# การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

จาตุพักตร์ พากเพียร

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ จาตุพักตร์ พากเพียร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.ปริญญา เรืองทิพย์)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.เอื้อน ปิ่นเงิน)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)

.....กรรมการ
(ดร.ปริญญา เรืองทิพย์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแช้ม)

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา อนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี) และวิทยาการปัญญา
วันที่ 9 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

# กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงด้วยดี ด้วยได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ดร.ปริญญา เรืองทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเกมคอมพิวเตอร์ในแต่ละด้าน รวมทั้งให้คำแนะนำในการแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการโรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา ตลอดจนเพื่อนครูและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2557-2558 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

จาตุพักตร์ พากเพียร

51810905: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา;
ปร.ด. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)
คำสำคัญ: เกมคอมพิวเตอร์/ ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์/ โมเดลแอบสแตรกโคด

จาตุพักตร์ พากเพียร: การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (DEVELOPMENT OF COMPUTER GAMES BASED ON THE ABSTRACT CODE MODEL FOR INCREASING MATHEMATICS PROBLEM SOLVING SKILLS IN LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์: สุชาดา กรเพชรปาณี, Ph.D., ปริญญา เรืองทิพย์, ปร.ด. 167 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

เกมคอมพิวเตอร์ช่วยเพิ่มความสนใจและสามารถพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียนได้ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานและศึกษาผลของการนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา อำเภอวังหิน จังหวัดศรีสะเกษ ปีการศึกษา 2558 โดยเป็นอาสาสมัครที่ผ่านการคัดเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 60 คน สุ่มแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม เท่า ๆ กัน เป็นกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์และกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ *t*-test

ผลการวิจัยปรากฏว่า เกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นตามโมเดลแอบสแตรกโคดสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ใช้ผ่านกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ ระบบปฏิบัติการ Android 4.2 ประกอบด้วย 5 เกม ได้แก่ เกมปาเป้า เกมเครื่องดื่ม เกมฟาร์ม เกมบวกจำนวน และเกมเครื่องหมาย ช่วยทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองและฝึกทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่หลากหลายเริ่มจากการแก้ปัญหาง่าย ๆ ไปจนถึงปัญหาที่มีความซับซ้อน ผลการนำไปใช้ ปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์มีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังการฝึกสูงกว่าก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์มีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่าเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

51810905: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE
Ph.D. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)
KEYWORDS: COMPUTER GAMES/ MATHEMATICS PROBLEM SOLVING SKILL / ABSTRACT CODE MODEL

JATUPAK PAKPEARN: DEVELOPMENT OF COMPUTER GAMES BASED ON THE ABSTRACT CODE MODEL FOR INCREASING MATHEMATICS PROBLEM SOLVING SKILLS FOR LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: SUCHADA KORNPETPANEE, Ph.D., PARINYA RUANGTIP, Ph.D. 167 P. 2016.

Computer games may increase attention and thinking skills for students. Accordingly, this research aimed to develop the computer games for enhancing mathematics problem solving skills among lower secondary school students based on the Abstract Code Model (ACM), and to investigate the utilization of the developed computer games for lower secondary school students. The participants were 60 volunteer students, studying at Nakhon Si Lamduan Wittaya School, Wang Hin District, Si Sa Ket P'rovince in the academic year 2015. The participants were randomly and equally assigned into two groups, experimental and control. The experimental group was trained via the computer games based on the Abstract Code Model (ACM), and the control group was taught via remedial after-school support classes. The mathematics problem solving skill test was used as the instrument for data collection. The difference between mean scores were analyzed using *t*-tests.

The results revealed that the ACM based games for the Android 4.2 operating system composed of five games, Darts, Beverage, Farm, Addition, and Operation, led to increase the self-study skill and the mathematics problem solving skills from simple to complex problems. In addition, the results indicated that the post-test score of the experimental group was greater than the pre-test score at a statistically significantly level ($p<.01$). Furthermore, the experimental group had a statistically significantly higher mean score than the control group ($p<.01$). Thus, it is generally shown that the ACM based games can enhance the mathematics problem solving skills for lower secondary school students, and may be regarded as an effective alternative learning method for students.

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่
1 บทนำ ..... 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 4
กรอบแนวคิดในการวิจัย ..... 5
สมมติฐานของการวิจัย ..... 7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย ..... 7
ขอบเขตของการวิจัย ..... 7
นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 10
กระบวนการในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ ..... 10
1. โมเดลแอบสแตรกโคด (Abstract Code Model) ..... 10
2. ทฤษฎีของความจำขณะคิด (Theories of Working Memory) ..... 16
3. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ..... 21
4. งานวิจัยที่เกี่ยวกับโมเดลแอบสแตรกโคดและกระบวนการประมวลผล
ตัวเลข (Architecture for number processing) ..... 23
หลักการเบื้องต้นในการสร้างเกมคอมพิวเตอร์ ..... 25
1. หลักการเบื้องต้นในการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ ..... 25
2. ประเภทของเกมคอมพิวเตอร์ ..... 29
3. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในเกมคอมพิวเตอร์ ..... 31
4. หลักการสร้างเกมคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ ..... 35
5. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้เกมคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ ..... 36
แนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์ ..... 37
แนวคิดเกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 41
1. ความสำคัญของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 41
2. ความหมายของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 42

# สารบัญ (ต่อ)


บทที่ หน้า

3. การส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 44
4. ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 45
5. ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 47
6. การประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 48
7. งานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 49

3 วิธีดำเนินการวิจัย 53

ตอนที่ 1 การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 53

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์เกมคอมพิวเตอร์ 58
ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ 60
ขั้นตอนที่ 3 การสร้างเกมคอมพิวเตอร์ 62
ขั้นตอนที่ 4 การนำเกมคอมพิวเตอร์ไปทดลองใช้ 71
ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลเกมคอมพิวเตอร์ 73

ตอนที่ 2 การนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ 76

1. กลุ่มอาสาสมัคร 76
2. แบบแผนการดำเนินการทดลอง 76
3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 77
4. วิธีดำเนินการทดลอง 78
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 81

4 ผลการวิจัย 82

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 82

ตอนที่ 2 ผลของการนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ 100

1. ข้อมูลของกลุ่มอาสาสมัคร 100
2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ 104
3. ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม 105

5 สรุปและอภิปรายผล 106

สรุปผลการวิจัย 106
อภิปรายผลการวิจัย 108

# สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า
ข้อเสนอแนะ 111
บรรณานุกรม 113
ภาคผนวก 118
ภาคผนวก ก แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 119
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 124
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 126
ภาคผนวก ง ผลการตรวจสอบคุณภาพของเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 131
ภาคผนวก จ คู่มือเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 137
ภาคผนวก ฉ แบบรายงานผลจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยวิทยาการวิจัย และวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา 156
ภาคผนวก ช ตัวอย่างใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย 158
ภาคผนวก ซ รูปประกอบกิจกรรมเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 160
ประวัติย่อของผู้วิจัย 167

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3-1 | การวิเคราะห์โมเดลแอบสแตรกโคดในกิจกรรมเกมคอมพิวเตอร์ | 54 |
| 3-2 | มาตรฐาน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ | 59 |
| 3-3 | วันและเวลาปฏิบัติกิจกรรมเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น | 79 |
| 3-4 | วันและเวลาชั่วโมงซ่อมเสริมวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น | 80 |
| 4-1 | โครงสร้างเกมคอมพิวเตอร์ | 83 |
| 4-2 | ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้เชี่ยวชาญ | 99 |
| 4-3 | ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้ใช้งาน | 100 |
| 4-4 | จำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มอาสาสมัคร | 101 |
| 4-5 | คะแนนการทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำแนกตามกลุ่มและระยะเวลาการวัดผล | 102 |
| 4-6 | ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกลุ่มทดลองก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ | 104 |
| 4-7 | ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม | 105 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1-1 | กรอบแนวคิดการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น | 6 |
| 2-1 | โมเดลแอบสแตรกโคดของ McCloskey | 11 |
| 2-2 | กลไกการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ของ McCloskey | 12 |
| 2-3 | การประมวลผลจำนวนและระบบการคำนวณ (Number Processing and Calculation Systems) | 13 |
| 2-4 | กายวิภาครูปแบบการทำงานของการประมวลผลจำนวน (Anatomical Functional Model of Number Processing) | 14 |
| 2-5 | โมเดลหลายองค์ประกอบ (The Multi-component Model) | 21 |
| 3-1 | ลำดับขั้นตอนการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ตามกระบวนการ ADDIE | 57 |
| 3-2 | ขั้นตอนการสร้างเกมคอมพิวเตอร์ | 62 |
| 3-3 | ตัวอย่างโครงเรื่องและเนื้อหาของเกมปาเป้า | 63 |
| 3-4 | ตัวอย่างโครงเรื่องและเนื้อหาของเกมเครื่องดื่ม | 63 |
| 3-5 | ตัวอย่างโครงเรื่องและเนื้อหาของเกมฟาร์ม | 64 |
| 3-6 | ตัวอย่างโครงเรื่องและเนื้อหาของเกมบวกจำนวน | 64 |
| 3-7 | ตัวอย่างโครงเรื่องและเนื้อหาของเกมเครื่องหมาย | 65 |
| 3-8 | ขั้นตอนการทำงานของเกมคอมพิวเตอร์ | 66 |
| 3-9 | ตัวอย่างของเกมปาเป้า (Darts) | 67 |
| 3-10 | ตัวอย่างของเกมเครื่องดื่ม (Beverage) | 68 |
| 3-11 | ตัวอย่างของเกมฟาร์ม (The Farm) | 69 |
| 3-12 | ตัวอย่างของเกมบวกจำนวน (Addition) | 69 |
| 3-13 | ตัวอย่างของเกมเครื่องหมาย (Operation) | 70 |
| 3-14 | แผนผังโครงสร้างเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น | 72 |
| 3-15 | หน้าต่างการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลโดยการคำนวณ online ผ่านเว็บไซต์ http://www.uccs.edu/-lbecker/ | 81 |
| 4-1 | Application บนหน้าจอกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) | 86 |
| 4-2 | หน้าจอหลักโปรแกรมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน | 87 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4-3 | หน้าจอสำหรับเลือกเกม | 87 |
| 4-4 | หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมปาเป้า (Darts) | 88 |
| 4-5 | ระดับการเล่นของเกมปาเป้า (Darts) | 89 |
| 4-6 | หน้าจอของเกมปาเป้า (Darts) | 89 |
| 4-7 | หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมเครื่องดื่ม (Beverage) | 90 |
| 4-8 | ระดับการเล่นของเกมเครื่องดื่ม (Beverage) | 90 |
| 4-9 | หน้าจอของเกมเครื่องดื่ม (Beverage) | 91 |
| 4-10 | หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมฟาร์ม (The Farm) | 91 |
| 4-11 | ระดับการเล่นของเกมฟาร์ม (The Farm) | 92 |
| 4-12 | หน้าจอของเกมฟาร์ม (The Farm) | 92 |
| 4-13 | หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมบวกจำนวน (Addition) | 93 |
| 4-14 | ระดับการเล่นของเกมบวกจำนวน (Addition) | 93 |
| 4-15 | หน้าจอของเกมบวกจำนวน (Addition) | 94 |
| 4-16 | หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมเครื่องหมาย (Operation) | 94 |
| 4-17 | ระดับการเล่นของเกมเครื่องหมาย (Operation) | 95 |
| 4-18 | หน้าจอของเกมเครื่องหมาย (Operation) | 95 |
| 4-19 | หน้าจอแสดงระดับคะแนนของผู้เล่นที่ได้จากการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ | 96 |
| 4-20 | หน้าจอแสดงเปิด – ปิดเสียงจากการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ | 96 |
| 4-21 | หน้าจอ About แสดงคำชี้แจงกับวัตถุประสงค์ของเกมคอมพิวเตอร์ | 97 |
| 4-22 | หน้าจอคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น | 97 |
| 4-23 | การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์และกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม | 103 |

# บทที่ 1
# บทนำ

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) นักเรียนต้องอาศัยความรู้จาก ทฤษฎี กฎ นิยามทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ นักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างภาษากับสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในโจทย์ปัญหาซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์เดิมของนักเรียนในโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) ที่มีอยู่และแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) มากกว่าการรับรู้จากสิ่งแวดล้อม (Environment Perception) หรือการเรียนรู้จากภายนอกเพียงอย่างเดียว (Mayer, 2008, pp. 760-762; Novick & Bassok, 2005, pp. 321-322) นอกจากนี้ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องมีทักษะทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย เช่น ทักษะการให้เหตุผล ทักษะในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ รวมไปถึงทักษะการนำเสนอ สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์สาขาอื่น ๆ โดยอาศัยความคิดสร้างสรรค์ ความรู้ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การใช้เหตุผลประกอบการตัดสินใจในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนสามารถสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ เกิดความคิดรวบยอด มีทักษะทางคณิตศาสตร์ และความสามารถทางตัวเลขมีทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น จำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างมีความสุข สนุกสนานไม่เคร่งเครียด รวมทั้งมีเจตคติที่ดีต่อการเรียน และที่สำคัญกระบวนการจัดการเรียนรู้นั้น ต้องเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด ได้ลงมือปฏิบัติ ได้สัมผัสกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ รวมทั้งได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น ดังนั้นเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการจัดกิจกรรมการเรียนที่ทำให้นักเรียนรู้สึกท้าทาย นักเรียนได้เรียนรู้โดยได้เล่นไปพร้อม ๆ กัน ทั้งนี้โดยธรรมชาติของนักเรียนนั้นจะชอบเล่นมากกว่าเรียน อีกทั้งการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อหน่าย นักเรียนจำนวนไม่น้อยไม่สนใจและอาจละทิ้งที่จะเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์เนื่องมาจากเคยมีประสบการณ์ทางลบเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ (Mayer, 2014, pp. 769-770)

จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยในฐานะผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์ จึงพยายามศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาเครื่องมือหรือนวัตกรรม เพื่อนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ มีความรู้ความเข้าใจทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทักษะในการแก้ปัญหา ซึ่งนวัตกรรมที่ผู้วิจัยสนใจนำมาใช้ในการศึกษาวิจัย คือ การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำเกมคอมพิวเตอร์มาใช้ทางการศึกษา ปรากฏว่า เกมที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง ทดลองหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ไม่จำกัดจำนวนครั้ง โดยเริ่มจากปัญหาที่ง่าย ๆ ไปจนถึงปัญหาที่มี

ความยุ่งยากซับซ้อน การนำเกมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นั้น มีความแตกต่างไปจากการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในห้องเรียน ซึ่งส่วนใหญ่ผู้สอนยังคงใช้วิธีการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการเน้นให้นักเรียนทำแบบฝึกต่าง ๆ ในรูปแบบเดิม ๆ ซึ่งยากต่อการเรียนรู้ และพบว่า เมื่อนักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ หรือเมื่อนักเรียนเกิดความล้มเหลวในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ ส่งผลทำให้นักเรียนขาดความมั่นใจ เกิดความเบื่อหน่าย ท้อแท้ และล้มเลิกความตั้งใจในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปในที่สุด ดังนั้น ผู้สอนจำเป็นต้องหาแนวทางที่ทำให้นักเรียนเข้าใจว่า ความล้มเหลวเป็นส่วนหนึ่งที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ ส่งผลทำให้นักเรียนกล้าที่จะลองผิดลองถูก และเรียนรู้จากความผิดพลาดโดยนำข้อผิดพลาดมาหาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการใหม่ ๆ ซึ่งในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน สามารถจำลองสถานการณ์ที่ทำให้นักเรียนเข้าไปอยู่ในสถานการณ์ของปัญหาซึ่งอยู่ในเกม แล้วเลือกหาวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย โดยที่ผู้เล่นไม่ได้รู้สึกว่าตนเองเป็นผู้เกิดความผิดพลาด (Devlin, 2011, pp. 87 – 88)

การนำเกมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ส่งผลทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน เนื่องมาจากการใช้เกมคอมพิวเตอร์ ทำให้เรียนรู้ได้ลึกซึ้งมากขึ้น (Gee, 2003, pp. 1-11) เช่น รู้ว่าเพราะเหตุใด คำตอบที่ได้ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง ดังนั้น การเรียนรู้ด้วยเกมคอมพิวเตอร์จึงเป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำให้สามารถพัฒนาวิธีการและแนวคิดใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาที่หลากหลายสามารถสื่อสารกับสังคม และการสะท้อนกลับเมื่อเล่นเกมจบ นอกจากนี้ยังพบว่า เกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษาที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ อย่างมีคุณภาพ และครอบคลุมเนื้อหาในเด็กอายุระหว่าง 7-16 ปี ทำให้มีการส่งผ่านข้อมูล (Transfer Effect) กับความจำขณะคิด (Working Memory) ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี (Alloway, Bibile, & Lau, 2013, pp. 632 - 634)

นักการศึกษายังพบว่า แม้เกมคอมพิวเตอร์จะมีข้อดีในการนำมาเพิ่มทักษะในการแก้ปัญหา แต่การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์มาใช้ทางการศึกษาก็มีข้อจำกัดเช่นเดียวกัน เช่น เกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษายังคงให้ความสำคัญกับเนื้อหาในหลักสูตร มากกว่าเน้นการพัฒนาทักษะและกระบวนการคิดของนักเรียน ดังนั้น เกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษาจึงไม่สามารถตอบสนองต่อการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์และประเมินค่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษาส่วนใหญ่ยังเน้นแค่ความรู้ ความจำ แต่ยังขาดการประยุกต์ (Kebritchi, Hirumi, & Bai, 2010, pp. 427-443.) นอกจากนี้ยังพบว่า เกมคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่เน้นทำความสนุกสนานและมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเลียนแบบพฤติกรรมอย่างไม่เหมาะสม (Devlin, 2011, pp. 35-36)

กระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจากการเล่นของนักเรียนสามารถออกแบบได้ โดยการนำเกมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน นำรูปแบบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลขตามแนวคิดของ McCloskey (1992 cited in Campbell & Epp p. 348) ที่นำมาอธิบายปริมาณและคุณภาพค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการคำนวณที่ผิดพลาดของผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางการคิดคำนวณ จึงเสนอรูปแบบความเข้าใจเชิงตัวเลข ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ คือ ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร (Comprehension)

การคำนวณ (Calculation) และระบบการแสดงผลลัพธ์ (Number Production System: NPS) นั่นคือความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารเป็นกระบวนการเปลี่ยนสัญลักษณ์ทางตัวเลข เช่น จำนวนนับ คำระบุจำนวน เลขโรมันให้กลายเป็นรหัสนามธรรม ขณะที่ระบบการคำนวณเป็นการนำตัวเลขมาเปรียบเทียบและการดำเนินการทางตัวเลขด้วยกฎ นิยามและข้อตกลงทางคณิตศาสตร์นำมาสร้างเป็นรหัสปริมาณเชิงนามธรรม ในส่วนของระบบการแสดงผลลัพธ์เป็นคำตอบของการคำนวณออกมาเป็นสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทั้งตัวเลขหรือเป็นคำเพื่อแสดงค่าของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ รูปแบบของ McCloskey เป็นกระบวนคิดการคำนวณตัวเลขในใจ ซึ่งเป็นกระบวนการรับข้อมูลเข้ามาทั้งหมด และดำเนินการเปลี่ยนข้อมูลทั้งหมดเป็นข้อมูลเชิงเดี่ยวให้ผู้คำนวณดำเนินการคิดในใจและแปลผลออกมาเป็นรูปแบบของผลลัพธ์ สำหรับช่วงเวลาในการคำนวณ (Response Times: RTs) ที่ใช้ในการแปลงตัวเลข ประโยค กลุ่มคำ หรือสัญลักษณ์อื่น ๆ ให้เป็นสัญลักษณ์หรือตัวแปรนั้น จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการคิดในใจ หมายความว่า ช่วงเวลาในการคำนวณ (RTs) เพื่อแปลงสัญลักษณ์นั้นจะมีค่าไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากสัญลักษณ์ที่ป้อนเข้าไปประมวลผลไม่เหมือนกัน เพราะการคำนวณในใจเป็นการคาดคะเนเพื่อที่จะจัดการปัจจัยต่าง ๆ เพื่อจะใช้ในการคำนวณตัวเลข และการแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในคุณลักษณะของตัวเลข ประโยค กลุ่มคำหรือสัญลักษณ์อื่น ๆ ความคิดรวบยอด และความรู้สึกเชิงจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตประจำวัน

Piaget (1980, pp. 33-40) อธิบายถึงพัฒนาการด้านสติปัญญา (Cognitive development) ของเด็กว่า การเรียนรู้เป็นส่วนหนึ่งของพัฒนาการทางสติปัญญาที่เกิดขึ้นกับมนุษย์ทุกคนทุกชาติทุกภาษาในลักษณะเดียวกันแต่แตกต่างกันตามวัย ช่วงพัฒนาการแต่ละขั้นตอน สิ่งที่เกิดขึ้นควบคู่กับพัฒนาการคือ การรับรู้เข้าใจหรือความสามารถในการเรียนรู้ที่ทำให้มนุษย์มีสติปัญญาเพิ่มขึ้น ซึ่งพัฒนาการด้านสติปัญญาของเด็ก มี 4 ระยะ คือ 1) ระยะพัฒนาการเด็กเป็นระยะเรียนรู้เกี่ยวกับการสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensori-Motor Stage) อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 0-2 ปี 2) ระยะขั้นเตรียมความพร้อม (Pre-Operational Stage) อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 2-6 ปี เป็นระยะที่เด็กเริ่มเข้าใจภาษาอากัปกิริยาของคนใกล้ชิด เป็นช่วงเวลาที่เด็กสร้างเสริมบุคลิกภาพของตนเอง เด็กรู้จักให้เหตุผลแต่ก็อธิบายไม่ได้เด่นชัด 3) ระยะความคิดเชิงรูปธรรม (Concrete Stage) อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 6-12 ปี ระยะนี้เด็กเริ่มเข้าใจการจัดหมวดหมู่ การจำแนกการเรียงลำดับ จำนวน มิติ และความสัมพันธ์ การให้เหตุผลของเด็กวัยนี้จะอาศัยสิ่งที่ตนเองเห็น และ 4) ระยะการจัดการที่เป็นรูปแบบ (Formal Operations Stage) อยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 12 ปีขึ้นไป ระยะนี้เป็นระยะที่เด็กเริ่มรู้จักอธิบายเหตุผลอย่างสมเหตุสมผล นอกจากนี้ Moursund (2007, pp. 89-90) ได้พัฒนาทฤษฎีพัฒนาการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสัมพันธ์กับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ที่ได้อธิบายถึงพัฒนาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นอายุตั้งแต่ 12 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นระยะที่เด็กเริ่มรู้จักอธิบายเหตุผลอย่างสมเหตุสมผล ดังนั้นการสอนคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำเป็นต้องใช้วัสดุหรือของจริงประกอบการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดการค้นพบ นักเรียนจะสามารถเรียนรู้ได้ดีเมื่อเข้าใจการคงสภาพ (Conservation) ของจำนวน การสอนความหมายในลักษณะการย้อนกลับ เมื่อนักเรียนมีพัฒนาการถึงระดับวุฒิภาวะเกี่ยวกับเรื่องการคิดย้อนกลับ

(Reversibility) ดังนั้น นักเรียนในช่วงวัยนี้จึงเหมาะสำหรับนำเกมคอมพิวเตอร์ไปใช้สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

จากความสำคัญดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องสามารถนำความรู้ในทางทฤษฎี กฎ นิยาม ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการคิดหาคำตอบ การเข้าใจความหมายและเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารของโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีความสามารถในการคิดเชิงรูปธรรม (Concrete Stage) นักเรียนเริ่มเข้าใจการจัดหมวดหมู่ การจำแนก การเรียงลำดับ จำนวน มิติ และความสัมพันธ์การให้เหตุผลจากสิ่งที่เห็น และสามารถดำเนินการอย่างที่เป็นรูปแบบ (Formal Operations Stage) ดังนั้น การสอนคณิตศาสตร์ผู้สอนจำเป็นต้องใช้วัสดุหรือของจริงประกอบการสอน เพื่อให้นักเรียนเกิดการค้นพบ สามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรม เชื่อมโยงกับความสามารถและ ประสบการณ์เดิมของนักเรียน ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลกับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ สอดคล้องกับแนวคิดของ McCloskey (1992) ที่ได้เสนอรูปแบบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลขเรียกว่า แอบสแตรกโคดโมเดล (Abstract Code Model : ACM) คือ นักเรียนต้องทำความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร ทั้งทางภาษาและที่เป็นสัญลักษณ์ทางตัวเลขเพื่อนำเข้าข้อมูล เช่น จำนวนนับ การระบุจำนวน เลขโรมันให้กลายเป็นนามธรรม ระบบการคำนวณเป็นการนำตัวเลขเหล่านั้นมาเปรียบเทียบและการคำนวณตัวเลขสร้างเป็นรหัสปริมาณที่มีความเป็นนามธรรมขึ้นมา และแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณออกมาเป็นสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทั้งตัวเลขและเป็นภาษา

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำเอาแอบสแตรกโคด โมเดล (Abstract Code Model : ACM) ซึ่งเป็นรูปแบบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลข ของ McCloskey (1992) มาเป็นฐานในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเริ่มตั้งแต่ (1) ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร นักเรียนต้องทำความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารในแต่ละเกม ซึ่งเกมคอมพิวเตอร์จะนำเสนอประโยคข้อความที่เป็นทั้งภาษาและสัญลักษณ์ที่เป็นตัวเลข รวมทั้งข้อเท็จจริงเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ให้สามารถเชื่อมโยงกับความรู้ และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ กระตุ้นให้เกิดการเรียกคืนมาจากหน่วยความจำจากระสบการณ์ที่ได้เรียนรู้ (2) การคำนวณเป็นการนำกระบวนการเกี่ยวกับการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนต้องทำการคิดคำนวณภายในใจ ภายในเวลาที่กำหนดตามประเภทของจำนวน เช่น จำนวนเต็มบวกหลักเดียว จำนวนเต็มหลักเดียว จำนวนเต็มบวกสองหลัก จำนวนเต็มสองหลัก จำนวนตรรกยะ ทำให้การคำนวณมีความซับซ้อนขึ้น และ (3) ระบบการแสดงผลลัพธ์ นักเรียนจะต้องแสดงผลของการคำนวณออกมาเป็นสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทั้งตัวเลขและเป็นภาษาแสดงคำตอบจากการคำนวณ โดยกำหนดเนื้อหาเกี่ยวกับความคิด รวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ และการแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริงในการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2. เพื่อศึกษาผลของการนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้โดย

2.1 เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์

2.2 เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างกลุ่มที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม

## กรอบแนวคิดในการวิจัย

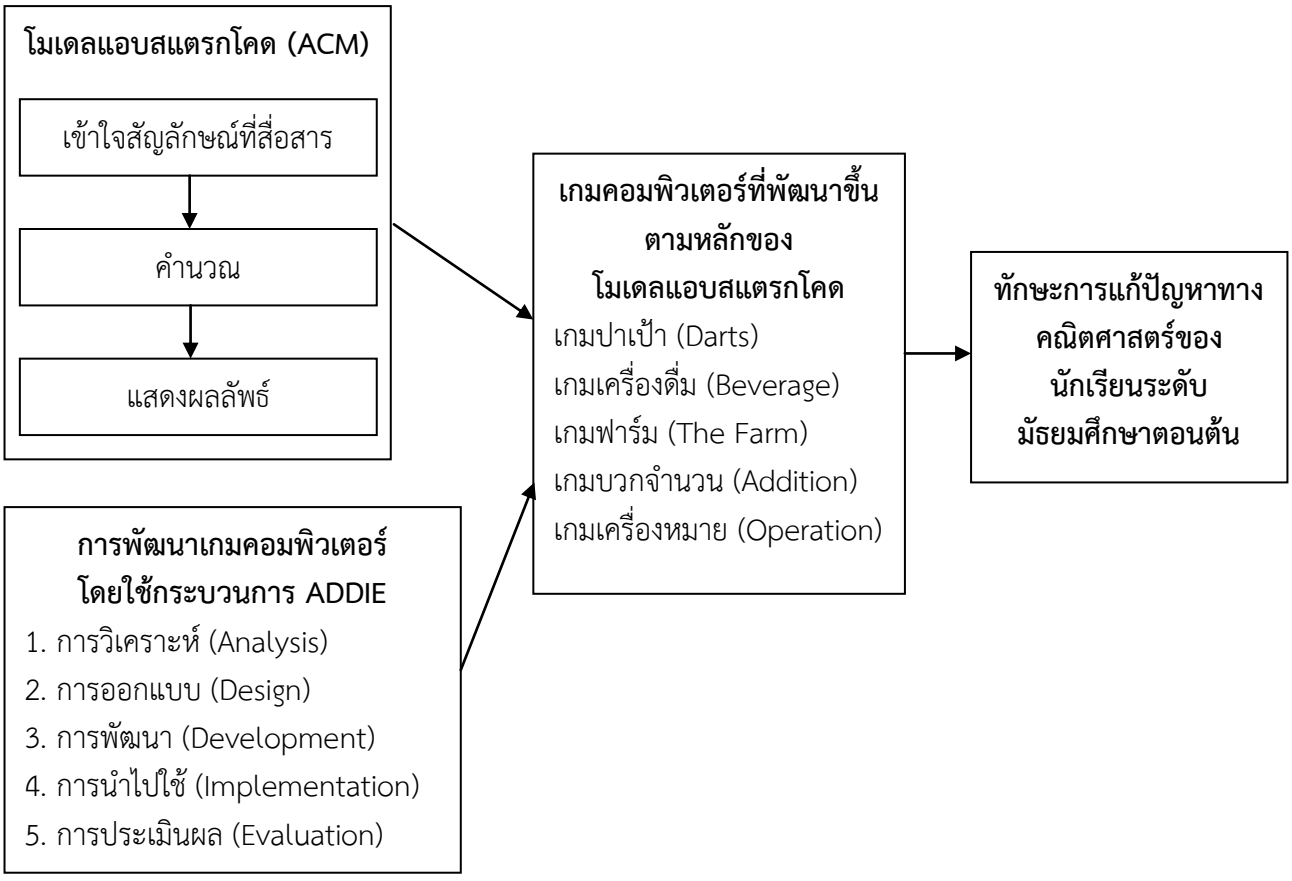
การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน นักเรียนต้องสามารถนำความรู้ในทางทฤษฎี กฎและนิยามทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการคิดหาคำตอบ การเข้าใจความหมายและเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารของโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ จำเป็นต้องอาศัยความสามารถ และประสบการณ์เดิมของตน โดยอาศัยโครงสร้างทางปัญญาและแรงจูงใจภายในมากกว่าการรับรู้จากสิ่งแวดล้อมหรือการเรียนรู้จากสิ่งเร้าภายนอกเพียงอย่างเดียว ในการกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย ทั้งทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการให้เหตุผล ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ รวมไปถึงการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรม ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลกับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ McCloskey (1992) เสนอรูปแบบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลข เรียกว่า แอบสแตรกโคดโมเดล (Abstract Code Model: ACM) ซึ่งมี 3 องค์ประกอบ คือ (1) ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร เป็นข้อเท็จจริงเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่จากหน่วยความจำ (2) การคำนวณ เป็นกระบวนการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่เกิดจากในการคำนวณปัญหาที่ซับซ้อน และ (3) ระบบการแสดงผลลัพธ์ เป็นการแสดงผลของการคำนวณในรูปของตัวเลขหรือภาษา ดังนั้น แอบสแตรกโคดโมเดล จึงเป็นรูปแบบกระบวนการทำความเข้าใจสัญลักษณ์ โดยการเปลี่ยนสัญลักษณ์ทางตัวเลขให้กลายไปเป็นนามธรรมดำเนินการคำนวณมาเปรียบเทียบและการคำนวณตัวเลขให้เป็นรหัสเชิงปริมาณนามธรรมขึ้นมา และแสดงผลลัพธ์เป็นการแสดงผลของการคำนวณออกมาเป็นสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทั้งที่เป็นตัวเลขและที่เป็นภาษา

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำเอาแอบสแตรกโคดโมเดล (Abstract Code Model: ACM) ของ McCloskey (1992) มาเป็นฐานในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เริ่มตั้งแต่ (1) นักเรียนต้องทำความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารในแต่ละเกม ซึ่งจะนำเสนอประโยคข้อความที่เป็นภาษาและสัญลักษณ์ที่เป็นตัวเลข ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ สามารถเชื่อมโยงกับความรู้ และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการเรียกคืนมาจากหน่วยความจำ (2) นักเรียนต้องทำการคิดคำนวณภายในใจภายในระยะเวลาที่กำหนด และ (3) นักเรียนจะต้องแสดงผลของการคำนวณออกมาเป็นสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทั้งที่เป็นตัวเลขและที่เป็นภาษาในรูปคำตอบ โดยกำหนดเนื้อหาเกี่ยวกับความคิดรวบยอด

และความรู้สึกเชิงจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ และการแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ผู้วิจัยนำกระบวนการ ADDIE (Analysis-Design-Develop-Implement-Evaluate: ADDIE) มาใช้ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน กระบวนการ ADDIE เป็นกระบวนการออกแบบและการจัดการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการเรียนการสอน โดยประยุกต์มาจากการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในสาขา Human Performance Technology (HPT) (Danks, 2011, pp. 2-6) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ (Analysis), (2) การออกแบบ (Design), (3) การพัฒนา (Development), (4) การนำไปใช้ (Implementation) และ (5) การประเมินผล (Evaluation)

ผู้วิจัยนำกระบวนการดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบและพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จึงกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้




ภาพที่ 1-1 กรอบการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

## สมมติฐานของการวิจัย

1. เกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานมีความเหมาะสมสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์

3. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. มีเกมคอมพิวเตอร์ที่มีความเหมาะสมเป็นทางเลือกสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดย

1.1 นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปฝึกได้ตามความพร้อมของแต่ละคน

1.2 ผู้สอนสามารถนำเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานเป็นสื่อสำหรับจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1.3 ผู้สอนสามารถนำเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานเป็นแนวทางจัดกิจกรรมให้นักเรียนเลือกเรียนตามนโยบาย “ลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้”

1.4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสามารถใช้เกมคอมพิวเตอร์เป็นแนวทางสำหรับผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนในโรงเรียนต่าง ๆ

2. ทราบผลของการฝึกทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ และระหว่างกลุ่มที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มที่เรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม สำหรับเป็นทางเลือกในการเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

## ขอบเขตของการวิจัย

**กลุ่มอาสาสมัคร**

กลุ่มอาสาสมัคร เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อายุระหว่าง 12 – 15 ปี โรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา อำเภอวังหิน จังหวัดศรีสะเกษ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ที่สมัครเข้าร่วมกิจกรรมการเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชั่วโมงซ่อมเสริมและเป็นผู้ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือก จำนวน 60 คน

**เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์**

เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ คือ เนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สาระการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ สาระที่ 1 เรื่องจำนวนและการดำเนินการ (Numbers and Operations) ซึ่งมีเนื้อหาย่อยดังนี้

1. ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน
2. สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง
3. การดำเนินการของจำนวน
4. อัตราส่วน
5. ร้อยละ
6. การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

**ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง**

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด จำนวน 30 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที โดยมีการทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ (Pre-test) จำนวน 1 ครั้ง ฝึกทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยเกมคอมพิวเตอร์ จำนวน 28 ครั้ง และทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ (Post-test) จำนวน 1 ครั้ง การดำเนินการทดลองใช้ในชั่วโมงซ่อมเสริม จำนวน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 วัน

**ตัวแปรที่ศึกษา**

1. ตัวแปรทดลอง คือ การเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ
   1.1 การเล่นเกมคอมพิวเตอร์ โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด (ACM) เป็นฐาน
   1.2 การเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม
2. ตัวแปรตาม คือ ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

## นิยามศัพท์เฉพาะ

**ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Problem Solving Skills)** หมายถึง ความสามารถและความชำนาญในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ทางสมอง ประสบการณ์ การเข้าใจปัญหา ตลอดจนความพยายามในการคิดค้นหาคำตอบ เพื่อให้ได้คำตอบ โดยการนำความรู้ทักษะ รวมถึงวิธีการต่าง ๆ ในการหาคำตอบเมื่อกำหนดสถานการณ์หรือคำถามที่เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์มาให้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีการดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอนและจะต้องใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่ความสำเร็จในการหาผลลัพธ์

**เกมคอมพิวเตอร์ (Computer Games)** หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบมาให้เล่น โดยกำหนดรูปแบบกฎและกติกาของการเล่น เพื่อความสนุกสนาน เพลิดเพลินและช่วยให้ผู้เล่นลดอาการตึงเครียดถ้าเล่นอย่างมีขอบเขต

**โมเดลแอบสแตรกโคด (Abstract Code Model: ACM)** หมายถึง รูปแบบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลข ให้ผู้คำนวณดำเนินการเองในใจและแปลผลออกมาเป็นรูปแบบของผลลัพธ์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร (Comprehension) การคำนวณ (Calculation) และระบบการแสดงผลลัพธ์ (Number Production System)

**ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร (Comprehension) หมายถึง** กระบวนการเปลี่ยนสัญลักษณ์เชิงปริมาณ เช่น ตัวเลขอารบิก เลขโรมัน จำนวนนับ กลุ่มคำ ประโยค ฯลฯ ให้เป็นรูปแบบนามธรรม สอดคล้องกับกระบวนการรับรู้ของระบบประสาท

**การคำนวณ (Calculation) หมายถึง** การเอาตัวเลขมาเปรียบเทียบและการดำเนินการทางตัวเลขโดยอาศัยกฎ นิยามหรือทฤษฎี เชิงนามธรรม เช่น 0×N=0, 0+N=N

**ระบบการแสดงผลลัพธ์ (Number Production System) หมายถึง** การแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณออกมาเป็นสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทั้งตัวเลข กลุ่มคำ ประโยคและคำพูด

**เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน (Computer Games Based on Abstract Code Model)** หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ติดตั้งกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) ระบบปฏิบัติการ Android 4.2 ในระบบปิด (Offline) ขนาดหน้าจอ 7 นิ้ว ยี่ห้อ “OMISA” รุ่น OPAD 203 พัฒนาโดยมีโมเดลแอบสแตรกโคด (ACM) เป็นฐาน ซึ่งประกอบด้วย 5 เกม ประกอบด้วย เกมปาเป้า เกมเครื่องดื่ม เกมฟาร์ม เกมบวกจำนวน และเกมเครื่องหมาย ที่มีการกำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริงการดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละและการแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

**การเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม (The remedial after-school support classes)** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ และการแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในชั่วโมงสอนซ่อมเสริม โดยครูกลุ่มสาระการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์ วันจันทร์ ถึง ศุกร์ ระหว่างเวลา 15.00 - 16.00 น.

**นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (Lower Secondary School Students)** หมายถึง ผู้ที่กำลังศึกษาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 อายุระหว่าง 12-15 ปี โรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา อำเภอวังหิน จังหวัดศรีสะเกษ ปีการศึกษา 2558

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดย นำแนวคิดของโมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานในการพัฒนาขึ้นสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ 1) พัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และ 2) ศึกษาผลของการนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

กระบวนการในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์

1. โมเดลแอบสแตรกโคด (Abstract Code Model)
2. ทฤษฎีของความจำขณะคิด (Theories of Working Memory)
3. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget
4. งานวิจัยที่เกี่ยวกับโมเดลแอบสแตรกโคดและกระบวนการประมวลผลตัวเลข (Architecture for Number Processing)

หลักการเบื้องต้นในการสร้างเกมคอมพิวเตอร์

1. หลักการเบื้องต้นในการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์
2. ประเภทของเกมคอมพิวเตอร์
3. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในเกมคอมพิวเตอร์
4. หลักการสร้างเกมคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เกมคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์

แนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์

แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

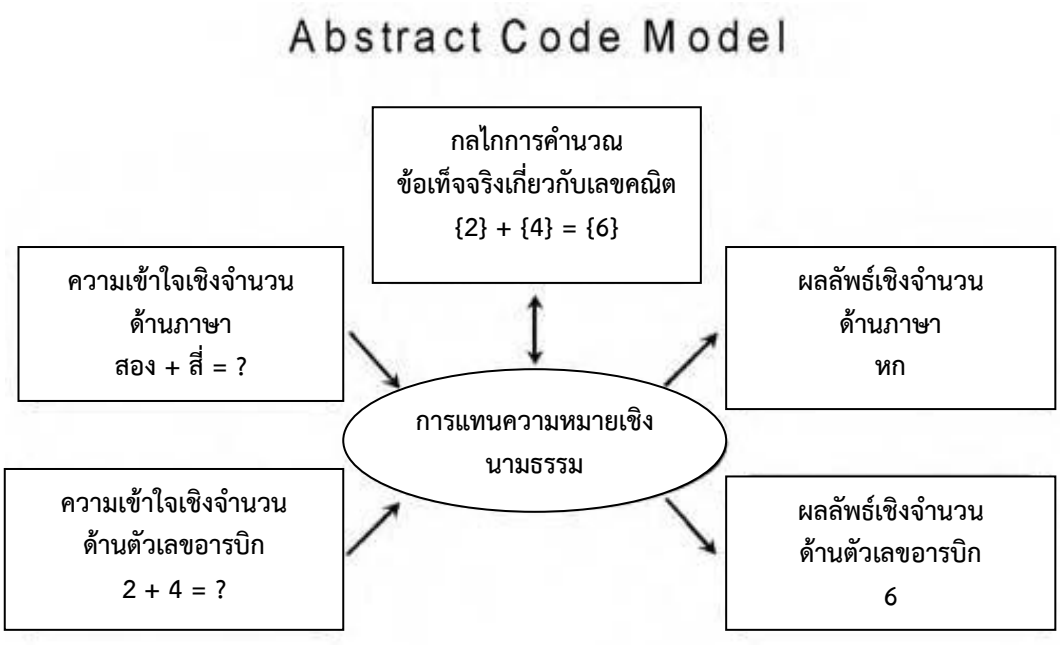
1. ความสำคัญของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
2. ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
3. การส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
4. ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
5. ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
6. การประเมินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

## กระบวนการในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์

### 1. โมเดลแอบสแตรกโคด (Abstract Code Model)

การศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของระบบประสาทที่สอดคล้องกับการรับรู้ การคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ในโมเดลแอบสแตรกโคด (ACM) เป็นรูปแบบของความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลขตามแนวคิดของ McCloskey (1992 cited in Campbell & Epp, 2005, p. 348) มี 3 องค์ประกอบ คือ

ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร (Comprehension) การคำนวณ (Calculation) และระบบการแสดงผลลัพธ์ (Number Production System) โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นโมเดลเกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยการใช้รหัสตัวเดียว (Single Code) ความเป็นนามธรรม (Abstract) และรหัสความหมายเชิงปริมาณ (Semantic Quantity Code) องค์ประกอบทั้ง 3 ประการทำหน้าที่ ดังนี้ ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารทำหน้าที่ในการนำเข้ารหัส (Encode) ข้อมูลตัวเลขที่มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น ตัวเลขอารบิกตัวใดตัวหนึ่งที่ถูกเขียนภายในรหัสที่เป็นนามธรรมข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งผ่านไปยังระบบการคิดคำนวณ ซึ่งทำหน้าที่สร้างระบบปฏิบัติการในการคิดคำนวณโดยอาศัยความจำพื้นฐานเกี่ยวกับข้อเท็จจริงด้านตัวเลขกฎและนิยาม เช่น 5+7=12, 5×7=35, 0×N=0, 0+N=N เป็นต้น รวมไปถึงการดำเนินการทางตัวเลขที่มีความซับซ้อนเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จ เช่น การบวกตัวเลขจำนวนมาก หรือการคูณจำนวนจริง ผลลัพธ์เชิงตัวเลขที่ถูกดำเนินการระหว่างการคิดคำนวณอยู่ในรูปแบบของรหัสที่เป็นนามธรรม ซึ่งถูกส่งผ่านมาจากความเข้าใจในสัญลักษณ์ที่สื่อสารเพื่อดำเนินการแปลงคำตอบจากรหัสนามธรรมให้ออกมาในรูปของผลลัพธ์ในเชิงปริมาณหรือผลลัพธ์เชิงตัวเลข การคิดคำนวณเป็นการดำเนินการเกี่ยวกับตัวเลขพื้นฐานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการอันเนื่องมาจากสิ่งเร้าถูกลงรหัสซ้ำ (Recode) และถูกเปลี่ยนเป็นรหัสนามธรรมดำเนินการคิดคำนวณ และแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปของภาษาหรือตัวเลขภายใต้การดำเนินงานตามโมเดลแอบสแตรกโคด ซึ่งเป็นกระบวนการนำเข้าข้อมูลโดย การทำความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารสู่ระบบการคิดคำนวณในใจและแปลผลออกมาในรูปของผลลัพธ์เชิงตัวเลขหรือเชิงปริมาณ ดังภาพที่ 2-1

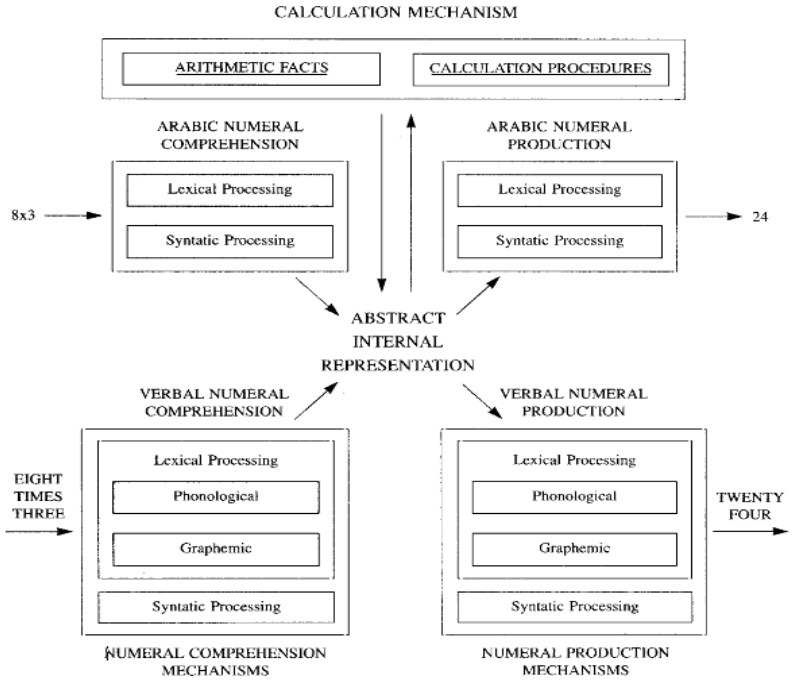



ภาพที่ 2-1 โมเดลแอบสแตรกโคดของ McCloskey (Campbell & Epp, 2005, p. 348)

ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะต้องพิจารณาถึงบริบทของปัญหาด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่นเมื่อพบกับปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือทางสถิติ นักเรียนส่วนใหญ่จะใช้วิธีการในการแก้ปัญหาโดยอาศัยวิธีการที่คล้ายคลึงกันจากประสบการณ์หรือสิ่งที่ได้เรียนรู้มา Campbell and Epp (2005, p. 348) ได้ทำการสำรวจวิธีการที่มนุษย์เลือกและประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากปัญหาหนึ่งไปยังอีกปัญหาหนึ่ง กล่าวคือ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพนั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับทักษะทางจำนวน ความรู้ การสื่อความหมาย (เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวน การจำตารางสูตรคูณได้) และความรู้ด้านกระบวนการ คือ รู้วิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่น การคูณกับการหาร ผลคูณของ 8 x 7 Dehaene and Cohen (1995, pp. 83 - 120) ได้เสนอรูปแบบด้านการคำนวณตัวเลข รหัสขนาดเชิงอุปนัย รหัสภาพ และรูปแบบที่เป็นคำ รหัสทั้งสามตัวสามารถดำเนินการกับตัวเลขโดยมีรูปแบบการสนับสนุนในด้านจิตวิทยาและด้านระบบประสาทกายวิภาคศาสตร์ นอกจากนี้ ยังพบว่า การถ่ายโอนด้านอุปนัยอาจช่วยทำให้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สะดวกยิ่งขึ้น (Colome, Bafalluy, & Noel, 2011, pp. 223-253)

**กลไกการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดต้นแบบของ McCloskey**

กระบวนการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์มีกลไกที่สำคัญเพื่อให้ได้คำตอบ ผู้นำเสนอโมเดลนี้คือ McCloskey et al. (Macaruso, McCloskey and Aliiminosa, 1993; Cuetos & Miera, 1998, pp. 18-31) กลไกการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ McCloskey ในการก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นี้ประกอบด้วยการทำงานโดยอัตโนมัติ (Operate Autonomous) ที่มีโครงสร้างย่อยดังภาพที่ 2-2



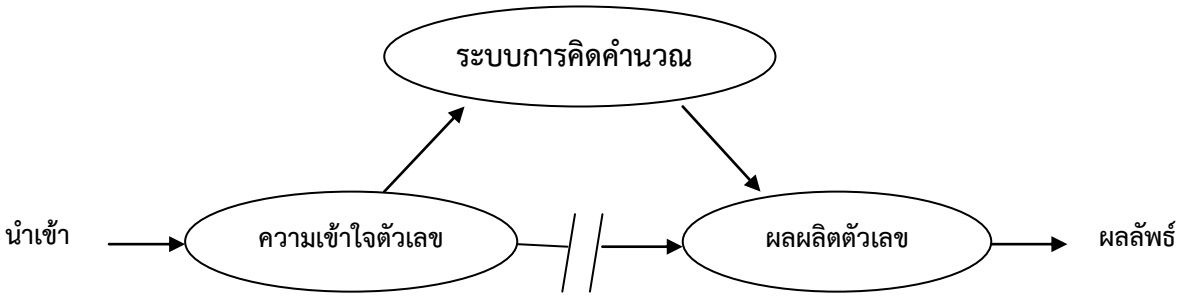

ภาพที่ 2-2 กลไกการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ของ McCloskey (Cuetos & Miera, 1998, p. 20)

จากภาพที่ 2-2 แสดงให้เห็นถึงกลไกการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดต้นแบบของ McCloskey ประกอบด้วย

1. ความเข้าใจ (Comprehension)
   1.1 ความเข้าใจด้านตัวเลข (Arabic Numeral Comprehension)
      1.1.1 กระบวนการเข้าใจความหมาย (Lexical Processing)
      1.1.2 กระบวนการเข้าใจการดำเนินการตามเงื่อนไข (Syntatic Processing)
   1.2 ความเข้าใจด้านภาษา (Verbal Numeral comprehension)
      1.2.1 การศึกษาเกี่ยวกับหน่วยพื้นฐานของเสียง (Phonological)
      1.2.2 การศึกษาเกี่ยวกับตัวอักษรพยัญชนะ (Graphemic)
      1.2.3 กระบวนการเข้าใจการดำเนินการตามเงื่อนไข (Syntatic Processing)
2. ผลลัพธ์ด้านตัวเลข (Arabic Numeral Production)
   2.1 กระบวนการเข้าใจความหมาย (Lexical Processing)
   2.2 กระบวนการดำเนินการตามเงื่อนไข (Syntatic Processing)
3. ผลลัพธ์ด้านภาษา (Verbal Numeral Production)
   3.1 หน่วยของเสียง (Phonological)
   3.2 ภาพสัญลักษณ์ (Graphemic)
   3.3 กระบวนการเข้าใจการดำเนินการตามเงื่อนไข (Syntatic Processing)

**กระบวนการด้านตัวเลขและระบบการคิดคำนวณ (Number Processing and Calculation Systems)**

Salguero-Alcaniz & Alameda-Bailen (2013, p. 1008) ได้เสนอแนวทางปฏิบัติเพื่อเข้าถึงการดำเนินการด้วยตัวเลขในโมเดลแอบสแตรกโคด (ACM) ของ McCloskey (1992) เป็นกระบวนการเพื่อที่จะเปลี่ยนรหัสจากรหัสหนึ่งไปสู่อีกรหัสหนึ่ง และจะถูกดำเนินการในรูปแบบของความเข้าใจสัญลักษณ์ซึ่งมีอยู่ภายในโมเดล (ภาพที่ 2-3) และได้นำเสนอกระบวนการด้านตัวเลขว่าเป็นปฏิบัติการที่เกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติ



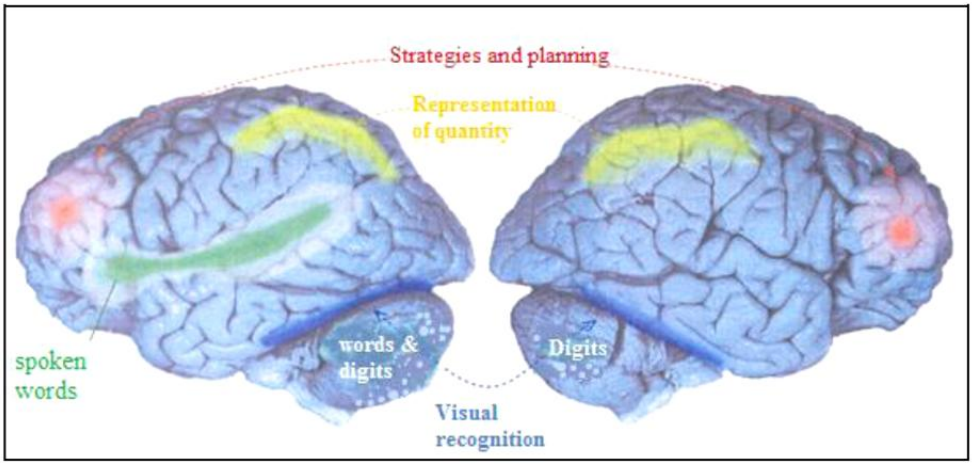

ภาพที่ 2-3 การประมวลผลจำนวนและระบบการคำนวณ (Number Processing and Calculation Systems) (Salguero-Alcaniz & Alameda-Bailen, 2013, p. 1008)

กลไกในการทำหน้าที่ของผลลัพธ์ด้านตัวเลขกับความเข้าใจด้านตัวเลขเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน ซึ่งการเกิดขึ้นในแต่ละครั้งเป็นการนำเข้าในรูปแบบของหน่วยของคำหรือประโยค คำพูดเกี่ยวกับตัวเลข และการพูดแต่ละคำเป็นกระบวนการย่อยในการสร้างประโยค ส่วนผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นตัวเลข สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวเลขหรือคำพูดที่มีความหมายเชิงตัวเลข การดำเนินการอย่างเป็นระบบนี้คือ การเปลี่ยนจากรหัสหนึ่งไปสู่อีกรหัสหนึ่งโดยอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับตัวเลขไปสู่ผลลัพธ์ในรูปแบบของภาษา (เสียงหรือภาพที่เขียนขึ้น) ยิ่งไปกว่านั้น สมมติฐานของโมเดลเป็นการดำเนินการซึ่งเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการของความเข้าใจกับผลลัพธ์ ดังนั้น ความเป็นอิสระของรหัสที่ถูกนำเข้า (Inputs) และผลลัพธ์ (Outputs) จะถูกดำเนินการด้วยการระบุค่าของตัวเลขในรูปแบบที่เป็นนามธรรม (ภาพที่ 2-4) ตัวอย่างเช่น เลข 72 แสดงให้เห็นถึงจำนวน 7 เท่าของ 10 บวกเพิ่มอีก 2 หน่วย ตามโมเดลจะเปลี่ยนตัวเลขจากรหัสดำเนินการด้านตัวเลขเป็นนามธรรมและเป็นกระบวนการซ้ำๆ ของโมเดลทุกตัวของการนำเข้า (Inputs) และผลลัพธ์ (Outputs) ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ กลไกกระบวนการความเข้าใจด้านตัวเลข กลไกผลลัพธ์และการดำเนินการกับความเข้าใจสัญลักษณ์ ดังนี้

1) กลไกกระบวนการความเข้าใจด้านตัวเลข เป็นการเปลี่ยนจากการนำเข้า (inputs) ด้านตัวเลข ไปสู่การดำเนินการในเชิงนามธรรมผ่านกระบวนการรับรู้ไปสู่การคำนวณ

2) กลไกผลลัพธ์ด้านตัวเลข เป็นการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการทางตัวเลขสู่รูปแบบของผลลัพธ์ (outputs) ที่เหมาะสม

3) การดำเนินการกับความเข้าใจสัญลักษณ์ เป็นการระบุสัญลักษณ์จำนวนพื้นฐาน และเลขยกกำลังที่มีความสัมพันธ์ ตัวอย่างเช่น การดำเนินการเชิงสัญลักษณ์ $(5)10^3$ กับ $(3)10^1$ มีค่าเท่ากับ 5,030 ตัวเลขในวงเล็บแสดงให้เห็นถึงตัวเลขโดด และเลขยกกำลังกับ 10 กำหนดเงื่อนไข ($10^n$) เช่น $(5)10^3$ หมายถึงเป็น 5 เท่าของ 10 ที่ยกกำลัง 3 มีค่าเท่ากับ 5,000 และ $(3)10^1$ หมายถึง 3 เท่า ของ 10 มีค่าเท่ากับ 30 ดังนั้น $(5)10^3$ กับ $(3)10^1$ มีค่าเท่ากับ 5,030




ภาพที่ 2-4 กายวิภาครูปแบบการทำงานของการประมวลผลจำนวน (Anatomical Functional Model of Number Processing) (Salguero-Alcaniz & Alameda-Bailen, 2013, p. 1007)

**กระบวนการประมวลผลตัวเลข (Architecture for Number Processing)**

กระบวนการประมวลผลตัวเลขแตกต่างกับรูปแบบแนวคิดเชิงนามธรรมของตัวเลข การเรียนรู้ในทางตัวเลขมีความหลากหลาย (Kadosh, 2009, pp. 3-14) รูปแบบที่ได้รับการยอมรับและนำมาใช้ในกระบวนการประมวลผลตัวเลขและการจำแนกตัวเลข มีการศึกษา ดังนี้

McCloskey และนักศึกษาสาขาวิชาจิตวิทยา ได้นำเสนอแนวคิดที่นำมาอธิบายปริมาณและคุณภาพของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการคำนวณที่ผิดพลาดของผู้ป่วยที่มีความบกพร่องด้านการคิดคำนวณ McCloskey (1992) เสนอรูปแบบของจำนวนเฉพาะ ซึ่งมีองค์ประกอบอยู่ 3 ระบบ คือ ระบบความเข้าใจ ระบบการคำนวณ และระบบการแสดงผลลัพธ์ ระบบความเข้าใจคือกระบวนการเปลี่ยนสัญลักษณ์ทางตัวเลข เช่น จำนวนนับ การระบุจำนวน เลขโรมัน ฯลฯ ให้กลายเป็นนามธรรม ระบบการคำนวณเป็นการนำตัวเลขมาเปรียบเทียบและดำเนินการคำนวณตัวเลขมาเป็นรหัสปริมาณเชิงนามธรรมขึ้นมา ระบบการแสดงผลลัพธ์เป็นการแสดงผลของการคำนวณออกมาเป็นสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทั้งตัวเลขและเป็นภาษา ข้อสันนิษฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งในรูปแบบของ McCloskey การคำนวณตัวเลขเป็นการคิดในใจ ซึ่งรับข้อมูลเข้ามาทั้งหมดไม่ได้คัดข้อมูลออก เปลี่ยนข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงเดี่ยวให้ผู้คำนวณดำเนินการเองในใจและแปลผลออกมาเป็นรูปแบบของผลลัพธ์ ช่วงเวลาในการคำนวณ (RTs) ที่ใช้ในการแปลงตัวเลข ประโยค กลุ่มคำ หรือสัญลักษณ์อื่น ๆ ให้มาเป็นสัญลักษณ์หรือตัวแปรนั้น ต้องอาศัยกระบวนการคิดในใจ นั่นหมายความว่า ช่วงเวลาในการคำนวณ (RTs) เพื่อแปลงสัญลักษณ์นั้นจะมีค่าไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากสัญลักษณ์ที่ป้อนเข้าไปประมวลผลไม่เหมือนกัน อาทิ ป้อนตัวเลขอารบิกเข้าไปจะประมวลผลได้เร็วกว่าการป้อนข้อมูลที่เป็นตัวเลขโรมัน อย่างไรก็ตามได้มีสมมติฐานว่าไม่มีความแตกต่างใด ๆ เกี่ยวกับค่า RTs ในการแปลงสัญลักษณ์ทางตัวเลขต่าง ๆ เพราะการคำนวณในใจนั้นเป็นการคาดคะเนเพื่อที่จะจัดการปัจจัยต่าง ๆ ที่จะใช้ในการคำนวณตัวเลข

ขณะที่รูปแบบของ McCloskey ได้รับความสนใจอย่างมาก Campbell (Campbell & Epp, 2004, p. 348; Campbell, 2015, pp. 143 - 145) ก็ให้ข้อเสนอแนะว่าตัวเลขไม่ใช่สัญลักษณ์ของนามธรรมเพียงอย่างเดียว เพราะจากสมมติฐานเกี่ยวกับการถอดรหัสที่ซับซ้อนได้แบ่งแยกตัวเลขเป็นเลขฐานนิยม จำนวนเฉพาะ ตัวเลขถูกใช้เป็นสัญลักษณ์แทนจำนวนในการคำนวณ เช่น จำนวนจริง และจำนวนนับ ตัวเลขไม่ใช่สัญลักษณ์แทนนามธรรม ดังนั้นข้อสันนิษฐานว่า ค่า RTs นั้นมีผลมาจากชุดของตัวเลข และความพึงพอใจของผู้คำนวณ ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดจากการใช้สัญลักษณ์อื่น ๆ แทนตัวเลข

การแกปัญหาทางคณิตศาสตร์ต้องมีรากฐานมาจากการดำเนินการทางสมอง (Mental Operations) ที่เรียกว่ากลยุทธ์ด้านการคิด (Heuristics) ทำให้เข้าถึงปัญหาและดึงความรูต่าง ๆ ที่อยู่ในความจำระยะยาวมาใช้เพื่อคิดคำนวณหาแนวทางการแก้ปัญหา แนวคิดพื้นฐานที่บุคคลใช้ในการแกปัญหาเป็นแนวคิดที่เกิดจากโครงสร้างความจำที่เรียกว่า ความจำขณะคิด (Working Memory) โดยอาศัยพื้นฐานความรูทางตัวเลขที่อยู่ในความจำระยะยาว (Long-term Memory) และกระบวนการควบคุมและกำกับความคิดของตนเองหรือของบุคคลจะประกอบด้วยขั้นตอนที่เป็นรูปแบบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลข คือความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร (Comprehension) การคำนวณ (Calculation) และ ระบบการแสดงผลลัพธ์ (Number Production System) ซึ่งเป็น

รายละเอียดเชิงโมเดลเกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยการใช้รหัสตัวเดียว (Single Code) ความเป็นนามธรรม (Abstract) รหัสความหมายเชิงปริมาณ (Semantic Quantity Code) หน้าที่ของระบบความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารเพื่อเข้ารหัส (Encode) และการนำเข้า (Input) ข้อมูลด้านตัวเลขที่แตกต่างกัน กระบวนการคิดคำนวณเป็นการนำไปสู่ผลลัพธ์ การประเมินผลจากคำตอบกับปัญหาที่ซับซ้อนและการตรวจสอบคำตอบ

**2. ทฤษฎีของความจำขณะคิด (Theories of Working Memory)**

ความจำขณะคิด เป็นประตูสู่การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับภาษาและจำนวนซึ่ง Alloway (2009, pp. 606–621) Alloway, Bibile, and Lau (2013, pp. 632–638) กล่าวว่า การถดถอยของความจำขณะคิดมีความสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้และเป็นปัจจัยเสี่ยงสูงสำหรับการศึกษาที่อยู่ภายใต้การวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน ขณะที่ Klingberg, Forssberg and Westerberg (2002, pp. 781-791) พบว่า ช่วงเวลาของการฝึกฝนความจำขณะคิดจะช่วยเพิ่มระดับของความสามารถทางปัญญาและเพิ่มคะแนนการทดสอบระดับสติปัญญาด้วย ดังนั้น การศึกษานี้จึงสนับสนุนข้อค้นพบที่ผ่านมาว่าความจำขณะคิดเป็นส่วนย่อยของสติปัญญา (Intelligence) โดยความจำขณะคิดเป็นแนวคิดที่ได้รับการพัฒนาเพื่อใช้แทนที่ความจำระยะสั้น (Short-Term Memory: STM) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ The Modal Model of Memory แต่เนื่องจากโครงสร้างนี้ไม่สามารถอธิบายผลการวิจัยใหม่ ๆ และหลักฐานเชิงประจักษ์ของจิตวิทยาของระบบประสาทได้ (Goldstein, 2011, pp. 146 -156; Baddeley, 2009, pp. 438–456) จึงมีการศึกษารายละเอียดอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น

ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลขตามแนวคิดของ McCloskey (1992) ทั้ง 3 องค์ประกอบ มีความสัมพันธ์กันกับความจำระยะสั้น (Short-Term Memory : STM) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ The Modal Model of Memory ทฤษฎีของความจำขณะคิด โดยมีแนวคิดเกี่ยวกับความจำขณะคิดที่ได้รับการยอมรับ คือ โมเดลหลายองค์ประกอบ (The Multicomponent Model) ซึ่งเป็นโมเดลที่ได้รับการพัฒนาโดย Baddeley (2009, pp. 438–456) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการพูดและการได้ยิน (Phonological Loop) 2) องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Store) 3) องค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงและการบริหารจัดการข้อมูล (Central Executive : CE) และ 4) องค์ประกอบที่เป็นสื่อกลาง (Episodic Buffer)

Baddeley (2009, pp. 438–456) ได้ให้ความหมายของความจำขณะคิดว่าเป็นระบบที่มีความจุที่จำกัด ใช้สำหรับเก็บรักษาข้อมูลชั่วคราวและดำเนินการกับข้อมูลเพื่อทำกิจกรรมที่ซับซ้อน ได้แก่ การให้เหตุผล การเรียนรู้ การเข้าใจภาษา และการแก้ปัญหา นอกจากนี้ Goldstein (2011, pp. 146 -156) ได้กล่าวถึงบทบาทสำคัญของความจำขณะคิดว่าเป็นสิ่งในชีวิตประจำวัน เช่น เมื่อจะข้ามถนน เราจะต้องจดจำตำแหน่งพร้อมทั้งคิดคำนวณความเร็วของรถที่กำลังแล่นเข้ามาและคิดคำนวณเกี่ยวกับระยะเวลาที่ใช้ข้ามถนน แล้วจดจำตำแหน่งและความเร็วของรถเก็บเป็นข้อมูลไว้ ในช่วงหนึ่งเพื่อใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหา ว่าจะเดินข้ามถนนหรือไม่นั้นเป็นการทำงานของสมองที่ใช้ความจำขณะคิด ซึ่งจะแตกต่างจากความจำระยะสั้น ในประเด็นที่ว่าความจำระยะสั้นเป็นที่เก็บข้อมูลชั่วคราวอย่างง่าย ๆ ความจุของความจำระยะสั้นขึ้นอยู่กับทักษะและกลวิธีที่ใช้ในความจำ เช่น การทวนซ้ำ (Rehearse) การนำสิ่งที่ต้องจดจำมารวมกัน (Chunking) แต่ความจำขณะคิด

มีความซับซ้อนมากกว่า เพราะประกอบด้วยองค์ประกอบด้านการเก็บข้อมูลและองค์ประกอบด้านความสนใจ หรือนักวิชาการบางท่านเรียกว่าองค์ประกอบกระบวนการ ทำหน้าที่ในการเก็บรักษาความจำไปพร้อม ๆ กับการเผชิญหน้ากับการดำเนินการของข้อมูล หรือสิ่งที่ทำให้เกิดการไขว้เขวหรือช่วงเปลี่ยนความสนใจ นักวิชาการได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับความจำขณะคิดไว้หลายท่านแต่แนวคิดที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง คือ โมเดลหลายองค์ประกอบ (The Multicomponent Model) ซึ่งเป็นโมเดลที่ได้รับการพัฒนาโดย Baddeley (2009, pp. 438–456) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการพูดและการได้ยิน (Phonological Loop) จะเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ด้านภาษา ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของการเก็บรักษาข้อมูลทางภาษา (Phonological Store) ซึ่งสามารถสูญหายไปได้ ถ้าไม่มีการทวนซ้ำ และส่วนการกระตุ้นข้อมูลที่เก็บรักษาให้คงอยู่ในความทรงจำเพื่อป้องกันการลืม (Articulatory Loop) องค์ประกอบนี้จะเก็บรักษาข้อมูลไว้ได้เพียง 2 วินาที หรือน้อยกว่านี้ ส่วนจำนวนของข้อมูลที่สามารถเก็บรักษาให้คงอยู่ในความทรงจำอยู่ระหว่าง 5-8 ตัว (Item) แต่งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่า จำนวนข้อมูลที่สามารถเก็บไว้ในความทรงจำนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล ดังนี้

1.1 ข้อมูลที่ออกเสียงคล้ายกัน จะทำให้ความสามารถในการจดจำข้อมูลของบุคคลไม่ดี เพราะเสียงที่คล้ายกันจะทำให้เกิดความสับสน ขณะดำเนินการเก็บรักษาข้อมูลทางภาษา เนื่องจากเป็นการยากที่จะรู้ว่าคำไหนที่ได้ยิน หรือคำไหนที่ไม่ได้ยิน ทำให้คำบางคำไม่ได้มีการทวนซ้ำ ทำให้ลืมได้ เรียกเหตุการณ์นี้ว่า ผลกระทบจากความคล้ายคลึงกันของการพูด (Phonological Similarity Effect)

1.2 คำที่ยาวจะทำให้ความสามารถในการจดจำข้อมูลลดลง เพราะคำที่ยาวจะใช้เวลาในการทวนซ้ำมากกว่าคำที่สั้น อาจจะทำให้เกิดการสูญหายของข้อมูลบางส่วนในขณะดำเนินการเก็บรักษาข้อมูลทางภาษา จึงทำให้จดจำข้อมูลได้ไม่ดี เรียกเหตุการณ์นี้ว่า ผลกระทบจากความยาวของคำ (Word Length Effect)

1.3 ถ้าต้องการพูดบางสิ่งในขณะที่กำลังจดข้อมูลจะทำให้ความสามารถในการจดจำข้อมูลไม่ดี เพราะการพูดในขณะกำลังจดจำข้อมูลต้องใช้ทรัพยากรของส่วนกระตุ้นข้อมูลที่เก็บรักษาให้คงอยู่ในความทรงจำเพื่อป้องกันการลืม ทำให้คำที่อยู่ในส่วนที่เก็บรักษาข้อมูลทางภาษาไม่ถูกทวนซ้ำ จึงทำให้ลืมข้อมูลได้ เรียกเหตุการณ์นี้ว่า ผลกระทบจากการกดส่วนกระตุ้นข้อมูลที่เก็บรักษาให้คงอยู่ในความทรงจำ (Articulatory Suppression Effect)

1.4 ถ้าได้ฟังข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่กำลังจดจำ จะทำให้ความสามารถในการจดจำข้อมูลลดลง เพราะข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องจะเข้าไปรบกวนขณะดำเนินการเก็บข้อมูลทางภาษา และจะแย่งใช้ทรัพยากรระหว่างข้อมูลที่ต้องจดจำ กับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ทำให้ลืมข้อมูลที่ต้องการจดจำ เรียกเหตุการณ์นี้ว่า ผลกระทบจากเสียงที่ไม่สัมพันธ์กัน (Irrelevant Sound Effect)

2. องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Sketchpad) เช่น การจำวัตถุและตำแหน่ง มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับจินตนาการ (Mental Image) ประกอบด้วย 2 ส่วน

2.1 ส่วนที่เก็บรักษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Store) แบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบย่อย คือ องค์ประกอบย่อยด้านการมองเห็นที่ไม่มีการเคลื่อนไหว

เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างและสีของวัตถุนั้น ๆ องค์ประกอบย่อยด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Subcomponent หรือเรียกว่า Inner Scribe) จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับมิติที่เป็นพลวัตร เช่น ข้อมูลการเคลื่อนไหว ทิศทาง

2.2 ส่วนการทวนซ้ำเกี่ยวกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Rehearsal) จะเกิดจากการเคลื่อนไหวของตา การจินตนาการข้อมูลที่มีรูปแบบง่าย ๆ เช่น ภาพที่สมมาตร ภาพของรูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในเมตริกซ์ จะใช้ทรัพยากรส่วนการเก็บรักษาข้อมูลที่เกี่ยวกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์น้อยกว่าข้อมูลที่มีรูปแบบที่ซับซ้อน เช่น ภาพที่ไม่สมมาตร จึงสามารถจดจำได้ง่าย แต่ภาพเหล่านี้จะจดจำได้ดียิ่งขึ้นถ้ามีการแปลงข้อมูลจากการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial) เป็นข้อมูลจากการได้ยิน (Verbal Information) อย่างไรก็ตามการแปลงข้อมูลนี้ไม่สามารถเกิดได้โดยอัตโนมัติ ต้องใช้ความตั้งใจในการแปลงข้อมูลโดยบุคคลจะต้องใช้ชื่อของวัตถุหรือตำแหน่งที่ต้องการจำ จึงจะทำให้การบวนการนี้เกิดขึ้นได้

3. องค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงและการบริหารจัดการข้อมูล

เป็นองค์ประกอบหลักของความจำขณะคิดและเป็นองค์ประกอบแรกที่ทำให้บุคคลมีความจำขณะคิดแตกต่างกัน เกี่ยวกับระบบการควบคุมอย่างตั้งใจ (Attentional Control System) เพื่อใช้ในการเลือกกิจกรรม หรือวิธีการที่ทำรวมทั้งใช้ควบคุมและประสานกับกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาและกิจกรรมที่ต้องการดำเนินการ โดยการนำแนวคิดการควบคุมอย่างตั้งใจ (Model of Attentional Control) ซึ่งแนวคิดนี้แบ่งกระบวนการควบคุมเบื้องต้นไว้ 2 ระบบ (Baddeley, 2009, pp. 438–456) คือ

3.1 กลไกที่ควบคุมขณะทำกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ (Contention Scheduling Mechanism) ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้เป็นกิจกรรมที่ได้เรียนรู้มาอย่างดีจนสามารถทำได้โดยอัตโนมัติ เมื่อทำกิจกรรมนั้น ๆ แล้วพบปัญหาบางอย่าง ก็สามารถที่จะแก้ปัญหานั้นได้อย่างอัตโนมัติ (Automatic Conflict Resolution) จึงใช้ในการตั้งใจในการทำกิจกรรมนั้น ๆ น้อย เช่น ผู้ขับรถจะขับรถช้าลงเมื่อพบไฟสัญญาณจราจร หรือมีรถอีกคันวิ่งเข้ามาบนถนนที่กำลังขับรถอยู่

3.2 ระบบควบคุมโดยใช้ความตั้งใจเป็นตัวกำกับ (Supervisory Attention System: SAS) เป็นพฤติกรรมที่ไม่สามารถใช้ความเคยชินในการทำพฤติกรรมนั้น ๆ ได้ เช่น การวางแผน การตัดสินใจ การเผชิญหน้ากับสถานการณ์ที่แปลกใหม่หรืออันตรายหรือสถานการณ์ที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างอัตโนมัติ (Automatic Conflict Resolution) ยกตัวอย่างเช่น เมื่อต้องการขับรถไปสถานที่ใดสถานที่หนึ่ง แต่พบว่าเส้นทางที่เคยขับไปถูกปิดเพื่อซ่อมถนน ในสถานการณ์เช่นนี้ต้องใช้ระบบควบคุมโดยใช้ความตั้งใจเป็นตัวกำกับ คิดหาเส้นทางอื่น ๆ เพื่อไปให้ถึงสถานที่เป้าหมายซึ่งระบบควบคุมระบบนี้เป็นระบบที่ Baddeley (2009, pp. 438–456) ใช้เป็นแนวคิดขององค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงและบริหารจัดการข้อมูล

โดยทั่วไปองค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงและบริหารจัดการข้อมูล (CE) จะเกี่ยวข้องกับการที่บุคคลต้องจดจำข้อมูลและดำเนินการกับข้อมูลไปพร้อม ๆ กัน ดังนั้น จึงต้องใช้กิจกรรมที่มีการดำเนินการของข้อมูลอีกกิจกรรมหนึ่งสอดแทรกอยู่ด้วยในขณะที่กำลังจดจำข้อมูล องค์ประกอบนี้มีหน้าที่ที่สำคัญหลายประการ (Baddeley, 2009, pp. 438–456; Baddeley & Hitch, 2009, pp. 83-102) ได้แก่

1. การเลือกความสนใจ (Selective Attention) เป็นการมุ่งความสนใจไปที่งานที่กำลังทำอยู่ในขณะเดียวกันก็ยับยั้งข้อมูลที่ไม่สัมพันธ์กับงาน

2. การสลับความสนใจ (Switching) เป็นการแบ่งความสนใจในขณะทำกิจกรรมทางสมองหลาย ๆ อย่างพร้อมกัน

3. การเลือก และการวางแผนขั้นสูงรวมทั้งการปรับเปลี่ยนกลวิธีต่าง ๆ

4. การจัดสรรทรัพยากรส่วนต่าง ๆ ของระบบความจำขณะคิด

5. การกู้ข้อมูล (Retrieve) การคงไว้ซึ่งข้อมูล (Hold) และการจัดการข้อมูล (Manipulate) ที่ถูกเก็บไว้ในความจำระยะยาว

เนื่องจากมีข้อโต้แย้งว่า หน้าที่ขององค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงและบริหารจัดการข้อมูลอาจไม่ได้มีหน้าที่ที่เป็นหนึ่งเดียว (Unitary) แต่อาจจะมีการแบ่งหน้าที่ย่อย ๆ อีก (Fractionated Function) ดังนั้น Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, and Howerter (2000, pp. 49-100) จึงได้ตรวจสอบหน้าที่ขององค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงและการบริหารจัดการข้อมูล โดยเลือกหน้าที่ที่นำมาศึกษาบ่อยที่สุด 3 หน้าที่จากการทบทวนวรรณกรรม คือ การปรับข้อมูลให้ทันสมัย (Updating Function) การยับยั้ง (Inhibition) และการสลับความสนใจ (Shifting Process) มาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Analysis: CFA) ปรากฏว่า โมเดลที่ประกอบด้วยองค์ประกอบทั้งสามที่มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลที่มีองค์ประกอบเดียวหรือสององค์ประกอบหรือสามองค์ประกอบที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน จึงกล่าวได้ว่า โมเดลนี้มีหน้าที่ที่เป็นหนึ่งเดียว (Unitary) และมีหน้าที่ที่หลากหลาย (Diversity)

นอกจากนี้ Miyake et al. (2000, pp. 49-100) ยังได้นำกิจกรรมที่ใช้ในการวัดการบริหารจัดการของสมองขั้นสูง (Executive Function) ในผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) และกิจกรรมที่วัดการทำหน้าที่ขององค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงและบริหารจัดการข้อมูลในผู้ที่มีสุขภาพดีที่ใช้บ่อยในการศึกษาทางปัญญาและจิตวิทยาประสาท (Cognitive and Neuropsychological Studies) มาวิเคราะห์ว่าเข้าได้กับองค์ประกอบใดของโมเดลนี้ ปรากฏว่าแบบทดสอบเหล่านี้จะมีลักษณะของการทำกิจกรรมที่ตรงกับองค์ประกอบที่กล่าวมาแตกต่างกัน โดยเฉพาะแบบทดสอบ Winconsin Card Sorting Test: WCST มีลักษณะที่ตรงกับองค์ประกอบการสลับความสนใจ กิจกรรม Tower of Hanoi Task: TOH Task มีลักษณะที่ตรงกับการยับยั้ง แต่แบบทดสอบที่ให้ทำกิจกรรมสองชนิดไปพร้อมกัน (Dual Task) จะไม่มีลักษณะที่ตรงกับองค์ประกอบทั้งสามที่กล่าวมา ซึ่งแบบทดสอบชนิดนี้ ได้นำการสร้างภาพสมอง (Brain Imaging) มาศึกษาว่าพื้นที่สมองบริเวณใดที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมขั้นสูง เพื่อตรวจสอบลักษณะขององค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงและบริหารจัดการข้อมูล ว่ามีหน้าที่ที่เป็นหนึ่งเดียว (Unitary) หรือไม่ โดยแบ่งหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติเป็น 4 ด้าน ตามการศึกษาของ Miyake et al. (2000, pp. 49-100) คือ

ด้านที่ 1 การปรับข้อมูลให้ทันสมัย เป็นการปรับอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ข้อมูลหรือเนื้อหาที่อยู่ในความจำขณะคิดตรงกับข้อมูลใหม่ที่เข้ามา

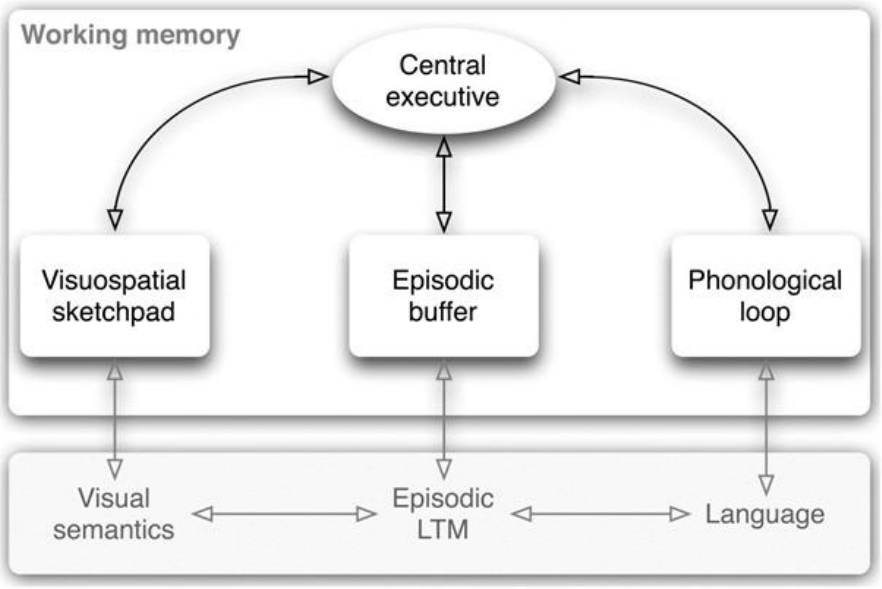
ด้านที่ 2 การยับยั้ง เป็นการป้องกันไม่ให้เข้าถึงข้อมูลที่ไม่สัมพันธ์กับกิจกรรมที่จะทำและกดข้อมูลที่ไม่สัมพันธ์กับงานที่ทำ

ด้านที่ 3 การสลับความสนใจ เป็นการสลับความสนใจจากกระบวนการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้ามิติหนึ่งไปอีกมิติหนึ่ง ซึ่งสิ่งเร้านี้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและบ่อยครั้ง

ด้านที่ 4 การทำกิจกรรมสองอย่างในเวลาเดียวกัน (Dual-Task Coordination) เป็นการใช้กิจกรรมสองชนิดซึ่งส่วนใหญ่จะมีการรับรู้และการดำเนินการทางสองแตกต่างกัน โดยการประสานงานนั้นไม่ได้จำกัดเฉพาะการจำข้อมูลเท่านั้น แต่ต้องมีการสอดแทรกกิจกรรมที่เกี่ยวกับการรับรู้ที่ต้องมีการจำข้อมูลในระดับต่ำด้วย ซึ่งหน้าที่นี้เป็นหน้าที่หลักขององค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงและการบริหารจัดการข้อมูล

4. องค์ประกอบที่เป็นสื่อกลาง เป็นระบบเก็บรักษาข้อมูลชั่วคราวที่มีความจุจำกัด สามารถเก็บข้อมูลได้มากกว่าการเก็บรักษาข้อมูลทางภาษา (Phonological Storage Systems) และระบบเก็บรักษาข้อมูลที่เกี่ยวกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Storage Systems) โดยไม่ได้พึ่งพาการเก็บข้อมูลจากองค์ประกอบขั้นสูง และไม่ได้กู้ข้อมูลกลับคืนมาจากความจำระยะยาวโดยตรง ระบบนี้จะเชื่อมโยงกับองค์ประกอบย่อยของความจำขณะคิดหลาย ๆ องค์ประกอบเข้ากับข้อมูลที่รับรู้และข้อมูลที่ได้จากความจำระยะยาว (Baddeley, 2009, pp. 438–456; Baddeley & Hitch, 2009, pp. 83-102) โดยการนำรหัส (Code) ซึ่งได้จากการรับรู้ของข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่หลากหลายวิธีนำมาเชื่อมโยงเป็นภาพเดียวที่มีหลายมิติ (Unitary Multi-Dimentional Representations) ความสามารถในการผสมผสานข้อมูลและการเก็บรักษาข้อมูลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงและบริหารจัดการข้อมูล ส่วนการกู้ข้อมูลกลับคืนมาขึ้นอยู่กับการรู้สติ ซึ่งเป็นสิ่งเชื่อมโยงข้อมูลที่ซับซ้อนจากแหล่งต่าง ๆ และสื่อสัมผัสต่าง ๆ เข้าด้วยกันจึงสามารถสร้างสิ่งใหม่ ๆ อันเป็นพื้นฐานสำหรับการแก้ปัญหาและวางแผนในอนาคตได้ (Baddeley, 2009, pp. 438–456; Baddeley & Hitch, 2009, pp. 83-102)

กระบวนการแก้ปัญหา เป็นการแปลงผลที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดสถานการณ์ที่นำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ รูปแบบของการแก้ปัญหาจะใช้แนวคิดของการเรียนรู้ cognitive approach และสามารถศึกษาได้จากการทดลองด้านจิตวิทยา (Experimental Psychologists) นักจิตวิทยาและวิศวกรที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับหุ่นยนต์ที่มีความสามารถทางสติปัญญา (Intelligence and Robotics) ได้ทำการศึกษาโดยใช้เครื่องจักรกลได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนในการแก้ปัญหาที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายคือแนวคิดทฤษฎีของ Gestalt เกี่ยวกับแนวคิดการแก้ปัญหา (Perspective) มาใช้ในสถานการณ์หลากหลายจากการกำหนดปัญหาย่อยออกเป็นส่วนย่อย ๆ ในสถานการณ์ที่เป็นไปได้อย่างหลากหลายโดยมีกระบวนที่เป็นอัตโนมัติ ตั้งแต่ทำความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร การคำนวณ และระบบการตอบสนอง




ภาพที่ 2-5 โมเดลหลายองค์ประกอบ (The Multi-component Model) (Repovs & Baddeley, 2006, p. 6)

**3. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget**

Piaget (1980, pp. 33-40) ได้เสนอแนวคิดว่า เด็กทุกคนเกิดมาพร้อมที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติตลอดเวลา และส่วนใหญ่แล้วมนุษย์จะเป็นผู้กระทำ (Active) ก่อน โดยวางอยู่บนพื้นฐานที่มาแต่กำเนิด คือ การจัดและรวบรวม (Oganization) เป็นการจัดระเบียบภายในเข้าเป็นระบบ ระเบียบและปรับปรุงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมการปรับตัว (Adaptation) เป็นการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมให้สมดุล ประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 2 กระบวนการคือ กระบวนการดูดซึม (Assimilation) และกระบวนการปรับให้เหมาะสม (Accommodation)

3.1 กระบวนการดูดซึม (Assimilation) เป็นกระบวนการรับสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมให้เข้าไปอยู่ในโครงสร้างทางความรู้ที่มีอยู่ นั่นคือ เป็นกระบวนการที่อินทรีย์ผสมกลมกลืนสิ่งใหม่ ๆ ที่ได้จากโลกภายนอกให้เข้ากับความคิดหรือโครงสร้างเดิมที่มีอยู่ เช่น นักเรียนสามารถเข้าใจความคิดรวบยอดของการหารได้ก็ต่อเมื่อนักเรียนจะต้องมีพื้นฐานความเข้าใจเรื่องการลดตัวเลขเป็นกลุ่มเท่า ๆ กัน

3.2 กระบวนการปรับให้เหมาะสม (Accommodation) เป็นกระบวนการปรับโครงสร้างของความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่หรือโครงสร้างทางความรู้ขึ้นใหม่เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม นั่นคือ เป็นกระบวนการที่อินทรีย์ไม่อาจผสมกลมกลืนสิ่งใหม่ที่ได้จากโลกภายนอกให้เข้ากับความคิดหรือโครงสร้างเดิมที่มีอยู่ได้จำเป็นต้องปรับแต่งขยายโครงสร้างของประสบการณ์หรือความรู้เดิมเพื่อจะรับความรู้ใหม่ ๆ กระบวนการนี้ จะเกิดขึ้นหลังจากใช้กระบวนการปรับเข้าโครงสร้างแล้วไม่ประสบผลสำเร็จ การเรียนรู้ของเด็กวัยต่างกันหรือแม้แต่อยู่ในวัยไล่เลี่ยกันก็อาจแตกต่างกันเนื่องจากพัฒนาการทางสติปัญญาและอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมต่างกัน Piaget เชื่อว่า การเรียนรู้เป็นส่วนหนึ่ง

ของพัฒนาการทางสติปัญญาที่เกิดขึ้นกับมนุษย์ทุกคนทุกชาติทุกภาษาในลักษณะเดียวกันแต่แตกต่างกันตามวัยที่วัดไว้เป็นช่วงพัฒนาการแต่ละขั้นตอน สิ่งที่เกิดขึ้นควบคู่กับพัฒนาการคือการรับรู้เข้าใจหรือความสามารถในการเรียนรู้ที่ทำให้มนุษย์มีสติปัญญาเพิ่มขึ้น Piaget นักจิตวิทยาและนักปรัชญาชาวสวิสเซอร์แลนด์ ซึ่งสนใจพัฒนาการด้านสติปัญญา (Cognitive development) ของเด็ก ได้ให้หลักการการเรียนรู้ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

1) เด็กเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและทางสังคม

2) การเรียนรู้เป็นของแต่ละบุคคล ตัวนักเรียนเองเท่านั้นที่ทราบว่าตัวเองเรียนรู้

3) พัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กมี 4 ระดับ คือ

(1) ระยะพัฒนาการเด็กที่เกี่ยวกับการสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensori-Motor Stage) อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 0-2 ปี

(2) ระยะขั้นเตรียมความพร้อม (Pre-Operational Stage) อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 2-6 ปี เป็นระยะที่เด็กเริ่มเข้าใจภาษาอากัปกิริยาของคนใกล้ชิด เป็นช่วงเวลาที่เด็กสร้างเสริมบุคลิกภาพของตนเอง เด็กรู้จักให้เหตุผลแต่ก็อธิบายไม่ได้เด่นชัด

(3) ระยะความคิดเชิงรูปธรรม (Concrete Stage) อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 6-12 ปี ระยะนี้เด็กเริ่มเข้าใจการจัดหมวดหมู่ การจำแนก การเรียงลำดับ จำนวน มิติ และความสัมพันธ์ การให้เหตุผลของเด็กวัยนี้จะอาศัยสิ่งที่ตนเองเห็น และเด็กยังให้เหตุผลที่เกี่ยวกับนามธรรมไม่ได้

(4) ระยะการจัดการที่เป็นรูปแบบ (Formal Operations Stage) อยู่ใน ช่วงอายุตั้งแต่ 12 ปีขึ้นไป ระยะนี้เป็นระยะที่เด็กเริ่มรู้จักอธิบายเหตุผลอย่างสมเหตุสมผลจากพัฒนาการทางสติปัญญาทั้ง 4 ระยะของเด็ก เราจะเห็นว่าการสอนคณิตศาสตร์ขั้นต้น เมื่อเด็กอยู่ในระดับพัฒนาการระยะที่ 4 การเรียนการสอนจำเป็นต้องใช้วัสดุหรือของจริงประกอบการสอนเพื่อให้เด็กเกิดการค้นพบ นอกจากนี้ Piaget ยังให้ข้อเสนอแนะว่าเด็กจะเรียนได้ดีก็ต่อเมื่อเข้าใจการคงสภาพ (Conservation) ของจำนวน การสอนความหมายในลักษณะการย้อนกลับ ได้ก็ต่อเมื่อเด็กมีพัฒนาการถึงระดับวุฒิภาวะเกี่ยวกับเรื่องการคิดย้อนกลับ (Reversibility)

นอกจากนี้ Moursund (2007, pp. 89-90) ได้พัฒนาทฤษฎีพัฒนาการทางคณิตศาสตร์ซึ่งสัมพันธ์กับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเปียเจต์แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 0 การมองเห็น (Visualization): นักเรียนรับรู้ตัวเลขที่เป็นหน่วยรวม แต่ไม่รู้จักคุณสมบัติของตัวเลข

ระดับ 1 การวิเคราะห์ (Analysis): นักเรียนวิเคราะห์ชิ้นส่วนของตัวเลข แต่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลข และคุณสมบัติไม่สามารถอธิบายได้

ระดับ 2 การลดแบบไม่เป็นทางการ (Informal Deduction): นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์ของคุณสมบัติภายในตัวเลขและในหมู่ตัวเลข แต่นักเรียนไม่เห็นว่าลำดับที่เป็นตรรกะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เริ่มต้นจากสถานที่แตกต่างกันหรือไม่คุ้นเคย

ระดับ 3 การลด (Deduction): เป็นวิธีของการสร้างทฤษฎีทางเรขาคณิตภายในระบบความจริงเป็นที่เข้าใจความสัมพันธ์และบทบาทของข้อตกลง ไม่ได้กำหนดหลักการคำจำกัดความของทฤษฎีและหลักฐานอย่างเป็นทางการ ความเป็นไปได้ของการพัฒนามากกว่าหนึ่งวิธี

ระดับ 4 ความแม่นยำ (Rigor): นักเรียนในระดับนี้สามารถเปรียบเทียบระบบความจริงที่แตกต่างกัน ของ รูปทรงเรขาคณิตที่เป็นนามธรรมระดับสูงของความแม่นยำได้โดยไม่ต้องเป็นรูปธรรม

จากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเปียเจต์ได้อธิบายพัฒนาการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอายุตั้งแต่ 12 ปีขึ้นไป ระยะนี้เป็นระยะที่เด็กเริ่มรู้จักอธิบายเหตุผล อย่างสมเหตุสมผลจากพัฒนาการทางสติปัญญาทั้ง 4 ระดับ เราจะเห็นว่าการสอนคณิตศาสตร์ขั้นต้น เมื่อเด็กอยู่ในระดับพัฒนาการระดับที่ 4 การเรียนการสอนจำเป็นต้องใช้วัสดุหรือของจริงประกอบการสอนเพื่อให้เด็กเกิดการค้นพบและเกิดการเรียนรู้ นอกจากนี้ Piaget ยังให้ข้อเสนอแนะว่าเด็กจะเรียนได้ดีก็ต่อเมื่อเข้าใจการคงสภาพ (Conservation) ของจำนวน การสอนความหมายในลักษณะการย้อนกลับ ได้ก็ต่อเมื่อเด็กมีพัฒนาการถึงระดับวุฒิภาวะเกี่ยวกับเรื่องการคิดย้อนกลับ(Reversibility) ดังนั้นนักเรียนในช่วงนี้จึงเหมาะสำหรับนำเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยจึงใช้ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเปียเจต์ เป็นแนวทางในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นด้วย

**4. งานวิจัยที่เกี่ยวกับโมเดลแอบสแตรกโคดและกระบวนการประมวลผลตัวเลข (Architecture for Number Processing)**

การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการทำงานในระบบประสาทที่สอดคล้องกับการรับรู้ การคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ในโมเดลแอบสแตรกโคดและกระบวนการประมวลผลตัวเลข (Architecture for Number Processing) ตามแนวคิดของ McCloskey ดังนี้

Cuetos and Miera (1998) ทำการจำแนกกระบวนการประมวลผลตัวเลขในผู้ป่วยพิการทางสมองที่มีความบกพร่องในด้านการประมวลผลตัวเลขจากการทดสอบการตอบสนองในการประมวลผลภาษาและตัวเลข (Linguistic and Numerical tasks) ทำการเปรียบเทียบระหว่างการพูดกับการเขียนความคำบอกเกี่ยวกับตัวเลข และระหว่างคำบอกที่เป็นตัวเลขกับการเขียนตัวเลขตามกระบวนการประมวลผลตัวเลขของ McCloskey แล้วทำการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด สรุปว่าความผิดปกติ ที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบทั้งสองประเภทมีปฏิบัติสัมพันธ์ร่วมระหว่างการพูดกับการเขียนผลจากคำพูดในระดับประโยค และระหว่างส่วนประกอบคำศัพท์และประโยคในการออกเสียงพูดและกริยาท่าทาง

Geary and Hoard (2001) ทำการศึกษาความสามารถและข้อบกพร่องในการเรียนรู้ตัวเลขและกระบวนการประมวลผลทางคณิตศาสตร์จากการนับจำนวนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ความสามารถในการนับจำนวนของนักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติของจำนวน ประสบการณ์เดิมของนักเรียนและลักษณะพื้นฐานของการนับจำนวน การเปรียบเทียบ ส่งผลถึงความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แสดงให้เห็นได้จากการเรียนรู้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ง่ายๆ เช่น 5 + 3 นักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติของจำนวนการนับ ขั้นตอนการนับและการเปรียบเทียบ ซึ่งเป็นไปตามกระบวนการประมวลผลตัวเลขของ McCloskey

Schmithorst and Brown (2004) ได้ศึกษาการให้เหตุผลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับกระบวนการคำนวณด้านคณิตศาสตร์ด้วย Triple-code Model ประกอบด้วย การคำนวณจาก

คำศัพท์ที่ได้ยิน ภาพตัวเลขอารบิกและสัญลักษณ์ จากการสังเกตการคิดคำนวณบวกและลบเศษส่วนในใจ ในผู้ใหญ่ จำนวน 15 คน แล้วทำการสแกนด้วยเครื่อง fMRI พบว่า ส่วนประกอบเกี่ยวกับการดำเนินงานสามารถแยกออกจากกันได้พบโดยมีการเคลื่อนไหวใน Inferior Parietal, Letf Perisylvian และ Ventral Occipitotemporal ผลของการศึกษาครั้งนี้ได้สนับสนุนรูปแบบ Triple-Code Model น่าจะเป็นกรอบที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ Neuropsychological Bases ของดำเนินการคำนวณด้านคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน

Kadosh (2009) ได้ศึกษาการทำงานของระบบประสาทบริเวณ Parietal Lobes ส่งผลต่อการคิดคำนวณเชิงรูปธรรมกับนามธรรม ในรูปของตัวเลขและคำถามจะเป็นตัวแทนของนามธรรม กระบวนการประมวลผลตัวเลขแตกต่างกับรูปแบบแนวคิดเชิงนามธรรมของตัวเลข การเรียนรู้ทางตัวเลขมีความหลากหลาย รูปแบบที่ได้รับการยอมรับ และนำมาใช้ในกระบวนการประมวลผลตัวเลขและการจำแนกชนิดของการเรียนรู้ ตามแนวคิดของ McCloskey และนักศึกษาสาขาวิชาจิตวิทยา ผลของการศึกษาได้ยืนยันให้เห็นว่าตัวเลขที่เป็นรูปธรรมส่งผลต่อการทำงานของสมองในบริเวณ Parietal Cortex

Prado, Noveck, & Henst (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการมีปฏิสัมพันธ์มีความเกี่ยวข้องของระบบประสาทระหว่างตัวเลขภาษาและการให้เหตุผลเชิงตรรกะ ปรากฏว่า ทักษะทางด้านตัวเลขมีความสัมพันธ์กับทักษะการให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ (Logic) และการรับรู้ทางภาษาเชิงเหตุผลของตัวเลข มีปฏิสัมพันธ์ใน Anterior Intraparietal Sulcus

Colome, Bafalluy, & Noel (2011) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการดำเนินการทางตัวเลขจากความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ของ McCloskey เกี่ยวกับรหัสทางคณิตศาสตร์การดำเนินการทางตัวเลขด้วยแบบสอบถามการวางแผนการแก้ปัญหาและการทดสอบการใช้ตารางสูตรคูณหลักเดียวสองหลัก และการดำเนินการทางตัวเลข ผลปรากฏว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเลขโดดในกลุ่มอาสาสมัครที่ส่วนใหญ่ถนัดใช้การท่องสูตรคูณช่วยหาคำตอบ แต่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์การบวกเศษส่วน การหารและโจทย์ที่มีความซับซ้อนขึ้นอาสาสมัครส่วนใหญ่ถนัดใช้ตารางสูตรคูณทำให้เกิดการถ่ายโอนด้านอุปนัยช่วยทำให้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสะดวกยิ่งขึ้น

Kattou (2011) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพยากรณ์ความสามารถทางคณิตศาสตร์ พบว่าความสามารถทางปริมาณ (Quantity) และการให้เหตุผลเชิงอุปนัย (Induction) นิรนัย (Deduction) มีความสัมพันธ์สูงกับความสามารถทางคณิตศาสตร์

Zhou (2011) ศึกษากระบวนการประมวลผลตัวเลขโดด จากการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ McCloskey มี 3 ขั้นตอน: (1) การเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารของปัญหาแล้วทำ (2) การเรียกข้อมูลมาคำนวณ (3) การหาคำตอบและแสดงคำตอบ พบว่าผลการดำเนินงานที่ปรากฏเป็นช่วงการเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารของการเข้ารหัส (Encoding) ต่อไปถึงขั้นการเรียกข้อมูลมาคำนวณ เกี่ยวกับการคูณตัวเลขโดดส่งผลต่อศักยภาพ (Potentials) การทำงานของสมองส่วนหน้าซ้าย (Left Anterior) และการทำงานของสมองส่วนหลังขวา (Right Posterior) สอดคล้องกับการประมวลผลทางคณิตศาสตร์เป็นไปตามโมเดลแอบสแตรกโคด (ACM)

Salguero-Alcaniz & Alameda-Bailen (2013) ได้ศึกษากายวิภาคการประมวลผลจำนวนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของการดำเนินการทางตัวเลขกรณีศึกษาการบวก การลบและ

การคูณ พบว่า กระบวนการการทำหน้าที่ของผลลัพธ์ด้านตัวเลขกับความเข้าใจด้านตัวเลขเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน กระบวนการในแต่ละครั้งเป็นการนำเข้าในรูปแบบของหน่วยของคำหรือประโยค คำพูดของตัวเลข และการพูดแต่ละคำเป็นกระบวนการย่อยในการสร้างประโยค ส่วนผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นตัวเลข สัญลักษณ์อื่นแทนตัวเลขหรือคำพูดที่มีความหมายเป็นตัวเลข การดำเนินการอย่างเป็นระบบนี้ อธิบายโดยเป็นการเทียบกับสิ่งที่ง่ายที่จะเปลี่ยนจากรหัสหนึ่งไปสู่อีกรหัสหนึ่งจากความเข้าใจเกี่ยวกับตัวเลขไปสู่ผลลัพธ์ในรูปแบบของคำพูด (เสียงหรือภาพที่เขียนขึ้น)

Alloway et al. (2013) ได้ศึกษาการเรียนรู้ที่ยั่งยืนของนักเรียนที่ได้จากการใช้เกมคอมพิวเตอร์ ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ลึกซึ้งมากขึ้น เช่น รู้ว่าเพราะเหตุใด คำตอบที่ได้ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง การเรียนรู้ด้วยเกมคอมพิวเตอร์เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถพัฒนาวิธีการและแนวคิดขึ้นใหม่ ในการสื่อสาร กับสังคม และการสะท้อนกลับเมื่อเกมจบ นอกจากนี้ เกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษา ที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ ที่มีคุณภาพ และครอบคลุมกับเนื้อหา สำหรับเด็กอายุระหว่าง 7-16 ปี ทำให้มีการส่งผ่านข้อมูล (Transfer Effect) ด้านความจำขณะการทำงาน (Working Memory)

ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สัมพันธ์กับกระบวนการประมวลผลตัวเลขเริ่มจากเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารของปัญหา ความเข้าใจเชิงปริมาณ (Quantity) ควรนำเข้าในรูปแบบตัวเลข ภาษาหรือสัญลักษณ์ เชื่อมโยงกับการเข้าใจในทฤษฎี กฎ นิยาม เกิดการถ่ายโอนด้านเหตุผลเชิงอุปนัย (Induction) นิรนัย (Deduction) ช่วยทำให้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดย การเรียกข้อมูลมาคำนวณเพื่อหาคำตอบหรือแสดงคำตอบ จากเขียน คำพูด ประโยค และกริยาท่าทาง

## หลักการเบื้องต้นในการสร้างเกมคอมพิวเตอร์

### 1. หลักการเบื้องต้นในการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์

หลักเบื้องต้นที่ผู้ออกแบบเกมทางคณิตศาสตร์ จะต้องคำนึงถึง คือ การเลือกประเภทของเกม เงิน เวลา ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเกม ทักษะในการพัฒนาเกม และปัจจัยอื่น ๆ ในการตัดสินใจเลือกออกแบบเกมคอมพิวเตอร์นั้น ผู้ออกแบบจำเป็นต้องตระหนักถึงคุณสมบัติที่แตกต่างกันของเกมที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการให้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ โดยลักษณะของเกมทางคณิตศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างผู้ออกแบบเกมกับผู้วิจัยที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของเกมคอมพิวเตอร์เพื่อมาใช้ในการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะในกา รแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ Devlin (2011, pp. 131-138) ได้ไว้อธิบายคุณลักษณะของเกมทางคณิตศาสตร์ในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1.1 สินทรัพย์ (Assets)

1.2 การสื่อสาร (Communication)

1.3 ข้อมูลสะท้อนกลับ (Feedback)

1.4 ตลาด (Mraketplace)

1.5 คำบรรยาย (Narrative)

16 ลำดับและชั้น (Ranks and Levels)

1.7 ชื่อเสียง (Reputation)

1.8 ข้อบังคับ (Rules)

1.9 ความเป็นตัวแทน (Self Representation)

1.10 ภารกิจหรือกิจกรรม (Tasks)

1.11 ความกดดันด้านเวลา (Time Pressure)

1.12 ชีวิตจริง (Worlds)

เกมบางเกมอาจมีคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งจากคุณลักษณะที่กล่าวมาข้างต้น คุณลักษณะทั้งหมดเหล่านี้ถึงแม้จะเป็นเรื่องยากและมีค่าใช้จ่ายสูงในการสร้างเกมคอมพิวเตอร์ ผู้ออกแบบจะต้องพยายามสร้างเกมคอมพิวเตอร์ให้มีคุณลักษณะพิเศษตามประเภทของเกม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละคุณลักษณะ ดังนี้

1.1 สินทรัพย์ (Assets) เป็นสิ่งของที่ติดมากับตัวละคร เช่น เกราะ อาวุธ ลูกกระสุน สัตว์เลี้ยง ภูเขา เงิน มื้ออาหาร เป็นต้น การเล่นเกมจะทำให้ผู้เล่นมีโอกาสในการหาทรัพย์สินใหม่ ๆ และเสริมความแข็งแกร่ง หรือเพื่อพัฒนาทรัพย์สินที่มีอยู่ ผู้เล่นจะต้องใช้เวลา ความพยายาม และเงินในเกมเป็นอย่างมากในการปรับปรุงส่งเสริมทรัพย์สินที่มีอยู่ การได้มาซึ่งทรัพย์สินนั้น จะทำให้ผู้เล่นเกิดแรงจูงใจในการเล่นเกมและกล้าที่จะเผชิญกับความท้าทายครั้งใหม่ ๆ ต่อไป ผู้ออกแบบเกมสามารถใช้ความต้องการในทรัพย์สินที่มีอานุภาพและทันสมัยเป็นพิเศษในการกระตุ้นให้ผู้เล่นสนใจกับเกมที่ต้องใช้หลักคณิตศาสตร์ การกำหนดสถานการณ์ที่เหมาะสมและเป็นไปได้ นอกจากผู้ออกแบบยังสามารถสอดแทรกปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในการเลือก การสรรหา การสร้าง และการใช้ทรัพย์สินต่าง ๆ เข้าไปในเกมคอมพิวเตอร์

ทรัพย์สินที่อยู่ในเกมคอมพิวเตอร์ ไม่ใช่เป็นการกระทำของตัวละครในโลกของเกม แต่เกิดจากการกระทำของผู้เล่นเกมในแต่ละระดับ กิจกรรมนี้ เรียกว่า การจัดการเกม และโปรไฟล์ของตัวละคร ตัวอย่างเช่น การสร้างตัวละครอันทรงพลังและการได้รับชัยชนะในการต่อสู้หรือกิจกรรมอื่น โดยทั่วไปแล้วจะมีความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ และขึ้นอยู่กับการเปรียบเทียบหรือประเมินสถานการณ์ เช่น การเปรียบเทียบคุณสมบัติของอาวุธให้เหมาะกับคู่ต่อสู้และอุปสรรคนั้น ๆ กิจกรรมการจัดการเกม เป็นส่วนสำคัญของการเล่นเกม ดังนั้น ผู้ออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ต้องคำนึงถึงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ไม่ให้มีมากเกินไป และต้องระมัดระวังไม่ให้การจัดการเกมผิดเพี้ยนหรือแม้แต่ทำลายประสบการณ์ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์

1.2 การสื่อสาร (Communication) ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ที่มีผู้เล่นหลายคนผ่านระบบ Chat Window ผู้เล่นสามารถสื่อสารกันโดยข้อความต่าง ๆ ผ่านระบบที่ทำให้ผู้เล่นสามารถสื่อสารเพื่อรวมตัวกันเป็นกลุ่ม และร่วมมือกันในการทำกิจกรรมที่ท้าทายในเกมคอมพิวเตอร์ให้สามารถจบลงได้เมื่อผู้เล่นร่วมมือกันเป็นกลุ่ม ดังนั้น ผู้ออกแบบเกมคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องจัดให้มีช่องทางในการสื่อสารระหว่างผู้เล่น เพื่อให้ผู้เล่นสามารร่วมกันทำกิจกรรมในเกมให้สำเร็จ ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมาก (ผู้เล่นที่เป็นผู้เชี่ยวชาญมักจะพัฒนาการเล่นของตัวเองโดยการเพิ่มช่องทางเสียงเข้าไป) อย่างไรก็ตามผู้ผลิตเกมบางรายได้จัดให้มีช่องทางเสียงผ่านระบบ เป็นทางเลือกในเกมทั่วไป) ในเกมที่ออกแบบมาเพื่อเด็กวัยรุ่นจะต้องมีข้อห้ามที่จะต้องปฏิบัติตาม ตัวอย่างเช่น จะต้องห้ามผู้เล่นให้สนทนากับเพียงแค่กลุ่มผู้เล่นที่ได้ระบุชื่อไว้ในบัญชีที่ได้รับการยินยอมล่วงหน้าจากครูผู้สอน หรือ

ผู้ปกครอง การกำหนดกลุ่มจะส่งผลต่อการเรียนรู้ และมีประโยชน์อย่างเห็นได้ชัดต่อการเรียนรู้เป็นกลุ่ม การสื่อสารระหว่างผู้เล่นกับผู้เล่นเป็นสิ่งทีมีศักยภาพอย่างมากต่อ การทำการปรับปรุงพัฒนา

1.3 ข้อมูลสะท้อนกลับ (Feedback) เป็นการแสดงข้อมูลย้อนกลับที่ทันเวลาและเหมาะสม ซึ่งเกิดจากความสามารถในการเล่นเกมของผู้เล่นแต่ละคน ข้อมูลสะท้อนกลบเป็นการกระตุ้นให้ผู้เล่นสนใจในการเล่นและอยากเล่นเกมนั้นต่อไปเพราะผู้เล่นจะทราบลำดับจากการเล่นเกมทันที ทำให้เกิดความตื่นเต้นเร้าใจ

1.4 ตลาด (Mraketplace) เป็นองค์ประกอบสำคัญประการหนึ่งของเกมทางคณิตศาสตร์ ในการออกแบบเกมทางคณิตศาสตร์ควรเป็นการแลกเปลี่ยนสิ่งของหรือทรัพย์สิน ไม่ควรใช้เงินเข้ามาเป็นปัจจัยในการแลกเปลี่ยน เพื่อให้การเล่นเกมต้องหยุดชะงักหรือดำเนินไปอย่างล่าช้า แต่ควรใช้สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์หรืออุปสรรคการแลกเปลี่ยนทรัพย์สินแทนการแลกเปลี่ยนเป็นธรรมชาติของการเล่นเกม ผู้เล่นสามารถเล่นเกมได้ต่อไปและเป็นส่วนหนึ่งของ การเล่นเกม องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งคือ การสอดแทรกสถานการณ์จำลองทางคณิตศาสตร์เข้าไปในเกมของโลกจินตนาการ เพื่อให้ผู้เล่นต้องใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องการ แลกเปลี่ยนสำเร็จทำให้เกิดความท้าทายและผู้เล่นสามารถเล่นเกมได้อย่างต่อเนื่อง

1.5 คำบรรยาย (Narrative) เป็นองค์ประกอบของเกมทางการศึกษา ที่แสดงให้เห็นถึงการนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ทั้งด้านเนื้อหา วิธีการเล่น การตอบสนอง ทำให้การเล่นเป็นไปได้โดยง่ายทำให้ผู้เล่นประสบความสำเร็จในการล่นเกม

1.6 ลำดับและชั้น (Ranks and Levels) เป็นแรงผลักดันทำให้ผู้เล่นอยากเล่นต่อเนื่องมาจากการได้เห็นคะแนนเพิ่มขึ้นและระดับที่สูงขึ้น การออกแบบลำดับและชั้นจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการออกแบบเกมที่ต้องมีความระมัดระวังรอบคอบเป็นอย่างยิ่งและผู้พัฒนาเกม ได้ทำการติดตามการเล่นเกมและปรับระดับของเกมเป็นประจำ เพื่อเป็นการรับรองได้ว่าผู้เล่นจะได้มีประสบการณ์ในการเล่นเกมที่เป็นไปได้สูง

1.7 ชื่อเสียง (Reputation) เป็นส่วนสำคัญของการเล่นเกม ผู้เล่นที่ชอบการแข่งขันชื่อเสียงจะมีความสำคัญอย่างยิ่งเท่ากับระดับของเกม ในการออกแบบเกมการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้นการเล่นแบบแข่งขันกับระบบชื่อเสียงอาจไม่เหมาะนัก อย่างไรก็ตาม การสร้างแรงจูงใจมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อกลุ่มนักเรียนที่อ่อนในวิชาคณิตศาสตร์ หมายความว่าชื่อเสียงไม่มีความสำคัญเท่ากับการให้คนอื่นได้เห็นความสำเร็จของตนเอง ดังนั้น ผู้ออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ควรออกแบบให้ผู้เล่นได้รับรู้ชื่อเสียงหรือลำดับการเล่นและชั้นของการเล่น

ถ้าหากผู้ออกแบบต้องการที่จะร่วมแข่งขันกับผู้เล่นหรือนักเรียน ควรให้ความสำคัญต่อวิธีการกำหนดอันดับ เช่น การแสดงผลคะแนนของผู้ที่เล่นได้ดีที่สุดอาจทำให้ผู้เล่นที่ไม่มีประสบการณ์หรือไม่คอยมีทักษะ เกิดการท้อแท้ การแสดงคะแนนของผู้เล่นในรายชื่อโดยมีคะแนนของผู้เล่นรองลงมาห้าคนอันดับแรกอยู่ด้านบนและคะแนนของผู้เล่นอีกห้าคนรองลงอยู่ด้านล่าง สามารถทำให้ผู้เล่นมีแรงจูงใจที่จะทำการขยับไปข้างบนหนึ่งหรือสองอันดับ

1.8 ข้อบังคับ (Rules) เป็นกติกาที่ช่วยให้ผู้เล่นที่อ่อนในวิชาคณิตศาสตร์สามารถขอความช่วยเหลือจากผู้เล่นคนอื่นในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการแลกเปลี่ยนกับทรัพย์สินที่ตนองมีอยู่ทำให้ผู้เล่นสามารถเล่นเกมได้อย่างต่อเนื่องและประสบความสำเร็จในการเล่น

1.9 ความเป็นตัวแทน (Self Representation) เป็นความเข้าใจในบทบาทของตัวละครที่เป็นผู้เล่นในโลกของเกม ซึ่งต้องเผชิญกับความผิดพลาดต่าง ๆ และความสำเร็จ โดยการสร้างสถานการณ์จำลองทางคณิตศาสตร์เข้าไปในเกมโดยจำลองเหตุการณ์เสมือนโลกแห่งความจริงที่มีเป้าหมายเพื่อการศึกษาเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ผู้เล่นสามารถเชื่อมโยงกับโลกแห่งความจริงเพื่อประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

ตัวอย่างเช่น พีชคณิตพื้นฐานสามารถเรียนรู้จากเกมได้ โดยที่ผู้ออกแบบควรเพิ่มกิจกรรมด้านพีชคณิตเข้าไปในเกมที่ทำให้นักเรียนที่รู้พีชคณิตเอาไปปรับใช้เพื่อเป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เกมจะทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจที่จะเรียนรู้พีชคณิตแล้วมอบรางวัลให้กับนักเรียนที่สามารถแก้โจทย์ได้สำเร็จ แต่การเรียนพีชคณิตเชิงสัญลักษณ์เกี่ยวกับสิ่งที่เป็นนามธรรมและการสะท้อนกลับจากการประยุกต์สิ่งที่กำหนดให้ในพีชคณิต กล่าวคือ การเรียนรู้กฎเกณฑ์ง่าย ๆ เพื่อจัดการกับสัญลักษณ์แทนสิ่งที่เป็นนามธรรม

สิ่งที่เกมสามารถทำได้คือการทำให้ผู้เล่นได้มีโอกาสในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ต้องเผชิญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ออกแบบสามารถยืนยันได้ว่าผู้เล่นจะต้องเผชิญหน้ากับภารกิจที่ต้องระบุรูปแบบและความสัมพันธ์ของตัวเลข รวมทั้งความสัมพันธ์ด้านฟังก์ชันด้วย ผู้เล่นใดที่มีพื้นความรู้ทางพีชคณิตสามารถใช้ความรู้นั้นเพื่อทำให้ภารกิจเสร็จสิ้นได้ อาจจะเร็วกว่าที่คาด อย่างไรก็ตามผู้เล่นส่วนมากจะแก้โจทย์โดยใช้คณิตศาสตร์มากกว่าพีชคณิต

1.10. ภารกิจหรือกิจกรรม (Tasks) เป็นสิ่งที่ผู้เล่นเกมต้องกระทำในการรวบรวมทักษะและความสามารถด้านคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันออกไป เพื่อหาวิธีการในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงคณิตศาสตร์ให้บรรลุตามเป้าหมายที่ผู้ออกแบบเกมกำหนดไว้

ผู้ออกแบบเกมสามารถกระตุ้นให้มีการก่อตั้งเป็นกลุ่มขึ้นมา กลุ่มอาจจะเป็นกลุ่มที่มั่นคงเหมือนกับสมาคมหรือกลุ่มงานระยะสั้น เพื่อทำให้ภารกิจการแต่ละขั้นเสร็จสิ้นได้ ผลประโยชน์ด้านการศึกษาที่ได้ทราบกันของการเรียนรู้ร่วมกัน เกมเกี่ยวกับการศึกษาที่ดีควรกระตุ้นให้มีการสร้างเป็นกลุ่มขึ้นมา อีกประการหนึ่ง มีผู้คนจำนวนมากที่ต้องการทำงานเพียงลำพัง และมีบางส่วนคิดว่าการทำงานร่วมกันเป็นไปไม่ได้ ดังนั้น ผู้ออกแบบควรทำให้ผู้เล่นที่ต้องการเล่นคนเดียวก็สามารถเล่นได้และยังได้เรียนรู้คณิตศาสตร์เหมือนกันกับผู้เล่นกลุ่มอื่น ๆ แม้ว่าจะต้องใช้วิธีที่ไม่เหมือนกันก็ตาม

1.11. ความกดดันด้านเวลา (Time Pressure) เป็นการกำหนดเวลาในการปฏิบัติภารกิจในแต่ละเกม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถปฏิบัติภารกิจให้สำเร็จได้ ตัวอย่างเช่น การกำหนดสถานการณ์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หากผู้เล่นไม่สามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ตามเวลาที่กำหนดไว้ ผู้เล่นต้องเริ่มต้นเล่นเกมในระดับนั้นใหม่อีกครั้งเป็นการทวนซ้ำในการแก้ปัญหานั้น ๆ ทำให้ผู้เล่นเกิดทักษะในการแก้ปัญหานั้นได้ ดังนั้น การกดดันด้านเวลาจะช่วยสร้างความตื่นเต้นให้แก่ผู้เล่นทำให้เกมเล่นสนุกขึ้น

1.12. ชีวิตจริง (Worlds) การออกแบบเกมควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่เป็นจริงสอดคล้องกับสถานการณ์ทั้งที่บ้านและที่โรงเรียนของนักเรียน สถานการณ์จำลองแสดงให้เห็นว่าทักษะทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้และฝึกฝนในโลกจำลองมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในโลกแห่งความจริงที่คล้ายกันได้อย่างเหมาะสม

คุณลักษณะของเกมดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าเกมคอมพิวเตอร์มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ผู้ออกแบบเกมควรคำนึงถึงการออกแบบเกมที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการให้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ในการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ที่ให้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงธรรมชาติวิชา เนื้อหาคณิตศาสตร์ และคุณลักษณะของเกม มาเป็นหลักในการเลือกประเภทของเกม อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า เกมบางเกมอาจมีคุณลักษณะของเกมอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเพียงบางส่วนเท่านั้น เพราะหากจะออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ให้มีคุณลักษณะครบทั้งหมด เป็นเรื่องที่ทำได้ยาก มีค่าใช้จ่ายสูง รวมทั้งต้องใช้เวลานานในการสร้างเกมคอมพิวเตอร์ ดังนั้น ผู้ออกแบบจะต้องพยายามสร้างเกมคอมพิวเตอร์ให้มีคุณลักษณะพิเศษตามประเภทของเกม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ

**2. ประเภทของเกมคอมพิวเตอร์**

Devlin (2011, pp.43 - 66) ได้จัดหมวดหมู่และประเภทของเกมคอมพิวเตอร์ ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังไม่มีความชัดเจนและยังไม่มีมาตรฐานที่แน่นอน มีหลายคนพยายามจัดหมวดหมู่ของเกมคอมพิวเตอร์ในวิธีแตกต่างกันไป ซึ่งไม่ถือเป็นบทบัญญัติแต่อย่างใด และมีเกมคอมพิวเตอร์หลายเกมที่ยังก้ำกึ่งในหลาย ๆ หมวดด้วยว่ากันตามจริงแล้วการจัดหมวดหมู่ที่ชัดเจนไม่ได้สำคัญเท่ากับผู้ออกแบบ สามารถในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ประเภทใหม่ ๆ ได้ตลอดเวลา โดยไม่จำเป็นต้องอยู่ในกรอบของประเภทเกมคอมพิวเตอร์ ซึ่งประเภทของเกมคอมพิวเตอร์มีดังนี้

2.1 เกมแบบใช้ทักษะ (Skills Games)

ผู้ที่เล่นเกมคอมพิวเตอร์แนวแอ็คชั่นจะต้องใช้ทักษะแบบเรียลไทม์ (Real-time) บางอย่าง (เช่น การกระโดดผ่านถังไม้ให้ถูกจังหวะ ยิงเป้าหมายที่เคลื่อนที่อยู่ เป็นต้น) เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ตัวอย่างของเกมคอมพิวเตอร์ประเภทนี้เช่น

เกมเขาวงกต

เกมเคลื่อนย้ายวัตถุ: ผู้เล่นจะต้องย้ายวัตถุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเกมเพื่อเปิดไปสู่จุดหมาย หรือ ปิดกั้นเพื่อหยุดการโจมตีจากศัตรู

เกมป้องกันฐาน: ผู้เล่นต้องป้องกันบางสิ่งบางอย่าง (ฐานที่ตั้ง) จากการรุกรานของกลุ่มศัตรูที่กำลังบุกมา

เกมยิง: หน้าจอของเกมจะเคลื่อนที่ตามแนวตั้งหรือนอน และจะมีการกำหนดให้พื้นที่ในบางจุดไม่เคลื่อนไหว เช่น กำแพงต่าง ๆ เป็นต้น

เกมต่อสู้แบบตัวต่อตัว: มีตัวละคร 2 ฝ่ายเข้าต่อสู้กัน

เกมต่อสู้แบบหนึ่งคนประมือกับหลายคน:ผู้เล่นจะต้องต่อสู้กับฝ่ายตรงข้ามหลายคน

เกมยิงในมุมของบุคคลที่ 1 (FPS: First-person Shooters): มุมของตัวละครในเกมคือมุมมองเดียวกับผู้เล่น

เกมยิงในมุมของบุคคลที่ 3 (TPS: Third-person Shooters): เหมือนกับแบบ FPS เพียงแต่มุมมองของผู้เล่นจะเป็นบุคคลที่ 3

2.2 เกมวางแผน (Plan Games)

เกมวางแผนเป็นเกมที่ไม่ค่อยมีการแสดงปฏิกิริยาต่อเหตุการณ์แบบเรียลไทม์เท่าไหร่ แต่จะเน้นไปที่การวางกลอุบาย ดำเนินตามแผนที่วางไว้เพื่อเอาชนะมากกว่า เกมประเภทนี้เช่น

เกมที่ผลัดกันเล่นคนละตา: เกมกระดานทั้งหลายก็จัดอยู่ในกลุ่มนี้เช่นกัน

เกมวางแผนที่แข่งกับเวลา: ผู้เล่นต้องวางแผนเพื่อเคลื่อนย้ายตัวเองหรือบางสิ่งบางอย่างในเกมให้ได้ภายในเวลาที่กำหนด

เกมออนไลน์ที่รองรับผู้เล่นหลายคนตามบทบาทที่กำหนด (MMORPG: Massively Multiplayer Online Role-Playing Game): เกมประเภทนี้เป็นการพัฒนาต่อจากเกมเก่าอย่าง Dungeons and Dragons เพื่อรองรับการเล่นเกมร่วมกับผู้อื่นแบบออนไลน์โดยผู้เล่นแต่ละคนก็จะสวมบทบาทที่แตกต่างกันไป

2.3 เกมผจญภัย หรือ เกมดำเนินเรื่องแบบนิทาน (Action Game)

เกมผจญภัยหรือเกมที่ดำเนินเรื่องแบบนิทานถูกสร้างขึ้นโดยใช้โครงเรื่องที่แต่งขึ้นและมีเรื่องราวที่กำหนดถึงวัตถุประสงค์ของเกมในแต่ละด้าน

เกม 2 มิติ อย่างง่าย: มีลักษณะการเล่นแบบวนไปเรื่อย ๆ ตามมุมมองที่กำหนดไว้

เกม 3 มิติแบบซับซ้อน: แสดงมุมมองในการเล่นได้หลายมุมโดยการหมุนจุดเพื่อกำหนดมุมมองต่าง ๆ เรื่องราวในเกมมีความหลากหลาย

2.4 เกมจำลองสถานการณ์ (Simulation Games)

เกมประเภทนี้แสดงถึงการจำลองสถานการณ์จริงบางอย่างขึ้นมา อย่างเช่น จำลองว่าเป็นพาหนะที่ผู้เล่นสามารถควบคุมบังคับได้และมีหลายคนที่นำเกมประเภทนี้ไปเล่นเพื่อใช้ในการเรียนรู้ด้วยตัวอย่างของเกมกลุ่มนี้ เช่น

เกมจำลองการเล่นกีฬา

เกมจำลองการบินหรืออวกาศ

เกมจำลองการขับรถหรือการแข่งรถ

เกมจำลองการพายเรือหรือขับเรือดำน้ำ

เกมจำลองการใช้ชีวิต (รูปแบบเกมจะคล้ายกับเกมวางแผน)

2.5 เกมปริศนา (Puzzle Game)

เกมปริศนาหลาย ๆ เกมถูกแปลงมาจากเกมที่เคยอยู่ในรูปของสื่อสิ่งพิมพ์มาก่อน (เช่น เกมปริศนาอักษรไขว้ เป็นต้น) เกมจับคู่หรือซ่อนวัตถุก็รวมอยู่ในกลุ่มเกมนี้เช่นกัน เกมที่มีความสลับซับซ้อนมักจะรวมเอาเกมปริศนาขนาดเล็ก ๆ เข้าไปไว้ในเกมด้วย เกมปริศนาส่วนใหญ่จะมีรูปแบบพื้นฐานดังนี้

เล่นกับคำ (เช่น อักษรไขว้ เป็นต้น)

เล่นกับตัวเลข/ การคำนวณ (เช่น Sudoku เป็นต้น)

จับคู่ภาพ

เล่นกับวัตถุที่ซุกซ่อนอยู่ (เช่น Minesweeper เป็นต้น)

การก่อสร้างจากชุดของชิ้นส่วนต่าง ๆ

2.6 เกมที่ผสานโลกเสมือนเข้ากับโลกจริง (Simulation into Real World Game)

นอกจากการเล่นเกมเพื่อความสนุกแล้ว บางครั้งเกมก็สามารถสร้างแรงจูงใจที่มากกว่านั้นได้ ว่าเกมบางเกมถูกนำมาโยงกับโลกแห่งความจริง และบางเกมก็มีเจตนาเพื่อนำเสนอเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง ตัวอย่างของเกมประเภทนี้เช่น

JetSet: เกมที่จำลองการรักษาความปลอดภัยในสนามบิน (ช่วยฆ่าเวลาขณะที่คุณอยู่ในสถานการณ์จริงได้)

Chore Wars: เกมที่เปลี่ยนงานบ้านอันแสนน่าเบื่อสู่การแข่งขันอย่างสร้างสรรค์

World Without Oil: เกมที่สนับสนุนการอนุรักษ์พลังงาน โดยจำลองโลกที่กำลังขาดแคลนน้ำมันขึ้นมา

แม้ว่าในปัจจุบันนี้ยังไม่มีมาตรฐานในการจัดหมวดหมู่หรือประเภทของเกมคอมพิวเตอร์ที่ชัดเจน ความสำคัญในการออกแบบเกมจึงไม่ได้อยู่ที่ว่าผู้ออกแบบจะออกแบบเกมประเภทใดมาใช้ในการศึกษาหากแต่ความสำคัญอยู่ที่ว่าผู้ออกแบบเกมจะสามารถออกแบบและพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ประเภทใหม่ ๆ โดยเฉพาะเกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษาใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพเพื่อนำมาใช้ทางการศึกษาได้อย่างไร

**3. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในเกมคอมพิวเตอร์**

Gee (2003, pp. 1-11) ได้เสนอว่า เกมคอมพิวเตอร์ที่จะประสบความสำเร็จเพื่อใช้ในการพัฒนาทักษะด้านคณิตศาสตร์นั้น มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่าง ๆ เช่นการคิดเชิงตรรกะ การให้เหตุผลด้านพื้นที่ การให้เหตุผลเป็นกรณี และความสามารถในการแก้ปัญหาทั่วไป ทั้งนี้เป็นพื้นฐานของกิจกรรมเกมคณิตศาสตร์ที่โรงเรียน ทักษะการคำนวณพื้นฐาน และเรขาคณิตเบื้องต้นเป็นอย่างไร รวมทั้งองค์ประกอบทั้งหมดของเกมคอมพิวเตอร์สามารถสร้างคณิตศาสตร์ได้อย่างไร องค์ประกอบเหล่านั้นล้วนแต่เป็นโลกของมันเอง สิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ของโลก ตัวแสดงต่าง ๆ ในโลก (อวตารของผู้เล่น และ NPCs) และกิจกรรมต่าง ๆ ที่ตัวแสดงเหล่านั้นสามารถแสดงออกมาได้

ตัวอย่างเช่น ในเกมคอมพิวเตอร์ World of Warcraft และ MMOs ผู้เล่นสามารถเลือกอาชีพของตัวเอง สิ่งที่ตนเองต้องการแสวงหา ในแต่ละอาชีพจะมีระดับทักษะที่ได้รับ และในแต่ละระดับตัวแสดงสามารถหาได้ หรือสร้างบางสิ่งบางอย่างที่สามารถใช้ หรือขายให้กับผู้เล่นรายอื่นได้

งานฝีมือประดิษฐ์ที่เป็นแบบอย่าง กิจกรรมในอาชีพเหล่านั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลกับจำนวนทั้งหมด จำนวนเศษส่วน สัดส่วนที่หลากหลาย เช่น การตัดเสื้อผ้า หรือ การตีเหล็ก วิชาเรขาคณิตและวิชาตรีโกณมิติเบื้องต้น ดังนั้น อาชีพทั้งหมดมีโอกาสที่จะได้รับทรัพย์สินที่จะนำเอาคณิตศาสตร์เข้าไปในเกม สำหรับผู้ออกแบบที่ทำงานเกี่ยวกับเกมประเภทนั้น ๆ จะเห็นได้ว่า อาชีพเหล่านั้นได้รับประโยชน์จากคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตาม สิ่งสำคัญ คือ ต้องจำไว้ว่าผู้เล่นส่วนมาก คาดหวังว่าอาชีพแต่ละอาชีพเป็นการได้รับ หรือได้ผลิต ข้อคำถามทางคณิตศาสตร์ที่ปรากฏขึ้นมานั้น เป็นเพียงวิธีหนึ่งที่จะนำไปสู่จุดสิ้นสุดเท่านั้นเอง ในความเป็นจริง ผู้ออกแบบควรมีสมมติฐานว่า ในส่วนลึกแล้วผู้เล่นไม่ได้มีความสนใจในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพราะฉะนั้น คณิตศาสตร์ควรปรากฏออกมาในรูปแบบธรรมชาติและไม่ควรแสดงให้เห็นถึงปัญหาอุปสรรคครั้งใหญ่ที่อาจส่งผลทำให้ผู้เล่นต้องละทิ้งมันไป และไม่ควรออกมาเป็นอะไรก็ตามที่ไม่พึงประสงค์ สิ่งที่ปรากฏออกมาควรเป็นเพียงแค่อุปสรรคที่สามารถผ่านพ้นไปให้ได้มากกว่า การปรากฏออกมาควรเป็นสิ่งที่เป็นธรรมชาติอันสมบูรณ์ให้กับผู้เล่น ซึ่งเขาสามารถแสดงให้เห็นถึงการคำนวณบางอย่างเท่านั้น เพื่อที่จะทำให้ภารกิจเสร็จสิ้นได้ง่าย ๆ นอกจากนี้ ความต้องการหรือเป้าหมายของผู้เล่นควรอยู่ที่การดำเนินภารกิจตามอาชีพ ไม่ใช่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

คุณลักษณะของเกมคอมพิวเตอร์เองนับเป็นอีกหนึ่งปัญหา เพียงแต่เป็นปัญหาเกี่ยวกับโครงสร้างโดยรวมของ MMOs นั่นคือ คุณลักษณะของเกมในการทำกิจกรรมการแสวงหาในอาชีพนั้น ลักษณะของการดำเนินกิจกรรมจะดำเนินช้ากว่าเกมคอมพิวเตอร์ที่มุ่งไปการแอคชั่น ส่วนมากผู้เล่นจะเลือกคุณลักษณะที่ดำเนินไปช้า ๆ ของเกมคอมพิวเตอร์ เพราะเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมหลักที่ส่งผลให้มีความสนุกสนานในช่วงใดช่วงหนึ่ง ตัวอย่างเช่น เมื่อนักรบมีทักษะในการตีเหล็กให้เป็นดาบเล่มใหม่เพื่อฆ่ามังกรที่โหดร้าย การตีเหล็กถือได้ว่าเป็นส่วนของการเตรียมความพร้อมในการทำสงครามที่กำลังจะเกิดขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีความคาดหวังในการทำสงครามเกิดขึ้นมาเป็นการสร้างแรงจูงใจในการดำเนินกิจกรรมช้า ๆ เพื่อคำนวณทุกมิติของอาวุธ และการทำให้ดำเนินการผลิตอาวุธเสร็จสมบูรณ์ขึ้น

อีกสิ่งหนึ่งที่จำเป็นต้องหลีกเลี่ยง นั่นคือ การนำเสนอต่อผู้เล่นเมื่อภารกิจที่เขากระทำไม่สามารถบรรลุได้ เพื่อบรรลุเป้าหมายนี้ปัญหาคณิตศาสตร์จำเป็นต้องนำเข้ามาไว้ในช่วงการเริ่มต้นในแต่ละอาชีพควรเป็นเรื่องง่าย ๆ โดยมีเป้าหมายที่ชัดเจน คือ ทำให้ผู้เล่นแน่ใจได้ว่าสิ่งที่ตนต้องการมีอะไรบ้าง และสามารถทำหน้าที่ในการเก็บรวบรวมหรือสร้างได้ตามกำหนด ประเด็นต่อมา ในขณะที่ผู้เล่นกำลังมีความก้าวหน้าในอาชีพนั้น ปัญหาทางคณิตศาสตร์อาจจะทำให้มีความลำบากยิ่งขึ้นเรื่อย ๆ แต่ควรเป็นความยากที่เพิ่มขึ้นทีละเล็กทีละน้อยเท่านั้น ความก้าวหน้านั้นอาจจะถูกควบคุมด้วยเกม AI ที่เปิดโอกาสในการทบทวนดูใหม่หลายครั้ง หากคณิตศาสตร์นั้นกลายเป็นอุปสรรคสำคัญผู้ออกแบบควรหลีกเลี่ยงที่จะทำให้ผู้เล่นต้องจบลงด้วยการที่จะต้องนั่งอยู่ข้างหน้าจอเป็นเวลานานและสามารถเดินหน้าต่อไปได้ หรือผู้เล่นรู้สึกว่าตนเองกำลังต่อสู้กับคณิตศาสตร์ หากสิ่งนั้นเกิดขึ้นแล้วอะไรเป็นกิจกรรม ที่จะทำให้เกิดอาชีพที่ผู้เล่นต้องการจะเป็น และการเลือกที่จะเล่นเกมนั้นจะมีความหมายได้อย่างไร หากการเล่นเกมนั้นกลายเป็นห้องเรียนคณิตศาสตร์ไปเสียแล้ว สิ่งที่อาจเกิดขึ้นตามมาก็จะมีเพียงปัญหาด้านเจตคติกับด้านจิตวิทยาเท่านั้น

เกมคอมพิวเตอร์เป็นเรื่องของการแอคชั่นเกมคอมพิวเตอร์ส่วนมากมีความเกี่ยวข้องกับทักษะการคิดของผู้เล่นที่ไม่เคยขาดหายไปจากจิตวิญญาณในการทำกิจกรรมนั้น หากผู้เล่นกำลังผลิตเสื้อคลุมให้กับตัวแสดงของเขาหรือเธอ ในกระบวนการนั้น ผู้เล่นต้องพิจารณาเกี่ยวกับขนาดของผ้าที่จะใช้ในการตัดเสื้อคลุม คำตอบต่อคำถามที่ว่า “คุณกำลังทำอะไรอยู่” ควรจะเป็น “คุณกำลังตัดเสื้อคลุมอยู่” เพราะถ้าหากตอบว่า “กำลังคำนวณขนาดผ้าอยู่” คุณก็จะมีปัญหาเกี่ยวกับการออกแบบปฏิสัมพันธ์ของคุณนั่นเอง ปัญหานี้หมายความว่า เป็นไปไม่ได้ในการที่จะใช้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความท้าทายเข้าไปในอาชีพเหล่านั้น กลยุทธ์ที่สำคัญ คือ ต้องทำให้ถูกต้องด้วยการสร้างแรงจูงใจที่เพียบพร้อมและปูทางให้ผู้เล่นสามารถประสบความสำเร็จ ซึ่งในความเป็นจริง มีผู้เล่นจำนวนหนึ่งซึ่งโดยธรรมชาติแล้วมีความสุขที่จะหยุดและทำการพิจารณาก่อนที่จะเล่นเกมต่อไป ดูเหมือนจะเป็นกลุ่มที่สามารถเล่นเกมได้ดีตามหลักการศึกษาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน เกมคอมพิวเตอร์นั้นเป็นเพียงการส่งเสริมการศึกษาขณะเดียวกันก็ต้องไม่ส่งผลเสียต่อผู้เล่นเช่นกัน และในความเป็นจริงผู้เล่นสามารถก้าวหน้าในเกมคอมพิวเตอร์ได้อย่างรวดเร็ว มากกว่าเพื่อนร่วมชั้นเรียนด้วยซ้ำ เมื่อผู้เล่นเข้าไปในเกมคอมพิวเตอร์ระดับที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ จะทำให้มีความสนุกมากขึ้นเท่านั้น ผู้เล่นระดับสูงหรือจากมุมมองด้านการศึกษาควรจะนำเสนอ ความท้าทายความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยการให้นักเรียนได้ใช้ความพยายามเต็มที่ในการแสวงหาวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์บางอย่างในตำรเรียน

หรือด้วยการถามผู้สอนคณิตศาสตร์ แต่เป้าหมายของเกมคอมพิวเตอร์ไม่ใช่เป็นการแทนที่ครูผู้สอนหรือตำราเรียนแต่มันเป็นส่วนเสริมของการเรียนรู้ในด้านเนื้อหาและสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียน

