	7	8	9	9	41	82.00	17	85.00
34	9	10	9	9	8	45	90.00	14	70.00
36	10	9	8	9	7	43	86.00	16	80.00
37	6	9	7	8	9	39	78.00	19	95.00
38	6	9	8	8	8	39	78.00	12	60.00
39	9	8	8	10	8	43	86.00	17	85.00
40	7	8	8	8	7	38	76.00	14	70.00
41	8	9	8	9	9	43	86.00	14	70.00
42	8	8	10	9	7	42	84.00	15	75.00
43	10	9	8	8	8	43	86.00	18	90.00
44	7	9	9	9	8	42	84.00	18	90.00
45	7	8	8	8	7	38	76.00	12	60.00
46	8	10	8	6	9	41	82.00	17	85.00
47	8	8	7	7	7	37	74.00	17	85.00
48	10	8	7	8	9	42	84.00	18	90.00
เฉลี่ย						40.78	81.56	16.89	84.44

ตารางที่ 37 ผลการหาประสิทธิภาพ (E1/E2) จากการทดลองเรียนด้วยสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ขั้นทดลอง
จำนวน 48 คน

ชื่อนวัตกรรม	**ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2)**
สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3	82.54/84.90

จากตารางที่ 37 แสดงผลการหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชา วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ขั้นทดลอง จำนวน 48 คน พบว่า มีประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์เท่ากับ 82.54/84.90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 ซึ่งผ่านตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 38 แสดงผลการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ

รายการประเมิน	**แนวคิดเชิงคำนวณ**	**คะแนนพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ**			**IOC = $\frac{\sum R}{N}$**	**หมายเหตุ**
		1	**2**	**3**		
1. เมื่อเกิดปัญหาเราควรปฏิบัติอย่างไร ก. หนีปัญหาไม่สนใจ ข. หาวิธีการแก้ปัญหา ค. หาที่ยึดเหนี่ยวจิตใจ	Algorithm	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2. ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง ก. พิจารณาปัญหาและกำหนดรายละเอียดของปัญหา > วางแผนและออกแบบวิธีแก้ปัญหา > ลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ ข. พิจารณาปัญหาและกำหนดรายละเอียดของปัญหา > ลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ > ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา > วางแผนและออกแบบวิธีแก้ปัญหา ค. พิจารณาปัญหาและกำหนดรายละเอียดของปัญหา > วางแผนและออกแบบวิธีแก้ปัญหา > ลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ > ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	Algorithm	0	+1	+1	0.67	นำไปใช้ได้

รายการประเมิน	แนวคิดเชิงคำนวณ	คะแนนพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
3. แม่ให้เงินแบมไปโรงเรียนจำนวน 100 บาทให้ใช้ภายใน 5 วัน แบมมีการคำนวณการใช้เงิน 100 บาท ว่าจะต้องใช้เงิน วันละ 20 บาท ข้อความที่ขีดเส้นใต้ คือขั้นใดในขั้นตอนการแก้ปัญหา ก. ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา ข. วางแผนและออกแบบวิธีแก้ปัญหา ค. พิจารณาปัญหาและกำหนดรายละเอียดของปัญหา	Abstraction	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4. ข้อใด**ไม่ใช่**การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ ก. ข้อมูลจำเพาะ (Specification) ข. การหาส่วนสำคัญของปัญหา (Abstraction) ค. การแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา (Algorithm)	Decomposition	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5. เจนพบปัญหาคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะไม่ติด จึงพิจารณาปัญหาโดยดูในแต่ละองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้ การเปิดเครื่องแล้วหรือไม่การเสียบปลั๊กแล้วหรือไม่หรือ PC ทำงานหรือไม่จากสถานการณ์ดังกล่าว เจนมีการใช้แนวคิดเชิงคำนวณแบบใด ก. การหาส่วนสำคัญของปัญหา (Abstraction) ข. การแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา (Algorithm) ค. การแบ่งแยกส่วนของปัญหา (Decomposition)	Decomposition	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

ตารางที่ 39 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความพึงพอใจนักเรียนต่อสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ			IOC = $\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
		1	2	3		
1. **ด้านเนื้อหา**						
1.1	เนื้อหาที่นำมาทำสื่อการสอนมีความน่าสนใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.2	เนื้อหาเหมาะสมสำหรับนักเรียน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
1.3	เนื้อสอดคล้องกับกิจกรรมและสื่อประกอบการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2. ด้านสื่อการเรียนการสอน						
2.1	สีของบทเรียนสวยงาม สบายตา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.2	การ์ตูนนำเสนอบทเรียนน่าสนใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.3	ขนาดตัวอักษรอ่านง่าย ชัดเจน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.4	ภาพสอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2.5	เสียงบรรยายชัดเจน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3. ด้านเครื่องมือวัดและประเมินผล						
3.1	การประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.2	การประเมินผลเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.3	นักเรียนมีความพึงพอในในการทำกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3.4	นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่มากขึ้น	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
รวม					**1.00**	**นำไปใช้ได้**

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

( )

ตำแหน่ง.....