เกมคอมพิวเตอร์ส่วนมากจะมุ่งเน้นการค้นหาสิ่งของหรือคะแนนในเกมเพื่อทำให้ผู้เล่นเกิดแรงจูงใจในการเล่นเกมเพื่อให้ได้มาสิ่งของหรือคะแนนเป็นการกระตุ้นให้ผู้เล่นเกิดความตื่นเต้นท้าทาย ทำให้เกิดแรงผลักดันในการเล่นเกมให้สำเร็จ การค้นหาสิ่งของในเกมหรือคะแนนจึงเป็นแรงจูงใจที่สำคัญที่ทำให้ผู้เล่นต้องใช้เวลาและความพยายามเป็นอย่างมากเพื่อเล่นเกมให้เสร็จสิ้น โดยมีสิ่งของหรือคะแนนที่ค้นหาเป็นแรงดึงดูด ดังนั้น ผู้ออกแบบเกมจะใช้ประโยชน์จากการค้นหาสิ่งของหรือคะแนนในเกมเพื่อให้ผู้เล่นบรรลุถึงผลที่หลากหลาย ตัวอย่างเช่น เกมคอมพิวเตอร์ “FedEx Quests” ที่ให้ผู้เล่นได้ส่งข้อความหรือสิ่งของโดยเป้าหมายของ FedEx Quest คือการที่ทำให้ผู้เล่นค้นพบแผ่นดินใหม่ในโลกของเกมคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปแล้วผู้เล่นจะไม่ได้รับอันตรายใด ๆ จนกว่าผู้เล่นจะออกนอกเส้นทางในระหว่างการเดินทาง การค้นหาอีกรูปแบบหนึ่ง คือ การเก็บรวบรวมสิ่งของหรือคะแนนจำนวนหนึ่งที่เรียกว่า Q ซึ่งเป็นสิ่งของที่เกมต้องการให้ผู้เล่นได้แสวงหา กิจกรรมนี้อาจต้องมีการต่อสู้และฆ่าสัตว์ประหลาด (ตัวอย่างเช่น Q เป็นเขี้ยวของหมูป่า) หรือ Q นั้นเป็นสิ่งของที่อยู่บนดิน เช่น ก้อนเศษโลหะ อาจจะมีอันตรายบ้าง จาก การค้นหาสิ่งของจะทำให้ผู้เล่นได้ฝึกฝนทั้งทักษะด้านการต่อสู้ และวิธีการเสาะแสวงหาคะแนนจากประสบการณ์ เงินหรือทรัพย์สินอื่น ๆ ผู้เล่นแต่ละคนจะทำการต่อสู้ในแต่ละครั้งเพื่อที่จะให้ได้มาซึ่งรางวัลอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น การค้นหาที่ต้องการให้ผู้เล่นเข้าไปในคุกใต้ดินเพื่อเข้าไปเอาของบางอย่างหรือไปช่วยวิญญาณที่ถูกคุมขัง การผจญภัยในคุกใต้ดินต้องการให้ผู้เล่นรวมตัวเป็นกลุ่มกับผู้เล่นคนอื่น ๆ เพื่อที่จะทำให้ภารกิจเสร็จได้แก่ การฆ่าศัตรู กลุ่มศัตรูที่มีพลังอำนาจมากกว่าตัวแสดงของผู้เล่นเอง

ผู้ออกแบบเกมคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องการค้นคว้าหาแนวทางในการบูรณาการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์เข้าไปในเกมคอมพิวเตอร์ โดยผู้ออกแบบเกมต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับเกมคอมพิวเตอร์ประเภทต่าง ๆ เพื่อเลือกประเภทของเกมให้เหมาะสมกับเนื้อหาและเหมาะสมกับการนำประสบการณ์เรียนรู้ทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะ เช่น การสร้างเรือหรือการพัฒนาเมือง ในขณะที่กิจกรรมกำลังดำเนินอยู่ผู้เล่นสามารถได้รับหลักฐานหรือร่องรอยเพื่อช่วยในการเรียนรู้ การค้นพบและการดำเนินการในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ อาจต้องกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เล่นด้วยการจำกัดเวลา เช่น เกม FedEx Quest กำหนดทักษะในภารกิจที่ผู้เล่นจะต้องใช้การให้เหตุผลด้านพื้นที่และการคำนวณการค้นหาเส้นทาง ความเร็วและระยะทางกับการกำหนดความลาดชัน เป็นต้น

เครื่องมือง่าย ๆ อย่างหนึ่ง คือ การนำเสนอปัญหาอุปสรรคให้กับผู้เล่น เช่น ประตูที่ถูกล็อคหรือกล่องที่ถูกล็อคควรมีอุปกรณ์ แผนที่หรือกุญแจที่ใช้ในการเปิดประตูหรือเปิดกล่อง เกมส่วนมากกุญแจจะถูกเก็บด้วยกล่อง เมื่อทำการกดเมาส์หนึ่งครั้งเพื่อให้ผู้เล่นสามารถเก็บกุญแจประเภทนั้น ๆ ได้ แต่ไม่ได้หมายความว่าขณะเปิดประตูนั้นไม่จำเป็นต้องใช้หลักคณิตศาสตร์ใด ๆ เลย การใช้กระบวนการกระตุ้นให้นักเรียนได้นำหลักทางคณิตศาสตร์เพียงเล็กน้อย ผู้เล่นก็สามารถมีทักษะคณิตศาสตร์ได้ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยการเก็บพวงกุญแจ การค้นหาที่เห็นได้ชัดเจนคือการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับภารกิจที่ในการหาเส้นทาง ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากมากกว่าที่จะกระตุ้นให้ผู้เล่นคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกันภารกิจเป็นคุณสมบัติของเกมจำนวนมาก ที่สามารถทำให้เกิดความยากและท้าทายมากขึ้นได้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์

การผจญภัยในเกมคอมพิวเตอร์จะมีการรับรู้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากการผจญภัยมักจะเกิดขึ้นในสถานที่ที่มีตัวละครที่เป็นสัตว์ประหลาดจำนวนมากเดินไปมาหากการผจญภัยเกี่ยวข้องกับหลักทางคณิตศาสตร์ ความกดดันที่ต้องการทำให้ภารกิจเสร็จสิ้น ก่อนที่จะมีตัวละครที่เป็นสัตว์ประหลาดกลับมา สามารถนำไปใช้เพื่อเสริมสร้างทักษะในการทบทวนได้อย่างรวดเร็ว เช่น ตารางสูตรคูณ เพื่อกำหนดให้มีการสะท้อนกลับผู้เล่นจะต้องได้รับเวลาเพียงพอสำหรับการดำเนินการ เช่น การได้รับเสื้อคลุมล่องหน เพื่อทำให้ศัตรูมองไม่เห็นจนกว่าจะแก้ปัญหาที่ได้รับสำเร็จ กลไกของการมองไม่เห็นตัวแปรที่ใช้ใน World of Warcraft มีความสำคัญสำหรับผู้เล่นค่อนข้างมากในขณะที่กำลังทำการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และยังเป็นส่วนหนึ่งในของโลกของเกมคอมพิวเตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ไม่มีที่สิ้นสุด ในขณะที่ผู้เล่นบางคนอาจเห็นว่ากิจกรรมในเกมคอมพิวเตอร์ แต่เป็นเรื่องน่าเบื่อสำหรับผู้เล่นที่อายุมากหรือผู้เล่นที่ชอบเล่นเกมคอมพิวเตอร์ที่เป็นเกมแนวแอคชั่น (Action Games) การสะท้อนกลับในเกมจะเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ว่าผู้เล่นกลายเป็นส่วนหนึ่งของเกมแอคชั่นที่กำลังดำเนินการอยู่

ข้อจำกัดในการนำภารกิจทางคณิตศาสตร์เข้าไปในเกมการผจญภัย คือ (1) ภารกิจนั้นควรมีลักษณะที่เป็นธรรมชาติภายในบริบทของเกมคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะ และ (2) ผู้เล่นเห็นว่าคณิตศาสตร์นั้นสามารถทำได้ภายใต้สถานการณ์ที่กำลังเผชิญ จากทั้งสองข้อที่กล่าวเป็นเรื่องสำคัญมากหากผู้เล่นจะพยายามค้นหาแนวทางแก้ปัญหา แม้จะต้องทำซ้ำสองถึงสามครั้งแล้วเลิกเล่นหรือกลับมาเล่นใหม่ ผู้เล่นจะได้รับประสบการณ์มากขึ้นหรือได้รับเครื่องมือที่ดีขึ้นสิ่งสำคัญนั้นก็คือ ต้องแน่ใจว่าผู้เล่นจะเล่นเกมจนสำเร็จ ผู้ออกแบบเกมต้องรับประกันและรักษาความเชื่อมั่นของผู้เล่นมากกว่าครูผู้สอนคณิตศาสตร์ที่โรงเรียน ความสำเร็จของเกมคอมพิวเตอร์สำหรับการศึกษาขึ้นอยู่กับการสร้างความมั่นใจให้ได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นกับผู้ออกแบบต้องไม่ขาดออกจากกันโดยสิ้นเชิง กลยุทธ์ก็คือการเข้าไปอยู่ในเกมคอมพิวเตอร์ สังเกตดูคุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวแสดงที่เป็นของผู้เล่นและกิจกรรมที่ตัวแสดงกระทำแล้วภารกิจทางคณิตศาสตร์ประเภทใดที่ตัวแสดงที่เป็นของผู้เล่นจะได้พบในขณะที่กำลังเล่นเกมคอมพิวเตอร์

เกมคอมพิวเตอร์ส่วนมากจะเต็มไปด้วยกล่องสมบัติและเพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งของที่อยู่ในกล่องซึ่งส่วนมากจะเป็นการแก้ปริศนาที่เห็นได้ชัดในเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ปริศนาต้องมีส่วนเกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์ เช่น สมมติว่าพื้นที่หนึ่งโลกเกมที่เต็มไปด้วยกล่องที่กำหนดให้ผู้เล่นต้องไขปริศนาด้วยการคำนวณจึงจะสามารถเปิดกล่องได้ ผู้เล่นจะได้พบกับกล่องเรื่อย ๆ และได้รับรางวัลมากขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่มีเวลาน้อยในการเปิดกล่องก่อนที่สัตว์ประหลาดกลับมา ผู้เล่นรู้สึกว่าตัวเองกำลังอยู่ในการต่อสู้เพื่อเอาชีวิตรอดเพราะฉะนั้นจึงต้องพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้เล่นจะเกิดความเชี่ยวชาญและได้เรียนรู้ด้วยตัวเองใน “โลกแห่งความจริง” ตามธรรมชาติด้วยตัวผู้เล่นเอง (อาจไม่ใช่ด้วยตัวผู้เล่นเองทั้งหมด ผู้ออกแบบเกมคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องออกแบบปฏิกิริยา ที่ทำให้ผู้เล่นพบกับซึ่งคิดว่าตัวเองกำลังอยู่ในดำเนินการค้นหาโดยที่ไม่มีอะไรขัดขวาง) นอกจากนี้ผู้เล่นอาจจะได้เป็นตัวละครแม่มดตัวประกอบ แต่ไม่ใช่ความจริงทั้งหมด ความปรารถนาของผู้เล่น คือ การเข้าไปในกล่องวิเศษและได้รับสิ่งของเป็นรางวัล ผู้ออกแบบต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ผู้เล่นกระโดดข้ามห่วง เป็นต้น ผู้เล่นต้อง

ทำตามสิ่งที่ปรากฏขึ้นตามสถานการณ์ในเกมคอมพิวเตอร์ โดยผู้ออกแบบต้องไม่ทำให้ผู้เล่นรู้สึกว่าตนเองกำลังเรียนในห้องเรียนหรือกำลังทำข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์

ปัญหาอีกประการหนึ่ง คือ การกำหนดคุณลักษณะที่ถาวรในโลกของเกม ผู้เล่นทุกคนต้องมีส่วนร่วมในเกมไม่ว่าผู้เล่นจะเล่นคนเดียวหรือเล่นกับผู้เล่นคนอื่น ๆ ที่สามารถอยู่ในโลกออนไลน์ได้ทุกวัน ผู้เล่นจะสามารถเปิดกล่องวิเศษเมื่อใดก็ได้ เช่น World of Warcraft ผู้เล่นต้องผจญภัยทำภารกิจให้สำเร็จก่อนจึงจะได้รับกล่องวิเศษ ผู้เล่นสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองในแต่ละครั้ง โดยทั่วไปแล้ว ผู้เล่นใช้เวลาเพียงสองหรือสามนาทีเพื่อทำภารกิจให้เสร็จสิ้นได้ แล้วผู้เล่นอาจเห็นเป็นรูปธรรม หมายความว่า ผู้เล่นคนต่อมาที่กำลังรอนั้นสามารถทำตาม และคอยสังเกตว่าการค้นหานั้นมีผลอย่างไร หรืออาจเข้าร่วมในเกมคอมพิวเตอร์โดยการให้ความช่วยเหลือต่อผู้เล่นที่กำลังเล่นเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนกับความช่วยเหลือกันต่อไป ในสถานการณ์เหล่านี้ ผู้เล่นที่กำลังรอการแก้ปัญหาการผจญภัยนั้น ไม่สามารถที่จะหยุดเกม ขณะที่มีผู้เล่นคนอื่นเล่นเกมเสร็จสิ้นไปแล้ว เป็นเรื่องที่น่าสนใจที่จะดูผู้เล่นคนอื่นพยายามทำให้การผจญภัยจบลง แต่สำหรับผู้เล่นบางคน ต้องใช้เวลามากกว่าในการรวบรวมจำนวนให้ถูกต้องเพื่อที่จะเปิดกล่องได้ และอาจจะใช้เวลาประมาณสิบนาทีหรือมากกว่านั้น และเวลาส่วนมากระหว่างที่มีกิจกรรมเกิดขึ้นในระดับของระบบประสาทในสมองของผู้เล่น ความคาดหวังทางการศึกษาเป็นสิ่งที่ต้องพยายามในการดำเนินการสังเกตหรือเข้าไปมีส่วนร่วม อาจเรียนรู้ล่วงหน้าเกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหาและจะส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ในระหว่างรอของผู้เล่น ยิ่งไปกว่านั้นผู้รออาจรบกวน ข่มขู่และทำให้ผู้ที่กำลังเล่นโกรธ นอกจากนี้เว็บไซต์เกมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นโดยผู้เล่นจะมีคำแนะนำหรือเฉลยเพื่อให้การผจญภัยที่ทำให้ผู้เล่นไม่สามารถแก้ปัญหาหรือเอาชนะเกมในแต่ละภารกิจ ก่อนที่จะเกิดความน่าเบื่อและล้มเลิกการเล่นเกม

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า วิธีการในการพัฒนาเกมต้องคำนึงถึงการศึกษาผู้เล่นรายบุคคลหรือผู้เล่นกลุ่มเล็ก ๆ ที่ดำเนินการในสิ่งแวดล้อมที่แยกตัวออกจากผู้เล่นคนอื่น ๆ สิ่งแวดล้อมของเกมอาจสร้างมาเป็นตัวอย่างสำหรับผู้เล่นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม ผู้ออกแบบควรเพิ่มจำนวนกล่องในเกม ซึ่งผลประโยชน์ทางการศึกษาของเกมที่มีผู้เล่นหลายคน จากการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้าไปในเกมโดยการสร้างโลกให้สอดคล้องกับประเด็นคำถามและแสดงให้เห็นว่าการแก้ไขโจทย์คณิตศาสตร์ใด ๆ จะเหมาะสมกับผู้เล่นแต่ละคน

**4. หลักการสร้างเกมคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์**

การเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ด้วยเกมคอมพิวเตอร์ที่ประสบความสำเร็จในเชิงธุรกิจต้องมีแนวทางในการทำให้ผู้เล่นได้เรียนรู้ไปพร้อม ๆ กับการเล่นเกม การออกแบบเกมที่ดีจึงเป็นสิ่งที่สำคัญเพื่อออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ที่สามารถพัฒนาหลักการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ให้กับผู้เล่นได้ดังนี้ (Devlin, 2011, pp. 43 - 66)

4.1 เรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by Doing) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติจริง ผู้ออกแบบเกมคอมพิวเตอร์สามารถจำลองสถานการณ์เข้าไปในเกมเพื่อให้ผู้เล่นได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เผชิญ การเรียนรู้จะสำเร็จลุล่วงไปได้ผ่านการเล่นเกม กิจกรรมทุกอย่างที่ได้นำเสนอให้กับผู้เล่นนั้นเป็นส่วนหนึ่งของเกม โดยผู้ออกแบบได้จำลองสถานการณ์จากสถานการณ์จริงในชีวิตระจำวันจะทำให้ผู้เล่นได้เข้าใจถึงรูปแบบหลักการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ

4.2 การเรียนรู้ด้วยตัวเอง (Self-pace Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เล่นไม่ได้รู้สึกว่าได้ถูกบังคับให้เล่นเกมแต่เป็นการกระตุ้นให้ผู้เล่นรู้สึกว่าอยากเล่นเกมด้วยตนเอง โดยการเล่นแบบช้า ๆ ตามความสนใจของผู้เล่นไม่มีการจำกัดเวลาในการเล่น ทำให้ผู้เล่นเกิดความท้าทายและสามารถเล่นได้ตามความต้องการ

4.3 การสำรวจ (Exploration) เป็นที่ผู้เล่นสามารถทำการสำรวจและทดทองสิ่งใหม่ ๆ เพื่อให้เกิดความคุ้นเคย ดังนั้นผู้ออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ควรนำเสนอสถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อให้ผู้เล่นได้ทำการสำรวจและทดลองสิ่งต่าง ๆ ทำให้เกิดทักษะและความชำนาญ

4.4 การนำไปใช้ทันทีในเกม (Immediate Use) เป็นการนำความรู้ที่ได้จากการสำรวจและทดลองไปใช้ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ ผู้ออกแบบเกมควรจำลองสถานการณ์ใหม่ ๆ เพื่อให้ผู้เล่นได้ฝึกทักษะใหม่ ๆ ทำให้ผู้เล่นต้องการที่จะเล่นเกมต่อไป

4.5 การทดสอบเป็นประจำ (Regular Tests) เป็นการทดสอบเพื่อให้เห็นว่าผู้เล่นเกิดการเรียนรู้และมีทักษะการแก้ปัญหามากน้อยเพียงใด เป็นการทดสอบเพื่อประเมินความก้าวหน้าจากการเล่นเกมซึ่งเป็นวงรอบของการเรียนรู้และทำการทดสอบทันทีในลักษณะของการทวนซ้ำ

**5. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้เกมคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์**

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

Egbert and Cor (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยวิธีการใช้คอมพิวเตอร์ โดยทำการศึกษากับนักเรียนสองกลุ่มซึ่งพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามแนวคิดการจัดโครงสร้าง มีความสามารถในการแก้ปัญหามากกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ

Harskamp and Suhre (2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหา โดยใช้ทฤษฎี Schoenfeld ในนักเรียนที่ควบคุมสภาพการเรียนรู้จากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยให้นักเรียนสามารถเลือกปัญหา เพื่อให้คำแนะนำในระหว่างความแตกต่างของการแก้ปัญหาที่สำคัญคือ ขณะการวิเคราะห์ปัญหาสามารถเลือกความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม ดำเนินแผนการและตรวจสอบคำตอบกับคำถามที่ถาม ประสิทธิผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการประเมิน ด้วยการทดสอบก่อนและการทดสอบหลังการทดลอง ในกลุ่มควบคุม ผลการศึกษา นักเรียนที่ทำงานร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นเมื่อเทียบกับนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์แบบปกติ

Kebritchi, Hirumi and Bai (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของเกมคอมพิวเตอร์ต่อผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์และแรงจูงใจ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ามีความรู้คณิตศาสตร์ ทักษะคอมพิวเตอร์และทักษะภาษาอังกฤษ ไม่ได้มีบทบาทสำคัญในความสำเร็จและแรงจูงใจของกลุ่มทดลอง อีกทั้งเกมคอมพิวเตอร์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีประสิทธิภาพการเรียนการสอนและการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงทักษะคณิตศาสตร์ของนักเรียน นอกจากนี้เกมคอมพิวเตอร์ทางคณิตศาสตร์จะบูรณาการกับกิจกรรมในชั้นเรียนโดยครูต้องการที่จะเพิ่มแรงจูงใจในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ ครูช่วยสนับสนุนและให้ความสำคัญในการใช้เกมคอมพิวเตอร์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Barbour (2011) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์แล็ปท็อป ออกแบบเกมแบบผสมผสานการเรียนรู้ในการศึกษาครั้งนี้ ร่วมกับโรงเรียนมัธยมศึกษาที่ช่วยออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ของแต่ละโรงเรียนในการทดลองใช้เกมกับนักเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษา โดยให้นักเรียนได้เล่นเกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษาที่สร้างขึ้นปรากฏว่า ความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับเกมทางการศึกษาจากการเปรียบเทียบพฤติกรรมของนักเรียนกับการเล่นที่เกิดขึ้นจริง นักเรียนมีเหตุผล รู้จักวิพากษ์วิจารณ์ และจากแบบสำรวจลักษณะของเกมที่สำคัญดังนี้ 1) บริบท 2) ความท้าทาย และ 3) การแข่งขัน มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่น่าสนใจสองลักษณะ คือ การบูรณาการระหว่างโครงเรื่องของเกมกับเนื้อหาในการศึกษา และโครงเรื่องของเกมกับคุณภาพของเกม

Siko and Barbour (2014) ได้ใช้โปรแกรม Microsoft PowerPoint เป็นเครื่องมือในการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษา โดยทดลองใช้ในห้องเรียนเคมีสิ่งแวดล้อมในโครงการเกม PowerPoint แล้วทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างกลุ่มที่สร้างเกมกับกลุ่มที่ไม่ได้สร้างเกม โดยใช้การทดสอบที่เป็นอิสระจากกัน พบว่า กลุ่มที่ไม่ได้สร้างเกมมีประสิทธิภาพการทำงานดี ($p = .023$) ขณะที่กลุ่มที่สร้างเกมประสิทธิภาพการทำงานดี ($p = .004$) ผลการศึกษายืนยันประสิทธิภาพการทำงานในการดำเนินการเรียนการสอนที่อยู่ในกลุ่มที่สร้างเกม PowerPoint มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการวิจัยข้างต้นชี้ให้เห็นว่า การนำเกมคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ นอกจากจะส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ แรงจูงใจ และกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนแล้วเกมคอมพิวเตอร์ ยังช่วยทำให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้จะต้องมีการสร้างเกมคอมพิวเตอร์ที่มีคุณภาพ จัดกิจกรรมได้เหมาะสมกับพัฒนาการของนักเรียน

## แนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์

การจัดการศึกษาในปัจจุบัน จำเป็นต้องมีการยกระดับความรู้ความสามารถของครูเพื่อให้ครูมีส่วนร่วมในการออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การวิจัยและการสะท้อนกลับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างมีความหมาย ในการพัฒนาการเรียนการสอนให้มีระสิทธิภาพเป็นความจำเป็นอย่างเร่งด่วน การพัฒนาครูและผู้บริหารเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการปรับปรุงองค์กรโดยรวม จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่ผ่านมา ได้แสดงให้เห็นว่าความก้าวหน้าในการกำหนดบทบาทครูให้เหมาะสมของครูในการจัดการเรียนการสอนในฐานะผู้ส่งเสริมการเรียนรู้ที่สำคัญในสถานศึกษาที่มีการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ ครูสามารถออกแบบการเรียนการสอนใช้เพื่อประเมินผลการเรียนรู้และประสิทธิผลของการจัดการเรียนการสอน สำหรับบทบาทของผู้บริหารและครูผู้พัฒนาโปรแกรมในฐานะนักออกแบบและนักพัฒนาโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์ ควรยึดหลักและขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม ดังนี้ Analysis-Design-Develop-Implement-Evaluate: ADDIE ในการออกแบบการเรียนการสอน (Danks, 2011, pp. 1-2)

Kruse (2008, p. 2) ที่ได้เสนอรูปแบบที่เรียกว่า ADDIE Model ซึ่งเป็นขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมมี 5 ขั้นตอน มีลักษณะคล้ายกับการวิจัยเพื่อการพัฒนา คือ 1) A- Analyze Phase (ขั้นตอนการวิเคราะห์) 2) D - Design Phase (ขั้นตอนการ ออกแบบ) 3) D - Develop Phase

(ขั้นตอน การพัฒนา) 4) I - Implement Phase (ขั้นตอนการนำไปใช้) และ 5) E - Evaluation Phase (ขั้นตอนประเมิน) จะเห็นได้ว่า ADDIE Model มีการจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติอย่างสมเหตุสมผลมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันตั้งแต่ กิจกรรมแรกจนถึงกิจกรรมสุดท้าย ซึ่งการพัฒนารูปแบบโปรแกรมในการจัดการเรียนการสอนเปรียบเหมือนแผนที่ เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีความรู้ความคิด ทักษะ ค่านิยม วิธีการคิด และวิธีการแสดงออกในการเรียนรู้เพื่อให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

Danks (2011, pp. 2-6) ได้อธิบายถึง กระบวนการ ADDIE คือ การออกแบบและการจัดการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนโดยประยุกต์มาจากการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในสาขา Human Performance Technology (HPT) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการพัฒนาและดำเนินการประเมินผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในส่วนของหลักการและการควบคุมการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis) ในขั้นนี้ผู้สอนจะต้องตอบคำถามตามประเด็นต่าง ๆ ต่อไปนี้ คือ

1. กลุ่มนักเรียนเป็นใคร มีพื้นฐานความรู้ระดับใด มีบุคลิกลักษณะพิเศษอย่างไร มีความสนใจเรียนในเรื่องใด
2. จุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายของบทเรียน คืออะไร
3. เป้าหมายหรือจุดมุ่งหมายของบทเรียนที่กำหนดไว้ในข้อ 2 นั้นครอบคลุมเนื้อหาใดบ้าง
4. ปัญหาหรืออุปสรรคที่คาดว่าจะเกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ (Design) หลังทราบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นใคร จุดมุ่งหมายของบทเรียนคืออะไร เนื้อหาของบทเรียนคลอบคลุมเรื่องใด ปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นมีอะไรบ้าง นักออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการออกแบบโปรแกรม ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ของโปรแกรม ให้สอดคล้องกับเป้าหมายของโปรแกรม ควรเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เน้นให้นักเรียนทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้หลังจากที่เรียนจบแต่ละหน่วยการเรียน
2. กำหนดโครงร่างและลำดับของเนื้อหา โปรแกรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของโปรแกรมโดยเรียงลำดับความยากง่ายให้เหมาะสมกับการนำเสนอโปรแกรม
3. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้และกลยุทธ์ เพื่อให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์
4. กำหนดสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม
5. กำหนดเกณฑ์การประเมินผล โดยจะต้องให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของบทเรียน กิจกรรมและเนื้อหา
6. กำหนดแผนผังแสดงลำดับการนำเสนอบทเรียน (Lesson Flowchart) ตั้งแต่ต้นจนจบบทเรียน

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา (Development) หลังจากที่ได้ทำการทดสอบเครื่องมือและได้สอบถามกับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์จนเกิดความมั่นใจ นักออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะเริ่มดำเนินการพัฒนาดังต่อไปนี้

1. การเขียนบท (Scripting) หรืออาจเรียกว่า สตอรี่บอร์ด (Storyboard) หมายถึง เอกสารที่แสดง รายละเอียดของหน้าจอทุกหน้าจอหรือทุก ๆ โปรแกรมที่ผู้สอนต้องการให้นักเรียนได้อ่าน ดู ศึกษาและ/หรือได้ใช้งานซึ่งมีองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1.1 ชื่อโปรแกรม หรือบทเรียน และอาจรวมถึงชื่อผู้ออกแบบ/ชื่อผู้สอน

1.2 เนื้อหาหรือบทเรียนโดยละเอียด

1.3 รายละเอียดเกี่ยวกับการทำงานของบทเรียน เช่น การสร้างตัวเชื่อมโยง (Link)

1.4 รายละเอียดเกี่ยวกับรูปภาพประกอบ (ถ้ามี)

1.5 ในกรณีที่มีเสียงบรรยายประกอบบทเรียน จะต้องมีบทของเสียงบรรยายรวมอยู่ด้วย

1.6 ในกรณีที่มีวีดีทัศน์ประกอบบทเรียน จะต้องมีบทวีดีทัศน์ประกอบบทเรียนรวมอยู่ด้วย

1.7 รายละเอียดการทำงานของโปรแกรม เช่น การทำงานของปุ่มต่าง ๆ ในแต่ละโปรแกรมมีไว้เพื่อใช้งานอะไร

2. การสร้างงานกราฟิก โปรแกรมนำเสนอแฟ้มเสียง และวีดีทัศน์ประกอบโปรแกรม

3. การใช้โปรแกรมสร้างบทเรียน (Programming) เป็นการดำเนินการสร้างโปรแกรมหรือคอร์สแวร์ตามคุณสมบัติหรือคุณลักษณะของโปรแกรมนั้น ๆ

4. การทดสอบการทำงานของบทเรียน (Quality Control) เพื่อหาข้อบกพร่องเกี่ยวกับเนื้อหา การนำเสนอเนื้อหา และการทำงานบกพร่องของโปรแกรม (Debugging)

5. การประเมินผลระหว่างทาง (Formative Evaluation) เพื่อพัฒนาบทเรียน

ขั้นตอนที่ 4 การนำไปใช้ (Implementation) เมื่อนักออกแบบและพัฒนาโปรแกรมดำเนินการแก้ไขบทเรียนตามความเหมาะสมแล้ว จึงนำบทเรียนไป ใช้งานจริง

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผล (Evaluation) เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน ตามเกณฑ์สำหรับเป็นข้อมูลในการพัฒนาโปรแกรมชุดต่อ ๆ ไป

1. การประเมินผลเพื่อปรับปรุง (Formative Evaluation) เป็นการดำเนินการต่อเนื่องภายในและระหว่างขั้นตอนต่าง ๆ จุดมุ่งหมายของการประเมินผลชนิดนี้ คือ เพื่อปรับปรุงการสอนก่อนที่จะนำโปรแกรมขั้นสุดท้ายไปใช้ให้เป็นผล

2. การประเมินผลรวม (Summative Evaluation) โดยปกติเกิดขึ้นภายหลังการสอน เมื่อโปรแกรมขั้นสุดท้ายได้รับการดำเนินการใช้ให้เป็นผลแล้ว การประเมินผลประเภทนี้จะประเมินประสิทธิผลการสอนทั้งหมด ข้อมูลจากการประเมินผลรวมโดยปกติมักจะถูกใช้เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับโปรแกรมเขียนเป็นวงจร/ เน้นกระบวนการ แทรก Flow Chart

การดำเนินการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยใช้กระบวนการในการออกแบบและการจัดการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ADDIE ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ

**งานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์**

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

สิรินธร จียาศักดิ์ (2554) ได้ศึกษาความพึงพอใจในการเรียน โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน โดยใช้แบบจำลองของ ADDIE MODEL โดยทำการสำรวจความต้องการจาก ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ 1 ท่านและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบางแก้วประชาสรรค์ จำนวน 20 คน และ กลุ่มตัวอย่างการทดสอบการใช้งานโปรแกรมสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์นี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 20 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ความคิดเห็นต่อโปรแกรมสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์นี้ทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมาก ซึ่งกล่าวได้ว่าการพัฒนาโปรแกรม สื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้แบบจำลองของ ADDIE MODEL ทำให้ได้โปรแกรมสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพ

สุนทรี เจกะวัฒนะ (2556) ได้ศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิกตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ใช้รูปแบบการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการเรียนการสอน ADDIE MODEL และกระบวนการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานซึ่งเนื้อหาที่ใช้ในการออกแบบการเรียนการสอน คือ วิชาการใช้โปรแกรมกราฟิก เรื่อง คอมพิวเตอร์กราฟิก ใช้โปรแกรม Adobe Photoshop โดยเริ่มจากการวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ การออกแบบการวิจัย ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายการจัดกระบวนการเรียนรู้ การกำหนดกระบวนการจัดการเรียนรู้ แล้วทำการพัฒนายุทธศาสตร์การเรียนรู้ เมื่อได้ต้นแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนแล้วจึงนำไปทดลองใช้ เป็นรายบุคคล จำนวน 3 คน นำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุง แล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มย่อย จำนวน 6 คน นำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขครั้งสุดท้าย ทำให้ได้กระบวนการจัดการเรียนรู้ คอมพิวเตอร์กราฟิก ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน แล้วทำการหาประสิทธิภาพโดยการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 จำนวน 27 คน ผลการวิจัยพบว่า ได้กระบวนการจัดการเรียนรู้ คอมพิวเตอร์กราฟิกตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) จำนวน 5 แผนการสอน กระบวนการจัดการเรียนรู้คอมพิวเตอร์กราฟิก ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน มีประสิทธิภาพ 88.11/ 89.07 และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ คอมพิวเตอร์กราฟิกตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วัชรพล วิบูลยศริน (2557) ได้ศึกษาหลักการออกแบบการสอนบนเว็บไซต์ตามแบบจำลอง ADDIE เพื่อการสอนสนทนาภาษาไทยเบื้องต้นสำหรับชาวต่างประเทศ ในการออกแบบการสอนบนเว็บไซต์ที่มีประสิทธิภาพควรดำเนินการตามแบบจำลอง ADDIE ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับในการออกแบบการเรียนการสอนจากนักศึกษาส่วนใหญ่ ดังนั้น บทความนี้จึงมุ่งสังเคราะห์แนวคิดและนำเสนอหลักการออกแบบการสอนบนเว็บไซต์ ตามแบบจำลอง ADDIE เพื่อการสอนสนทนาภาษาไทยเบื้องต้นสำหรับชาวต่างประเทศให้มีประสิทธิภาพ สูงสุด ตรงตามวัตถุประสงค์ของการเรียน

การสอน และตอบสนองความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน การสอนบนเว็บที่ได้จากการออกแบบตามแบบจำลองลองนี้สามารถนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน เพื่อเสริมทักษะการสนทนาภาษาไทยของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ไพศาล สิมาเลาเต่า และอุบลรัตน์ ศิริสุขโภคา (2558) พัฒนาโมเดลบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาโดยการใช้ปัญหาเป็นฐานเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นร่วมกับสื่อออนไลน์ที่หลากหลาย จากนั้นทำการทดสอบโมเดลบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยแบบจำลองของ ADDIE MODEL ในการสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์และสื่อออนไลน์ แล้วทดลองใช้ พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 จึงสรุปได้ว่าโมเดลบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการใช้ปัญหาเป็นฐานเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้จริง

Kim & Chung (2014) ได้พัฒนา Application ทางการศึกษาด้านประสาทสัมผัสสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้คุณค่าทางโภชนาการของเรียนชั้นประถมศึกษาประเทศเกาหลี โดยใช้รูปแบบการพัฒนา ADDIE เป็นฐาน พบว่า เนื้อหาของ Application และคู่มือสำหรับประสาทสัมผัสมีประสิทธิภาพ สามารถส่งเสริมการเรียนรู้คุณค่าทางโภชนาการของนักเรียนได้

Gunaydin & Karamete (2016) พัฒนากระบวนการสร้างจิตสำนึกการใช้ Smart Boards กรณีศึกษาการออกแบบและการพัฒนาวิธีการ โดยใช้ขั้นตอนของ ADDIE พบว่า ข้อความ, ภาพ, เสียงและสภาพโดยรวม กระบวนการสร้างจิตสำนึกการใช้ Smart Boards มีความสอดคล้องกันระหว่างดำเนินการกับการประยุกต์ใช้ ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากครูอาสาสมัครครูและผู้เข้าร่วมการศึกษาระบุว่าน่าสนใจและเป็นประโยชน์ในการสร้างจิตสำนึกการใช้ Smart Boards

Yuzen & Karamete (2016) พัฒนาโปรแกรมการฝึกฝนทางตัวเลขสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โปรแกรมภาษาอังกฤษ โดยใช้รูปแบบการพัฒนาด้วย ADDIE พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกกับการเรียนรู้การออกเสียงและการสะกดคำของตัวเลข ในรูปแบบที่มีการผสมผสานเกมเข้าไปในบริบทรูปแบบการจัดกิจกรรม

ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ADDIE MODEL เป็นกระบวนการในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการเรียนการสอน การพัฒนา Application การพัฒนาวิธีการสอน การสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์และสื่อออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพ และสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้

## แนวคิดเกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

### 1. ความสำคัญของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Crebert et al. (2011, p. 5) กล่าวถึงทักษะการแก้ปัญหาไว้ว่าเป็นทักษะที่ช่วยให้นักเรียน มีทักษะในการศึกษาวิชาอื่น ๆ ได้ดีและช่วยเพิ่มทักษะการใช้ชีวิตประจำวัน ทั้งในประเทศและต่างประเทศที่พัฒนา ประเทศเหล่านั้นให้ความสำคัญต่อการศึกษา เพราะการศึกษา คือเครื่องมือในการผลิตนักคิดที่มีทักษะสามารถสร้างนวัตกรรมในเศรษฐกิจโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และทักษะการแก้ปัญหามีความสำคัญมากในปัจจุบัน หากความสามารถในการแก้ปัญหาได้รับการพัฒนาในบริบทของการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการพัฒนาความรู้ความเข้าใจและประสิทธิภาพของการทำงาน โดยทักษะการแก้ปัญหาได้กำหนดให้

นักเรียนจะต้องมีเผชิญกับความซับซ้อนในการแก้ปัญหาที่ในสถานการณ์จริง นอกจากนี้ยังสนับสนุนให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ได้เรียนรู้มาแล้ว นำมาพัฒนารูปแบบนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์นั่นเอง ผลของการแก้ปัญหาที่ประสบความสำเร็จในองค์กร ได้แก่

1. การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรม
2. แสดงความเป็นอิสระและความคิดริเริ่มในการระบุปัญหาและการแนวทางแก้ปัญหา
3. การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในทีม
4. ใช้ช่วงของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา
5. ใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์รวมทั้งทักษะการแก้ปัญหาในการจัดทำงบประมาณและการจัดการทางการเงิน
6. นำกลยุทธ์จากการแก้ปัญหาในพื้นที่ปัญหา

การแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนต้องระบุและกำหนดปัญหาโดยใช้ตรรกะเช่นเดียวกับการคิดนอกกรอบและความคิดสร้างสรรค์ ในการที่นักเรียนเข้าถึงความรู้ความเข้าใจของปัญหาและสร้างความรู้และความเข้าใจใหม่ได้นั้นนกเรียนต้องมีความสามารถในการตัดสินใจที่ดีด้วย

**2. ความหมายของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

Mayer (1990, pp. 284–288) ได้ให้คำนิยามความหมายของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไว้ว่าเป็น “กระบวนการด้านการรับรู้ที่มุ่งเปลี่ยนแปลงสถานการณ์เฉพาะหน้าให้เป็นสถานการณ์ในเป้าหมาย เมื่อไม่มีวิธีการแก้ปัญหาที่แน่ชัดให้กับผู้แก้ปัญหา” ปัญหาส่วนใหญ่ที่นักจิตวิทยาได้ทำการศึกษาค้นคว้า จะแสดงผลที่ชัดเจนได้ก็ต่อเมื่อบรรลุเป้าหมายนั่นเอง

อีกนัยหนึ่งคือ การถ่ายโอนของข้อมูล ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับผลที่ดี (หรือไม่ดี) ของการเรียนรู้และการแก้ปัญหาจากประสบการณ์ที่ผ่านมาต่อภารกิจหรือปัญหาที่เกิดขึ้นโดยใช้ประโยชน์จากประสบการณ์และความรู้ในอดีตเพื่อช่วยในการหาคำตอบ กับภารกิจอย่างต่อเนื่อง มีความทับซ้อนที่มีเหตุผลระหว่างพื้นที่ของการถ่ายโอนและการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตาม การถ่ายโอนมีส่วนเกี่ยวข้องกับผลของการเรียนรู้มากกว่า

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหา หมายถึง ความรู้ที่ได้ถ่ายโอนจากอดีตมายังปัจจุบันที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

กล่าวโดยสรุป ทักษะการแก้ปัญหาเป็นการถ่ายโอนข้อมูลจากประสบการณ์การเรียนรู้ในอดีตและความเชี่ยวชาญ มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการ ซึ่งแต่ละคนสามารถสร้างทางเลือกของตัวเองขึ้นมา (คำตอบที่เป็นไปได้) และใช้ความสามารถและความรู้ของตนในการเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากทางเลือกทั้งหมดนั้น อย่างไรก็ตาม ดังที่เราจะได้เห็นกันว่า

การแก้ปัญหามีประเด็นหลัก คือ

(1) มีจุดประสงค์ (คือว่า มุ่งไปที่เป้าหมาย)

(2) ต้องอยู่ในกระบวนการที่มีการควบคุม และไม่ได้ขึ้นอยู่กับกระบวนการ ที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติอย่างสิ้นเชิง

(3) ปัญหาจะเกิดขึ้นเพื่อสร้างวิธีแก้ปัญหา

Branca (1980, pp. 3-8) ได้ให้ความหมายของทักษะการแก้ปัญหาไว้ 3 ประการ ดังนี้

1. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Problem Solvingas a Goal) ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นเหตุผลหนึ่งที่สำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนั้น ในการแก้ปัญหาจึงเป็นอิสระจากคำถามหรือปัญหาเฉพาะเจาะจงใด ๆ หรือวิธีการและเนื้อหาสาระใด ๆ

2. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นกระบวนการ (Problem Solving as Process) สิ่งที่ถือว่าสำคัญเมื่อการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการ คือ วิธีการ ยุทธวิธี หรือเทคนิคเฉพาะต่าง ๆ ที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาแบบต่าง ๆ กระบวนการแก้ปัญหาเหล่านี้จึงเป็นสาระสำคัญและเป็นเป้าหมายหลักของหลักสูตรคณิตศาสตร์

3. การแก้ปัญหาในฐานะเป็นทักษะพื้นฐาน (Problem Solving as a Basic Skill) เมื่อการแก้ปัญหาจัดเป็นทักษะพื้นฐาน การเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะของโจทย์ปัญหา แบบของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ควรรู้ จุดเน้นอยู่ที่สาระสำคัญของการแก้ปัญหาที่ทุกคนต้องเรียนรู้การเลือกปัญหาและเทคนิควิธีการแก้ปัญหาเหล่านั้น

National Council of Teachers of Mathematics : NCTM (2000, p. 52) กล่าวว่า การแก้ปัญหาคือชิ้นงานที่ทำโดยยังไม่รู้วิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบในทันที ในการหาคำตอบนักเรียนจะต้องใช้ประโยชน์จากความรู้ที่มีอยู่เหล่านั้นเพื่อนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องฝึกฝนบ่อย ๆ เพื่อที่จะพัฒนาและทำให้เกิดความรู้ใหม่ ๆ การแก้ปัญหาไม่ได้มีเป้าหมายในการหาคำตอบเพียงอย่างเดียวแต่ขึ้นอยู่กับวิธีการของการกระทำให้ได้มาของคำตอบ นักเรียนจะต้องหาโอกาสฝึกฝนอยู่เป็นประจำ รวมทั้งได้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นและให้มีการสะท้อนแนวคิดในการแก้ปัญหานั้นออกมาด้วยซึ่ง NCTMได้กำหนดมาตรฐานของการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนอนุบาลถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้

1. สร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์จากปัญหาต่าง ๆ
2. การแก้ปัญหานั้นได้บังเกิดขึ้นในคณิตศาสตร์และในบริบทอื่น ๆ
3. ประยุกต์และดัดแปลงยุทธวิธีอย่างหลากหลายในการแก้ปัญหา
4. ควบคุมและพิจารณาบนกระบวนการการแก้ปัญหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

Dossey and Jhon (2002, p. 72) ได้กล่าวถึงทักษะการแก้ปัญหาไว้ว่า คือกระบวนการโดยให้ตอบคำถามหรือการจัดการกับสถานการณ์ ปัญหาที่ยากและน่าเบื่อ สำหรับบุคคลหนึ่งอาจเป็นเรื่องปกติและการคำนวณที่คล่องแคล่วสำหรับอีกบุคคลหนึ่ง กระบวนการแก้ปัญหาจึงต้องใช้การสร้างองค์ความรู้ตามวิถีทางใหม่ ๆ หรือที่แตกต่างจากเดิม ใช้หลักในการวางแผนหรือยุทธวิธีที่จะนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ และการได้มาซึ่งความรู้ใหม่ที่เป็นไปได้เกี่ยวกับสถานการณ์นั้น ๆ กระบวนการนี้อาจจะยุ่งยากซับซ้อนขึ้นเมื่อมีความต้องการสร้างการเชื่อมโยง ซึ่งนักเรียนจะได้ประสบการณ์จากกระบวนการนี้และสามารถพัฒนายุทธวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

Burns (2007, p. 172) อธิบายถึงทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการคำนวณโดยใช้ทักษะการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยนักเรียนจะแปลความหมายจากประโยคและสัญลักษณ์เป็นตัวเลขแล้วดำเนินการคิดหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถและความชำนาญในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ทางสมอง ประสบการณ์ การเข้าใจปัญหา ตลอดจนความพยายามในการคิดคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ โดยการนำความรู้ ทักษะ

รวมถึงวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการหาคำตอบเมื่อกำหนดสถานการณ์หรือคำถามที่เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ มาให้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีการดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอนและจะต้องใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่ความสำเร็จในการหาผลลัพธ์

**3. การส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

Polya (1985, p. 225) ได้อธิบายถึง สิ่งที่สัมพันธ์กับความสามารถในทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งที่มีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ คือความรู้สึกเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของปัญหา ความเป็นไปได้ของคำตอบและกลวิธีต่าง ๆ เช่น การลองผิดลองถูก เป็นต้น

Sternberg (1986, pp. 41-78) ได้อธิบายถึงกระบวนการประมวลผลข้อมูลอย่างสมบูรณ์แบบ (Executive Information Processing) ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาสติปัญญาในการวางแผน การตรวจสอบ และการประเมินการแก้ปัญหา ตลอดจนการปฏิบัติที่เรียกว่า องค์ประกอบภาพรวม (Metacomponents) วิธีการนี้สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี โดยเสนอแนะไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนิยามธรรมชาติของปัญหา เป็นการทบทวนปัญหาเพื่อทำความเข้าใจ จากนั้นเป็นการตั้งเป้าหมาย และนิยามปัญหา เพื่อที่จะนำไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้

2. การเลือกองค์ประกอบ หรือขั้นตอนที่จะใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดขั้นตอนให้แต่ละขั้นตอนมีขนาดที่เหมาะสม ไม่กว้างเกินไป หรือไม่แคบเกินไป ขั้นแรกควรเป็นขั้นตอนที่ง่ายก่อน เพื่อเป็นการเริ่มต้นที่ดี ก่อนที่จะกำหนดขั้นตอนต่อไป ควรจะพิจารณารายละเอียดในแต่ละขั้นตอนให้ถี่ถ้วนก่อน

3. การเลือกยุทธวิธีในการจัดลำดับองค์ประกอบการแก้ปัญหาต้องแน่ใจว่าการเรียงลำดับขั้นตอนเป็นไปตามลักษณะธรรมชาติ หรือหลักเหตุผลที่จะนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ

4. การเลือกตัวแทนทางความคิดเกี่ยวกับข้อมูลของปัญหา ซึ่งต้องทราบรูปแบบความสามารถของตน ใช้ตัวแทนทางความคิดในรูปแบบต่าง ๆ จากความสามารถที่มีอยู่ ตลอดจนการใช้ตัวแทนจากภายนอกมาเพิ่มเติม