ภาคผนวก ง

ภาพตัวอย่างสื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยี) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

ภาพที่ 16 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก

ภาพที่ 17 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา

ภาพที่ 18 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก ขั้นตอนการแก้ปัญหา

ภาพที่ 19 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก พิจารณารายละเอียดและกำหนดรายละเอียดของปัญหา

ภาพที่ 20 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหา

ภาพที่ 21 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก ลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้

ภาพที่ 22 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา

ภาพที่ 23 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ

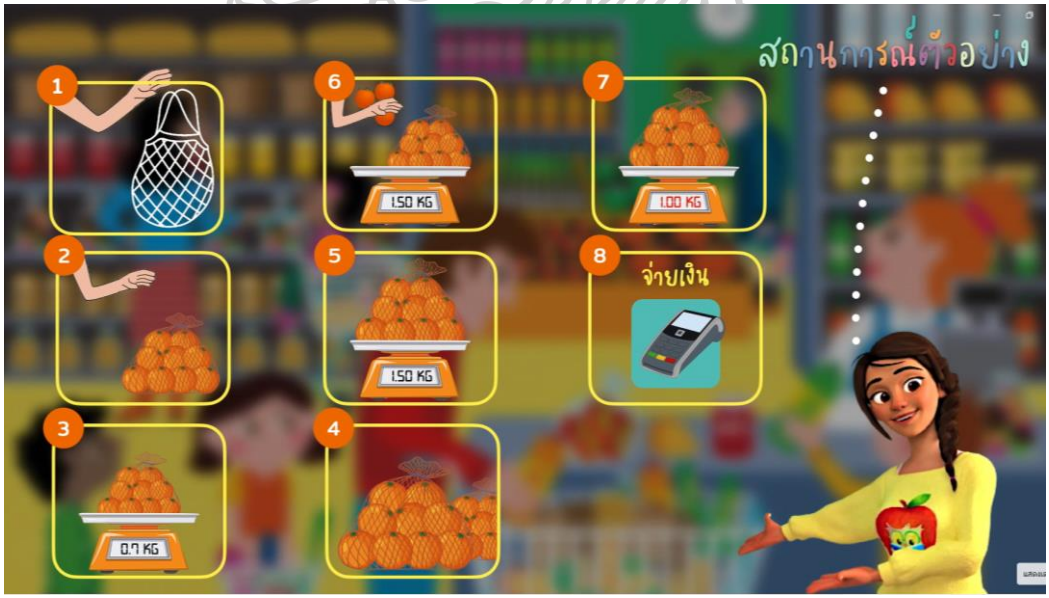
ภาพที่ 24 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม

ภาพที่ 25 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม

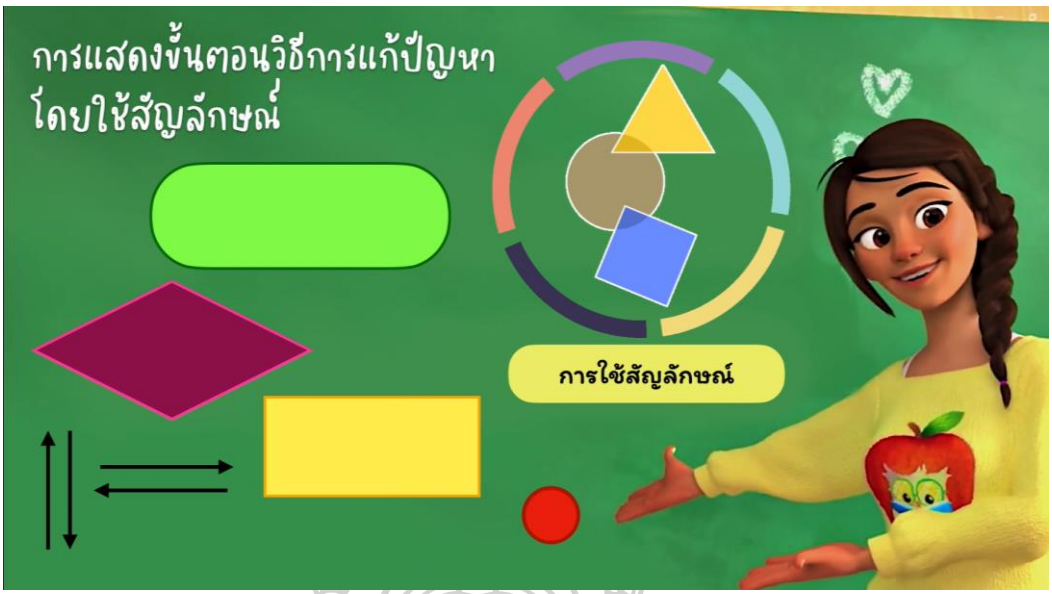
ภาพที่ 26 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการเขียนบอกเล่า

ภาพที่ 27 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการเขียนบอกเล่า

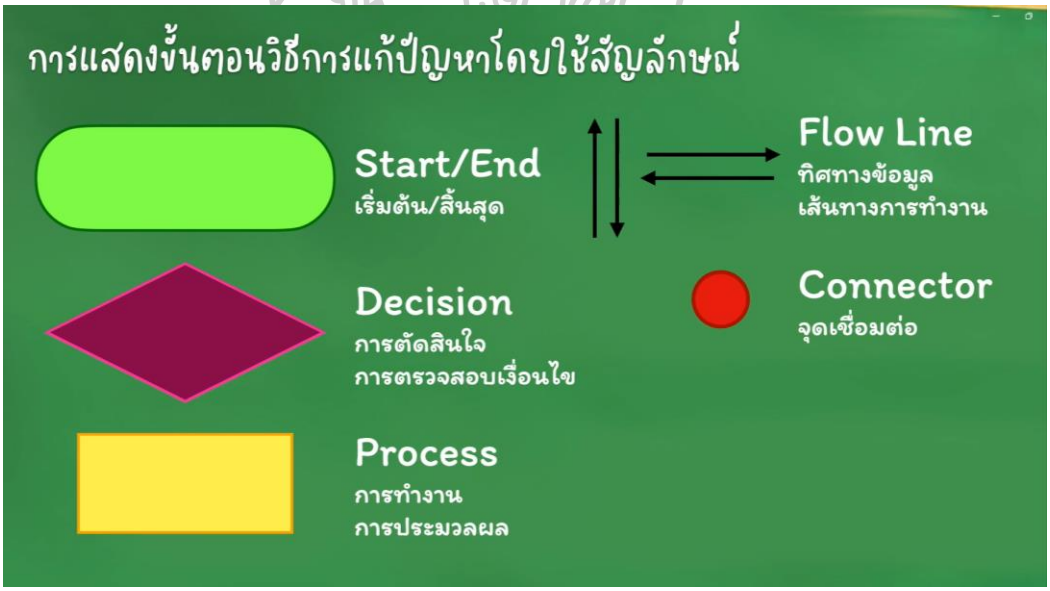
ภาพที่ 28 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการวาดภาพ



ภาพที่ 29 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการวาดภาพ



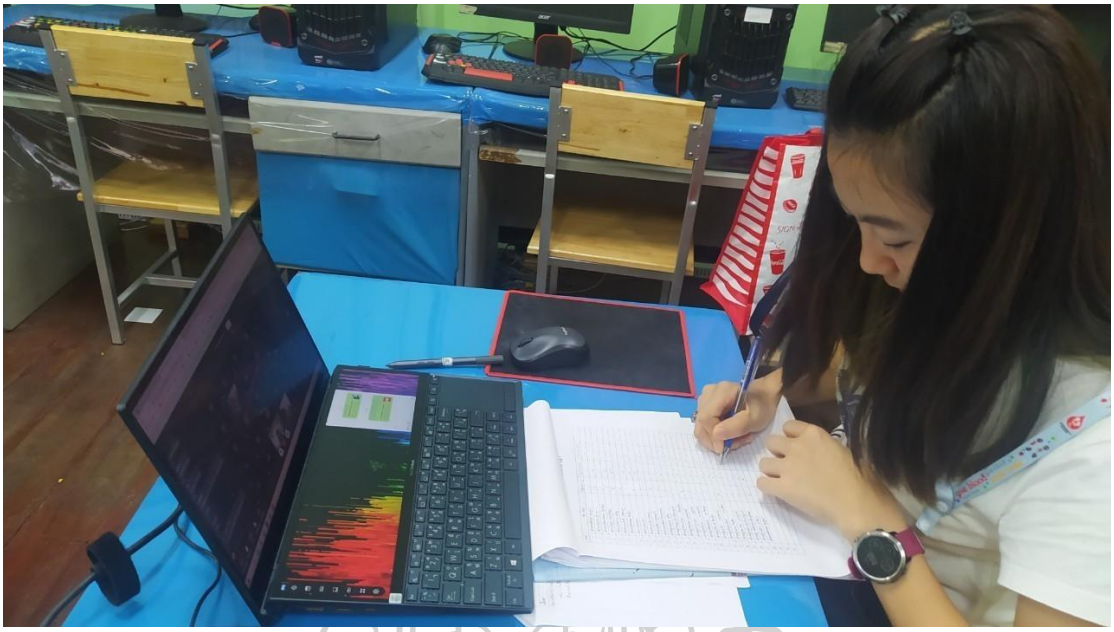
ภาพที่ 30 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการใช้สัญลักษณ์



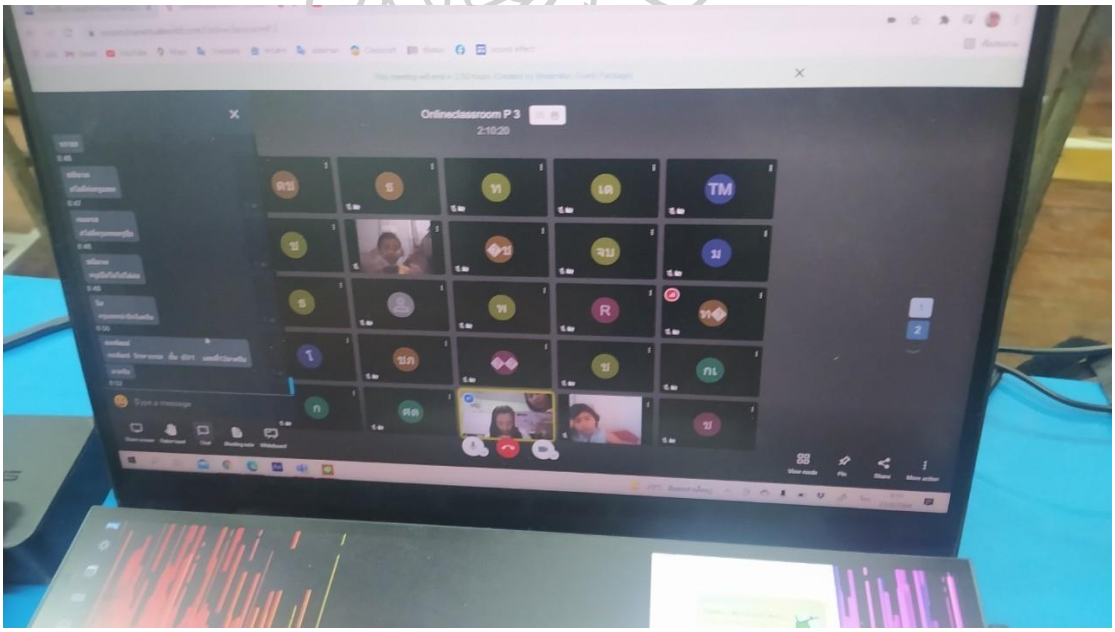
ภาพที่ 31 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการใช้สัญลักษณ์

ภาพที่ 32 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก การแสดงอัลกอริทึม โดยการใช้สัญลักษณ์

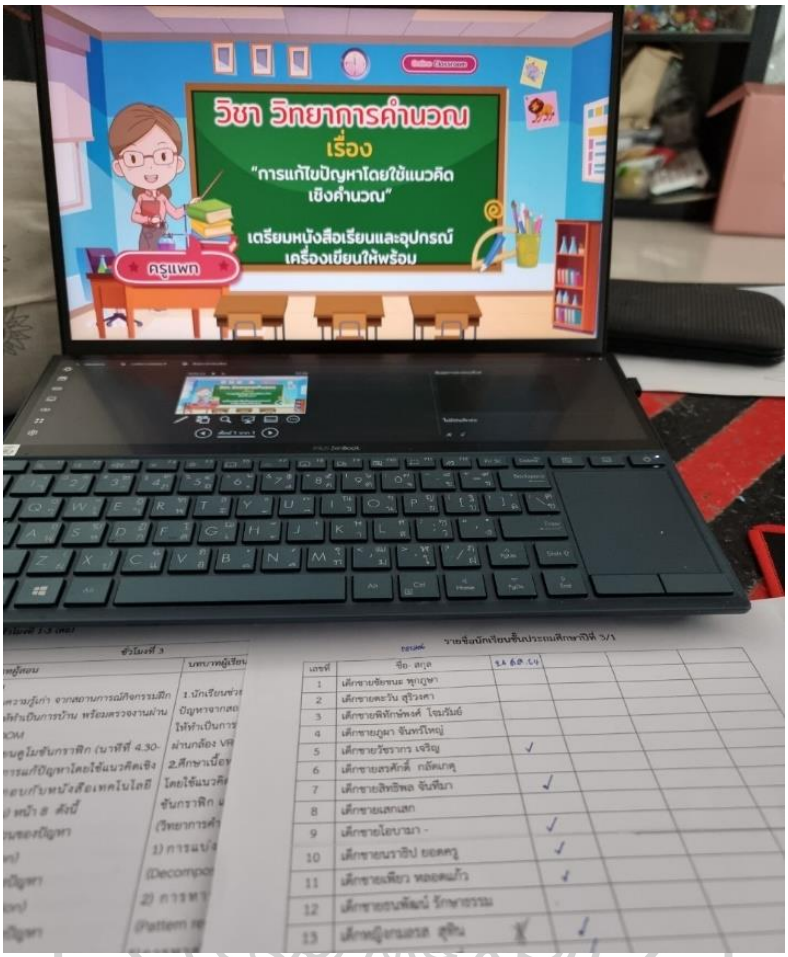
ภาพที่ 33 หน้าจอแสดงสื่อโมชันกราฟิก สรุปการแสดงอัลกอริทึม



ภาพที่ 34 หน้าจอแสดงการปฐมนิเทศ

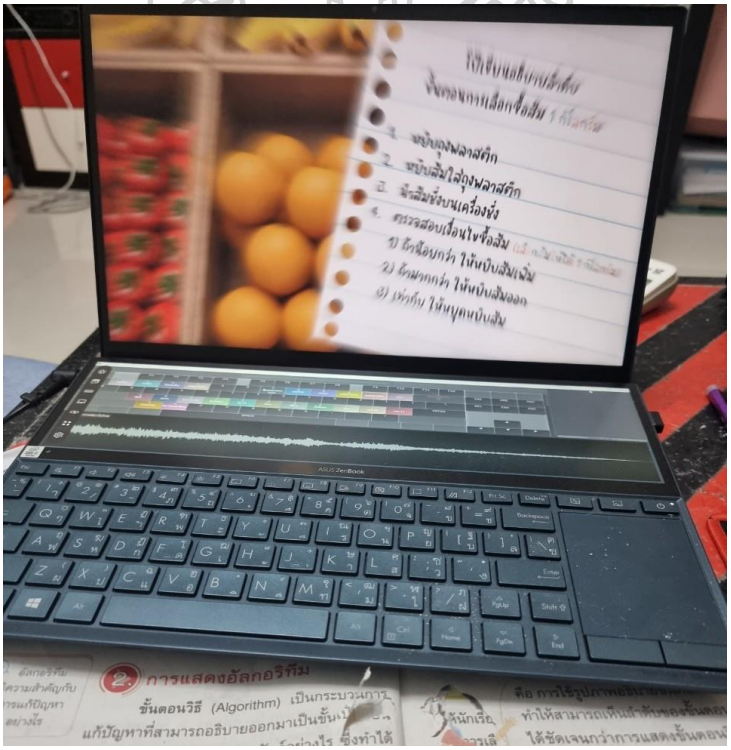


ภาพที่ 35 หน้าจอแสดงการเรียน Online ผ่าน VROOM โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

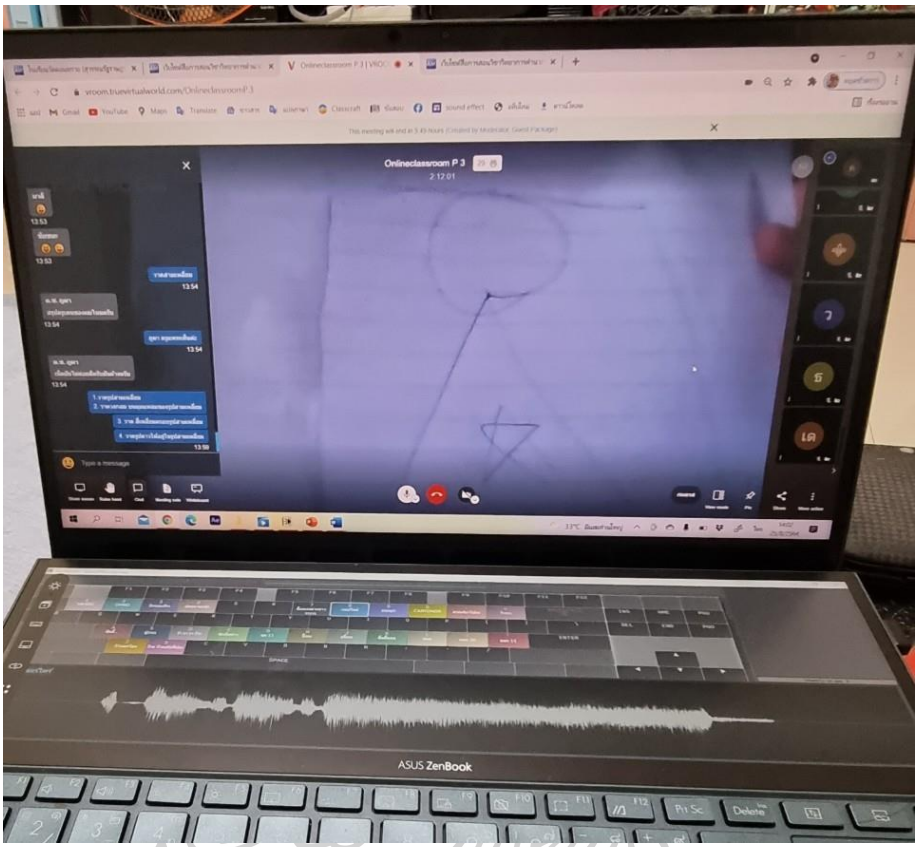


ภาพที่ 36 หน้าจอแสดงการเรียน Online ผ่าน VROOM โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ภาพที่ 37 หน้าจอแสดงการเช็กชื่อผู้เรียนที่เข้าเรียนผ่าน VROOM