5. การกำหนดแหล่งข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ จะต้องมีการทุ่มเทเวลาให้กับการวางแผนอย่างรอบคอบ ใช้ความรู้ที่มีอยู่อย่างเต็มที่ในการวางแผน และการกำหนดแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ประโยชน์ มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงแผนและแหล่งข้อมูล เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการณ์ในทักษะการแก้ปัญหา และแสวงหาแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์จากแหล่งใหม่ๆ อยู่เสมอ

6. การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา ว่าเป็นวิธีการที่นำไปสู่เป้าหมายที่วางไว้หรือไม่

Heimer and Trueblood (1997, pp. 30-32) อธิบายถึง องค์ประกอบความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับภาษาหรือคำพูด สรุปได้ดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับศัพท์เฉพาะ
2. ความสามารถในการคำนวณ
3. ความสามามารถในการรวบรวมความรู้รอบตัว
4. ความสามารถในการรับรู้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่กำหนดให้มา
5. ความสามารถในการให้เหตุผลสำหรับคำตอบที่ตั้งจุดมุ่งหมายไว้
6. ความสามารถในการเลือกวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

7. ความสามารถในการค้นหาข้อมูลที่ขาดหายไป

8. ความสามารถในการเปลี่ยนปัญหาที่เป็นประโยคภาษาให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

Crebert et al. (2011, pp. 9 - 17) กล่าวถึงทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า นักเรียนจะต้องสามารถจะถ่ายโอนความสามารถในการแก้ปัญหาในบริบทหนึ่งเข้าสู่บริบทใหม่ที่มีความแตกต่างกัน และสถานการณ์บางแง่มุมของการแก้ปัญหาที่สามารถถ่ายโอนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการถ่ายโอนเป็นบริบทเฉพาะ ความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อสร้างช่วงของการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในการประเมินทางเลือก ก่อนที่จะเลือกและการดำเนินการในทางเลือกที่ดีสุด นักเรียนควรมีการเตรียมความพร้อมสำหรับการแก้ปัญหา ดังนี้

1. ก่อนที่จะกำหนดปัญหาที่จะได้รับ ต้องระบุรายละเอียดความต้องการของปัญหาที่กำหนดไว้

2. เปิดใจกว้างและมีความยินดีที่จะพิจารณาความคิดใหม่

3. ลดอคติของตนเองเพื่อทำการประเมินข้อเท็จจริงของปัญหา

4. การออกแบบปัญหาแนวทางแก้ปัญหา ตามความเหมาะสมของตนเอง

5. นักเรียนต้องพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาจากปัญหาในสถานการณ์ที่ต่าง ๆ

6. ท้าทายนักเรียนให้แสดงความเข้าใจและการใช้ทักษะที่มีความสำคัญในการแก้ปัญหา

7. ช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงความหลากหลายของทักษะทั่วไปอื่น ๆ ที่นักเรียนจะใช้ในระหว่างขั้นตอนการแก้ปัญหา (เช่นการทำงานเป็นทีม, การสื่อสาร, ทักษะการวิเคราะห์ ฯลฯ)

รูปแบบของปัญหาจะต้องใช้เวลาและวิธีการต่าง ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ที่สำคัญนักเรียนต้องรับรู้และตระหนักถึงความแตกต่างระหว่างกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหากับการปัญหาที่เกิดขึ้น

**4. ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya (1957, pp. 16-17) ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding Problem)

เป็นการมองไปที่ตัวปัญหาและพิจารณาว่าปัญหาต้องการอะไร ปัญหากำหนดอะไรให้บ้าง มีสาระความรู้ใดที่เกี่ยวข้องบ้าง คำตอบของปัญหาจะอยู่ในรูปแบบใด การทำความเข้าใจปัญหาอาจใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การเขียนรูป เขียนแผนภูมิ การเขียนสาระปัญหาด้วยถ้วยคำของตนเอง

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผน (Devising a Plan)

เป็นขั้นตอนการค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและตัวไม่รู้ค่า แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan)

เป็นขั้นตอนการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้โดยเริ่มจาก

การตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ (Looking Back)

เป็นขั้นตอนการให้มองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้แล้วพิจารณาว่ามีคำตอบหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาอย่างอื่นอีกหรือไม่

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544, หน้า 191-192) ได้สรุปขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ในการเริ่มต้นพัฒนานักเรียนให้มีทักษะในกระบวนการแก้ปัญหาไว้ว่า ผู้สอนต้องสร้างพื้นฐานให้นักเรียนเกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งมีอยู่ 4 ขั้นตอนก่อนแล้วจึงฝึกทักษะในการแก้ปัญหา กระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา หรือวิเคราะห์ปัญหา

ขั้นที่ 2 วางแผนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ หรือมองย้อนกลับ

ในกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนนี้ยังอาศัยทักษะอื่น ๆ ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา หรือวิเคราะห์ปัญหา ต้องอาศัยทักษะที่สำคัญและจำเป็นอีกหลายประการ เช่น ทักษะการอ่านโจทย์ปัญหา ทักษะการแปลความหมายทางภาษา ซึ่งนักเรียนควรแยกแยะได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรให้และโจทย์ต้องการให้หาอะไร หรือพิสูจน์ข้อความใด

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ต้องอาศัยทักษะใน การนำความรู้หลักการหรือทฤษฎีที่เรียนรู้มาแล้ว ทักษะในการเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสม เช่น เลือกใช้การเขียนรูป หรือแผนภาพ ตาราง การสังเกตหาแบบรูปหรือความสัมพันธ์ เป็นต้น ในบางปัญหาอาจใช้ทักษะในการประมาณค่า คาดการณ์ หรือคาดคะเนคำตอบประกอบด้วย ผู้สอนจะต้องหาวิธีฝึกวิเคราะห์แนวคิดในขั้นนี้ให้มาก

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา ต้องอาศัยทักษะในการคิดคำนวณหรือ การดำเนินการทางตัวเลข ทักษะในการพิสูจน์หรือการอธิบายและแสดงเหตุผล

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ หรือมองย้อนกลับ ต้องอาศัยทักษะในการคำนวณ การประมาณคำตอบการตรวจสอบผลลัพธ์ที่หาได้โดยอาศัยความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense) หรือความรู้สึกเชิงระบบ (Spatial Sense) ในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือปัญหา

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถสรุปขั้นตอนของการแก้ปัญหาได้ ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถบอกได้ว่าโจทย์ถามอะไร หรือโจทย์กำหนดให้อะไร

2. ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องพิจารณาว่าจะแก้ปัญหาด้วยวิธีการใดจะแก้ปัญหาอย่างไร เป็นการนำความรู้หรือหลักการต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา

3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา

4. ขั้นตรวจสอบ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนตรวจสอบผลลัพธ์และความถูกต้องของวิธีการแก้ปัญหา

**5. ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

NCTM (2000, p. 64) ได้เสนอยุทธวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

วิธีการแก้ปัญหามีความน่าสนใจในเรื่องกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งเป็นการพัฒนาวิธีการแก้ไขสิ่งที่ไม่รู้ ดังนั้น นักแก้ปัญหาที่ดีจะต้องอาศัย กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Process) นำมาใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ด้วยความระมัดระวังในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ และใช้คุณสมบัติที่เหมาะสมในการกำหนดปัญหาบนสถานการณ์พื้นฐานที่พบ โดยกำหนดปัญหาให้มีความหลากหลาย ผ่านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ซึ่งได้จากตัวอย่าง เช่น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นสนใจที่จะหาสูตรทำน้ำผลไม้ผสม ซึ่งมีส่วนผสมระหว่างน้ำกับน้ำผลไม้ เพื่อให้มีรสผลไม้มากขึ้น ซึ่งนักเรียนพยายามคิดวิธีที่แตกต่างกัน ถึงตอนนี้ครูช่วยให้นักเรียนเกิดการใช้ทักษะสัมพันธ์ร่วมกัน การกระทำดังนี้เป็นความสำคัญอันดับแรกที่จะนำไปสู่ความคิดรวบยอดที่สูงขึ้นไป นักเรียนต้องการที่จะพัฒนากรอบของยุทธวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งอาจใช้แผนภาพสังเกตหาแบบรูปหรือพยายามหาความหมายพิเศษ หรือเลือกใช้การตรวจสอบ ยุทธวิธีเหล่านี้ต้องการชี้แนะอย่างยิ่ง เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง อย่างไรก็ตามการใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาควรต้องมีความสอดคล้องกับหลักสูตรด้วย ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะเรียน ที่จะตรวจสอบและปรับปรุงยุทธวิธี ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมการสอนของครูมีบทบาทที่สำคัญยิ่งในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ครูต้องเลือกปัญหาที่ดึงดูดความสนใจของนักเรียน หาวิธีการ สถานการณ์แวดล้อมที่จะช่วยส่งเสริม ให้นักเรียนได้สำรวจ ลองผิดลองถูก แบ่งปันความล้มเหลว และความสำเร็จร่วมกัน ซึ่งครู ควรใช้คำถามนำเรื่อยไป ดังนั้นภายในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเชื่อมั่นและต้องการที่จะสำรวจปัญหาต่างๆ สามารถพิจารณาและตัดสินใจภายใต้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาของตนเองได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544, หน้า 191-195) ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ โดยการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีทักษะหรือกระบวนการแก้ปัญหาได้ ผู้สอนต้องให้โอกาสนักเรียนได้ฝึกคิดด้วยตนเองให้มาก โดยจัดสถานการณ์ปัญหาหรือเกมที่น่าสนใจ ท้าท้ายให้อยากคิด เริ่มด้วยปัญหาที่เหมาะกับศักยภาพของนักเรียนแต่ละคนหรือนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยอาจเริ่มด้วยปัญหาที่นักเรียนสามารถใช้ความรู้ที่เรียนมาแล้วมาประยุกต์ก่อน ต่อจากนั้นจึงเพิ่มสถานการณ์หรือปัญหาที่แตกต่างจากที่เคยพบมา สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถสูงผู้สอน ควรเพิ่มปัญหาที่ยากซึ่งต้องใช้ความรู้ที่ซับซ้อนหรือมากกว่าที่กำหนดไว้ในหลักสูตรให้นักเรียนได้ฝึกคิดด้วย เมื่อนักเรียนเข้าใจกระบวนการแล้ว การพัฒนาให้มีทักษะ ผู้สอนควรเน้นฝึกการวิเคราะห์แนวคิดอย่างหลากหลายในขั้นวางแผนแก้ปัญหาให้มาก เพราะเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญและยากสำหรับนักเรียนจากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น ยุทธวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นั้นจำเป็นต้องให้นักเรียนรู้จักขั้นตอนการแก้ปัญหา เลือกวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสมกับปัญหา และในการสอนของครูนั้นจะต้องมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้รู้จักคิดอยู่เสมอ เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียน

Burns (2007, pp. 19-21) ได้กล่าวไว้ว่า การเรียนรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์หรือรูปแบบในการแก้ปัญหาที่เป็นประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ปัญหานั้น กลยุทธ์เหล่านี้ไม่ได้เฉพาะเจาะจงแค่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เท่านั้น หากแต่ยังสามารถนำกลยุทธ์หรือรูปแบบในการแก้ปัญหามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ ได้อย่างหลากหลาย รูปแบบการแก้ปัญหาที่หลากหลายจากประสบการณ์เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา ดังต่อไปนี้

1. การมองหารูปแบบ
2. การสร้างตาราง
3. การทำรายการจัดระบบ
4. การแสดงออก
5. การวาดภาพ
6. การกำหนดจุดหมาย
7. การเดาและตรวจสอบ
8. การทำย้อนกลับ
9. การเขียนสมการ
10. การแก้ปัญหาง่าย ๆ หรือคล้ายกัน
11. การสร้างรูปแบบ

อย่างไรก็ตาม สิ่งสำคัญในการส่งเสริมการใช้กลยุทธ์หรือรูปแบบการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นให้กับนักเรียน ด้วยเหตุผลที่ว่าทำไมกลยุทธ์หรือรูปแบบการแก้ปัญหาต่าง ๆ จึงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพนั้น การสรุปในชั้นเรียนว่า กลยุทธ์เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถนำวิธีการกลยุทธ์ต่าง ๆ มาเป็นแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอาจใช้กลยุทธ์ที่แตกต่างกันหรือผสมผสานกันในจุดเด่นของกลยุทธ์ด้วย

**6. การประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

การประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เหมาะสมกับนักเรียนในปัจจุบันและเป็นทักษะการแก้ปัญหาที่ถูกต้องดังนี้

Crebert et al. (2011, p. 19) ได้เสนอทางเลือกสำหรับการประเมินทักษะการปัญหาวิธีการแบบดั้งเดิม โดยการประเมินการทำงานของนักศึกษา เช่น การตรวจสอบ เรียงความ การวิจัยโครงการ รายงานห้องปฏิบัติการ การนำเสนอปากเปล่า ฯลฯ เพื่อให้สอดคล้อง และเกิดทักษะด้านการปัญหาที่แท้จริงจะต้องมีการเสริมด้วยวิธีการอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับปัญหากับเป็นความจริงและการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน การออกแบบการประเมินการทักษะการแก้ปัญหาต้องคำนึงถึงขั้นตอน ในการประเมินการแก้ปัญหาที่ชัดเจนในการที่ระบุถึงทักษะจะได้รับจากการประเมินและวัตถุประสงค์ของการประเมิน

Rosli, Goldsby and Capraro (2013, pp. 54-60) นักคณิตศาสตร์ได้ทำการศึกษาวิจัยในทักษะการแก้ปัญหา เสนอแนะให้ครูผู้สอนทำการประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ผ่านผลงานของนักเรียน ที่มีความเข้าใจปัญหา การวางแผนกลยุทธ์ในการดำเนินการแก้ปัญหาและการมองย้อนกลับไปที่ปัญหา ขณะที่การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มุ่งเน้นไปที่วิธีการแก้ปัญหา นักคณิตศาสตร์หลายคนมีส่วนร่วมการแก้ปัญหาของนักเรียน เพื่อ

การพัฒนากลยุทธ์การเรียนการสอนที่เป็นนวัตกรรมและเครื่องมือในการประเมิน จากการใช้งานจริงของ Rubric ในการประเมินการแก้ปัญหาของนักเรียนชาวแอฟริกันอเมริกัน Open-Ended Tasks มี 5 ขั้น เป็นกลยุทธ์ที่กำหนดระดับความยากง่ายที่แตกต่างกันเพื่อประเมินความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากการแก้ปัญหา จากการศึกษา พบว่า นักเรียนมีการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการแบบองค์รวมการวิเคราะห์ นอกจากนี้นักเรียนยังใช้การอนุมาน นิรนัยและอุปนัยเหตุผลเพื่อทำการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เกณฑ์การให้คะแนนได้ประยุกต์รูปแบบ เพื่อประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เกณฑ์ Rubric ที่เน้นกระบวนการของการแก้ปัญหา สะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนตั้งแต่กับ 0 ถึง 4 คะแนน ผลการศึกษาพบว่ามีนักเรียนชาวอเมริกันแอฟริกันไม่กี่คนที่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา Open-eEnded Tasks การดำเนินการแก้ปัญหาของนักเรียนสามารถใช้กลยุทธ์ที่มี ความหลากหลาย วิธีการมีความยืดหยุ่นในการดำเนินการตรวจสอบและความสามารถในการจัดการกับข้อมูล

ดังนั้น การประเมินทักษะหรือความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับนักเรียนนั้น จะต้องใช้กลยุทธ์ที่มี ระดับความยากง่ายที่แตกต่างกันใช้เพื่อประเมินความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยการแก้ปัญหา จากการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่านักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการแบบองค์รวมโดยอาศัยการคิดวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนใช้วิธีการอนุมาน นิรนัยและอุปนัยเหตุผลเพื่อทำการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนนั้นควรประยุกต์รูปแบบเกณฑ์ Rubric ในการประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่เน้นกระบวนการของการแก้ปัญหา และสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน

**7. งานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับทักษะหรือความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

มะลิวรรณ โคตรศรี (2548) ได้ศึกษาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถ ในการแกปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 3 พบว่า นักเรียนจะมีความสามารถในการแกปัญหาทางคณิตศาสตรมากนอยเพียงใดขึ้นอยูกับตัวแปรหลายตัวไมใชตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเท่านั้น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของผูวิจัย ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแกปัญหาทางคณิตศาสตร์มี 5 ตัวแปร ไดแก่ แรงจูงใจใฝสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์แบบการคิดความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติตอวิชาคณิตศาสตรและความรูพื้นฐานเดิมทางคณิตศาสตร โดยความรูพื้นฐานเดิมทางคณิตศาสตรมีอิทธิพลทางออมตอความสามารถในการแกปญหาทางคณิตศาสตรผานทางแรงจูงใจใฝสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางออมต่อความสามารถในการแกปญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านทางแรงจูงใจใฝสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แบบการคิดและความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์แสดงว่า นักเรียนที่มีความรูพื้นฐานเดิมทางคณิตศาสตร์สูงจะมีแรงจูงใจใฝสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์และนักเรียนที่มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์จะมีแรงจูงใจใฝสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง มีแบบการคิดแบบเป็นอิสระจากสิ่งรอบข้าง มีความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์น้อย ทำใหมีความสามารถในการแกปญหาทางคณิตศาสตร์ไดดี

วิติญา มัณฑุสินธุ์, เสรี ชัดแช้ม และ รุ่งฟ้า กิติญาณุสันต์ (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจำวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความจำตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานด้วยวิธีการสร้างความเชื่อมโยงในการจดจำ และวิธีการแรงจูงใจด้วยการจดจำการให้รางวัล มีความสามารถจำวิธีการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ดีกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้ตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ทุกกลุ่มมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

Ung, สุชาดา กรเพชรปาณี และ พูลพงศ์ สุขสว่าง (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของการกำกับตนเองและการรับรูความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในราชอาณาจักรกัมพูชาพบว่า การรับรูความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางตรงเชิงลบต่อตัวแปรความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ –.496 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ส่วนตัวแปรวิธีการคิดอภิมานวิธีการทางปัญญา และวิธีการกำกับความพยายาม มีอิทธิพลทางออมต่อตัวแปรความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยส่งผ่านตัวแปรการรับรู้ ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ โดยมีอิทธิพลเชิงบวกกับตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ .565, .280 และ .631 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.001

Perrine (2001) ได้ศึกษาผลกระทบของการแก้ปัญหาพื้นฐานในการสอนคณิตศาสตร์ของการให้เหตุผลที่เกี่ยวกับสัดส่วนของครู ในการพัฒนาการให้เหตุผลในเรื่องสัดส่วนมีความสำคัญในการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์นั้น ครูผู้สอนต้องมีวิธีการสอนที่น่าสนใจเพื่อดึงดูดนักเรียนทำให้เข้าใจในบทเรียนมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา ในการเรียน 1 ภาคเรียน จะต้องมีการเก็บคะแนน การเพิ่มขึ้นของคะแนนจะมีผลต่อการเรียนในปีต่อไป มีผู้เข้าร่วมในการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 187 คน มีวิทยากรจำนวน 6 ท่าน หนึ่งในนั้นเป็นครูประจำชั้นซึ่งสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชั้นเรียนได้ ใน 187 คนนี้ เมื่อถึงภาคเรียนที่ 2 มีนักเรียน 108 คน ประสบปัญหาในการสอบปลายภาค และในต้นภาคเรียนที่ 3 ผลรวมแสดงออกมาให้เห็นว่าการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลมีนัยสำคัญทางสถิติ การแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลเป็นปัจจัยหลักในการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ ครูต้องมีวิธีการสอนที่แตกต่างไปจากการสอนแบบเดิมก่อนที่นักเรียนไม่เคยเจอมาก่อน

William (2003) ได้วิจัยเกี่ยวกับการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาว่า สามารถช่วยเสริมการทำงานแก้ปัญหาได้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่กำลังเริ่มต้นเรียนพีชคณิตจำนวน 42 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 22 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้การเขียนตามขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนโดยใช้การแก้ปัญหาตามขั้นตอนแต่ไม่ต้องฝึกเขียน มีการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองสามารถทำงานแก้ปัญหาได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม และนักเรียนกลุ่มทดลองมีการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาได้เร็วกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม จากการสัมภาษณ์นักเรียนในกลุ่มทดลองพบว่า นักเรียนจำนวนร้อยละ 75 มีความพอใจในกิจกรรมการเรียนและนักเรียนจำนวนร้อยละ 80 บอกว่ากิจกรรมการเขียนจะช่วยให้เขาเป็นนักแก้ปัญหาที่ดีขึ้นได้

Zhu (2007) ได้วิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงการแก้ปัญหา เพศ ความเชื่อมั่น และรูปแบบของการแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัยมี 3 แบบ ด้วยกัน คือ แบบวัดกระบวนการแก้ปัญหา แบบวัดความเชื่อมั่น และแบบวัดรูปแบบของการให้เหตุผล (พิจารณาจากความสามารถ ความพยายามและความช่วยเหลือจากผู้อื่น) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชายชอบแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากกว่านักเรียนหญิง นักเรียนหญิงมีรูปแบบของการให้เหตุผลที่นำไปสู่ความสำเร็จดีกว่านักเรียนชาย และไม่มีความแตกต่างระหว่างในด้านความเชื่อมั่นทางคณิตศาสตร์เข้าใจความสามารถเชื่อมโยงในปัญหาหรือทฤษฎีบท แล้วนำไปใช้ในการพิสูจน์

Levesque (2011) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ในระดับปริญญาตรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา เพื่อแก้ปัญหานักเรียนที่มีความต้องการที่จะเข้าใจในแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ต้นเหตุของปัญหา ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการวิเคราะห์แนวความคิดที่แตกต่างกัน การพัฒนาความสามารถนี้ต้องอาศัยการปฏิบัติถ้านักเรียนไม่เคยเผชิญกับความท้าทายในการใช้ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ในการวิเคราะห์ปัญหาที่เขาหรือเธอเผชิญ เขาหรือเธอจะไม่สามารถพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นอิสระ การเผชิญกับปัญหา เป็นวิธีการที่จะส่งเสริมให้นักศึกษาทุกคนสามารถประยุกต์ความคิดอย่างมีวิจารณญาณไปใช้ในการแก้ปัญหา ระหว่างการบรรยาย พบว่า ผลการเรียนรู้ของนักเรียนวิชาชีววิทยามีความเข้าใจแนวคิดเพิ่มขึ้น เมื่อนักศึกษาได้รับการส่งเสริมให้มีส่วนร่วมการแก้ปัญหาร่วมกันในระหว่างการบรรยาย ทั้งการเรียนการสอนแบบกลุ่มย่อยและกลุ่มใหญ่

Panadura (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากการใช้คอมพิวเตอร์ ในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในการดำเนินการทดลองแบบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลที่ได้ พบว่า การให้นักเรียนสะท้อนพฤติกรรมการเรียนรู้ของตนเอง จากอุปสรรคในการแก้ปัญหาเป็นวิธีหนึ่งที่จะเพิ่มการควบคุมตนเองของนักเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

Lemaire and Leclère (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาทางตัวเลข การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อจะทำความเข้าใจวิธีการการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคำนวณในกลุ่มช่วงอายุที่ต่างกัน ส่งผลต่อการสร้างรูปแบบของการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ จากการศึกษาทำให้เข้าใจว่าเด็กและผู้ใหญ่มีการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนตามหลักปัญหาทางคณิตศาสตร์ และมีวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาแตกต่างกันตามอายุผู้เข้าร่วม

Rosli et al. (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินทักษะการแก้ปัญหาและการกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน สรุปได้ว่า เครื่องมือที่เหมาะสมในการตรวจสอบทักษะการแก้ปัญหาและการกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ ควรใช้ Rubric เป็นเครื่องมือที่ประสิทธิภาพและเหมาะสมในการตรวจสอบความสามารถของนักเรียน

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น เกี่ยวกับความสามารถในการแกปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหรือตัวแปรหลายตัว ซึ่งส่งผลต่อต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน การประมวลผลจำนวน ระบบการคิดคำนวณ ความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์

เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความรูพื้นฐานเดิมทางคณิตศาสตร์ ดังนั้น ในการออกแบบและพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้ออกแบบสามารถสอดแทรกความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้าไปในเกมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ลดความวิตกกังวลในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และเกิดเจตคติที่ดีในรายวิชา เนื่องจากการนำเกมคอมพิวเตอร์มาใช้สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริง ได้เผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยไม่ได้รู้สึกว่าตนเองถูกบังคับให้เรียน แต่เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้ด้วยตนเอง ตามความพร้อมของตนเอง การทำกิจกรรมในเกมคอมพิวเตอร์จะสำเร็จเร็วหรือช้าขึ้นกับความสามารถของนักเรียนเอง นักเรียนเกิดความท้าทายในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านการเล่นเกม ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกสนานและอยากเล่นเกมนั้นต่อไปจนกว่าจะสามารถแก้ไขปัญหาที่กำลงเผชิญได้สำเร็จและในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านเกมคอมพิวเตอร์ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรูพื้นฐานเดิมทางคณิตศาสตร์ในการประมวลผลจำนวน ผ่านระบบการคำนวณเพื่อให้สามารถปฏิบัติกิจกรรมตามที่เกมกำหนดให้สำเร็จ

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และ 2) ศึกษาผลของการนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

**ตอนที่ 1** การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ตาม กระบวนการ ADDIE ดังนี้

1. การวิเคราะห์เกมคอมพิวเตอร์ (Analysis)
2. การออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ (Design)
3. การสร้างเกมคอมพิวเตอร์ (Development)
4. การนำเกมคอมพิวเตอร์ไปทดลองใช้ (Implementation)
5. การประเมินผลเกมคอมพิวเตอร์ (Evaluation)

**ตอนที่ 2** การนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ ประกอบด้วย

1. กลุ่มอาสาสมัคร
2. แบบแผนการดำเนินการทดลอง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. วิธีดำเนินการทดลอง
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

## ตอนที่ 1 การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด (Abstract Code Model: ACM) ตามแนวคิดของ McCloskey (1992 cited in Campbell & Epp, 2005, p. 348) ซึ่งเป็นรูปแบบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลข มี 3 องค์ประกอบ คือ ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร (Comprehension) การคำนวณ (Calculation) และระบบแสดงผลลัพธ์ (Number Production System) มีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การวิเคราะห์โมเดลแอบสแตรกโคดในกิจกรรมเกมคอมพิวเตอร์

| เกมคอมพิวเตอร์ | โมเดลแอบสแตรกโคด | | |
|---|---|---|---|
| | **ความเข้าใจสัญลักษณ์** | **การคำนวณ** | **การแสดงผลลัพธ์** |
| **เกมปาเป้า** | กระบวนการประมวลผลตัวเลข: ทำความเข้าใจรหัสความหมายเชิงปริมาณ (Semantic Quantity Code) เพื่อที่จะนำเข้ารหัส (Encode) ในรูปของจำนวนเต็ม | เชื่อมโยงกับการเข้าใจในทฤษฎี กฎ นิยามของการบวกจำนวน ทำให้เกิดการถ่ายโอนสู่การแก้ปัญหาจากการเรียกข้อมูลมาคำนวณ | คำตอบได้จากการหาผลบวกของแต้มที่จำนวนเต็มได้จากการปาเป้าสะสมในช่องแก้โจทย์ช่วยเก็บค่าที่ได้ โดยจะต้องมีคำตอบแต้มตรงกับจำนวนเต็มในโจทย์ที่ได้จากการสุ่ม |
| **เกมเครื่องดื่ม** | กระบวนการประมวลผลตัวเลข: ทำความเข้าใจรหัสความหมายเชิงปริมาณ (Semantic Quantity Code) เพื่อที่จะนำเข้ารหัส (Encode) ในรูปของเศษส่วนที่ได้จากการสุ่ม | เชื่อมโยงกับการเข้าใจในทฤษฎี กฎ นิยามของเศษส่วน อัตราส่วน ทำให้เกิดการถ่ายโอนสู่ การแก้ปัญหาจากการเรียกข้อมูลมาคำนวณ | คำตอบได้จากการคำนวณเศษส่วน ประกอบด้วย<br>- แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ปริมาณของเศษส่วนจากการเลื่อนแท็บขึ้นลงให้มีปริมาณตรงกับเศษส่วนที่ได้จากการสุ่ม<br>- คำตอบที่เป็นร้อยละที่มีค่าตรงกับเศษส่วนที่ได้จากการสุ่ม |
| **เกมฟาร์ม (The Farm)** | กระบวนการประมวลผลตัวเลข: ทำความเข้าใจรหัสความหมายเชิงปริมาณ (Semantic Quantity Code) เพื่อที่จะนำเข้ารหัส (Encode) ในรูปของทศนิยมไม่เกิน 2 ตำแหน่งที่ได้จากการสุ่ม | เชื่อมโยงกับการเข้าใจในทฤษฎี กฎ นิยามของปริมาณของจำนวนตรรกยะ การเปรียบเทียบทำให้เกิดการถ่ายโอนสู่การแก้ปัญหาจากการเรียงลำดับจำนวนตรรกยะ | คำตอบได้จากการเรียงลำดับทศนิยมไม่เกิน 2 ตำแหน่ง แบ่งเป็น<br>- เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก<br>- เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย |

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

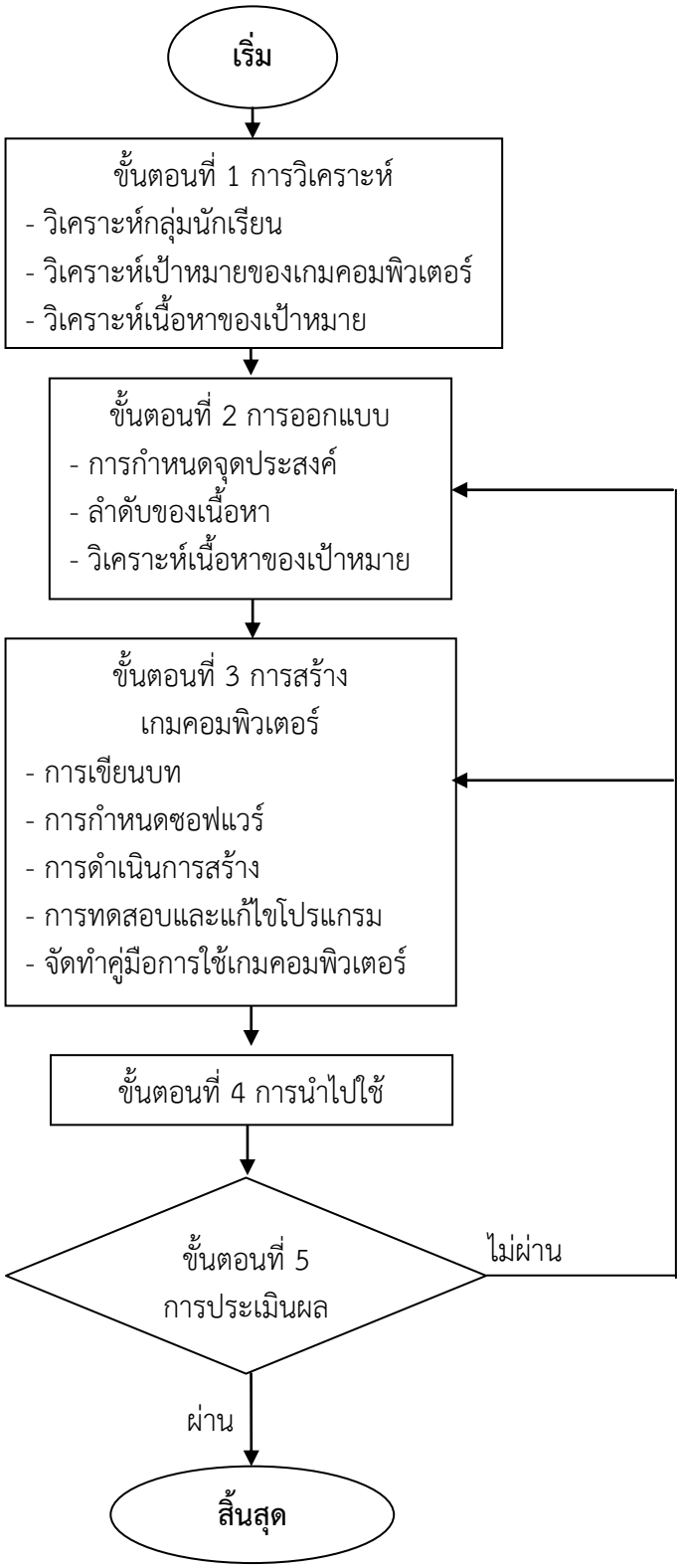
| เกมคอมพิวเตอร์ | โมเดลแอบสแตรกโคด | | |
|---|---|---|---|
| | **ความเข้าใจสัญลักษณ์** | **การคำนวณ** | **การแสดงผลลัพธ์** |
| **เกมบวกจำนวน** | กระบวนการประมวลผลตัวเลข : ทำความเข้าใจรหัสความหมายเชิงปริมาณ (Semantic Quantity Code) เพื่อที่จะนำเข้ารหัส (Encode) ในรูปของเศษส่วนที่ได้จากการสุ่ม | เชื่อมโยงกับการเข้าใจในทฤษฎี กฎ นิยามของการบวกเศษส่วน ความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนกับจำนวนเต็มและทศนิยม ทำให้เกิดการถ่ายโอนสู่การแก้ปัญหาจากการเรียกข้อมูลมาคำนวณ | คำตอบได้จากการหาผลบวกของเศษส่วนโดยมีผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มและทศนิยม 1 ตำแหน่ง |
| **เกมเครื่องหมาย** | กระบวนการประมวลผลตัวเลข: ทำความเข้าใจรหัสความหมายเชิงปริมาณ (Semantic Quantity Code) เพื่อที่จะนำเข้ารหัส (Encode) ในรูปของจำนวนเต็ม และความหมายของเครื่องหมาย บวก ลบ คูณและหาร | เชื่อมโยงกับการเข้าใจในทฤษฎี กฎ นิยามของการหาผลบวก ลบ คูณ และหารจำนวนเต็ม ทำให้เกิดการถ่ายโอนสู่การแก้ปัญหาจากการเรียกข้อมูลมาคำนวณ | คำตอบได้จากการหาผลบวก ลบ คูณและหาร โดยมีผลลัพธ์จำนวนที่มีค่าใกล้ 0 |

จากตารางที่ 3-1 ผู้วิจัยได้นำผลจากการวิเคราะห์โมเดลแอบสแตรกโคด ประกอบด้วย ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร (Comprehension) การคำนวณ (Calculation) และระบบการแสดงผลลัพธ์ (Number Production System) ซึ่งมีระบบในการทำงาน คือ ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร จะทำหน้าที่ในการเข้ารหัส (Encode) และนำเข้า (Input) ข้อมูลเชิงตัวเลขที่แตกต่างกันและเป็นข้อมูลที่เป็นนามธรรม เข้าสู่กระบวนการการคิดคำนวณ อันเป็นขั้นตอนของการนำความรู้พื้นฐานด้านตัวเลข ข้อเท็จจริงด้านตัวเลข กฎ นิยามต่าง ๆ มาใช้ในการการคิดคำนวณ เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์หรือคำตอบที่ถูกต้อง โดยกระบวนการคิดคำนวณที่เป็นขั้นตอนการคำนวณตัวเลขในใจ ซึ่งเป็นการรับข้อมูลเข้ามาทั้งหมด จากนั้นข้อมูลจะถูกเปลี่ยนเป็นข้อมูลเชิงเดี่ยวเพื่อให้ผู้คำนวณดำเนินการเองในใจ และแปลผลออกมาเป็นรูปแบบของผลลัพธ์ที่ถูกต้องนำมาใช้ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และกระบวนการในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดล

แอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยใช้กระบวนการ ADDIE ซึ่งมี
5 ขั้นตอน คือ

1) A- Analyze (ขั้นตอนการวิเคราะห์)
2) D - Design (ขั้นตอนการออกแบบ)
3) D - Develop (ขั้นตอน การพัฒนา)
4) I - Implement (ขั้นตอนการนำไปใช้)
5) E - Evaluation (ขั้นตอนประเมิน)

ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ดังภาพที่ 3-1




ภาพที่ 3-1 ลำดับขั้นตอนการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ตามกระบวนการ ADDIE

จากลำดับขั้นตอนการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ตามกระบวนการ ADDIE สามารถอธิบายกระบวนการในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์เกมคอมพิวเตอร์ (Analysis) ดำเนินการวิเคราะห์ในประเด็นต่อไปนี้

1.1 วิเคราะห์กลุ่มนักเรียน (Students Analysis)

วิเคราะห์กลุ่มนักเรียนโดยใช้ข้อมูลจากเอกสารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน โรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา ในการหาความแตกต่างระหว่างบุคคล ระดับความรู้พื้นฐาน บุคลิกลักษณะพิเศษ ความสนใจ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นแนวทางการกำหนดรูปแบบการเรียนรู้ให้เหมาะผู้เรียน และจากการศึกษาข้อมูลพบว่า นักเรียนมีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ ฐานะทางเศรษฐกิจของผู้ปกครองอยู่ในระดับปานกลาง ผู้ปกครองส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรม ทำไร่ ทำนา ทำสวน นักเรียนมีปัญหาเรื่องการปรับตัวในการอยู่ร่วมกับผู้อื่น ต้องการการยอมรับจากเพื่อน ขาดความสนใจและขาดความกระตือรือร้นในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียน นักเรียนสนใจกับการใช้สื่อออนไลน์ โดยเฉพาะการเล่นเกมทางอินเตอร์เน็ต ชื่นชอบความตื่นเต้นและท้าทายในการเรียน ชอบการแข่งขัน ใช้เวลาในการทำกิจกรรมผ่านสื่อสังคมออนไลน์เป็นเวลานาน พฤติกรรมดังกล่าวข้างต้นทำให้นักเรียนมีพฤติกรรมเสี่ยงต่อการติดเกม จะเห็นได้ว่านักเรียนโรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยาใช้เวลาในการทำกิจกรรมผ่านสื่อสังคมออนไลน์ค่อนข้างมาก ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นแนวทางในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการศึกษา โดยมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข ผ่านการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และได้เล่นไปพร้อมกัน อีกทั้งนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ เกิดความคิดรวบยอด มีทักษะทางคณิตศาสตร์ มีความสามารถทางตัวเลข และมีทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังที่ สุชีรา วิบูลย์สุข และนิตยาภรณ์ บุญสวัสดิ์ (2558, หน้า 75 – 76) กล่าวถึงรูปแบบการเรียนรู้ผ่านการเล่นเกมคอมพิวเตอร์นั้น เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกปฏิบัติ ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนให้สามารถเรียนรู้ได้อย่างมีความสุข

1.2 วิเคราะห์เป้าหมายของเกมคอมพิวเตอร์ (Target Analysis)

วิเคราะห์เป้าหมายของเกมคอมพิวเตอร์ โดยดำเนินการศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระที่ 1 เรื่อง จำนวน และ การดำเนินการ อีกทั้งคุณภาพของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ระบุว่ามุ่งให้นักเรียน “มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริง มีความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม ใช้การประมาณค่าในการดำเนินการและแก้ปัญหา และนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนไปใช้ในชีวิตจริงได้ ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม” ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 มาตรฐาน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

| มาตรฐาน | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ |
|---|---|---|
| **ค 1.1** เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง | ระบุหรือยกตัวอย่าง และเปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ ศูนย์ เศษส่วนและทศนิยม | -จำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ ศูนย์ เศษส่วนและทศนิยม<br>- การเปรียบเทียบจำนวนเต็ม เศษส่วนและทศนิยม |
| | จำแนกจำนวนจริงที่กำหนดให้และยกตัวอย่างจำนวนตรรกยะและจำนวนอตรรกยะ | จำนวนตรรกยะ และจำนวนอตรรกยะ |
| | ใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละในการแก้โจทย์ปัญหา | อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ และการนำไปใช้ |
| **ค 1.2** เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา | บวก ลบ คูณ หารจำนวนเต็ม และนำไปใช้แก้ปัญหา ตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ อธิบายผล ที่เกิดขึ้นจากการบวก การลบการคูณ การหาร และบอกความสัมพันธ์ของการบวกกับการลบ การคูณกับการหารของจำนวนเต็ม | - การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนเต็ม<br>- โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนเต็ม |
| | บวก ลบ คูณ หารเศษส่วนและทศนิยม และนำไปใช้แก้ปัญหา ตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ | - การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วนและทศนิยม<br>- โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเศษส่วนและทศนิยม |
| **ค 1.3** ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา | ใช้การประมาณค่าในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมรวมถึงใช้ในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้จากการคำนวณ | การประมาณค่าและการนำไปใช้ |
| **ค 1.4** เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้ | นำความรู้และสมบัติเกี่ยวกับจำนวนเต็มไปใช้ในการแก้ปัญหา | การนำความรู้และสมบัติเกี่ยวกับจำนวนเต็มไปใช้ |
| | บอกความเกี่ยวข้องของจำนวนจริง จำนวนตรรกยะ และจำนวนอตรรกยะ | จำนวนตรรกยะ และจำนวนอตรรกยะ |

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 3-2 สามารถสรุปเป้าหมายของเกมคอมพิวเตอร์ว่ามุ่งให้นักเรียนมีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริง มีความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ

สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม ใช้การประมาณค่าในการดำเนินการ และแก้ปัญหา และนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนไปใช้ในชีวิตจริงได้ ใช้วิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาใช้ความรู้ ทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม เพื่อนำมาเป็นกรอบเนื้อหาในการสร้างเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

1.3 วิเคราะห์เนื้อหาของเป้าหมาย (Content Analysis)

การนำเกมคอมพิวเตอร์มาใช้ทางการศึกษาสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นนักเรียนจำเป็นต้องเรียนรู้เนื้อหาที่สำคัญ คือ จำนวนและการดำเนินการ (Numberical And Operations) ซึ่งมีเนื้อหาย่อยเกี่ยวกับ ความคิดรวบยอด (Concept) และความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense) สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง (Properties of Real Numbers) การดำเนินการของจำนวน (Operations of Numbers) อัตราส่วน (Ratio) และร้อยละ (Percent)

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ (Design)

จากขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์กลุ่มนักเรียน วิเคราะห์เป้าหมายของเกมคอมพิวเตอร์และเนื้อหาในการกำหนดเป้าหมาย นำมาใช้เป็นข้อมูลในขั้นตอนการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบไปด้วยลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 การกำหนดจุดประสงค์ (The Objectives) ดำเนินการกำหนดจุดประสงค์ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ครั้งนี้ คือเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถและความชำนาญในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ทางสมองเพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโมเดลแอบสแตรกโคด ด้วยการทำความเข้าใจกับปัญหาและสามารถดึงความรูต่าง ๆ ที่อยู่ในความจำระยะยาวมาใช้เพื่อคิดคำนวณแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของผลลัพธ์ ที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะคิด (Working Memory)

2.2 ลำดับของเกมคอมพิวเตอร์ (Sequence) การเลือกลำดับของเกมคอมพิวเตอร์จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เกี่ยวกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด เพื่อกำหนดเนื้อหาในการสร้างและพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ให้มีความสอดคล้องในกลุ่มสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งประกอบด้วยองค์ความรู้ทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้ที่กำหนดให้นักเรียนต้องเรียน โดยมีเป้าหมายของการเรียนเพื่อการนำความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาการดำเนินชีวิตและศึกษาต่อ การมีเหตุมีผล มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ สามารถพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ และสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ดังนี้

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

การจัดลำดับของเกมคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะนำไปสร้างและพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาที่จะนำมาสร้างและพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นเนื้อหา ในสาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ (Numberical And Operations: NAO) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งมีลำดับเกมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

2.2.1 เกมปาเป้า

2.2.2 เกมเครื่องดื่ม

2.2.3 เกมฟาร์ม

2.2.4 เกมบวกจำนวน

2.2.5 เกมเครื่องหมาย

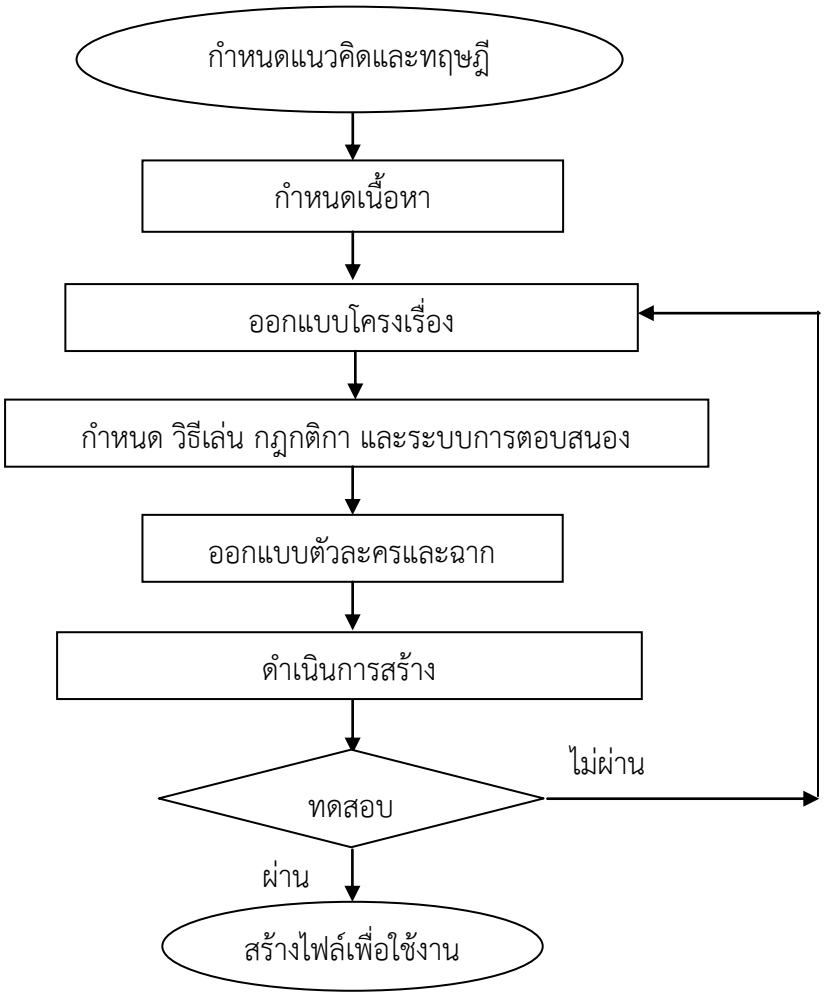
มาเป็นโครงร่างในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในเกมคอมพิวเตอร์

2.3 การกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ (Learning Activities) การกำหนดกิจกรรมในการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากการเล่นเกมคอมพิวเตอร์เริ่มต้นจาก เกมปาเป้า เกมเครื่องดื่ม เกมฟาร์ม เกมบวกจำนวน และเกมเครื่องหมาย ตามลำดับ แล้ววนเล่นซ้ำ อีกรอบ ทำกิจกรรมในชั่วโมงซ่อมเสริม จำนวน 28 ชั่วโมง

2.4 สื่อ (Intermediary) ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2.5 กำหนดแผนผังบทเรียน (Lesson Flowchart)