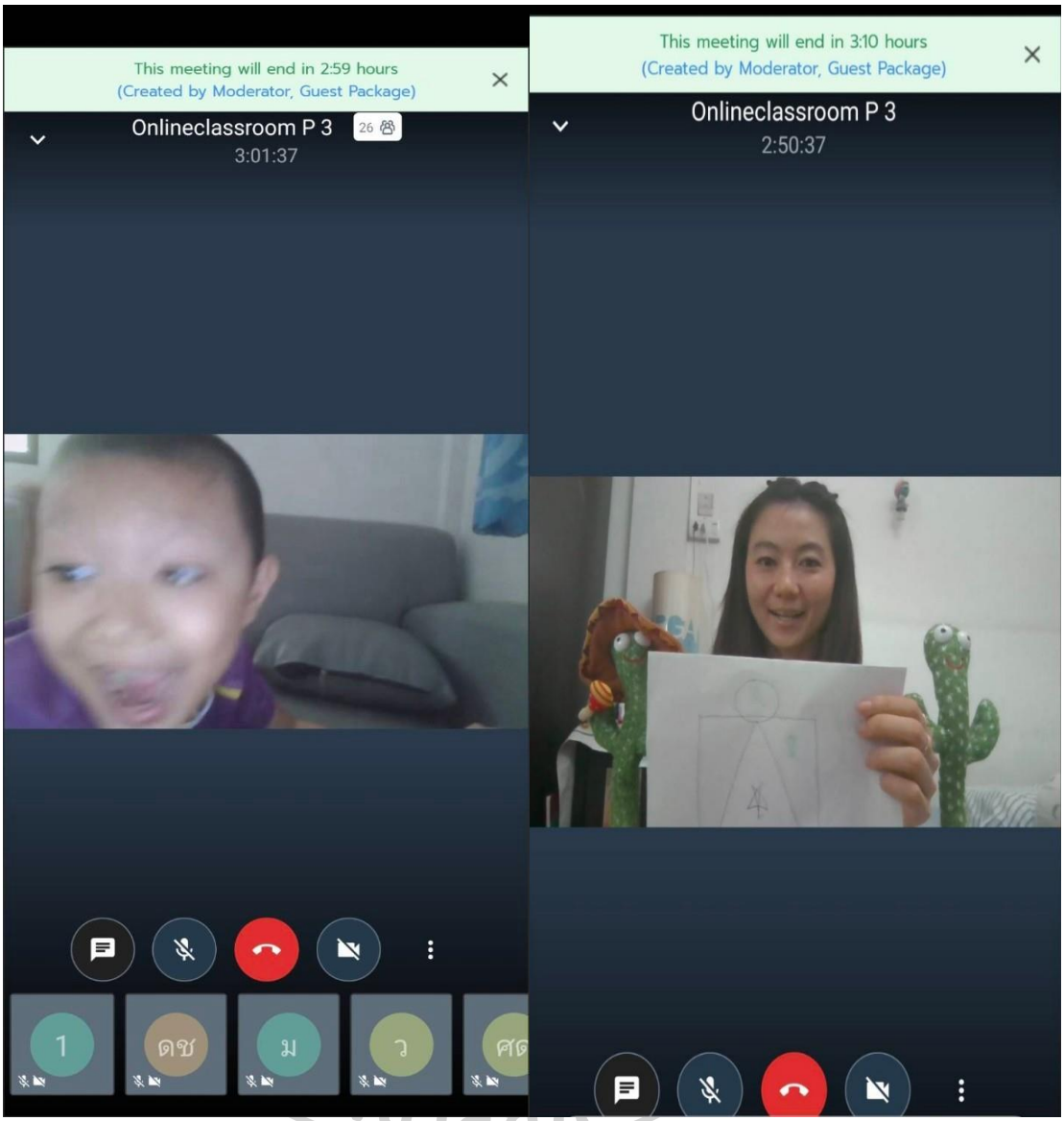


ภาพที่ 38 หน้าจอแสดงการเรียน Online ผ่าน VROOM อัลกอริทึมกับการแก้ปัญหา โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