ผู้วิจัยได้กำหนดแผนผังบทเรียน เพื่อวางแผนดำเนินการ ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอน ดังกล่าวข้างต้นและดำเนินการออกแบบโครงเรื่อง กำหนดวิธีการเล่น กฎ กติกา ออกแบบตัวละครและฉาก ดำเนินการสร้างโคดคำสั่ง และดำเนินการทดสอบเกมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อหาข้อบกพร่อง หากพบว่า ผลการทดสอบยังมีปัญหาหรือข้อบกพร่อง ผู้วิจัย ทำการตรวจสอบย้อนกลับไปตั้งแต่เริ่มต้นเพื่อค้นหาข้อบกพร่องแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด หากผลการทดสอบไม่พบปัญหาหรือข้อบกพร่อง จึงดำเนินการสร้างไฟล์เกมคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อทดลองใช้ในขั้นต่อไป สามารถสรุปขั้นตอนการสร้างเกมคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3-2




ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการสร้างเกมคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างเกมคอมพิวเตอร์ (Development)

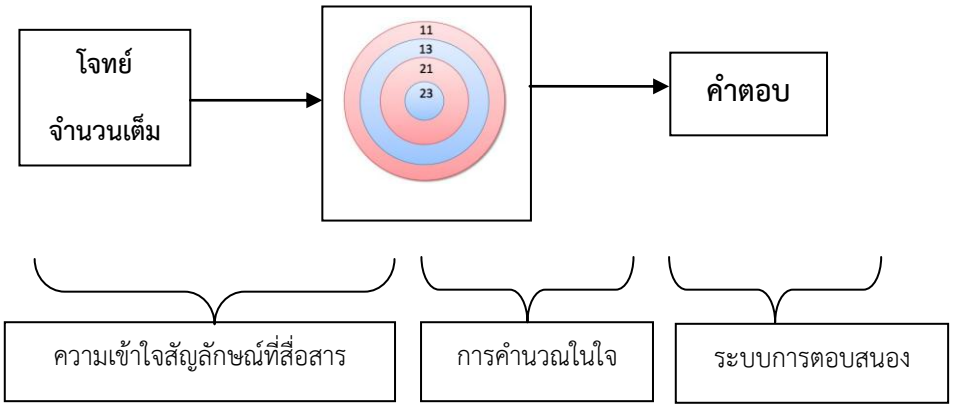
จากขั้นตอนที่ 2 การออกแบบเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดจุดประสงค์ กำหนดลำดับของเกมคอมพิวเตอร์ กำหนดแผนผังบทเรียน กำหนดสื่อที่ใช้ในการศึกษาและการกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ ดำเนินการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ตามขั้นตอนดังนี้

3.1 การเขียนบท (Scripting) ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหา เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ (NAO) โดยตั้งชื่อโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ว่า “NAO” เนื้อหาที่ใช้ประกอบด้วย ความคิดรวบยอด (Concept) และความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense) สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง (Properties of Real Numbers) การดำเนินการของจำนวน (Operations of Numbers) อัตราส่วน (Ratio) และร้อยละ (Percent) ได้เกมคอมพิวเตอร์ทั้งหมด 5 เกม ประกอบด้วย เกมปาเป้า เกมเครื่องดื่ม เกมฟาร์ม เกมบวกจำนวน และเกมเครื่องหมาย โดยมีรายละเอียดโครงเรื่อง ดังนี้

**เกมปาเป้า (Darts)**

โครงเรื่อง: ยิงเป้าโดยใช้กระสุนน้อยที่สุดที่ทำให้ผลรวมของคะแนนเท่ากับ 90 ให้ได้จำนวนข้อให้ได้มากที่สุดมากที่สุด

เนื้อหา: ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง และการดำเนินการของจำนวน

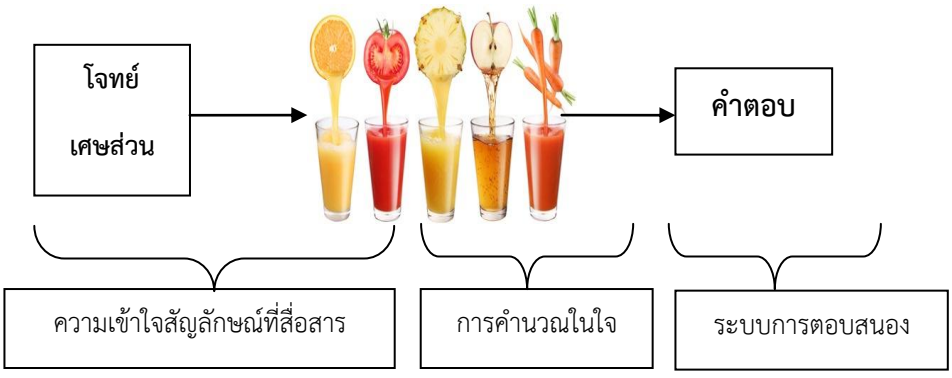



ภาพที่ 3-3 ตัวอย่างโครงเรื่องและเนื้อหาของเกมปาเป้า (Darts)

**เกมเครื่องดื่ม (Beverage)**

โครงเรื่อง: ให้นักเรียนเปลี่ยนเศษส่วนที่กำหนดให้เป็นร้อยละให้ได้จำนวนข้อมากที่สุด

เนื้อหา: สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง อัตราส่วนและร้อยละ




ภาพที่ 3-4 ตัวอย่างโครงเรื่องและเนื้อหาของเกมเครื่องดื่ม (Beverage)

**เกมฟาร์ม (The Farms)**

โครงเรื่อง: ให้นักเรียนเรียงลำดับจำนวนต่อไปนี้จากน้อยไปหามาก และจากมากไปหาน้อย ให้ได้จำนวนข้อมากที่สุด

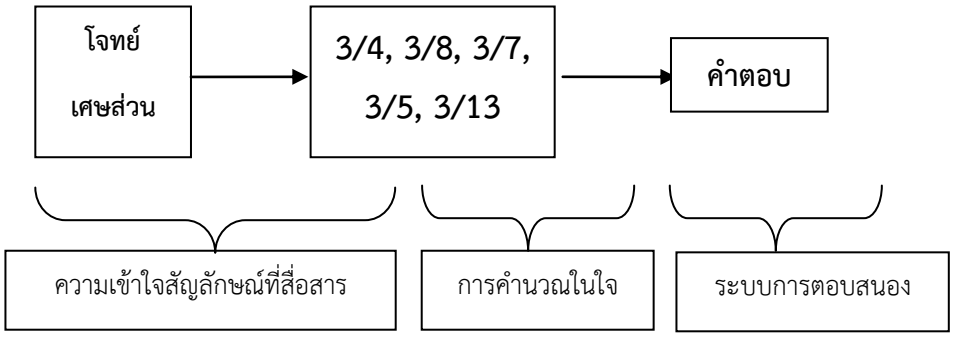
เนื้อหา: ความคิดรวบยอด ความรู้สึกเชิงจำนวนและสมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง

ภาพที่ 3-5 ตัวอย่างโครงเรื่องและเนื้อหาของเกมฟาร์ม (The Farms)

**เกมบวกจำนวน (Addition)**

โครงเรื่อง: ให้นักหาผลรวมจำนวนต่อไปนี้ ให้ได้จำนวนข้อให้ได้มากที่สุดมากที่สุด

เนื้อหา: การดำเนินการของจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริงและอัตราส่วน

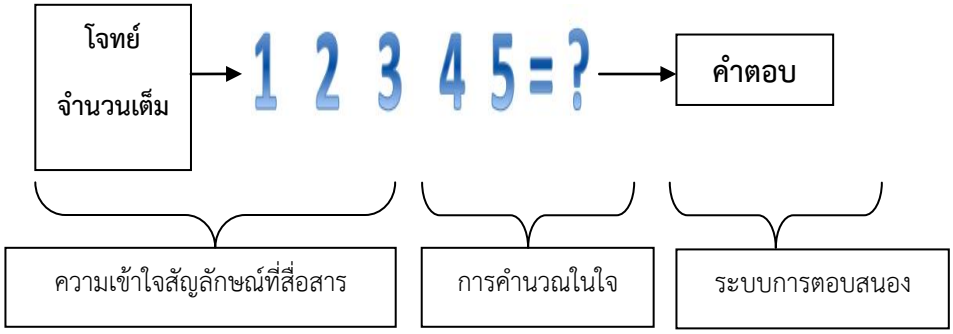



ภาพที่ 3-6 ตัวอย่างโครงเรื่องและเนื้อหาของเกมบวกจำนวน (Addition)

**เกมเครื่องหมาย (Operating)**

โครงเรื่อง: กำหนดเลขโดดห้าจำนวนใช้สัญลักษณ์ +, -, xและ / มีค่าใกล้ 0 มากที่สุดโดยไม่ใช้วงเล็บและใช้ตัวเลขและเครื่องหมายเพียงครั้งเดียว ให้ได้จำนวนข้อให้ได้มากที่สุดมากที่สุด

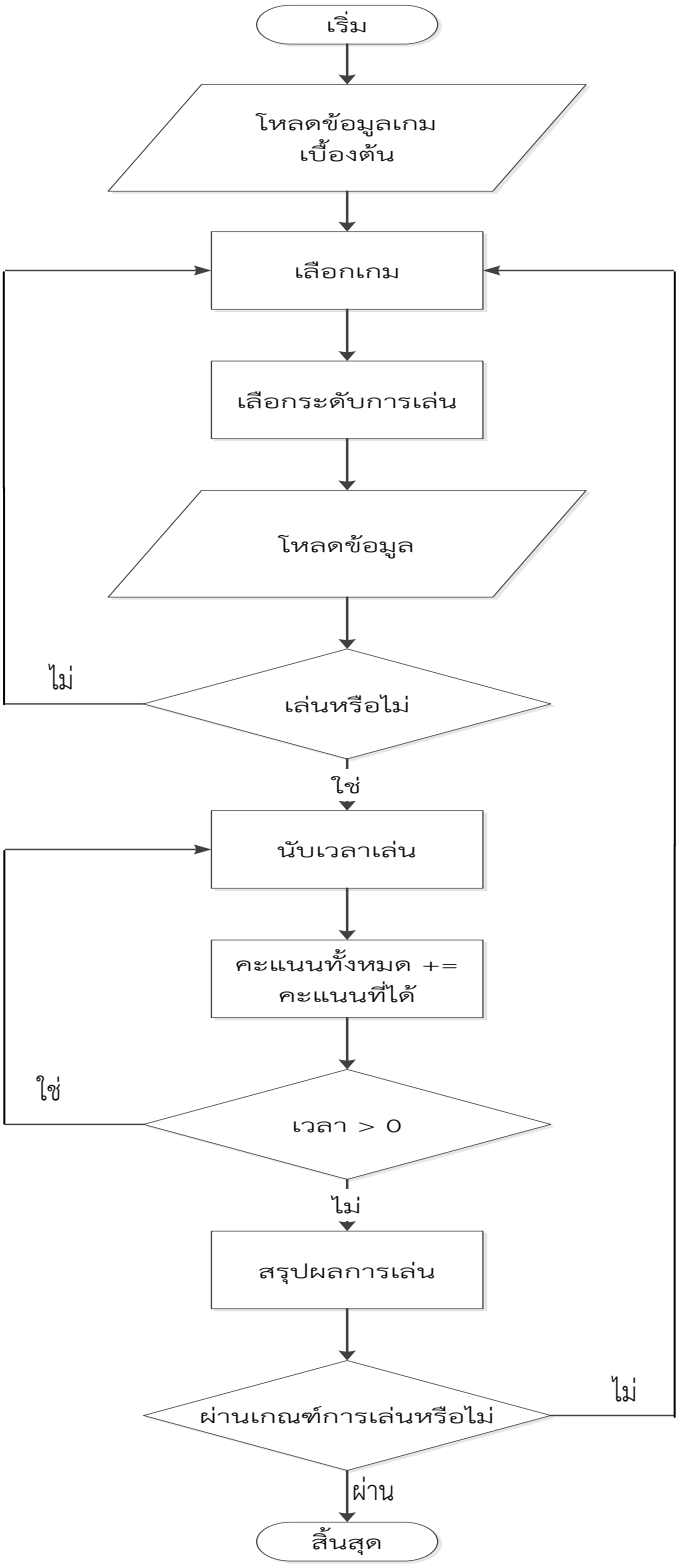
เนื้อหา: ความคิดรวบยอด ความรู้สึกเชิงจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริงและการดำเนินการของจำนวน




ภาพที่ 3-7 ตัวอย่างโครงเรื่องและเนื้อหาของเกมเครื่องหมาย (Operating)

จากนั้น นำโครงเรื่องเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นทั้ง 5 เกม ประกอบด้วย เกมปาเป้า เกมเครื่องดื่ม เกมฟาร์ม เกมบวกจำนวน และเกมเครื่องหมายนำไปเขียน Code คำสั่งของโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์ต่อไป

3.2 การกำหนดซอฟแวร์ (Programming) ในการสร้างโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์ในครั้งนี้ บนระบบปฏิบัติการบน Windows 8 ชุดคำสั่ง (Software) โปรแกรม Adobe Flash Professional CC 2014 – 2015 ด้วย Code คำสั่ง ภาษา Action Script 3 (AS3) จากนั้น นำโครงเรื่องเกมไปสร้างงานกราฟิก โปรแกรมนำเสนอแฟ้มเสียง และวีดีทัศน์ประกอบบทเรียน กำหนดขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3-8




ภาพที่ 3-8 ขั้นตอนการทำงานของเกมคอมพิวเตอร์

3.3 การดำเนินการสร้างเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นทั้ง 5 เกม ได้แก่ เกมปาเป้า เกมเครื่องดื่ม เกมฟาร์ม เกมบวกจำนวน และเกมเครื่องหมาย มีรายละเอียดในการสร้างเกมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

3.3.1 เกมปาเป้า (Darts) มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เล่นได้ปาเป้าตัวเลขให้มีผลรวมตัวเลขเท่ากับโจทย์ที่กำหนด ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดให้ใช้จำนวนลูกดอกน้อยที่สุดปาไปยังเป้าตัวเลขให้ได้ผลบวกของผลลัพธ์ เท่ากับตัวเลขที่สุ่มขึ้น ให้ได้ตัวเลขที่สุ่มได้ให้มากที่สุด ภายใต้เวลา 90 วินาที ซึ่งประกอบด้วยระดับการเล่น ดังนี้ ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกหลักเดียว ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกสองหลัก ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มหลักเดียว ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มสองหลัก เกมปาเป้ามีส่วนประกอบ ดังนี้

1) โจทย์ เป็นการกำหนดตัวเลขเป้าหมายโดยการสุ่ม แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้
   ระดับที่ 1 กำหนดช่วงการสุ่มตัวเลข ตั้งแต่ 10 ถึง 30
   ระดับที่ 2 กำหนดช่วงการสุ่มตัวเลข ตั้งแต่ 20 ถึง 50
   ระดับที่ 3 กำหนดช่วงการสุ่มตัวเลข ตั้งแต่ -30 ถึง -10
   ระดับที่ 4 กำหนดช่วงการสุ่มตัวเลข ตั้งแต่ -50 ถึง -20
2) เป้า เป็นวงกลม แบ่งเป็น 25 ช่อง แต่ละช่องมีตัวเลขในการสุ่ม แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้
   ระดับ 1 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกหลักเดียว
   ระดับ 2 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกสองหลัก
   ระดับ 3 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มหลักเดียว
   ระดับ 4 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มสองหลัก
3) ลูกดอก สำหรับใช้ในการปาเป้าตัวเลข
4) ช่องแก้โจทย์ มีไว้เพื่อแสดงผลรวมคะแนนในการปาเป้าแต่ละครั้ง
5) ปุ่มย้อนกลับ มีไว้เพื่อกลับไปเลือกเมนูระดับเกมปาเป้า
6) “เวลา” แสดงเวลาที่นับถอยหลัง
7) “โจทย์ที่” แสดงจำนวนโจทย์ที่แก้ได้

ส่วนประกอบของเกมปาเป้า (Darts) ดังแสดงในภาพที่ 3.9

ภาพที่ 3-9 ตัวอย่างของเกมปาเป้า (Darts)

3.3.2 เกมเครื่องดื่ม (Beverage) มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เล่นเปลี่ยนจำนวนที่อยู่ในรูปเศษส่วนให้เป็นร้อยละ ภายใต้เงื่อนไขเวลาที่จำกัด ให้ได้ตัวเลขที่สุ่มได้ให้ได้มากที่สุด ซึ่งประกอบด้วยระดับการเล่น ดังนี้ จำกัดเวลา 90 วินาที และ 60 วินาที เกมเครื่องดื่มมีส่วนประกอบ ดังนี้

1) โจทย์ เป็นการกำหนดตัวเลขเศษส่วนโดยการสุ่ม 3 จำนวน ในช่องสีเขียว สีเหลืองและสีส้ม

2) แท่งแก้วร้อยละ 3 แท่ง สีเขียว สีเหลืองและสีส้ม โดยในแต่ละแท่งมีปุ่มให้เลื่อนขึ้นลงแสดงผลลัพธ์ที่อยู่ในรูปร้อยละ

3) ปุ่มเครื่องหมายถูก

4) ปุ่มย้อนกลับ มีไว้เพื่อกลับไปเลือกเมนูระดับเกมเครื่องดื่ม

5) “เวลา” แสดงเวลาที่นับถอยหลัง

6) “โจทย์ที่” แสดงจำนวนโจทย์ที่แก้ได้

ส่วนประกอบของเกมเครื่องดื่ม (Beverage) ดังแสดงในภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3-10 ตัวอย่างของเกมเครื่องดื่ม (Beverage)

3.3.3 เกมฟาร์ม (The Farms) มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เล่นเปรียบเทียบจำนวนจากน้อยไปหามาก และจากมากไปหาน้อย ภายใต้เวลาที่จำกัด ให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ซึ่งประกอบด้วยระดับการเล่น ดังนี้ เรียงลำดับจำนวนจากน้อยไปหามากและเรียงลำดับจำนวนจากมากไปหาน้อย เกมฟาร์มมีส่วนประกอบ ดังนี้

1) โจทย์ เป็นการกำหนดจำนวนโดยการสุ่ม 6 จำนวน ในช่องที่มาพร้อมกับรูปสัตว์

2) ประตูกรง

3) ปุ่มย้อนกลับ มีไว้เพื่อกลับไปเลือกเมนูระดับเกมเครื่องดื่ม

4) “เวลา” แสดงเวลาที่นับถอยหลัง

5) “โจทย์ที่” แสดงจำนวนโจทย์ที่แก้ได้

ส่วนประกอบของเกมฟาร์ม (The Farms) ดังแสดงในภาพที่ 3.11

ภาพที่ 3-11 ตัวอย่างของเกมฟาร์ม (The Farms)

3.3.4 เกมบวกจำนวน (Addition) มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เล่นหาผลรวมของเศษส่วนของภายใต้เวลาที่จำกัด ให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ซึ่งประกอบด้วยระดับการเล่น ดังนี้ จำกัดเวลา 90 วินาที 60 วินาที และ 30 วินาที เกมบวกจำนวนมีส่วนประกอบ ดังนี้

1) โจทย์ เป็นการกำหนดเศษส่วนโดยการสุ่ม 12 จำนวน
2) “คำตอบ” สำหรับเติมคำตอบ
3) ปุ่มย้อนกลับ มีไว้เพื่อกลับไปเลือกเมนูระดับเกมบวกจำนวน
4) “เวลา” แสดงเวลาที่นับถอยหลัง
5) “โจทย์ที่” แสดงจำนวนโจทย์ที่แก้ได้

ส่วนประกอบของเกมบวกจำนวน (Addition) ดังแสดงในภาพที่ 3.12

ภาพที่ 3-12 ตัวอย่างของเกมบวกจำนวน (Addition)

3.3.5 เกมเครื่องหมาย (Operating) มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เล่นคิดคำนวณโดยใช้ความคิดรวบยอด ความรู้สึกเชิงจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริงและการดำเนินการของจำนวน ภายใต้เวลาที่จำกัด ให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ซึ่งประกอบด้วยระดับการเล่น ดังนี้ จำกัดเวลา 90 วินาที 60 วินาที และ 30 วินาที เกมเครื่องหมายมีส่วนประกอบ ดังนี้

1) โจทย์ เป็นการกำหนดจำนวนเต็ม โดยการสุ่ม 5 จำนวน

2) “คำตอบ” แสดงผลลัพธ์

3) ปุ่มย้อนกลับ มีไว้เพื่อกลับไปเลือกเมนูระดับเกมเครื่องหมาย

4) “เวลา” แสดงเวลาที่นับถอยหลัง

5) “โจทย์ที่” แสดงจำนวนโจทย์ที่แก้ได้

ส่วนประกอบของเกมเครื่องหมาย (Operating) ดังแสดงในภาพที่ 3.13

ภาพที่ 3-13 ตัวอย่างของเกมเครื่องหมาย (Operating)

3.4 การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม เป็นขั้นตอนการตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้นว่าทำงานถูกต้องตรงตามความต้องการของผู้ใช้ หรือตรงตามลักษณะการใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นหรือไม่ เป็นการทดสอบความผิดพลาด (Errors) ที่อาจเกิดขึ้นได้จากการเขียนโปรแกรม มีดังนี้

3.4.1 Syntax Error ความผิดพลาดที่เกิดจากการใช้คำสั่งผิดรูปแบบที่ภาษานั้นกำหนด เช่น การลืมประกาศตัวแปร การเขียนคำสั่งผิด เช่น คำสั่ง (while) เป็น (WHILE)

3.4.2 Logic Error ความผิดพลาดที่เกิดจากการที่โปรแกรมทำงานผิดไปจากขั้นตอนที่ควรจะเป็น เช่น การตรวจสอบเงื่อนไขผิดไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ คำนวณค่าได้คำตอบไม่ถูกต้อง หรือ ทำงานผิดลำดับขั้นตอน เป็นต้น

3.4.3 System Design Error ความผิดพลาดที่เกิดจากการที่โปรแกรมทำงานได้ไม่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้

3.5 จัดทำคู่มือการใช้เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย การแนะนำเกม ขั้นตอนและวิธีการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ รายละเอียดดัง ภาคผนวก จ

3.6 การประเมินผลเพื่อปรับปรุง (Formative Evaluation) เป็นนำเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ไปทดลองใช้กับเรียนจำนวน 5 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ทดลองเล่นทั้ง 5 เกม เพื่อหาข้อผิดพลาดของเกม พบว่า เกมบวกจำนวน มีเนื้อหาค่อนข้างยาก ผู้วิจัยได้นำข้อผิดพลาดของเกมดังกล่าวมาปรับแก้โจทย์ จำนวนของเศษส่วนไม่เกิน 15 เพื่อให้มีความยากง่ายเหมาะสมกับ

ความสามารถของนักเรียนและนอกจากนี้ยังเพิ่ม เวลาให้เป็น 3 ระดับ คือ 90 วินาที 60 วินาที และ 30 วินาที สามารถเขียนแผนผังโครงสร้างเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ดังภาพที่ 3-14

ขั้นตอนที่ 4 การนำเกมคอมพิวเตอร์ไปทดลองใช้ (Implementation)

ในการทดลองใช้เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา จำนวน 10 คน เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 14 วัน วันละ 1 ชั่วโมง พบว่า ขนาดตัวอักษรที่ใช้ในแต่ละเกมมีขนาดเล็ก จึงเพิ่มขนาดตัวอักษรให้ใหญ่ขึ้น จากนั้นนำไปทดลองใช้อีกครั้งกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา จำนวน 20 คน เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 28 วัน วันละ 1 ชั่วโมง

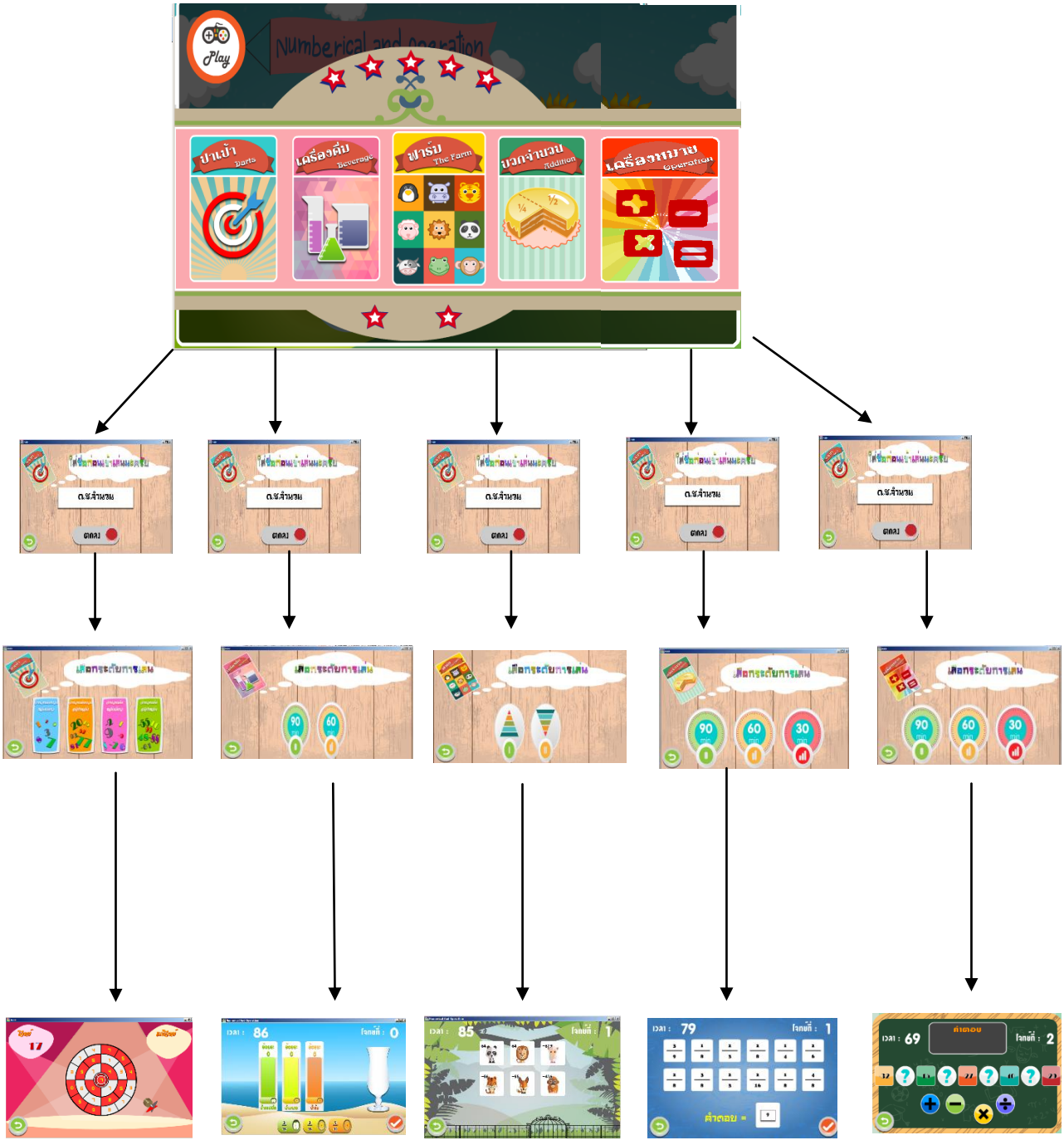
จากนั้นให้นักเรียนทำการประเมินเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในประเด็นดังนี้

1) ด้านลักษณะทั่วไปของเกมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ง่ายและสะดวก มีความเหมาะสมในการใช้งาน มีความเหมาะสมของขนาดรูป มีความสัมพันธ์ของภาพประกอบ

2) ด้านภาพรวมเกมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เกมคอมพิวเตอร์ครอบคลุมในการปฏิบัติกิจกรรม ภาษาที่ใช้ในเกมคอมพิวเตอร์อ่านแล้วเข้าใจง่าย เกมคอมพิวเตอร์มีภาพประกอบที่ชัดเจน เกมคอมพิวเตอร์มีภาพประกอบที่เหมาะสม เกมคอมพิวเตอร์มีเสียงประกอบที่เหมาะสม

3) ด้านคู่มือเกม ได้แก่ รูปแบบคู่มือน่าสนใจ น่าอ่าน เนื้อหาของคู่มืออ่านแล้วเข้าใจง่าย ความรู้จากคู่มือ สามารถนำไปใช้ได้ (รายละเอียดดังภาคผนวก ง ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยผู้ใช้งาน หน้า 137) เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขตามปัญหาที่พบจริงจากการนำไปทดลอง

**แผนผังเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**




ภาพที่ 3-14 แผนผังโครงสร้างเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลเกมคอมพิวเตอร์ (Evaluation)

การประเมินผลเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และเหมาะสมน้อยที่สุด แบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ 2) ด้านการดำเนินการตามขั้นตอน 3) ด้านลักษณะทั่วไปของเกมคอมพิวเตอร์ 4) ด้านภาพรวมของเกมคอมพิวเตอร์ และ 5) ด้านคู่มือการใช้เกมคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดแต่ละด้าน ดังนี้

1) ด้านการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย

ด้านตัวอักษร ได้แก่ ขนาดตัวอักษร รูปแบบตัวอักษร ชนิดของตัวอักษร และสีของตัวอักษร

ด้านภาพ ได้แก่ การสื่อความหมายของภาพ และขนาดของภาพที่แสดง

ด้านสี ได้แก่ ความแตกต่างของสีพื้นกับตัวอักษรและภาพ ความสวยงามไม่ฉูดฉาด สบายตา และความแตกต่างของสีข้อความ

2) ด้านการดำเนินการตามขั้นตอนของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับเนื้อหา กิจกรรมมีความน่าสนใจ ส่งเสริมให้ผู้เล่นมีความกระตือรือร้นในการฝึก กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้ง่าย กิจกรรมมีความเหมาะสมกับระยะเวลา กิจกรรมมีกระบวนการเรียนรู้เรียงลำดับจากง่ายไปหายาก มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติกิจกรรมและกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เล่น (13-15 ปี)

3) ด้านลักษณะทั่วไปของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย การใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ง่ายและสะดวก มีความเหมาะสมกับการใช้งาน มีความเหมาะสมของขนาดรูป มีความสัมพันธ์ของภาพประกอบ

4) ด้านภาพรวมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย เกมคอมพิวเตอร์มีเนื้อหาครอบคลุมในการปฏิบัติกิจกรรม ภาษาที่ใช้ในเกมคอมพิวเตอร์อ่านแล้วเข้าใจง่าย เกมคอมพิวเตอร์มีภาพประกอบที่ชัดเจน เกมคอมพิวเตอร์มีภาพประกอบที่เหมาะสม และเกมคอมพิวเตอร์มีเสียงประกอบที่เหมาะสม

5) ด้านคู่มือการใช้เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย รูปแบบคู่มือน่าสนใจ น่าอ่าน เนื้อหาของคู่มืออ่านแล้วเข้าใจง่ายและความรู้จากคู่มือสามารถนำไปใช้ได้

ในการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์ ได้กำหนดเกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสม 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และ น้อยที่สุด โดยกำหนดเกณฑ์ในการให้น้ำหนักคะแนน ดังนี้

มากที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 5
มาก มีค่าคะแนนเท่ากับ 4
ปานกลาง มีค่าคะแนนเท่ากับ 3
น้อย มีค่าคะแนนเท่ากับ 2
น้อยที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 1

การแปลความหมายระดับความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| คะแนนเฉลี่ย | 4.21 - 5.00 | หมายถึง | มีความเหมาะสมมากที่สุด |
| คะแนนเฉลี่ย | 3.41 - 4.20 | หมายถึง | มีความเหมาะสมมาก |
| คะแนนเฉลี่ย | 2.61 - 3.40 | หมายถึง | มีความเหมาะสมปานกลาง |
| คะแนนเฉลี่ย | 1.81 - 2.60 | หมายถึง | มีความเหมาะสมน้อย |
| คะแนนเฉลี่ย | 1.00 - 1.80 | หมายถึง | มีความเหมาะสมที่สุด |

รายนามผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ที่ประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พูลพงศ์ สุขสว่าง วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

3. ดร.ปรัชญา แก้วแก่น วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโดยผู้เชี่ยวชาญ มีรายละเอียด ดังนี้ (รายละเอียดดังปรากฏในภาคผนวก ง)

1) ด้านการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย ด้านตัวอักษร ได้แก่ ขนาดตัวอักษร รูปแบบตัวอักษร ชนิดของตัวอักษร และสีของตัวอักษร ในภาพรวม มีความเหมาะสมในระดับมาก ด้านภาพ ได้แก่ การสื่อความหมายของภาพ และขนาดของภาพที่แสดง ในภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมาก และด้านสี ได้แก่ ความแตกต่างของสีพื้นกับตัวอักษรและภาพ ความสวยงาม ไม่ฉูดฉาด สบายตา และความแตกต่างของสีข้อความในภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

2) ด้านการดำเนินการตามขั้นตอนของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับเนื้อหา กิจกรรมมีความน่าสนใจ ส่งเสริมให้ผู้เล่นมีความกระตือรือร้นในการฝึก กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้ง่าย กิจกรรมมีความเหมาะสมกับระยะเวลา

กิจกรรมมีกระบวนการเรียนรู้เรียงลำดับจากง่ายไปหายาก มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติกิจกรรม และกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เล่น (13-15 ปี) ในภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

3) ด้านลักษณะทั่วไปของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย การใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ง่ายและสะดวก มีความเหมาะสมกับการใช้งาน มีความเหมาะสมกับขนาดของรูป มีความสัมพันธ์ของภาพประกอบ ในภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

4) ด้านภาพรวมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย เกมคอมพิวเตอร์ครอบคลุมในการปฏิบัติกิจกรรม ภาษาที่ใช้ในเกมคอมพิวเตอร์อ่านแล้วเข้าใจง่าย เกมคอมพิวเตอร์มีภาพประกอบที่ชัดเจน เกมคอมพิวเตอร์มีภาพประกอบที่เหมาะสม และเกมคอมพิวเตอร์มีเสียงประกอบที่เหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

5) ด้านคู่มือการใช้เกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย รูปแบบคู่มือน่าสนใจ น่าอ่าน เนื้อหาของคู่มืออ่านแล้วเข้าใจง่ายและความรู้จากคู่มือสามารถนำไปใช้ได้ ในภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมาก

ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การดำเนินการตามขั้นตอนของเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ลักษณะทั่วไปของเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ภาพรวมของเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และด้านคู่มือเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ปรากฏว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นเกี่ยวกับเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นว่ามีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด แสดงว่า เกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นอกจากผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น ผู้เชี่ยวชาญยังได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1) เกมที่ออกแบบมามีปัญหาคือ เล่นค่อนข้างยากเนื่องจากระบบสัมผัสของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ไม่ดี

2) ขนาดของตัวอักษรเกี่ยวกับคำชี้แจงมีขนาดเล็ก ควรปรับให้มีขนาดใหญ่

3) ระยะเวลาในบางเกมน้อยเกินไปควรปรับเวลาให้เหมาะสม

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

## ตอนที่ 2 การนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้

การนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ โดยการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม มีรายละเอียด ดังนี้

**1. กลุ่มอาสาสมัคร**

กลุ่มอาสาสมัคร เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อายุระหว่าง 12 – 15 ปี โรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา อำเภอวังหิน จังหวัดศรีสะเกษ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ซึ่งเป็นผู้ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกดังนี้

1.1 เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-3

1.2 อายุระหว่าง 12 – 15 ปี

1.3 ไม่จำกัดเพศ

1.4 เป็นนักเรียนที่มีสุขภาพปกติ

1.5 สายตาปกติ

1.6 มีความถนัดมือขวา

1.7 ได้รับคำยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรในการเข้าร่วมการทดลองจากผู้ปกครอง

1.8 สามารถเข้าร่วมกิจกรรมฝึกได้ครบทุกเกม

กลุ่มอาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกจำนวนทั้งสิ้น 80 คน ทำการสุ่มอย่างง่าย มาจำนวน 60 คน จากนั้นจับฉลากเข้ากลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ จำนวน 30 คน และกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม จำนวน 30 คน

**2. แบบแผนการดำเนินการทดลอง**

การวิจัยนี้ได้ออกแบบการวิจัยเป็นกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม ทดสอบก่อนกับหลังการฝึก (Pretest – posttest Control group design) (Edmonds & Kennedy, 2013, p. 27) ดังนี้

| | กลุ่ม | ทดสอบ | สิ่งทดลอง | ทดสอบ |
|---|---|---|---|---|
| R | E | $O_1$ | $X_1$ | $O_2$ |
| | C | $O_1$ | $X_2$ | $O_2$ |
| | | Time → | | |

เมื่อ

E แทน กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์

C แทน กลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม

$O_1$ แทน การทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลอง

$X_1$ แทน การใช้เกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

$X_2$ แทน การเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม

$O_2$ แทน การทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังการทดลอง

**3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล**

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) มีเกมคอมพิวเตอร์พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดังนี้

3.1 แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีรายละเอียดขั้นตอนการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย ดังนี้

3.1.1 ในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นชนิดเติมคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว จำนวน 40 ข้อ ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับ ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ และการแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

3.1.2 ปรับปรุงข้อคำถามในแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและบริบทของผู้เข้าสอบ กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นแบบเติมคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว จำนวน 40 ข้อ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

3.1.3 นำแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์ในการให้คะแนนที่สร้างเสร็จแล้ว เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประกอบด้วย 1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา 2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พูลพงศ์ สุขสว่าง วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา และ 3) ดร.ปรัชญา แก้วแก่น วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ และคัดเลือกข้อสอบจำนวน 40 ข้อ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) ตั้งแต่ 0.67 ถึง 1.00 แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตาม ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

3.1.4 นำแบบทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) มาทดสอบกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา อำเภอวังหิน จังหวัดศรีสะเกษ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 100 คน เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ และตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางทางคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์

3.1.5 นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์เป็นรายข้อโดยพิจารณาจากดัชนีค่าความยากง่าย ดัชนีค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงของแบบทดสอบโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

3.1.6 คัดเลือกแบบทดสอบเฉพาะข้อที่มีค่าความยากง่าย โดยมีผลจากการหาค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง .21 - .80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ .21 ขึ้นไป เหลือข้อสอบจำนวน

ทั้งสิ้น 35 ข้อ มีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.82 เพื่อนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป (ดังภาคผนวก ค ค่าความยากและอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น)

3.2 กระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) จำนวน 30 เครื่อง มีคุณสมบัติ ดังนี้

3.2.1 ยี่ห้อ OMISA รุ่น OPAD 203

3.2.2 RAM 512 MB

3.2.3 ROM 4 GB

3.2.4 ขนาดหน้าจอ 7 นิ้ว

3.2.5 ระบบปฏิบัติการ Android 4.2

**4. วิธีดำเนินการทดลอง**

การดำเนินการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

**ระยะเตรียมการก่อนการทดลอง ดำเนินการดังนี้**

4.1 ผู้วิจัยดำเนินการชี้แจงกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา เกี่ยวกับจุดประสงค์ในการทำวิจัย ประชาสัมพันธ์ รับสมัครนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่มีความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรมสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนบันทึกความสมัครใจและยินยอมเข้าร่วมกิจกรรมตามแบบบันทึกความยินยอม และได้รับอนุญาตจากผู้ปกครอง

4.2 นัดประชุมกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนัดหมายวันเวลากับกลุ่มตัวอย่างสำหรับดำเนินการทดลอง (ตารางที่ 3-2) รวมทั้งแจ้งรายละเอียดข้อปฏิบัติก่อนการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

4.3 ดำเนินการแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม โดยใช้การสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากการจับสลากเพื่อจัดกลุ่ม กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ จำนวน 30 คน และกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม จำนวน 30 คน กำหนดวันเวลาที่ใช้ในการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์

4.4 ทำการทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเติมคำตอบ จำนวน 35 ข้อ ตรวจสอบความถูกต้องบันทึกผลคะแนนการทดสอบของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มเป็นรายบุคคล

**ระยะดำเนินการทดลอง ดำเนินการดังนี้**

4.5 ดำเนินกิจกรรมในกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในชั่วโมงสอนซ่อมเสริม และดำเนินกิจกรรมการฝึกผ่านกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) บนระบบปฏิบัติการ Android 4.2 จำนวน 28 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที

การเล่นเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 วัน จันทร์-ศุกร์ รวมทั้งสิ้น 30 วัน โดยทำกิจกรรมตามกำหนดวันและเวลาที่กำหนดให้ แสดงดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 วันและเวลาปฏิบัติกิจกรรมเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

| วัน/เดือน/ปี | ช่วงเวลา | กิจกรรม | ระดับกิจกรรม |
|---|---|---|---|
| 25 พ.ค. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | การทดสอบ | การทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ |
| 26-29 พ.ค. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | เกมปาเป้า (Darts) | ตามระดับการเล่น ดังนี้<br>ระดับ 1 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกหลักเดียว<br>ระดับ 2 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกสองหลัก<br>ระดับ 3 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มหลักเดียว<br>ระดับ 4 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มสองหลัก |
| 1-2 มิ.ย. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | เกมเครื่องดื่ม (Beverage) | ตามระดับการเล่น ดังนี้<br>ระดับ 1 จำกัดเวลา 90 วินาที<br>ระดับ 2 จำกัดเวลา 60 วินาที |
| 3-4 มิ.ย. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | เกมฟาร์ม (The Farm) | ตามระดับการเล่น ดังนี้<br>ระดับ 1 การเปรียบจำนวนจากน้อยไปหามาก<br>ระดับ 2 การเปรียบจำนวนจากมากไปหาน้อย |
| 5 , 8-9 มิ.ย. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | เกมบวกจำนวน (Addition) | ตามระดับการเล่น ดังนี้<br>ระดับ 1 จำกัดเวลา 90 วินาที<br>ระดับ 2 จำกัดเวลา 60 วินาที<br>ระดับ 3 จำกัดเวลา 30 วินาที |
| 10-12 มิ.ย. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | เกมเครื่องหมาย (Operation) | ตามระดับการเล่น ดังนี้<br>ระดับ 1 จำกัดเวลา 90 วินาที<br>ระดับ 2 จำกัดเวลา 60 วินาที<br>ระดับ 3 จำกัดเวลา 30 วินาที |
| 15-18 มิ.ย. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | เกมปาเป้า (Darts) | ตามระดับการเล่น ดังนี้<br>ระดับ 1 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกหลักเดียว<br>ระดับ 2 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกสองหลัก<br>ระดับ 3 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มหลักเดียว<br>ระดับ 4 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มสองหลัก |
| 19 , 22 มิ.ย. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | เกมเครื่องดื่ม (Beverage) | ตามระดับการเล่น ดังนี้<br>ระดับ 1 จำกัดเวลา 90 วินาที<br>ระดับ 2 จำกัดเวลา 60 วินาที |

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

| วัน/เดือน/ปี | ช่วงเวลา | กิจกรรม | ระดับกิจกรรม |
|---|---|---|---|
| 23-24 มิ.ย. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | เกมฟาร์ม (The Farm) | ตามระดับการเล่น ดังนี้<br>ระดับ 1 การเปรียบจำนวนจากน้อยไปหามาก<br>ระดับ 2 การเปรียบจำนวนจากมากไปหาน้อย |
| 25-26,29 มิ.ย. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | เกมบวกจำนวน (Addition) | ตามระดับการเล่น ดังนี้<br>ระดับ 1 จำกัดเวลา 90 วินาที<br>ระดับ 2 จำกัดเวลา 60 วินาที<br>ระดับ 3 จำกัดเวลา 30 วินาที |
| 30 มิ.ย. ,1-2 ก.ค. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | เกมเครื่องหมาย (Operation) | ตามระดับการเล่น ดังนี้<br>ระดับ 1 จำกัดเวลา 90 วินาที<br>ระดับ 2 จำกัดเวลา 60 วินาที<br>ระดับ 3 จำกัดเวลา 30 วินาที |
| 3 ก.ค.2558 | 15.00 น.-16.00 น. | การทดสอบ | การทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ |

กลุ่มเรียนตามปกติดำเนินการจัดกิจกรรมทำการสอนทบทวนซ้ำในเนื้อหาที่เรียนในคาบปกติโดยอาจารย์ประจำวิชา ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั่วโมงซ่อมเสริม ซึ่งมีเนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้แก่ ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ และการแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง แสดงดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 วันและเวลาชั่วโมงซ่อมเสริมวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

| วัน/เดือน/ปี | ช่วงเวลา | เนื้อหา |
|---|---|---|
| 25 พ.ค. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | การทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม |
| 23 พ.ค. – 5 มิ.ย. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน |
| 8-12,15-19 มิ.ย. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | อัตราส่วน ร้อยละ |
| 22-26 มิ.ย. ,29 มิ.ย. -2 ก.ค. 2558 | 15.00 น.-16.00 น. | การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง |
| 3 ก.ค.2558 | 15.00 น.-16.00 น. | การทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม |

**ระยะหลังการทดลอง ดำเนินการดังนี้**

4.6 ดำเนินการทดสอบหลังทดลองในกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์และกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม ด้วยแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเติมคำตอบ จำนวน 35 ข้อ ซึ่งเป็นข้อสอบคู่ขนานจากชุดก่อนดำเนินการทดลอง แล้วตรวจสอบความถูกต้อง บันทึกผลคะแนนการทดสอบของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มเป็นรายบุคคล จากนั้นนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูล

4.7 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนกับคะแนนเฉลี่ยหลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์และกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม

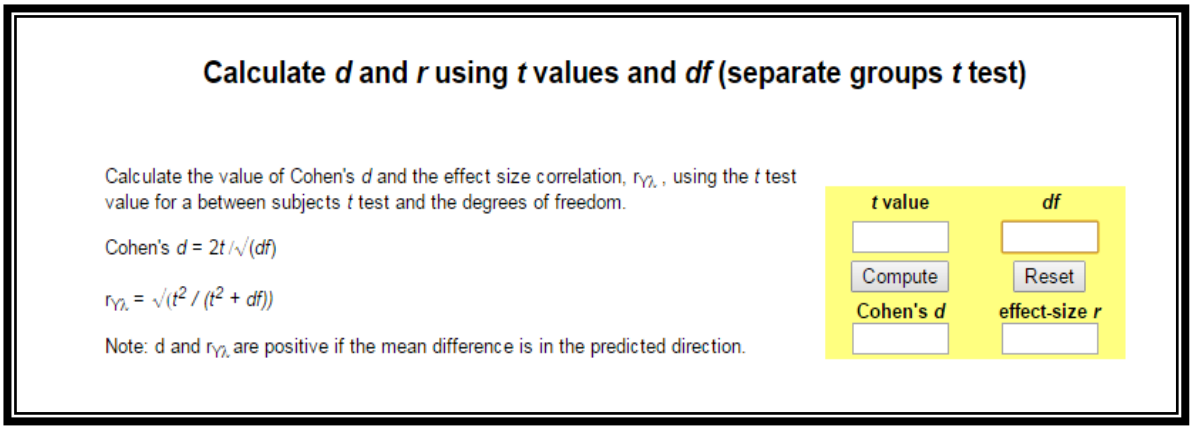
**5. การวิเคราะห์ข้อมูล**

5.1 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับคะแนนเฉลี่ยหลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ โดยใช้สถิติ *t*-test แบบ dependent