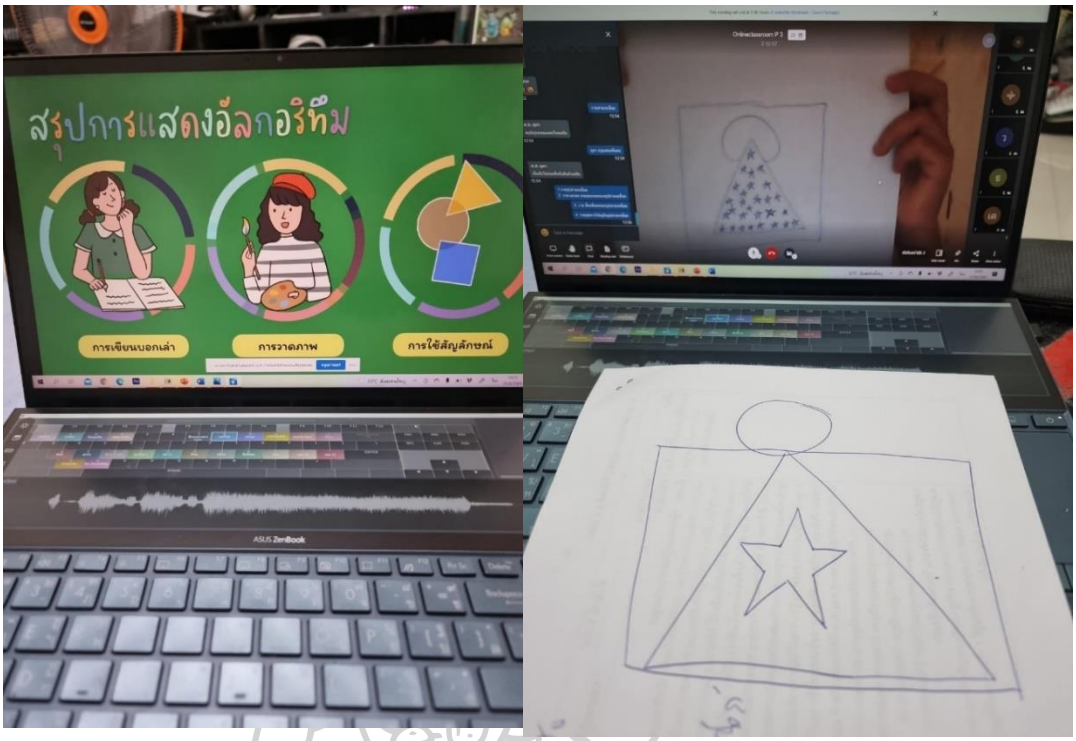


ภาพที่ 39 หน้าจอแสดงการเรียน Online ผ่าน VROOM การเขียนอัลกอริทึมโดยการวาดภาพ

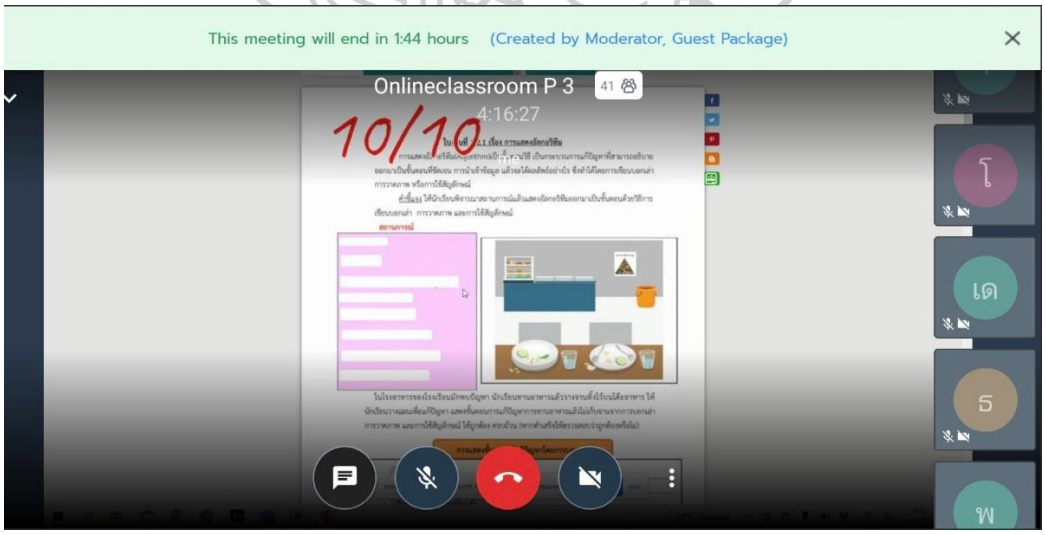
มหาวิทยาลัยศิลปากร



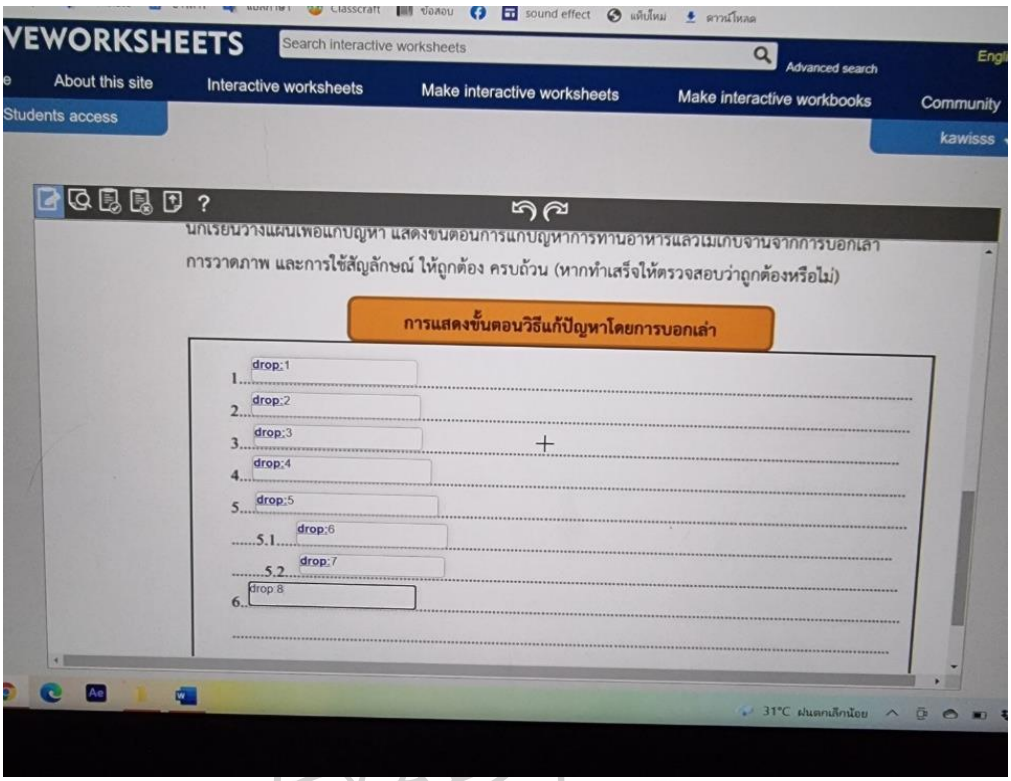
ภาพที่ 40 หน้าจอแสดงการเรียน Online การเขียนอัลกอริทึมโดยการวาดภาพ และการตอบโต้ของผู้เรียน ผ่าน VROOM โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



ภาพที่ 41 หน้าจอแสดงการเรียน Online การเขียนอัลกอริทึมโดยการวาดภาพ และการตอบโต้ของผู้เรียน ผ่าน VROOM โดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

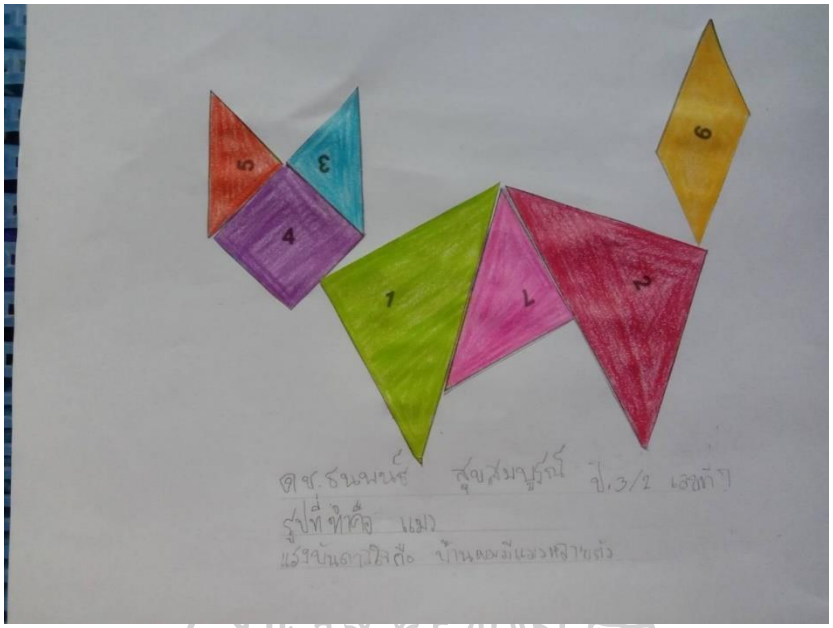


ภาพที่ 42 หน้าจอแสดงการทำใบงานOnline โดยใช้ Liveworksheets

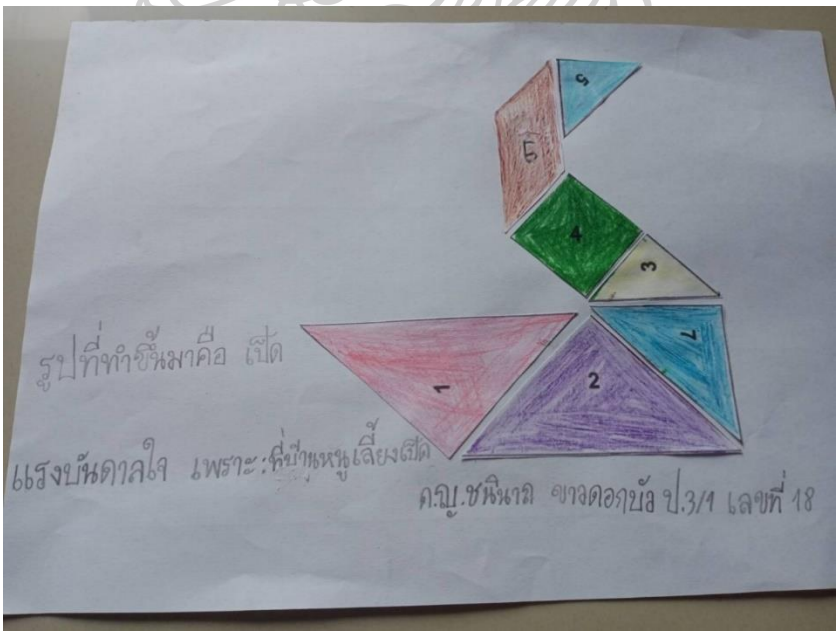


ภาพที่ 43 หน้าจอแสดงการทำใบงาน Online โดยใช้ Liveworksheets

ภาพที่ 44 หน้าจอแสดงชิ้นงานของนักเรียนที่สอนโดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามนาวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ



ภาพที่ 45 หน้าจอแสดงชิ้นงานของนักเรียนที่สอนโดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามนาวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ



ภาพที่ 46 หน้าจอแสดงชิ้นงานของนักเรียนที่สอนโดยใช้สื่อโมชันกราฟิกร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามนาวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

Aho A. V. (2012). Computation and computational thinking. *The computer journal, 55*(7).

Atmatzidou S. & Demetriadis S. (2014). *How to support students' computational thinking skills in educational robotics activities. Paper presented at the Proceedings of 4th International Workshop Teaching Robotics*. Paper presented at the Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education.

Barefoot C. A. S. (2014). Computational thinking. Retrieved from https://barefootcas.org.uk/wpcontent/uploads/2014/10/Computational-thinkingBarefoot-Computing.pdf

Barr V. & Stephenson C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is Involved and what is the role of the computer science education community? . *Acm Inroads, 2*(1), 48-54.

Bienkowski M. e. a. (2015). *Assesment design patterns for computational thinking pracetices in secondary computer science: A first look. Menlo Park*. CA: SRI International.

Brackmann C. P. & Gonzalez M. R. & Robles G. & Leon J. M. (2017). *Development of computational thinking skills through unplugged activities in primary school*. Paper presented at the The 12th workshop in primary and secondary computing education.