5.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติ โดยใช้สถิติ *t*-test แบบ independent

5.4 วิเคราะห์ขนาดอิทธิพล โดยการคำนวณ ออนไลน์ ผ่าน เว็บไซต์ http://www.uccs.edu/~lbecker/ โดยการเติม 1) ค่าสถิติ *t*-test และ 2) ค่า df ที่ได้จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติ ดังภาพที่ 3-15




ภาพที่ 3-15 หน้าต่างการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพล โดยการคำนวณ ออนไลน์ ผ่าน เว็บไซต์ http://www.uccs.edu/~lbecker/

# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ 1) พัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และ 2) ศึกษาผลของการนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ ได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

**ตอนที่ 1** ผลการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

**ตอนที่ 2** ผลการนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้

2.1 ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์

2.2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลมี ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| *M* | หมายถึง | ค่าเฉลี่ยเลขคณิต |
| *SD* | หมายถึง | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| *n* | หมายถึง | กลุ่มตัวอย่าง |
| *t* | หมายถึง | ค่าทดสอบที (*t*-test) |
| *p* | หมายถึง | ความน่าจะเป็น |
| *ES* | หมายถึง | ขนาดอิทธิพล (Effect Size) |

## ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ผลการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น นำเสนอเป็น 2 ประเด็นดังนี้

1. ผลการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1.1 ผลการกำหนดโครงสร้างของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1.2 ผลการกำหนดรูปแบบของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1.3 ผลการจัดทำคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2.1 ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งาน

**1. ผลการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**

**1.1 ผลการกำหนดโครงสร้างของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**

การสร้างเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีผลการกำหนดโครงสร้างดังนี้

1.1.1 เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเริ่มต้นจากการวิเคราะห์กลุ่มนักเรียน การวิเคราะห์เป้าหมายของบทเรียน และการวิเคราะห์เนื้อหาจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จึงได้กำหนดโครงสร้างของเกมคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย 5 เกม ได้แก่ เกมปาเป้า มี 4 ระดับ, เกมเครื่องดื่ม มี 2 ระดับ, เกมฟาร์ม มี 2 ระดับ, เกมบวกจำนวน มี 3 ระดับ และเกมเครื่องหมาย มี 3 ระดับ ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 โครงสร้างเกมคอมพิวเตอร์

| เกมคอมพิวเตอร์ | ระดับการเล่น | ลักษณะกิจกรรม |
|---|---|---|
| เกมปาเป้า | ระดับ 1 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกหลักเดียว | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์โดยมีเป้าย่อยทั้ง 25 ช่อง จากการสุ่มตัวเลขภายใต้เงื่อนไขตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกหลักเดียว ให้นักเรียนหาผลรวมของผลลัพธ์ให้ตรงกับโจทย์ที่กำหนดให้ |
| | ระดับ 2 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกสองหลัก | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์โดยมีเป้าย่อยทั้ง 25 ช่อง จากการสุ่มตัวเลขภายใต้เงื่อนไขตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มบวกสองหลัก ให้นักเรียนหาผลรวมของผลลัพธ์ให้ตรงกับโจทย์ที่กำหนดให้ |

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

| เกมคอมพิวเตอร์ | ระดับการเล่น | ลักษณะกิจกรรม |
|---|---|---|
| | ระดับ 3 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มหลักเดียว | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์โดยมีเป้าย่อยทั้ง 25 ช่อง จากการสุ่มตัวเลขภายใต้เงื่อนไขตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มหลักเดียว ให้นักเรียนหาผลรวมของผลลัพธ์ให้ตรงกับโจทย์ที่กำหนดให้ |
| | ระดับ 4 ตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มสองหลัก | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์โดยมีเป้าย่อยทั้ง 25 ช่อง จากการสุ่มตัวเลขภายใต้เงื่อนไขตัวเลขสุ่มที่เป็นจำนวนเต็มสองหลัก ให้นักเรียนหาผลรวมของผลลัพธ์ให้ตรงกับโจทย์ที่กำหนดให้ |
| เกมเครื่องดื่ม | ระดับ 1 จำกัดเวลา 90 วินาที | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์จากการสุ่มในรูปเศษส่วน 3 จำนวน มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้นักเรียนเปลี่ยนเป็นร้อยละ ภายใต้เงื่อนไขจำกัดเวลา 90 วินาที |
| | ระดับ 2 จำกัดเวลา 60 วินาที | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์จากการสุ่มในรูปเศษส่วน 3 จำนวน มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้นักเรียนเปลี่ยนเป็นร้อยละ ภายใต้เงื่อนไขจำกัดเวลา 60 วินาที |
| เกมฟาร์ม | ระดับ 1 การเปรียบจำนวนจากน้อยไปหามาก | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์จากการสุ่มในรูปจำนวนจริง 6 จำนวน ให้นักเรียนเรียงลำดับ จากน้อยไปหามาก ภายใต้เงื่อนไขจำกัดเวลา 90 วินาที |
| | ระดับ 2 การเปรียบจำนวนจากมากไปหาน้อย | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์จากการสุ่มในรูปจำนวนจริง 6 จำนวน ให้นักเรียนเรียงลำดับ จากมากไปหาน้อย ภายใต้เงื่อนไขจำกัดเวลา 90 วินาที |
| เกมบวกจำนวน | ระดับ 1 จำกัดเวลา 90 วินาที | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์จากการสุ่มในรูปเศษส่วน 12 จำนวน มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้นักเรียนหาผลลัพธ์โดยเติมคำตอบลงในช่องว่าง ภายใต้เงื่อนไขจำกัดเวลา 90 วินาที |

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

| เกมคอมพิวเตอร์ | ระดับการเล่น | ลักษณะกิจกรรม |
|---|---|---|
| | ระดับ 2 จำกัดเวลา 60 วินาที | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์จากการสุ่มในรูปเศษส่วน 12 จำนวน มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้นักเรียนหาผลลัพธ์โดยเติมคำตอบลงในช่องว่าง ภายใต้เงื่อนไขจำกัดเวลา 60 วินาที |
| | ระดับ 3 จำกัดเวลา 30 วินาที | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์จากการสุ่มในรูปเศษส่วน 12 จำนวน มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้นักเรียนหาผลลัพธ์โดยเติมคำตอบลงในช่องว่าง ภายใต้เงื่อนไขจำกัดเวลา 30 วินาที |
| เกมเครื่องหมาย | ระดับ 1 จำกัดเวลา 90 วินาที | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์จากการสุ่มในรูปเลขโดด 5 จำนวนให้นักเรียนใช้สัญลักษณ์ +, -, x และ ÷ ให้ผลลัพธ์มีค่าใกล้ 0 มากที่สุด โดยไม่ใช้วงเล็บและใช้ตัวเลขและเครื่องหมายเพียงครั้งเดียว ภายใต้เงื่อนไขจำกัดเวลา 90 วินาที |
| | ระดับ 2 จำกัดเวลา 60 วินาที | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์จากการสุ่มในรูปเลขโดด 5 จำนวนให้นักเรียนใช้สัญลักษณ์ +, -, x และ ÷ ให้ผลลัพธ์มีค่าใกล้ 0 มากที่สุด โดยไม่ใช้วงเล็บและใช้ตัวเลขและเครื่องหมายเพียงครั้งเดียว ภายใต้เงื่อนไขจำกัดเวลา 60 วินาที |
| | ระดับ 3 จำกัดเวลา 30 วินาที | เป็นกิจกรรมที่กำหนดโจทย์จากการสุ่มในรูปเลขโดด 5 จำนวนให้นักเรียนใช้สัญลักษณ์ +, -, x และ ÷ ให้ผลลัพธ์มีค่าใกล้ 0 มากที่สุด โดยไม่ใช้วงเล็บและใช้ตัวเลขและเครื่องหมายเพียงครั้งเดียว ภายใต้เงื่อนไขจำกัดเวลา 30 วินาที |

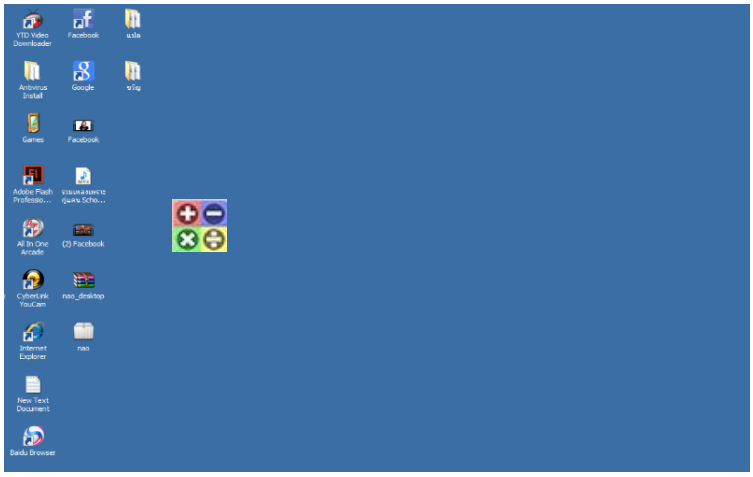
จากตารางที่ 4-1 แสดงให้เห็น โครงสร้างเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด เป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีทั้งหมด 5 เกม แต่ละเกมมีระดับการเล่นที่แตกต่างกัน ดังนี้ เกมปาเป้า มี 4 ระดับ, เกมเครื่องดื่ม มี 2 ระดับ, เกมฟาร์ม มี 2 ระดับ, เกมบวกจำนวน มี 3 ระดับ และเกมเครื่องหมาย มี 3 ระดับ แต่ละเกมมีการเรียงลำดับเนื้อหาที่มีระดับความยากง่ายแตกต่างกัน ทำให้เกมคอมพิวเตอร์ที่

พัฒนาขึ้น ครอบคลุมกับเป้าหมายของเกมคอมพิวเตอร์ และมีความสอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

1.1.2 การกำหนดผู้เล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้เล่นทำกิจกรรมต่าง ๆ ผ่านกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) 1 เครื่อง ต่อผู้เล่น 1 คน โดยกำหนดให้ผู้เล่นเริ่มต้นเล่นเกมจาก เกมปาเป้า เกมเครื่องดื่ม เกมฟาร์ม เกมบวกจำนวน และเกมเครื่องหมายตามลำดับ จนครบทั้ง 5 เกม แล้วเล่นวนซ้ำอีกรอบ กำหนดเวลาในการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ในชั่วโมงซ่อมเสริม จำนวน 28 ชั่วโมง

**1.2 ผลการกำหนดรูปแบบของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**

เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในรูปแบบ Application ติดตั้งบนกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) ระบบปฏิบัติการ Android 4.2 แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4-1 Application บนหน้าจอกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet)

ไอคอน เป็นปุ่มที่จะนำไปสู่หน้าจอหลักของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น หน้าจอหลักประกอบด้วย 5 เมนูหลัก ได้แก่ 1) เมนู “Play” 2) เมนู “High Score” 3) เมนู “Options” 4) เมนู “About” 5) เมนู “Help” และชื่อโปรแกรม“Numberical And Operations” แสดงดังภาพที่ 4-2 มีรายละเอียดแต่ละเมนูดังต่อไปนี้

ภาพที่ 4-2 หน้าจอหลักโปรแกรมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน

1.2.1 เมนู “Play” เป็นเมนูสำหรับเข้าสู่หน้าจอเลือกเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ประกอบด้วย 5 เมนู ได้แก่ เมนู “เกมปาเป้า (Darts)” เมนู “เกมเครื่องดื่ม (Beverage)” เมนู “เกมฟาร์ม (The Farm)” เมนู “เกมบวกจำนวน (Addition)” และเมนู “เกมเครื่องหมาย (Operation)” ดังภาพที่ 4-3 โดยในแต่ละเมนูนำไปสู่เกมคอมพิวเตอร์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ภาพที่ 4-3 หน้าจอสำหรับเลือกเกม

1) เมนู “เกมปาเป้า” ของหน้าจอภาพที่ 4-3 นำไปสู่หน้าจอใส่ชื่อก่อนเข้าเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ดังภาพที่ 4-4

ภาพที่ 4-4 หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมปาเป้า

หลังลงชื่อผู้เล่นเรียบร้อยแล้ว กด “ตกลง” ใน ภาพที่ 4-4 นำไปสู่หน้าจอของเลือกระดับของเกมปาเป้า ประกอบด้วย 4 เมนู (ภาพที่ 4-5) ได้แก่

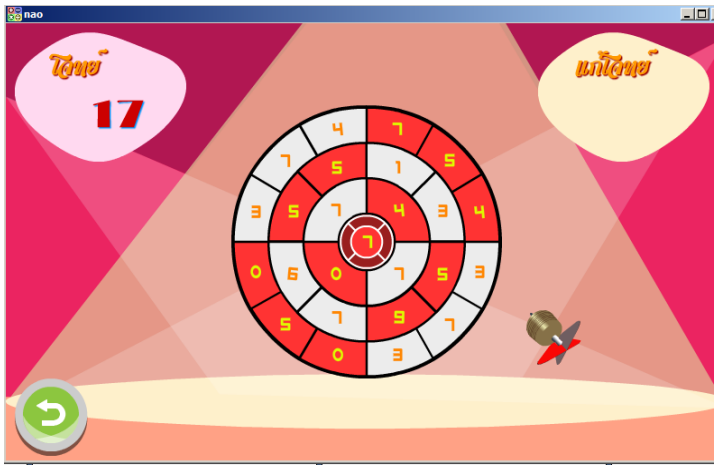
เมนู “จำนวนเต็มบวกหลักเดียว” โจทย์จะกำหนดสุ่มขึ้นมา 1 จำนวน และเป้าที่แสดงจำนวนเต็มบวกหลักเดียว เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเป้าโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณเพื่อปาลูกดอกให้ได้ผลรวมตามที่โจทย์กำหนดให้ และให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-6

เมนู “จำนวนเต็มบวกสองหลัก” โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 1 จำนวน และเป้าที่แสดงจำนวนเต็มบวกสองหลัก เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเป้าโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณเพื่อปาลูกดอกให้ได้ผลรวมตามที่โจทย์กำหนดให้ และให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-6

เมนู “จำนวนเต็มหลักเดียว” โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 1 จำนวน และเป้าที่แสดงจำนวนเต็มหลักเดียว เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเป้าโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณเพื่อปาลูกดอกให้ได้ผลรวมตามที่โจทย์กำหนดให้ และให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-6

เมนู “จำนวนเต็มบวกสองหลัก”โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 1 จำนวน และเป้าที่แสดงจำนวนเต็มบวกสองหลัก เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเป้าโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณเพื่อปาลูกดอกให้ได้ผลรวมตามที่โจทย์กำหนดให้ และให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-6

ภาพที่ 4-5 ระดับการเล่นของเกมปาเป้า




ภาพที่ 4-6 หน้าจอของเกมปาเป้า

2) เมนู “เกมเครื่องดื่ม” ของหน้าจอภาพที่ 4-3 นำไปสู่หน้าจอใส่ชื่อก่อนเข้าเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ดังภาพที่ 4-7

ภาพที่ 4-7 หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมเครื่องดื่ม (Beverage)

หลังลงชื่อผู้เล่นเรียบร้อยแล้ว กด “ตกลง” ในภาพที่ 4-7 นำไปสู่หน้าจอของเลือกระดับของเกมเครื่องดื่ม ประกอบด้วย 2 เมนู (ภาพที่ 4-8) ได้แก่

เมนู “90 sec” โจทย์จะสุ่มเศษส่วนขึ้นมา 3 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเศษส่วนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณเพื่อเปลี่ยนเศษส่วน ให้เป็นร้อยละโดยตอบสนองด้วยการเลื่อนจำนวนในแต่ละกระบอกให้มีค่าร้อยละตรงกับเศษส่วนที่กำหนดให้และให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-9

เมนู “60 sec” โจทย์จะสุ่มเศษส่วนขึ้นมา 3 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเศษส่วนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 60 วินาที ทำการคิดคำนวณเพื่อเปลี่ยนเศษส่วนให้เป็นร้อยละโดยตอบสนองด้วยการเลื่อนจำนวนในแต่ละกระบอกให้มีค่าร้อยละตรงกับเศษส่วนที่กำหนดให้และให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-9

ภาพที่ 4-8 ระดับการเล่นของเกมเครื่องดื่ม (Beverage)

ภาพที่ 4-9 หน้าจอของเกมเครื่องดื่ม (Beverage)

3) เมนู “เกมฟาร์ม” ของหน้าจอภาพที่ 4-3 นำไปสู่หน้าจอใส่ชื่อก่อนเข้าเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ดังภาพที่ 4-10

ภาพที่ 4-10 หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมฟาร์ม

หลังลงชื่อผู้เล่นเรียบร้อยแล้ว กด “ตกลง” ในภาพที่ 4-10 นำไปสู่หน้าจอของเลือกระดับของเกมเครื่องดื่ม ประกอบด้วย 2 เมนู (ภาพที่ 4-11) ได้แก่

เมนู “I” โจทย์จะสุ่มทศนิยมขึ้นมา 6 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับทศนิยมโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการจัดเรียงทศนิยมทั้ง 6 จำนวน โดยตอบสนองด้วยการเลื่อนจำนวนจากน้อยไปหามากให้เข้าไปที่ประตูกรงให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-12

เมนู “II” โจทย์จะสุ่มทศนิยมขึ้นมา 6 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับทศนิยมโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการจัดเรียงทศนิยมทั้ง 6 จำนวน โดยตอบสนองด้วยการเลื่อนจำนวนจากมากไปหาน้อยให้เข้าไปที่ประตูกรงให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-12

ภาพที่ 4-11 ระดับการเล่นของเกมฟาร์ม (The Farm)

ภาพที่ 4-12 หน้าจอของเกมฟาร์ม (The Farm)

4) เมนู “เกมบวกจำนวน” ของหน้าจอภาพที่ 4-3 นำไปสู่หน้าจอใส่ชื่อก่อนเข้าเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ดังภาพที่ 4-13

ภาพที่ 4-13 หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมบวกจำนวน (Addition)

หลังลงชื่อผู้เล่นเรียบร้อยแล้ว กด “ตกลง” ในภาพที่ 4-13 นำไปสู่หน้าจอของเลือกระดับของเกมบวกจำนวน ประกอบด้วย 3 เมนู (ภาพที่ 4-14) ได้แก่

เมนู “90 sec” โจทย์จะสุ่มเศษส่วนขึ้นมา 12 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเศษส่วนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการบวกเศษส่วนทั้ง 12 จำนวน ตอบสนองด้วยการหาผลบวกให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-15

เมนู “60 sec” โจทย์จะสุ่มเศษส่วนขึ้นมา 12 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเศษส่วนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 60 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการบวกเศษส่วนทั้ง 12 จำนวน ตอบสนองด้วยการหาผลบวกให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-15

เมนู “30 sec” โจทย์จะสุ่มเศษส่วนขึ้นมา 12 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเศษส่วนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 30 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการบวกเศษส่วนทั้ง 12 จำนวน ตอบสนองด้วยการหาผลบวกให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-15

ภาพที่ 4-14 ระดับการเล่นของเกมบวกจำนวน (Addition)

ภาพที่ 4-15 หน้าจอของเกมบวกจำนวน (Addition)

5) เมนู “เกมเครื่องหมาย” ของหน้าจอภาพที่ 4-3 นำไปสู่หน้าจอใส่ชื่อก่อนเข้าเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ดังภาพที่ 4-16

ภาพที่ 4-16 หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมเครื่องหมาย (Operation)

หลังลงชื่อผู้เล่นเรียบร้อยแล้ว กด “ตกลง” ใน ภาพที่ 4-16 นำไปสู่หน้าจอของเลือกระดับของเกมเครื่องหมาย ประกอบด้วย 3 (ภาพที่ 4-17) เมนู ได้แก่

เมนู “90 sec” โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 5 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับจำนวนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการนำเครื่องหมาย บวก ลบ คูณ และหาร ดำเนินการกับจำนวนทั้ง 5 จำนวน และตอบสนองด้วยการทำให้คำตอบเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด ให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-18

เมนู “60 sec” โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 5 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับจำนวนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 60 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการนำเครื่องหมาย บวก ลบ คูณ และหาร ดำเนินการกับจำนวนทั้ง 5 จำนวนและตอบสนองด้วยการทำให้คำตอบเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด ให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-18

เมนู “30 sec” โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 5 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับจำนวนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 30 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการนำเครื่องหมาย บวก ลบ คูณ และหาร ดำเนินการกับจำนวนทั้ง 5 จำนวน และตอบสนองด้วยการทำให้คำตอบเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด ให้ได้จำนวนโจทย์ให้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-18

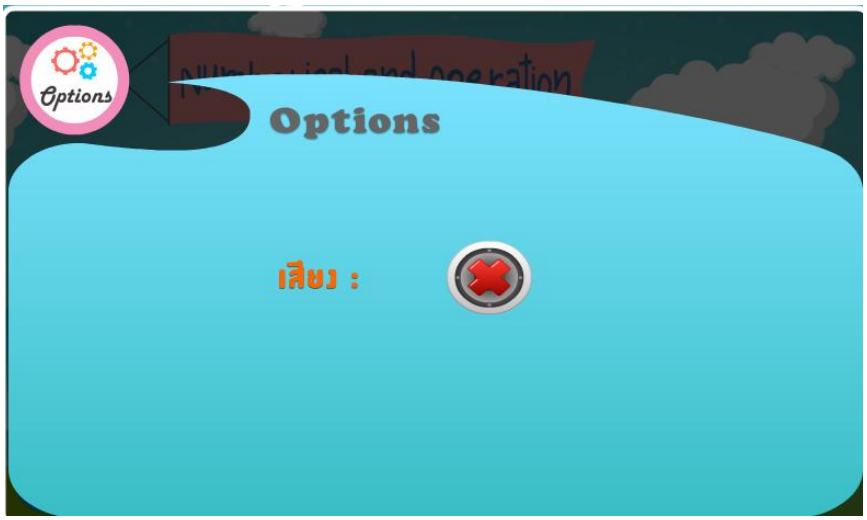
ภาพที่ 4-17 ระดับการเล่น ของเกมเครื่องหมาย (Operation)

ภาพที่ 4-18 หน้าจอของเกมเครื่องหมาย (Operation)

1.2.2 เมนู “High Score” เป็นไอคอนที่แสดงถึงระดับคะแนนของผู้เล่นที่ได้จากการเล่นเกม ดังแสดงในภาพที่ 4-19

ภาพที่ 4-19 หน้าจอแสดงระดับคะแนนของผู้เล่นที่ได้จากการเล่นเกมคอมพิวเตอร์

1.2.3 เมนู “Options” เป็นไอคอนกำหนดเปิด – ปิดเสียงจากการเล่นเกม ผู้เล่นสามารถกำหนดเปิด – ปิดเสียงของเกมได้ด้วยตนเอง ดังแสดงในภาพที่ 4-20

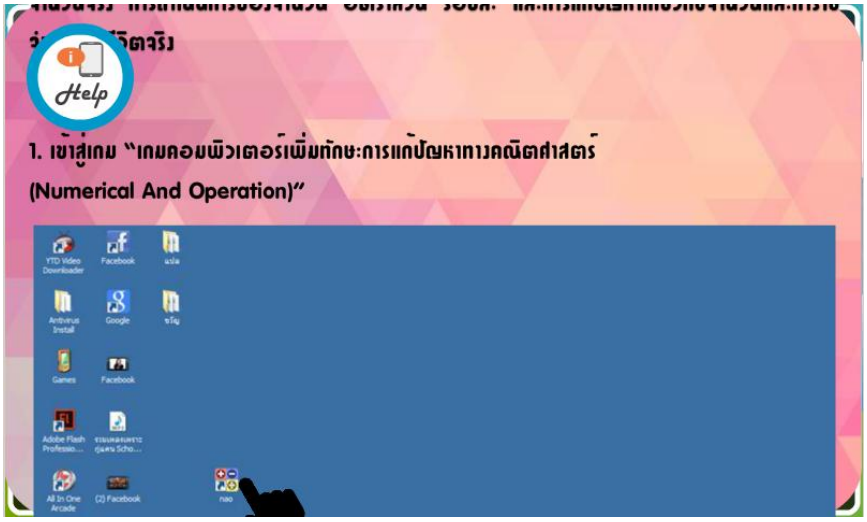



ภาพที่ 4-20 หน้าจอแสดงเปิด – ปิดเสียงจากการเล่นเกมคอมพิวเตอร์

1.2.4 เมนู “About” เป็นไอคอนที่แสดงคำชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นดังแสดงในภาพที่ 4-21

ภาพที่ 4-21 หน้าจอ About แสดงคำชี้แจงกับวัตถุประสงค์ของเกมคอมพิวเตอร์

1.2.5 เมนู “Help” เป็นไอคอนที่แสดงถึงคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 4-22




ภาพที่ 4-22 หน้าจอคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

**1.3 ผลการจัดทำคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**

คู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

1. แนะนำเกม
2. วัตถุประสงค์ของเกม
3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
4. ขั้นตอนและวิธีการใช้งานของเกม ประกอบด้วย 5 เมนูหลัก ดังนี้

4.1 เมนู “Play” เป็นส่วนอธิบายถึงลักษณะ ส่วนประกอบ ระดับและวิธีการเล่นเกมคอมพิวเตอร์

4.2 เมนู “High Score” เป็นส่วนอธิบายถึงคะแนนในทุกละระดับและทุกเกมคอมพิวเตอร์

4.3 เมนู “Options” เป็นส่วนอธิบายถึงวิธีการเปิด – ปิด เสียง

4.4 เมนู “About” เป็นส่วนอธิบายถึงคำชี้แจงกับวัตถุประสงค์ของเกมคอมพิวเตอร์

4.5 เมนู “Help” เป็นแสดงถึงคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์

นอกจากคู่มือจะถูกบรรจุไว้ในเกมคอมพิวเตอร์ที่เมนู “Help” แล้ว ผู้วิจัยยังได้จัดทำคู่มือเป็นรูปเล่มขนาด A4 จำนวน 14 หน้า

(รายละเอียดคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด แสดงในภาคผนวก ง ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ)

**2. ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**

ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (แบบประเมินความเหมาะสม แสดงในภาคผนวก ง) ดังนี้

**2.1 ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ**

เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 5 เกม ได้แก่ เกมปาเป้า (Darts) เกมเครื่องดื่ม (Beverage) เกมฟาร์ม (The Farm) เกมบวกจำนวน (Addition) และเกมเครื่องหมาย (Operation) มีผลการประเมินความเหมาะสม ดังนี้ (แบบประเมินความเหมาะสม รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ)

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด ฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้เชี่ยวชาญ

| ด้านที่ประเมิน | M | SD | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|---|---|
| การออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ | 4.15 | .32 | มาก |
| การดำเนินการตามขั้นตอนของเกมคอมพิวเตอร์ | 4.33 | .18 | มากที่สุด |
| ลักษณะทั่วไปของเกมคอมพิวเตอร์ | 4.42 | .32 | มากที่สุด |
| ภาพรวมเกมคอมพิวเตอร์ | 4.40 | .25 | มากที่สุด |
| คู่มือเกมคอมพิวเตอร์ | 4.11 | .50 | มาก |
| **สรุปผลโดยรวม** | **4.28** | **.15** | **มากที่สุด** |

จากตารางที่ 4-2 ปรากฏว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้เชี่ยวชาญ แสดงว่าเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M=4.28) โดยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ดังนี้

1. เกมที่ออกแบบมามีปัญหาคือ เล่นค่อนข้างยากเนื่องจากระบบสัมผัสของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ไม่ดี
2. ขนาดของตัวอักษรเกี่ยวกับคำชี้แจงมีขนาดเล็ก ควรปรับให้มีขนาดใหญ่
3. ระยะเวลาในเกมบวกจำนวน (Addition) น้อยเกินไปควรปรับเวลาให้เหมาะสม

**2.2 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งาน**

การประเมินเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา จำนวน 20 คน ซึ่งคุณสมบัติคล้ายกลุ่มตัวอย่าง กำหนดระยะเวลาทั้งสิ้น 28 วัน วันละ 1 ชั่วโมง แล้วประเมินเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แสดงในตารางที่ 2 (รายละเอียด ดังภาคผนวก ง ผลการประเมินความเหมาะสมเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยผู้ใช้งาน) เพื่อและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามปัญหาที่พบจริงจากการนำไปทดลอง

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้ใช้งาน

| ด้านที่ประเมิน | *M* | *SD* | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|---|---|
| ลักษณะทั่วไปของเกมคอมพิวเตอร์ | 3.74 | 0.28 | มาก |
| ภาพรวมเกมคอมพิวเตอร์ | 3.75 | 0.37 | มาก |
| คู่มือเกมคอมพิวเตอร์ | 3.63 | 0.37 | มาก |
| **สรุปผลโดยรวม** | **3.72** | **0.20** | **มาก** |

ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้ใช้งาน แสดงให้เห็นว่าเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (M=3.72) โดยผู้ใช้งานมีข้อคิดเห็น ดังนี้

1. ขณะทดลองเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด บางครั้งหน้าจอค้างอยู่ไม่เปลี่ยนเป็นหน้าจอต่อไป
2. ระยะเวลาในบางเกมน้อยเกินไปควรปรับเวลาให้เหมาะสม
3. เกมบวกจำนวน (Addition) ยากเกินไป

จากผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้นำข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ไปปรับปรุงเพื่อให้เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ผลจากการทดลองใช้ แสดงให้เห็นว่าเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีความเหมาะสมที่จะใช้กับทดลองต่อไป

## ตอนที่ 2 ผลของการนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้

### 1. ข้อมูลของกลุ่มอาสาสมัคร

กลุ่มอาสาสมัครสำหรับการฝึกทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.1 – ม.3) โรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ที่สมัครเข้าร่วมกิจกรรมการเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชั่วโมงซ่อมเสริม จำนวน 60 คน รายละเอียดข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างได้แก่ เพศ อายุ แสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 จำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มอาสาสมัคร

| ข้อมูลทั่วไป | | กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ | | กลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม | | รวม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | จำนวน | ร้อยละ | จำนวน | ร้อยละ | จำนวน | ร้อยละ |
| **เพศ** | ชาย | 6 | 20.0 | 11 | 36.7 | 17 | 28.3 |
| | หญิง | 24 | 80.0 | 19 | 63.3 | 43 | 71.7 |
| | **รวม** | **30** | **100.0** | **30** | **100.0** | **60** | **100.0** |
| **อายุ (ปี)** | 13 | 15 | 50.0 | 0 | 00.0 | 15 | 25.0 |
| | 14 | 12 | 40.0 | 15 | 50.0 | 27 | 45.0 |
| | 15 | 3 | 10.0 | 15 | 50.0 | 18 | 30.0 |
| | **รวม** | **30** | **100.0** | **30** | **100.0** | **60** | **100.0** |

จากตารางที่ 4-4 ปรากฏว่า กลุ่มอาสาสมัคร ประกอบด้วย เพศหญิง ร้อยละ 71.7 และเพศชายร้อยละ 28.3 โดยในกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์เป็นเพศหญิงร้อยละ 80.0 และเป็นเพศชายร้อยละ 20.0 ส่วนในกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริมเป็นเพศหญิงร้อยละ 63.3 และเพศชายร้อยละ 36.7 มีอายุ 14 ปี มากที่สุด ร้อยละ 45.0 รองลงมามีอายุ15 ปี ร้อยละ 30.0 และอายุ 13 ปี ร้อยละ 25.00 โดยกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์มีอายุ 13 ปี มากที่สุดร้อยละ 50.00 รองลงมามีอายุ 14 ปี ร้อยละ 40.0 และอายุ 15 ปี ร้อยละ 10.0 ส่วนในกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริมมีอายุ 14 ปี และ อายุ 15 ปี ร้อยละ 50.0

ผลการวัดทักษะความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังทำการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แสดงดังตารางที่ 4-5

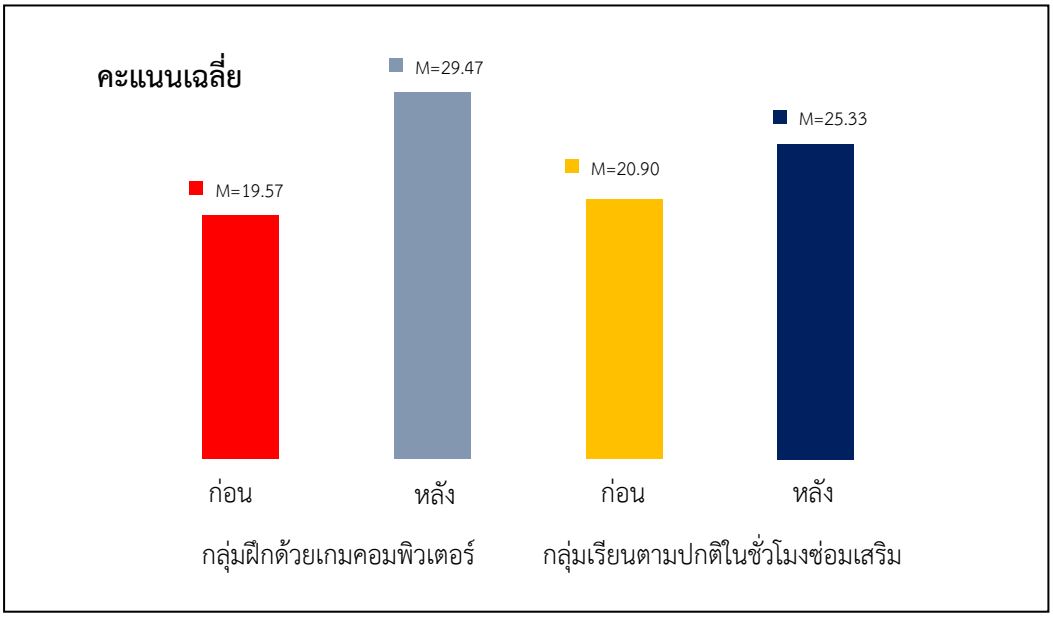
ตารางที่ 4-5 คะแนนผลการทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำแนกตามกลุ่มและระยะเวลาการวัดผล

| **กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ (*n* = 30)** | | | **กลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม (*n* = 30)** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **นักเรียนคนที่** | **ก่อนฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์** | **หลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์** | **นักเรียนคนที่** | **ก่อนเรียน** | **หลังเรียน** |
| 1 | 16 | 28 | 1 | 23 | 26 |
| 2 | 17 | 25 | 2 | 24 | 28 |
| 3 | 18 | 27 | 3 | 19 | 24 |
| 4 | 20 | 30 | 4 | 20 | 25 |
| 5 | 19 | 25 | 5 | 19 | 25 |
| 6 | 19 | 26 | 6 | 21 | 24 |
| 7 | 19 | 29 | 7 | 19 | 25 |
| 8 | 21 | 26 | 8 | 24 | 27 |
| 9 | 23 | 31 | 9 | 20 | 24 |
| 10 | 17 | 26 | 10 | 18 | 23 |
| 11 | 21 | 30 | 11 | 21 | 25 |
| 12 | 18 | 28 | 12 | 19 | 26 |
| 13 | 19 | 29 | 13 | 23 | 26 |
| 14 | 19 | 30 | 14 | 22 | 24 |
| 15 | 13 | 30 | 15 | 20 | 23 |
| 16 | 19 | 28 | 16 | 21 | 25 |
| 17 | 20 | 30 | 17 | 19 | 24 |
| 18 | 19 | 31 | 18 | 23 | 26 |
| 19 | 20 | 34 | 19 | 18 | 26 |
| 20 | 16 | 29 | 20 | 17 | 25 |
| 21 | 18 | 31 | 21 | 22 | 26 |
| 22 | 23 | 29 | 22 | 25 | 27 |
| 23 | 19 | 31 | 23 | 24 | 27 |
| 24 | 23 | 31 | 24 | 21 | 25 |
| 25 | 27 | 31 | 25 | 21 | 26 |
| 26 | 23 | 31 | 26 | 22 | 28 |
| 27 | 18 | 32 | 27 | 16 | 24 |
| 28 | 22 | 32 | 28 | 21 | 24 |

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

| กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ (*n* = 30) | | | กลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม (*n* = 30) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **นักเรียนคนที่** | **ก่อนฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์** | **หลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์** | **นักเรียนคนที่** | **ก่อนเรียน** | **หลังเรียน** |
| 29 | 20 | 32 | 29 | 23 | 26 |
| 30 | 21 | 32 | 30 | 22 | 26 |
| *M* | 19.57 | 29.47 | *M* | 20.90 | 25.33 |
| *SD* | 2.69 | 2.30 | *SD* | 2.23 | 1.32 |

จากตารางที่ 4-5 คะแนนผลการทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนและหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่า ก่อนการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์มีค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 19.57 คะแนน กลุ่มเรียนตามปกติชั่วโมงซ่อมเสริม มีค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 20.90 คะแนน และหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์มีค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 29.47 คะแนน กลุ่มเรียนตามปกติมีค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 25.33 คะแนน




ภาพที่ 4-23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม

**2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์**

การนำเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่พัฒนาขึ้นไปใช้โดยดำเนินกิจกรรมในกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ จำนวน 30 คน ด้วยการฝึกผ่านกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) บนระบบปฏิบัติการ Android 4.2 จำนวน 28 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 วัน จันทร์-ศุกร์ และเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์แสดงผลการเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์

| **กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์** | *n* | *M* | *SD* | *t* | *p* |
|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ | 30 | 19.57 | 2.69 | 18.90* | .00 |
| หลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ | 30 | 29.47 | 2.30 | | |

*=$p < .01$

จากตารางที่ 4-6 ปรากฏว่า กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ มีค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ก่อนฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ เท่ากับ 19.57 คะแนน ค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ เท่ากับ 29.47 คะแนน ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์หลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์สูงกว่าก่อนฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า นักเรียนที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์มีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังได้รับการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์

**3. ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม**

หลังจากดำเนินการทดลองหลังใช้เกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ และจัดการเรียนซ่อมเสริมในกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม ดำเนินการทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเติมคำตอบ จำนวน 35 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนานจากชุดก่อนดำเนินการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ ทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังดำเนินกิจกรรมระหว่างกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม ผลการเปรียบเทียบ แสดงดังตารางที่ 4-7

**ตารางที่ 4-7** ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น หลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ ระหว่างกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม

| กลุ่ม | *n* | *M* | *SD* | *t* | *p* | *ES* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ | 30 | 29.47 | 2.30 | 8.53* | .00 | .75 |
| กลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม | 30 | 25.33 | 1.32 | | | |

*=$p < .01$

จากตารางที่ 4-7 ปรากฏว่า กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ จำนวน 30 คน มีค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ เท่ากับ 29.47 คะแนน กลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม จำนวน 30 คน มีค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังการสอนซ่อมเสริม เท่ากับ 25.33 คะแนน ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์สูงกว่ากลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ขนาดอิทธิพล อยู่ในระดับมาก (***ES***= .75) แสดงว่า นักเรียนที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานมีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มที่เรียนปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม

# บทที่ 5
# สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และศึกษาผลของการนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ เครื่องมือในเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยเกมคอมพิวเตอร์ผ่านกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ และแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมีกลุ่มอาสาสมัครเป็นนักเรียนโรงเรียนนครศรีลำดวนวิทยา อำเภอวังหิน จังหวัดศรีสะเกษ ปีการศึกษา 2558 ได้มาโดยการรับสมัครนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมการเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยดำเนินการคัดเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 60 คน สุ่มแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน เป็นกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์และกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ *t*-test

ผลการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ จำนวน 30 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 80.0 ส่วนใหญ่มีอายุ 13 ปี ร้อยละ 50.0 กลุ่มที่เรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 63.3 มีอายุระหว่าง 14 และ 15 ปี ร้อยละ 50.0 กลุ่มอาสาสมัครทุกคนมีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือก สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ได้ ดังนี้

## สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1.1 การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สร้างด้วยโปรแกรม Adobe Flash Professional CC 2014 – 2015 Code คำสั่ง ภาษา Action Script 3 (AS3) ทำการฝึกผ่านกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ ที่รองรับระบบปฏิบัติการ Android 4.2 เป็นเนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ สาระที่ 1 เรื่องจำนวนและการดำเนินการ (Numbers and Operations) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 5 เกม ได้แก่ เกมปาเป้า มีระดับการเล่น 4 ระดับ, เกมเครื่องดื่ม มีระดับการเล่น 2 ระดับ,เกมฟาร์มมีระดับการเล่น 2 ระดับ, เกมบวกจำนวน มีระดับการเล่น 3 ระดับ และเกมเครื่องหมาย มีระดับการเล่น 3 ระดับ ซึ่งแต่ละระดับกำหนดเนื้อหาตามหลักสูตร

1.2 การจัดทำคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีรายละเอียดดังนี้

1. แนะนำเกม
2. วัตถุประสงค์ของเกม
3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
4. ขั้นตอนและวิธีการใช้งานของเกม

1.3 การประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ก่อนนำไปทดลองใช้ ดังนี้

1.3.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด (M=4.28)

1.3.2 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้ใช้งาน ปรากฏว่า เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยรวมความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (M=3.72)

แสดงว่า เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2. ผลของการนำเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้

2.1 ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่า หลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ นักเรียนมีค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า นักเรียนที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์มีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังได้รับการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์

2.2 ผลเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม ปรากฏว่า กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ มีค่าเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ขนาดอิทธิพล อยู่ในระดับมาก (*ES*= .75) แสดงว่า นักเรียนที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน จำนวน 28 ชั่วโมง มีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มที่เรียนปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม

## อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีขั้นตอนการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ 5 ขั้นตอนตามกระบวนการ ADDIE (Danks, 2011) ประกอบด้วย การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล โดยใช้แนวคิดโมเดลแอบสแตกโคดมาเป็นฐานในการพัฒนาเป็นเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร (Comprehension) การคำนวณ (Calculation) และระบบการการแสดงผลลัพธ์ (Response Production System) ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากการทำความเข้าใจโจทย์ที่เป็นประโยค ข้อความ หรือสัญลักษณ์อื่น ๆ ที่สื่อสาร สู่ระบบการคำนวณซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงสัญลักษณ์เหล่านั้นให้มีค่าเป็นตัวเลขซึ่งต้องอาศัยกระบวนการคิดในใจโดยอาศัยความจำขณะคิด (Working Memory) เพื่อให้มีการส่งผ่านข้อมูล (Transfer Effect) กับความจำขณะคิด (Working Memory) (Alloway et al., 2013) เนื่องจากความจำขณะคิดจะช่วยเพิ่มระดับของความสามารถทางปัญญาและทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Goldstein, 2011; Baddeley, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Colome, Bafalluy, and Noel, (2011) ทำการศึกษาการเรียนรู้และการใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาตามแนวคิดโมเดลแอบสแตกโคด ปรากฏว่า ตัวเลขที่เป็นสัญลักษณ์มีผลทำให้อาสาสมัครสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดีกว่าประโยคทางภาษา เกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจึงสามารถเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยรวมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ได้นำเสนอแต่ละด้าน ดังนี้

2.1 ด้านการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ มีความเหมาะสมในระดับมาก โดยประเด็นตัวอักษรมีความเหมาะสมในระดับมาก อันเนื่องจากได้รับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ในประเด็นขนาดของตัวอักษรเกี่ยวกับคำชี้แจงว่าตัวอักษรมีขนาดเล็ก ควรปรับให้มีขนาดใหญ่ ซึ่งผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะดังกล่าวจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงขนาดของตัวอักษรให้มีความเหมาะสมกับหน้าจอแสดงผล ประเด็นภาพมีความเหมาะสมในระดับมาก อันเนื่องจากได้รับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญในประเด็นภาพหน้าจอค้างซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากระบบสัมผัสของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์หน้าจอมีปัญหาและปัญหาเกี่ยวกับการกำหนดระยะเวลาหน่วงบนหน้าจอ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงเงื่อนไขข้อตกลงใน Code ของเกมคอมพิวเตอร์ ให้เหมาะสม ประเด็นสีมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ทำให้เกมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมีการกำหนดความแตกต่างของสีพื้นกับตัวอักษรและภาพได้อย่างเหมาะสม

2.2 ด้านการดำเนินการตามขั้นตอนของเกมคอมพิวเตอร์ มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด เนื่องจากเกมคอมพิวเตอร์มีการกำหนด 1) ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับเนื้อหา 2) กิจกรรมมีความน่าสนใจส่งเสริมให้ผู้เล่นมีความกระตือรือร้นในการฝึก3) กิจกรรมมีความเหมาะสมกับระยะเวลา 4) กิจกรรมมีกระบวนการเรียนรู้เรียงลำดับจากง่ายสู่ยาก 5) มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติกิจกรรม และ6) กิจกรรมเหมาะสมกับผู้เล่น (13 – 15 ปี)

2.3 ด้านลักษณะทั่วไปของเกมคอมพิวเตอร์ มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด เนื่องจากเกมคอมพิวเตอร์มี 1) ความเหมาะสมกับการใช้งาน 2) ความเหมาะสมของขนาดรูป และ 3) ความสัมพันธ์ของภาพประกอบ

2.4 ด้านภาพรวมของเกมคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด เนื่องจากเกมคอมพิวเตอร์มี 1) ความครอบคลุมในการปฏิบัติกิจกรรม 2) ภาษาที่ใช้ในเกมคอมพิวเตอร์อ่านแล้วเข้าใจง่าย 3) เกมคอมพิวเตอร์มีภาพประกอบที่เหมาะสม และ4) เกมคอมพิวเตอร์มีเสียงประกอบที่เหมาะสม

2.5 ด้านคู่มือเกมคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสมในระดับมาก เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับขนาดของตัวอักษรเกี่ยวกับคำชี้แจงว่ามีขนาดเล็ก ที่ปรากฏใน เมนู “Help” ผู้วิจัยได้ทำการปรับขนาดตัวอักษรให้เหมาะสม

ในการสร้างและพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมก่อนนำไปใช้จริง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเกมและความครอบคลุมด้านเนื้อหา เนื่องจากการสร้างเกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษาให้มีคุณภาพและครอบคลุมกับเนื้อหาในเด็กอายุระหว่าง 7-16 ปี จะทำให้มีการส่งผ่านข้อมูล (Transfer Effect) กับความจำขณะคิด (Working Memory) ของนักเรียนได้อย่างดี (Alloway et al. 2013) จากเหตุผลดังกล่าวแสดงว่าเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่สร้างขึ้น มีความเหมาะสมในจัดกิจกรรมเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

3. ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้ใช้งาน ปรากฏว่า นักเรียนมีความเห็นว่าเกมคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และผู้ใช้งานได้ให้ข้อเสนอแนะคือ 1) ขณะทดลองเล่นเกมคอมพิวเตอร์นั้น บางครั้งหน้าจอของเกมยังค้างอยู่ไม่เปลี่ยนเป็นหน้าจอถัดไป ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไข Code โปรแกรมให้สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง 2) ระยะเวลาในเกมเครื่องดื่มน้อยเกินไปควรปรับเวลาให้เหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสถานการณ์ในเกมเครื่องดื่มที่จะต้องแปลงเศษส่วนให้เป็นร้อยละจาก 5 ข้อ เหลือ 3 ข้อ และ 3) เกมบวกจำนวนยากเกินไป ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขเนื้อหาการบวกเศษส่วนให้สามารถหาผลลัพธ์ที่ตัดทอนเป็นจำนวนเต็มได้ นอกจากนี้เพื่อให้เกิดความท้าทายสำหรับนักเรียนที่เล่นเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จนเกิดความชำนาญเกมคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นยังสามารถปรับเงื่อนไขในการสุ่มช่วงของตัวเลขให้ยากขึ้นทำให้นักเรียนได้เผชิญกับโจทย์ปัญหาละการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย ส่งผลทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านการเล่น ผู้เรียนสามารถเรียนรู้อย่างมีความสุขสนุกสนาน ความรู้ที่เกิดการเล่นดังกล่าวจะกลายเป็นความรู้ที่ยั่งยืน ยาวนาน สอดคล้องกับแนวคิดของ Gee (2003) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การเรียนรู้ที่ยั่งยืนของนักเรียนที่ได้จากการเล่นเกมคอมพิวเตอร์นั้นจะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ลึกซึ้งมากขึ้น เช่น รู้ว่าเพราะเหตุใด คำตอบที่ได้ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง เช่นเดียวกับ Alloway et al. (2013) ที่ได้กล่าวเอาไว้ว่า การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำให้สามารถพัฒนาวิธีการ และแนวคิดขึ้นใหม่ที่สามารถ สื่อสารกับสังคม และสามารถ

สะท้อนกลับทันทีเมื่อเกมจบอีกทั้ง Chirinda (2013) ได้อธิบายถึงทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นนักเรียนจะต้องเข้าใจเงื่อนไขและตัวแปรในปัญหาหรือสามารถเลือกใช้ข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหาอีกทั้งสามารถเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม นำข้อมูลจากปัญหาทำการคิดคำนวณและประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบ สิ่งที่จำเป็นใน การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน คือ นักเรียนสามารถฝึกแก้ปัญหาด้วยวิธีการเปรียบเทียบปัญหา คิดคำนวณ ประเมินผล การวิเคราะห์และบูรณาการทักษะอื่นๆ สามารถเลือกใช้กลยุทธ์กับกระบวนการในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ด้วยตัวเอง รวมทั้งเกมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวยังทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีความสุข สร้างความสนุกสนาน ปราศจากความรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นจากการเลียนแบบพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ สอดคล้องกับ สุชีรา วิบูลย์สุข และนิตยาภรณ์ บุญสวัสดิ์ (2558) ที่ได้กล่าวถึงรูปแบบการเรียนรู้ผ่านการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ว่าเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกปฏิบัติ ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสามารถตอบสนอง ความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนให้สามารถเรียนรู้ได้อย่างมีความสุข

4. ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่า หลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ แสดงว่านักเรียนที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์มีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ อาจเนื่องจากการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์จะต้องเริ่มตั้งแต่การกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะถูกต้อง จัดสภาพแวดล้อมให้สอดคล้องกับช่วงอายุ โดยมีการกำหนดเป้าหมาย เนื้อหา การนำเสนอเนื้อหา การกำหนดระยะเวลา การออกแบบกิจกรรม และประเมินผลการปฏิบัติอย่างชัดเจน กระบวนการเรียนรู้จะต้องมีการออกแบบที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เต็มศักยภาพ (Wanga, Firmenderb, Powera, & Byrnes 2016) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Harskamp and Suhre (2007) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาโดยใช้ทฤษฎี Schoenfeld ในนักเรียนที่เรียนจากการเรียนรู้จากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเลือกปัญหา เพื่อให้คำแนะนำในระหว่างความแตกต่างของการแก้ปัญหาที่สำคัญ คือ ขณะการวิเคราะห์ปัญหาสามารถเลือกความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมทำแผนการดำเนินการและสามารถตรวจสอบคำตอบได้ทันที ประสิทธิผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการประเมินโดยวิธีการทดสอบก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ ในกลุ่มเรียนปกติ ผลการศึกษา ปรากฏว่า นักเรียนที่ทำงานร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นเมื่อเทียบกับนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์แบบปกติ แสดงให้เห็นว่าเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

5. ผลเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม ปรากฏว่า หลังฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ กลุ่มฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก แสดงว่า นักเรียนที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์มีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นมากกว่า

กลุ่มเรียนปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม จากผลการวิจัยแสดงได้ว่า เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทำให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Egbert and Cor (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยวิธีการใช้คอมพิวเตอร์ทำการศึกษากับนักเรียนสองกลุ่มซึ่งพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามแนวคิดการจัดโครงสร้าง มีความสามารถในการแก้ปัญหามากกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ ดังนั้นเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และการบูรณาการระหว่างโครงเรื่องของเกมกับทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยควรคำนึงถึงบริบท ความท้าทายใหม่ ๆ และการแข่งขัน มีเนื้อหาเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ อีกทั้งในเนื้อหานั้นยังเป็นความรู้พื้นฐานที่นักเรียนจำเป็นต้องนำไปใช้ใน การเรียนรู้กับสาขาวิชาต่าง ๆ ที่มีระดับสูงขึ้นไป ซึ่งเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีรูปแบบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลขที่มีกระบวนการพื้นฐานในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น มีความสนุกสนาน ในการปฏิบัติกิจกรรม และเผชิญกับความท้าทายเป็นการฝึกสมองให้มีความพร้อมสำหรับการเรียนรู้เพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งยุคของเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาททางเรียนรู้มากขึ้น ดังนั้น การนำเอาเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

## ขอเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูและบุคลากรทางการศึกษา อาจนำเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไปใช้เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน ทุกระดับระดับ เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ โดยนำเกมคอมพิวเตอร์ไปติดตั้งบนกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ของโรงเรียนหรือของนักเรียนสำหรับใช้เป็นทางเลือกในการจัดกิจกรรม “ลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้”

2. สถานศึกษาควรมีการพัฒนาโครงข่ายในการนำเกมคอมพิวเตอร์ในรูปการสื่อสารแบบเครือข่ายออนไลน์ เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนที่มีความสนใจสามารถนำเกมคอมพิวเตอร์บรรจุลง (Download) กระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ของตนเองได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ทุกที่ตามต้องการ

3. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาควรมีการสนับสนุนให้มีการนำเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการจัดการศึกษากับสถานศึกษาในสังกัด เพื่อเป็นเครื่องมือหรือนวัตกรรมในการเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน โดยการประชาสัมพันธ์ให้ครูในสังกัดได้นำเกมคอมพิวเตอร์ไปใช้อย่างเหมาะสม

4. ผู้เล่นเกมคอมพิวเตอร์ ครู และผู้ที่นำเกมคอมพิวเตอร์ไปใช้ประโยชน์สามารถติดต่อผู้วิจัยเพื่อขอเกมคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ที่มีความซับซ้อนและยากขึ้นเพื่อให้ผู้เล่นเกมคอมพิวเตอร์ที่มีความท้าทายเพิ่มขึ้น

**ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป**

1. การวิจัยครั้งนี้เพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป จึงควรพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ควรมีการศึกษาโดยนำเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปศึกษาร่วมกับตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การพัฒนาความจำขณะคิด (Working Memory) ทักษะการให้เหตุผล ทักษะการคิดวิเคราะห์ ฯลฯ

3. โมเดลแอบสแตรกโคด (Abstract Code Model) เป็นรูปแบบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลข ที่ให้ความสำคัญในเรื่องช่วงเวลาในการคำนวณเพื่อแปลงตัวเลข ประโยค กลุ่มคำ หรือสัญลักษณ์อื่นๆ เป็นสัญลักษณ์ตัวแปรอื่นต้องพึงกระบวนการคิดในใจ ดังนั้น ในการศึกษาต่อไปควรทำการศึกษาตัวแปรตาม (ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์) เรื่องช่วงเวลาในการคำนวณ ที่ใช้ในการแปลงตัวเลข ประโยค กลุ่มคำ หรือสัญลักษณ์อื่นๆ เป็นสัญลักษณ์ตัวแปรอื่นต้องพึงกระบวนการคิดในใจ

4. แนวทางการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะอื่น ๆ เช่น ทักษะทางการคิดวิเคราะห์ ทักษะทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทำให้ได้เครื่องมือที่มีคุณภาพสำหรับเป็นทางเลือกในการนำไปใช้พัฒนานักเรียนที่มีความสามารถที่แตกต่างกัน

5. ควรมีการเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบเกมสามมิติโดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ทำให้เกิดการกระตุ้นมิติสัมพันธ์ซึ่งที่มีความสัมพันธ์กับความจำขณะคิด (Working Memory) ที่เป็นฐานในการเรียนรู้และยังทำให้เกิดการเชื่อมโยงต่อกันของเซลล์ประสาทตามกลไกทางสมองที่มีผลต่อการเรียนรู้ทุกศาสตร์

# บรรณานุกรม


มะลิวรรณ โคตรศรี. (2548). การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถในการแกปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 3. *วารสารวิจัยและวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา, 3*(1), 32-47.

ไพศาล สิมาเลาเต่า และอุบลรัตน์ ศิริสุขโภคา. (2558). การพัฒนาโมเดลบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาโดยการใช้ปัญหาเป็นฐานเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นร่วมกับสื่อออนไลน์ที่ลากหลาย. *The Eleventh National Conference on Computing and Information Technology,* 596 – 601.

วัชรพล วิบูลยศริน. (2557). หลักการออกแบบการสอนบนเว็บตามแบบจำลอง ADDIE เพื่อการสอนสนทนาภาษาไทยเบื้องต้นสำหรับชาวต่างประเทศ. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)***,** *6*(12), 192 -204.

วิติญา มัณฑุสินธุ์, เสรี ชัดแช้ม, และรุ่งฟ้า กิติญาณุสันต์. (2553). การจำวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความจำตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา*, *7*(2), 54-66.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สิรินธร จียาศักดิ์. (2554), การศึกษาความพึงพอใจในการเรียน โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน โดยใช้แบบจำลองของ Addie Model. *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยกรุงเทพ*, 1 – 16.

สุชีรา วิบูลย์สุข และนิตยาภรณ์ บุญสวัสดิ์. (2558). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเรียนรู้อย่างมีความสุขของนักศึกษาแพทย์ระดับชั้นปรีคลินิก. *เวชบันทึกศิริราช, 8*(2), 70-76.

Ung, P., สุชาดา กรเพชรปาณี และ พูลพงศ์ สุขสว่าง. (2554). อิทธิพลของการกำกับตนเองและการรับรูความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตรที่มีตอความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในราชอาณาจักรกัมพูชา. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา,*. *9*(1), 101-108.

Alloway T. P. (2009). The Cognitive and Behavioral Characteristics of Children With Low Working Memory, *Child Development*, *80*(2), 606–621.

Alloway, T. P., Bibile, V., & Lau, G. (2013). Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students?. *Computers in Human Behavior*, *29*(3), 632–638.

Baddeley, A. D. (2009). Working memory and binding in sentence recall. *Journal of Memory and Language*, *61*(3), 438–456.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2009). Cross-modal binding and working memory. *Visual Cognition, 17*(1-2), 83-102.

Barbour, M. K. (2011). Secondary Students, Laptops and Game Design: Examining the Potential of Homemade PowerPoint Games in a Blended Learning Environment. *The Georgia Social Studies Journal*, *1*, 31-44.

Best, J. W. (1977). *Research in Education* (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall inc.

Branca, N. (1980). Problem solving as a goal, process and basic skill. *Problem Solving in School Mathematics. (pp.* 3-8). Reston, VA: NCTM.

Burns, M. (2007). *About teaching mathematics: A K–8 resource*. USA: ICC Macmillan Inc.

Campbell, J. I. D., & Epp, L. J. (2005). Architectures for Arithmetic In J. I. D., Campbell*, (Ed.), Handbook of Mathematical Cognition.* New York: Psychology Press.

Campbell, J. I. D. (2015). How Abstract Is Arithmetic ? In, J. I. D. Campbell *(Ed.). The Oxford Handbook of Numerical Cognition*. Oxford University Press.

Chirinda, B. (2013). *The Development Of Mathematical Problem Solving Skills Of Grade 8 Learners In A Problem-Centred Teaching And Learning Environment At A Secondary School In Gauteng*. Degree of Master of Education with Specialisation in Mathematical Education, University of South Africa.

Colome, A., Bafalluy, M. G., & Noel, M. P. (2011). Getting to the source: A questionnaire on the learning and use of arithmetical operations. *Psicologica, 32*, 223-253.

Crebert, G., Patrick, C. J., Cragnolini, V., Smith, C., Worsfold, K., & Webb, F. (2011). *Problem Solving Skills Toolkit.* (Retrieved from the World Wide Web 4th April, 2011). http://www.griffith.edu.au/gihe/resources-support/graduate-attributes.

Cuetos F., & Miera G. (1998). Number Processing Dissociations: Evidence from a Case of Dyscalculia. *The Spanish Jonnial of Psychology*, *1*(1), 18-31.

Danks, S. (2011). The ADDIE Model: Designing, Evaluating Instructional Coach Effectiveness. *ASQ Primary and Secondary Education, 4*(5), 1-6.

Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of numberprocessing. *Mathematical Cognition*, *1,* 83-120.

Devlin, J. K. (2011). *Mathematics education for a new era: Video games as a medium for leaning*. USA: AK Peter, Ltd.

Edmonds, A. W., & Kennedy, T. D. (2013). *An applied reference guide to research designs: Quantitative, qualitative, and mixed methods*. Beverly Hills: Sage Publications.

Egbert, G. H., & Cor, J. M. S. (2006). Improving mathematical problem solving: A computerized approach. *Computers in Human Behavior*, 22(5), 801-815.

Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2001). Numerical and arithmetical deficits in learning-disabled children: Relation to dyscalculia and dyslexia. *APHASIOLOGY*, *15* (7), 635–647.

Gee, J. P. (2003). *What video game have to teach us about learning and literacy.* New York: Palgrave Macmillan.

Goldstein, E. B. (2011). *Cognitive Psychology: Connecting Mind, Research and Everyday Experience (*3rd ed*.).* Belmont: Thomson Wadsworth.

Gunaydin, S., & Karamete, A. (2016). Material Development to Raise Awareness of Using Smart Boards: An Example Design and Development Research. *European Journal of Contemporary Education*, *15*(1), 114-120.

Harskamp, E., & Suhre, C. (2007). Schoenfeld's problem solving theory in a student controlled learning environment. *Computers & Education*, *49*(3), 822–839.

Heimer, R. T., & Trueblood, C. R. (1997). *Strategies for Teaching Children's Mathematics.* New York: Addison Wesley Publishing Company Inc.

Jerome, B. (2010). *The Culture of Education.* USA: Harvard University Press.

Kadosh, R. C. (2009). Numerical Representation in the Parietal Lobes: Abstract or not Abstract. *Behav Brain Sci*, *32*(3-4), 313-328.

Kateri, M. (2011). *International Encyclopedia of Statistical Science*. USA: Springer Berlin Heidelberg.

Kattou, M. (2011). Does Mathematical Creativity Differentiate Mathematical Ability. *Department of Education,* Retrieved from http://www. cerme7.univ.rzeszow.pl/WG/7/Kattou_et_al_CERME7_WG7.pdf.

Kebritchi, M., Hirumi, A., & Bai, H. (2010). The Effects of Modern Mathematics Computer Games on Mathematics Achievement and Class Motivation. *Computers & Education*, *55*(2), 427-443.

Kim, M. H., & Chung, H. K. (2014). Sensory education program development, application and its therapeutic effect in children. *Nutrition Research and Practice*, *8*(1), 112-119.

Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of Working Memory in Children With ADHD*. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *24*(6), 781-791

Kruse, K. (2008). *Instructional design*. Retrieved from http://www. cognitivedesignsolutions.com/Instruction/LearningTheory.htm.

Lemaire, P., & Leclère, M. (2013). Strategy Repetition in Young and Older Adults: A Study in Arithmetic. *Developmental Psychology*, *50*(2), 460-468.

Levesque, A. A., (2011). Using Clickers to Facilitate Development of Problem-Solving Skills. *CBE-Life Sciences Education*, 10, 406–417.

Macaruso, P., McCloskey, M., & Aliminesa, D. (1993). The funcíjenal architecture of the cognitive numerical processing system: Evidence from a patient with niulliple impairmenís. *Cognitive Neuropsyc/Sology, 10*, 341-376.

Mayer, R. E. (1990). Problem solving. in W. M. Eysenck (ed.), *The Blackwell Dictionary of Cognitive Psychology*. Basil Blackwell, 284–288.

Mayer, R. E. (2008). *Applying the Science of Learning: Evidence Based Principles for the Design of Multimedia Instruction*. *American Psychologist*, *63*(8), 760-767.

Mayer, R. E. (2014). Thinking, problem solving. *Cognition*, New York: A series of books in psychology.

McCloskey, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, *44*(1–2), 107–157.

Michele, D. (2007). Game design and learning: A conjectural analysis of how massively multiple online role-playing games (MMORPGs) foster intrinsic motivation, *Education Tech Research Dev*, *55*, 253–273.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complexìfrontal lobeî tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49-100.

Moursund, D. (2007). *Introduction to Problem Solving in the Information Age*. College of Education, University of Oregon, Oregon.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.

Novick, L. R., & Bassok, M. (2005). Problem solving. The Cambridge *of Thinking and Reasoning*. New York: Cambridge University Press.

Nunes, T., Bryant, P., Evans, D., Bell, D., Gardner, S., Gardner, A., & Carraher, J. (2007). The contribution of logical reasoning to the learning of mathemetics in primary school*, British Journal of Developmental Psychology*, *25*(1), 147-166.

Panadura, A. (2012). Improving problem solving ability in mathematics by using a mathematical model: A computerized approach, *Computers in Human Behavior*, *28*(6), 2291-2297.

Perrine, V. (2001*). Effects of a problem-solving-based mathematics course on the proportional reasoning of preservice teachers*. *Journal Of College Teaching And Learning, 1*(2), 33-50.

Piaget, J. (1980). *The child's conception of number*. London: Routledge & Kegan Paul.

Polya, G.. (1985). *How to Solve it.* (2nd ed.). Princeton: University Press.

Prado, J., Noveck, I. A., & Henst, V.D. (2010). Overlapping and Distinct Neural Representations of Numbers and Verbal Transitive Series Cerebral Cortex, *Department of Psychology*. University of Michigan. *Cerebral Cortex*, *20*(3), 720-729.

Repovs, G., & Baddeley, A. (2006). The Multi-Component Model Of Working Memory: Explorations In Experimental Cognitive Psychogy. *Neuroscience,* 139, 5–21.

Rosli, R., Goldsby, D., & Capraro, M.M. (2013). Assessing Students' Mathematical Problem-Solving and Problem-Posing Skills. *Asian Social Science*; *9*(16), 54-60.

Salguero-Alcaniz, M. P., & Alameda-Bailen, J. R. .(2013). Independence of basic arithmetic operations: Evidence from cognitive neuropsychology. *Anales De Psicología*, *29*,1006-1012.

Schmithorst, V. J., & Brown, R. D. (2004). Empirical validation of the triple-code model of numerical processing for complex math operations using functional MRI and group Independent Component Analysis of the mental addition and subtraction of fractions. *NeuroImage*, *22*, 1414–1420.

Siko, J., & Barbour, M. (2014). Design Research Using Game Design as an Instructional Strategy. *Journal of Interactive Learning Research*, *25*(3), 427-448.

Stephen, K., Reed, Carolyn, C., Ackinclose., & Audrey, A. Voss. (1990). Selecting analogous problems: Similarity versus inclusiveness. *Memory & Cognition*, *18*(1), 83-98.

Sternberg, R. J. (1986). *Intelligence Applied.* New York: Harcourt Brace Jovanovich. Publisher.

Wanga, A. H., Firmenderb, J. M., Powera, J. R., & Byrnes, P. J. . (2016). Understanding the Program Effectiveness of Early Mathematics Interventions for Prekindergarten and Kindergarten Environments: A Meta-Analytic Review. *Early Education and Development, 27*(5), 692-713.

Watanabe, S., & Huber, L. (2006). Animal logics: decisions in the absence of human language. *Anim Cogn*, *9*, 235–245.

William, G. (2003). The Unified Problem-Solving Method Development Language UPML. *Knowledge and Information Systems*, *5*(1), 83-131.

Yuzen, A., & Karamete, A. (2016). Computer Assisted Educational Material Preparation for Fourth Grade Primary School Students' English Language Class in Teaching Numbers**.** *European Journal of Contemporary Education*, *15*(1), 94-104.

Zhou, X. (2011). Operation-specific encoding in single-digit arithmetic. *Brain and Cognition*, 76, 400-406.

Zhu, Z. (2007). Gender differences in mathematical problem solving patterns: A review of literature. *International Education Journa*l, *8*(2), 187-203.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

## แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

**แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**
**ก่อนดำเนินกิจกรรม**

**คำชี้แจง**

1. ให้นักเรียนเขียนเฉพาะคำตอบเท่านั้นที่ลงใน.....หลังข้อคำถาม

2. แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีทั้งหมด 35 ข้อ ประกอบด้วย 2 ตอน คือ

**ตอนที่ 1** ความสามารถทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น ในการคิดคำนวณโดยไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลข

**ตอนที่ 2** ความสามารถในด้านแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลขได้

3. เวลาที่ใช้ 30 นาที

4. คะแนนในการทำแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นไม่ส่งผลต่อคะแนนในรายวิชาใด ๆ ทั้งสิ้น

---

**ตอนที่ 1** ความสามารถทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น นในการคิดคำนวณโดย ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลข ในกระดาษให้เขียนได้เฉพาะคำตอบเท่านั้น เพราะต้องคิดคำนวณตัวเลขต่าง ๆ ในใจ

1. 9 คูณ 5 เท่ากับเท่าไร .....
2. 72 หาร 3 เท่ากับเท่าไร .....
3. 7 คูณ 8 เท่ากับเท่าไร .....
4. 50% ของ 196 เท่ากับเท่าไร .....
5. 12 คูณ 7 เท่ากับเท่าไร .....
6. 70% ของ 110 เท่ากับเท่าไร .....
7. นำ 15 ไปคูณ 11 .....
8. นำ 12 ไปคูณ 9 แล้วหาร 4 .....
9. 15 + 18 + 12 + 36 เท่ากับเท่าไร .....
10. 3 × 4 × 6 เท่ากับเท่าไร .....
11. ( 36×3 ) แล้วหารด้วย ( 3×4 ) เท่ากับเท่าไร .....
12. ( 7×6 ) + ( 8×9 ) เท่ากับเท่าไร .....
13. 33/4 ของ 228 เท่ากับเท่าไร.....
14. 62 + 96 + 47 เท่ากับเท่าไร .....
15. จงบวก 597 กับ 136 .....
16. 2.96 + 17.58 เท่ากับเท่าไร .....
17. 90% ของ 120 เท่ากับเท่าไร .....
18. จงลบ 829 ออกจาก 1,752 .....
19. จงนำ 72 ไปคูณกับ 15 .....
20. นำ 16 ไปคูณ 5 แล้วลบด้วย ( 6×4 ) เท่ากับเท่าไร .....

21. เศษห้าส่วนหกของ 192 เท่ากับเท่าไร .....

22. 60% ของ 1,950 เท่ากับเท่าไร .....

23. 200 หาร 16 เท่ากับเท่าไร .....

24. เศษสามส่วนสิบหก เมื่อเขียนเป็นเลขทศนิยมจะเป็นเท่าไร .....

25. นำ 139 คูณด้วย 9 หาร – 0.5 .....

26. เศษสามส่วนห้าของ 1,690 เท่ากับเท่าไร .....

27. เศษสามส่วนเก้าของ 1,269 เท่ากับเท่าไร .....

| **เวลาที่ใช้** |
|---|

**ตอนที่ 2** ความสามารถในด้านแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลขได้

28. อยากทราบว่าอีกกี่นาทีจะถึงเวลาเที่ยงวัน หากเมื่อ 16 นาทีที่แล้วเป็นเวลา 8 นาฬิกา และต้องบวกต่อไปอีกสามเท่าของจำนวนนาทีที่ต้องการหา .....

29. ในการขายเสื้อคลุมลดราคาสัปดาห์แรก มีการลดราคาเสื้อคลุมลง 10 % จากราคาเดิม เหลือ 860 บาท พอถึงต้นสัปดาห์ที่สอง ราคาลดลงไปอีก 15 % ถามว่าราคาขายล่าสุดนี้จะเป็นเท่าไร .....

30. -16 + -5 + 53 มีค่าเท่ากับเท่าไร .....

31. ในการขายมะเขือเทศครั้งหนึ่ง มี 339 ลูกที่ขึ้นรา ซึ่งเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนทั้งหมด ถามว่าในการขายสินค้าครั้งนี้มีมะเขือเทศกี่ลูก .....

32. 12 ÷ ? = 1.125 .....

33. เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก 3½ , 3¾ , 5¾, -10¼ , 2½ , 2¾,10¼

..... ..... ..... ..... .....

34. มีน้ำ 100 กรัม มีน้ำตาลผสมร้อยละ 60 ถ้าดูดออก 10 กรัม แล้วเติมน้ำเปล่า แทนไป 10 กรัม น้ำจะมีน้ำตาลผสมร้อยละเท่าใด

35. ให้นักเรียนหาผลรวมจำนวนต่อไปนี้

| 2/5 ,4/7, 10/13, 5/8, 1/4 |
|---|
| 3/4 ,3/8, 3/7, 3/5, 3/13 |

.....

**แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**
**หลังดำเนินกิจกรรม**

**คำชี้แจง**

1. ให้นักเรียนเขียนเฉพาะคำตอบเท่านั้นที่ลงใน.....หลังข้อคำถาม

2. แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีทั้งหมด 35 ข้อ ประกอบด้วย 2 ตอน คือ

**ตอนที่ 1** ความสามารถทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น ในการคิดคำนวณโดยไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลข

**ตอนที่ 2** ความสามารถในด้านแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลขได้

3. เวลาที่ใช้ 30 นาที

4. คะแนนในการทำแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นไม่ส่งผลต่อคะแนนในรายวิชาใด ๆ ทั้งสิ้น

---

**ตอนที่ 1** ความสามารถทางคณิตศาสตร์เ บื้องต้นในการคิดคำนวณโดย ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลข ในกระดาษให้เขียนได้เฉพาะคำตอบเท่านั้น เพราะต้องคิดคำนวณตัวเลขต่าง ๆ ในใจ

1. 9 คูณ 4 เท่ากับเท่าไร .....
2. 75 หาร 3 เท่ากับเท่าไร .....
3. 8 คูณ 7 เท่ากับเท่าไร .....
4. 50% ของ 190 เท่ากับเท่าไร .....
5. 7 คูณ 12 เท่ากับเท่าไร .....
6. 70% ของ 120 เท่ากับเท่าไร .....
7. นำ 11 ไปคูณ 15 .....
8. นำ 12 ไปคูณ 9 แล้วหาร 4 .....
9. 14 + 18 + 12 + 36 เท่ากับเท่าไร .....
10. 3 × 4 × 6 เท่ากับเท่าไร .....
11. ( 36×3 ) แล้วหารด้วย ( 4×3) เท่ากับเท่าไร .....
12. ( 7×6 ) + ( 8×9 ) เท่ากับเท่าไร .....
13. 33/4 ของ 228 เท่ากับเท่าไร.....
14. 62 + 96 + 47 เท่ากับเท่าไร .....
15. จงบวก 594 กับ 136 .....
16. 2.96 + 17.58 เท่ากับเท่าไร .....
17. 90% ของ 200 เท่ากับเท่าไร .....
18. จงลบ 828 ออกจาก 1,752 .....
19. จงนำ 72 ไปคูณกับ 15 .....
20. นำ 16 ไปคูณ 5 แล้วลบด้วย ( 6×4 ) เท่ากับเท่าไร .....

21. เศษห้าส่วนหกของ 180 เท่ากับเท่าไร .....

22. 60% ของ 1,500 เท่ากับเท่าไร .....

23. 200 หาร 16 เท่ากับเท่าไร .....

24. เศษสามส่วนสิบหก เมื่อเขียนเป็นเลขทศนิยมจะเป็นเท่าไร .....

25. นำ 139 คูณด้วย 9 หาร – 0.5 .....

26. เศษสามส่วนห้าของ 1,500 เท่ากับเท่าไร .....

27. เศษสามส่วนเก้าของ 1,800 เท่ากับเท่าไร .....

| **เวลาที่ใช้** |
|---|

**ตอนที่ 2** ความสามารถในด้านแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลขได้

28. อยากทราบว่าอีกกี่นาทีจะถึงเวลาเที่ยงวัน หากเมื่อ 16 นาทีที่แล้วเป็นเวลา 8 นาฬิกา และต้องบวกต่อไปอีกสามเท่าของจำนวนนาทีที่ต้องการหา .....

29. ในการขายเสื้อคลุมลดราคาสัปดาห์แรก มีการลดราคาเสื้อคลุมลง 10 % จากราคาเดิม เหลือ 860 บาท พอถึงต้นสัปดาห์ที่สอง ราคาลดลงไปอีก 15 % ถามว่าราคาขายล่าสุดนี้จะเป็นเท่าไร .....

30. -16 + -5 + 53 มีค่าเท่ากับเท่าไร .....

31. ในการขายมะเขือเทศครั้งหนึ่ง มี 339 ลูกที่ขึ้นรา ซึ่งเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนทั้งหมด ถามว่าในการขายสินค้าครั้งนี้มีมะเขือเทศกี่ลูก .....

32. 12 ÷ ? = 1.125 .....

33. เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก 3½ , 3¾ , 5¾, -10¼ , 2½ , 2¾,10¼

..... ..... ..... ..... .....

34. มีน้ำ 100 กรัม มีน้ำตาลผสมร้อยละ 60 ถ้าดูดออก 10 กรัม แล้วเติมน้ำเปล่า แทนไป 10 กรัม น้ำจะมีน้ำตาลผสมร้อยละเท่าใด

35. ให้นักเรียนหาผลรวมจำนวนต่อไปนี้

| 2/5 ,4/7, 10/13, 5/8, 1/4 |
|---|
| 3/4 ,3/8, 3/7, 3/5, 3/13 |

.....

# ภาคผนวก ข

## รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ

# รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. พูลพงศ์ สุขสว่าง วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ดร.ปรัชญา แก้วแก่น วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

# ภาคผนวก ค

## ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าความยากและอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

Item and Test Analysis

| Item | Number Correct | Item Diff. | Disc. Index | # Correct in High Grp | # Correct in Low Grp | Point Biserial | Adjusted Pt. Bis. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item 01 | 257 | 0.791 | 0.419 | 99 (0.96) | 51 (0.54) | 0.429 | 0.374 |
| Item 02 | 241 | 0.742 | 0.401 | 95 (0.92) | 49 (0.52) | 0.361 | 0.299 |
| Item 03 | 240 | 0.738 | 0.263 | 88 (0.85) | 65 (0.69) | 0.184 | 0.216 |
| Item 04 | 242 | 0.745 | 0.341 | 91 (0.88) | 51 (0.54) | 0.260 | 0.194 |
| Item 05 | 255 | 0.785 | 0.280 | 86 (0.83) | 71 (0.76) | 0.149 | 0.285 |
| Item 06 | 195 | 0.600 | 0.609 | 89 (0.86) | 24 (0.26) | 0.452 | 0.387 |
| Item 07 | 260 | 0.800 | 0.304 | 96 (0.93) | 59 (0.63) | 0.352 | 0.295 |
| Item 08 | 152 | 0.468 | 0.467 | 70 (0.68) | 20 (0.21) | 0.377 | 0.307 |
| Item 09 | 226 | 0.695 | 0.243 | 82 (0.80) | 52 (0.55) | 0.253 | 0.183 |
| Item 10 | 241 | 0.742 | 0.238 | 87 (0.84) | 57 (0.61) | 0.248 | 0.182 |
| Item 11 | 256 | 0.788 | 0.235 | 90 (0.87) | 60 (0.64) | 0.263 | 0.201 |
| Item 12 | 254 | 0.782 | 0.253 | 94 (0.91) | 62 (0.66) | 0.262 | 0.201 |
| Item 13 | 115 | 0.354 | 0.353 | 55 (0.53) | 17 (0.18) | 0.290 | 0.219 |
| Item 14 | 232 | 0.714 | 0.269 | 81 (0.79) | 58 (0.62) | 0.174 | 0.204 |
| Item 15 | 251 | 0.772 | 0.234 | 85 (0.83) | 65 (0.69) | 0.158 | 0.293 |
| Item 16 | 252 | 0.775 | 0.214 | 90 (0.87) | 62 (0.66) | 0.225 | 0.162 |
| Item 17 | 143 | 0.440 | 0.512 | 67 (0.65) | 13 (0.14) | 0.406 | 0.338 |
| Item 18 | 237 | 0.729 | 0.237 | 88 (0.85) | 58 (0.62) | 0.203 | 0.134 |
| Item 19 | 242 | 0.745 | 0.207 | 86 (0.83) | 59 (0.63) | 0.248 | 0.182 |
| Item 20 | 259 | 0.797 | 0.305 | 95 (0.92) | 58 (0.62) | 0.342 | 0.284 |
| Item 21 | 170 | 0.523 | 0.675 | 86 (0.83) | 15 (0.16) | 0.533 | 0.473 |
| Item 22 | 155 | 0.477 | 0.609 | 77 (0.75) | 13 (0.14) | 0.451 | 0.385 |
| Item 23 | 134 | 0.412 | 0.462 | 64 (0.62) | 15 (0.16) | 0.393 | 0.324 |
| Item 24 | 67 | 0.206 | 0.295 | 37 (0.36) | 6 (0.06) | 0.335 | 0.277 |
| Item 25 | 116 | 0.357 | 0.251 | 50 (0.49) | 22 (0.23) | 0.232 | 0.159 |
| Item 26 | 186 | 0.572 | 0.623 | 85 (0.83) | 19 (0.20) | 0.497 | 0.435 |
| Item 27 | 165 | 0.508 | 0.619 | 78 (0.76) | 13 (0.14) | 0.477 | 0.413 |
| Item 28 | 46 | 0.142 | 0.207 | 29 (0.28) | 7 (0.07) | 0.346 | 0.297 |
| Item 29 | 35 | 0.108 | 0.129 | 21 (0.20) | 7 (0.07) | 0.292 | 0.246 |
| Item 30 | 71 | 0.218 | 0.302 | 41 (0.40) | 9 (0.10) | 0.395 | 0.338 |
| Item 31 | 70 | 0.215 | 0.384 | 45 (0.44) | 5 (0.05) | 0.389 | 0.332 |
| Item 32 | 62 | 0.191 | 0.325 | 40 (0.39) | 6 (0.06) | 0.396 | 0.342 |
| Item 33 | 89 | 0.274 | 0.520 | 59 (0.57) | 5 (0.05) | 0.510 | 0.455 |
| Item 34 | 68 | 0.209 | 0.504 | 53 (0.51) | 1 (0.01) | 0.543 | 0.496 |
| Item 35 | 83 | 0.255 | 0.611 | 64 (0.62) | 1 (0.01) | 0.595 | 0.548 |
| Item 36 | 82 | 0.252 | 0.562 | 59 (0.57) | 1 (0.01) | 0.549 | 0.498 |
| Item 37 | 32 | 0.098 | 0.261 | 28 (0.27) | 1 (0.01) | 0.478 | 0.441 |
| Item 38 | 26 | 0.080 | 0.252 | 26 (0.25) | 0 (0.00) | 0.525 | 0.493 |
| Item 39 | 80 | 0.246 | 0.591 | 62 (0.60) | 1 (0.01) | 0.620 | 0.576 |
| Item 40 | 76 | 0.234 | 0.561 | 60 (0.58) | 2 (0.02) | 0.611 | 0.566 |

These results have been sorted by item number

Number of Items = 40
Mean Item Difficulty = 0.489
Mean Item Discrimination = 0.366
Mean Point Biserial = 0.370
KR20 (Alpha) = 0.836
KR21 = 0.772
SEM (from KR20) = 2.578

TITLE:
COMMENT:
**********
Item and Test Analysis
**********

| Item | Number Correct | Item Diff. | Disc. Index | # Correct in High Grp | # Correct in Low Grp | Point Biserial | Adjusted Pt. Bis. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item 01 | 257 | 0.791 | 0.422 | 92 (0.98) | 54 (0.56) | 0.441 | 0.382 |
| Item 02 | 241 | 0.742 | 0.389 | 87 (0.93) | 52 (0.54) | 0.385 | 0.317 |
| Item 03 | 240 | 0.738 | 0.203 | 85 (0.90) | 68 (0.70) | 0.185 | 0.110 |
| Item 04 | 242 | 0.745 | 0.337 | 83 (0.88) | 53 (0.55) | 0.302 | 0.231 |
| Item 05 | 255 | 0.785 | 0.277 | 77 (0.82) | 72 (0.74) | 0.134 | 0.263 |
| Item 06 | 195 | 0.600 | 0.615 | 82 (0.87) | 25 (0.26) | 0.491 | 0.422 |
| Item 07 | 260 | 0.800 | 0.297 | 87 (0.93) | 61 (0.63) | 0.370 | 0.308 |
| Item 08 | 152 | 0.468 | 0.538 | 70 (0.74) | 20 (0.21) | 0.415 | 0.340 |
| Item 09 | 226 | 0.695 | 0.262 | 77 (0.82) | 54 (0.56) | 0.266 | 0.190 |
| Item 10 | 241 | 0.742 | 0.254 | 82 (0.87) | 60 (0.62) | 0.264 | 0.192 |
| Item 11 | 256 | 0.788 | 0.233 | 83 (0.88) | 63 (0.65) | 0.275 | 0.208 |
| Item 12 | 254 | 0.782 | 0.244 | 85 (0.90) | 64 (0.66) | 0.268 | 0.200 |
| Item 13 | 115 | 0.354 | 0.357 | 51 (0.54) | 18 (0.19) | 0.318 | 0.241 |
| Item 14 | 232 | 0.714 | 0.269 | 74 (0.79) | 60 (0.62) | 0.171 | 0.194 |
| Item 15 | 251 | 0.772 | 0.218 | 77 (0.82) | 68 (0.70) | 0.159 | 0.187 |
| Item 16 | 252 | 0.775 | 0.213 | 83 (0.88) | 65 (0.67) | 0.236 | 0.166 |
| Item 17 | 143 | 0.440 | 0.537 | 64 (0.68) | 14 (0.14) | 0.436 | 0.362 |
| Item 18 | 237 | 0.729 | 0.232 | 79 (0.84) | 59 (0.61) | 0.210 | 0.135 |
| Item 19 | 242 | 0.745 | 0.211 | 78 (0.83) | 60 (0.62) | 0.266 | 0.193 |
| Item 20 | 259 | 0.797 | 0.307 | 86 (0.91) | 59 (0.61) | 0.356 | 0.293 |
| Item 21 | 170 | 0.523 | 0.686 | 80 (0.85) | 16 (0.16) | 0.544 | 0.479 |
| Item 22 | 155 | 0.477 | 0.600 | 70 (0.74) | 14 (0.14) | 0.487 | 0.417 |
| Item 23 | 134 | 0.412 | 0.484 | 61 (0.65) | 16 (0.16) | 0.401 | 0.326 |
| Item 24 | 67 | 0.206 | 0.321 | 36 (0.38) | 6 (0.06) | 0.331 | 0.267 |
| Item 25 | 116 | 0.357 | 0.263 | 46 (0.49) | 22 (0.23) | 0.232 | 0.151 |
| Item 26 | 186 | 0.572 | 0.645 | 79 (0.84) | 19 (0.20) | 0.511 | 0.444 |
| Item 27 | 165 | 0.508 | 0.611 | 72 (0.77) | 15 (0.15) | 0.505 | 0.436 |
| Item 30 | 71 | 0.218 | 0.333 | 40 (0.43) | 9 (0.09) | 0.356 | 0.292 |
| Item 31 | 70 | 0.215 | 0.395 | 42 (0.45) | 5 (0.05) | 0.356 | 0.291 |
| Item 33 | 89 | 0.274 | 0.491 | 51 (0.54) | 5 (0.05) | 0.467 | 0.404 |
| Item 34 | 68 | 0.209 | 0.511 | 49 (0.52) | 1 (0.01) | 0.531 | 0.477 |
| Item 35 | 83 | 0.255 | 0.617 | 59 (0.63) | 1 (0.01) | 0.570 | 0.516 |
| Item 36 | 82 | 0.252 | 0.575 | 55 (0.59) | 1 (0.01) | 0.524 | 0.467 |
| Item 39 | 80 | 0.246 | 0.607 | 59 (0.63) | 2 (0.02) | 0.584 | 0.532 |
| Item 40 | 76 | 0.234 | 0.575 | 57 (0.61) | 3 (0.03) | 0.572 | 0.519 |

==========
==========
Items Excluded from Analysis: 28, 29, 32, 37, 38
==========

Number of Items = 35
Mean Item Difficulty = 0.542
Mean Item Discrimination = 0.392
Mean Point Biserial = 0.369
KR20 (Alpha) = 0.815
KR21 = 0.762

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังการฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์

**T-Test**

**Paired Samples Statistics**

| | | Mean | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| Pair 1 | pre | 19.5667 | 30 | 2.68692 | .49056 |
| | post | 29.4667 | 30 | 2.30042 | .42000 |

**Paired Samples Correlations**

| | | N | Correlation | Sig. |
|---|---|---|---|---|
| Pair 1 | pre & post | 30 | .346 | .061 |

**Paired Samples Test**

| | Paired Differences | | | | | t | df | Sig. (2-tailed) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference Lower | Upper | | | |
| pre - post | -9.90000 | 2.86898 | .52380 | -10.97129 | -8.82871 | -18.900 | 29 | .000 |

2.2 เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มที่ฝึกด้วยเกมคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเรียนตามปกติในชั่วโมงซ่อมเสริม

**T-Test**

[DataSet0] F:\jatupat.sav

**Group Statistics**

| | group | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| pre | 1.00 | 30 | 19.5667 | 2.68692 | .49056 |
| | 2.00 | 30 | 20.9000 | 2.23375 | .40783 |
| post | 1.00 | 30 | 29.4667 | 2.30042 | .42000 |
| | 2.00 | 30 | 25.3333 | 1.32179 | .24132 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| Pre | Equal variances assumed | .220 | .641 | -2.090 | 58 | .041 | -1.33333 | .63794 | -2.61032 | -.05635 |
| | Equal variances not assumed | | | -2.090 | 56.128 | .041 | -1.33333 | .63794 | -2.61123 | -.05544 |
| Post | Equal variances assumed | 8.379 | .005 | 8.533 | 58 | .000 | 4.13333 | .48439 | 3.16372 | 5.10295 |
| | Equal variances not assumed | | | 8.533 | 46.267 | .000 | 4.13333 | .48439 | 3.15845 | 5.10821 |

# ภาคผนวก ง

## ผลการตรวจสอบคุณภาพของเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

**ตารางการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่าง ข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น**

| เกมคอมพิวเตอร์ | ผู้เชี่ยวชาญ | | | ค่าเฉลี่ย | ระดับความสอดคล้อง |
|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| **1. ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร (Comprehension)** | | | | | |
| **ข้อที่ 1** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 2** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 3** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 4** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 5** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 6** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 7** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 8** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 9** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 10** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 11** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 12** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 13** | 0 | 1 | 1 | 0.67 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 14** | 0 | 1 | 1 | 0.67 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 15** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 16** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 17** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 18** | 0 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 19** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 20** | 0 | 1 | 1 | 0.67 | สอดคล้อง |
| **2. การคำนวณ (Calculation)** | | | | | |
| **ข้อที่ 21** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 22** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 23** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 24** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 25** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 26** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 27** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |

**ตารางการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่าง ข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น**

| เกมคอมพิวเตอร์ | ผู้เชี่ยวชาญ | | | ค่าเฉลี่ย | ระดับความสอดคล้อง |
|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| **3. ระบบการตอบสนอง (Response Production System)** | | | | | |
| **ข้อที่ 28** | 0 | 0 | 1 | 0.33 | ตัดออก |
| **ข้อที่ 29** | 0 | 0 | 1 | 0.33 | ตัดออก |
| **ข้อที่ 30** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 31** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 32** | **0** | **0** | **1** | 0.33 | ตัดออก |
| **ข้อที่ 33** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 34** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 35** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 36** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 37** | **0** | **0** | **1** | 0.33 | ตัดออก |
| **ข้อที่ 38** | 0 | 0 | 1 | 0.33 | ตัดออก |
| **ข้อที่ 39** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ข้อที่ 40** | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง |

**ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ**

| เกมคอมพิวเตอร์ | ผู้เชี่ยวชาญ | | | ค่าเฉลี่ย | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| **1. การออกแบบเกมคอมพิวเตอร์** | | | | | |
| 1.1 ตัวอักษร | | | | | |
| 1.1.1 ขนาดตัวอักษร | 4 | 5 | 4 | 4.33 | มากที่สุด |
| 1.1.2 รูปแบบตัวอักษร | 2 | 5 | 4 | 3.67 | มาก |
| 1.1.3 ชนิดของตัวอักษร | 2 | 5 | 4 | 3.67 | มาก |
| 1.1.4 สีของตัวอักษร | 4 | 5 | 4 | 4.33 | มากที่สุด |
| **รวม** | **12** | **20** | **16** | **4.00** | **มาก** |
| 1.2 ภาพ | | | | | |
| 1.2.1 การสื่อความหมายของภาพ | 2 | 5 | 5 | 4.00 | มาก |
| 1.2.2 ขนาดของภาพที่แสดง | 4 | 5 | 4 | 4.33 | มากที่สุด |
| **รวม** | **6** | **10** | **9** | **4.17** | **มาก** |
| 1.3 สี | | | | | |
| 1.3.1 ความแตกต่างของสีพื้นกับตัวอักษรและภาพ | 4 | 5 | 5 | 4.67 | มากที่สุด |
| 1.3.2 ความสวยงามไม่ฉูดฉาดสบายตา | 3 | 5 | 4 | 4.00 | มาก |
| 1.3.3 ความแตกต่างของสีข้อความ | 4 | 5 | 4 | 4.33 | มากที่สุด |
| **รวม** | **11** | **15** | **13** | **4.33** | **มากที่สุด** |
| **รวม** | **29** | **45** | **38** | **4.15** | **มาก** |
| **2. การดำเนินการตามขั้นตอนของเกมคอมพิวเตอร์** | | | | | |
| 2.1 มีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับเนื้อหา | 4 | 5 | 4 | 4.33 | มากที่สุด |
| 2.2 กิจกรรมมีความน่าสนใจ ส่งเสริมให้ผู้เล่นมีความกระตือรือร้นในการฝึก | 3 | 5 | 5 | 4.33 | มากที่สุด |
| 2.3 กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้ง่าย | 2 | 5 | 5 | 4.00 | มาก |
| 2.4 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับระยะเวลา | 4 | 5 | 5 | 4.67 | มากที่สุด |
| 2.5 กิจกรรมมีกระบวนการเรียนรู้เรียงลำดับจากง่ายสู่ยาก | 3 | 5 | 5 | 4.33 | มากที่สุด |
| 2.6 มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติกิจกรรม | 3 | 5 | 5 | 4.33 | มากที่สุด |
| 2.7 กิจกรรมเหมาะสมกับผู้เล่น (13 – 15 ปี) | 4 | 5 | 4 | 4.67 | มากที่สุด |