Burton E. E. P. & Cleary T. J. & Kitsantas A. (2018). Computational thinking in the context of science and engineering practices: A self-regulated learning approach. In D. S. D. I. a. J. M. S. P. Isaias (Ed.), *Digital technologies: Sustainable innovations for improving teaching and learning*.

Code.org. (2015). Computational thinking. Retrieved from https://code.org/curriculum/unplugged

Computational thinking for educators. (2015). Computational Thinking. Retrieved from https://computationalthinkingcourse.withgoogle.com/unit?lesson=8&unit=1

Dolgopolovas V. & Jevsikova T. & Savulioniene L. & Dagiene V. (2015). On evaluation of computational thinking of software engineering novice stydents.

Gonzalez H. B. & Kuenzi J. J. (2012). Science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. Retrieved from http://fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf

Gonzalez M. R. & Gonzalez J. P. & Fernandez C. J. (2016). Which cognitive abilities underlie computational thinking? criterion validity of the computational thinking test. *Computers in human behavior*(July), 678-691.

Infographic Thailand. (2557). เบื้องหลังการทำ Motion graphic 1 ชิ้น. Retrieved from http://infographic.in.th/infographic/

Kim B. & Kim, T. K., J.,. (2013). Paper-and-pencil programming strategy toward computational thinking for non-majors. *Design your solution. Educational computing research, 49*(4), 437-459.

Massachusetts Department of Education. (2001). Science and technology/engineering curriculum fsramework. Retrieved from http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2001/standards/strand4.html

National Academy of Engineering. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, D.C.: National Academy Press.

National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Washington, D.C.: The National Academies Press.

Reeve E. M. (2015). Science, technology, engineering & mathematics (STEM) education is here to say. Retrieved from http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/08/STEM-Education-is-here-to-stay.pdf

Rodriguez B. R. (2015). Assessing computational thinking in computer science unplugged activities (Master's thesis. *Colorado School of Mines*.

Vasquez J. A. & Sneider C. & Comer M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8 integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Portsmouth: Heinemann.

Wing J. M. (2006). Computational thinking. *Communication of the ACM, 49*(3), 33-35.

เบญจวรรณ จุปะมะตัง และ ธวัชชัย สหพงษ์. (2560). การพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่อง ตำนานพระธาตุ

ขามแก่น. วารสารโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, *3*(2 (กรกฎาคม - ธันวาคม)), 2.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). คำสั่งกระทรวงศึกษาธิการ ที่ สพฐ.*1239/2560* เรื่อง ให้ใช้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.*2560)*.

จงรัก เทศนา. (2559). Infographic คืออะไร. Retrieved from http://www.krujongrak.com/infographics/infographic_project.html

ชยามร กลัดทรัพย์. (2563). ผลการใช้โมชันอินโฟกราฟิกร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง ภูมิศาสตร์ที่มีผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการทำงานร่วมกันของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *1* โรงเรียนนารีวิทยา ราชบุรี. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ตรีประเสริฐ แสงศรีเรือง. (2563). การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา (*STEM Education)* เรื่องหินและการเปลี่ยนแปลง. ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ. (2562). การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *1*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการนิเทศ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นิพนธ์ คุณารักษ์. (2559). การผลิตภาพยนตร์แอนิเมชัน 2 มิติ. Retrieved from http://home.kku.ac.th/faa/New/Animation.html

บัญญพนต์ พูลสวัสดิ์. (2559). เกมบนโปรแกรมเชิงจินตภาพ และแนวคิดเชิงคำนวณอย่างเป็นระบบ Visual programming and computational thinking game. *information science and technology, 6*(2 (มิถุนายน - ธันวาคม)), 10-12.

พงษ์พิพัฒน์ สายทอง. (2560). การพัฒนาโมชันกราฟิกเพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรระดับปริญญาตรี คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. *Veridian E-Journal, Silpakorn University, 10*, 1332.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนักบริหาร, *33*(2 (เมษายน-มิถุนายน)), 49-56.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. นิตยสาร สสวท, *42*(185 (พฤศจิกายน-ธันวาคม)), 14- 18.

รวิษฎา เจริญสุข. (2562). การออกแบบสื่อโมชันกราฟิกเพื่อเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับสารอันตรายต้องห้ามในเครื่องสำอาง. ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาแอนิเมชันและสื่อสร้างสรรค์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสยาม.

วิชชาวุธ อุ่นสิม. (2560). ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *5*. Retrieved from การประชุมวิชาการ ระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 4. เพชรบูรณ์, ประเทศไทย:

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). สะเต็มศึกษา *Science Technology Engineering and Mathematics Education (STEM Education)*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). โครงการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษา ในสถานศึกษา 2,250 โรงเรียน. Retrieved from http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2016/07/STEM-Policy.pdf

สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา. (2559). สะเต็มศึกษา. In เอกสารวิชาการ สำนักวิชาการ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). คำสั่งสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ *30/2561* เรื่อง ให้เปลี่ยนแปลงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.*2560) 5* มกราคม.

สุโรทัย แสนจันทรแดง และ ธวัชชัย สหพงษ์. (2559). ศึกษาเรื่อง การพัฒนาโมชันกราฟิกเรื่อง การเลิกทาสในสมัยรัชกาลที่ *5*. ปริญญาบัณฑิต คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. นิตยสารสสวท, *42*(186 (มกราคม-กุมภาพันธ์)), 4-5.

อภิญญา สิงห์โต. (2563). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *1*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อัครพล ด่านทองหลาง. (2562). 12 Principles of Animation. Retrieved from https://www.beartheschool.com/share-1/2019/7/10/12-principles-of-animation-animator-motion-graphics-designer-1

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวกวิสรา วรภัทรขจรกุล
วุฒิการศึกษา	31 มกราคม 2533
ผลงานตีพิมพ์	ราชบุรี
รางวัลที่ได้รับ	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ คอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี ศึกษาศาสตรบัณฑิต เทคโนโลยีสารสนเทศการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี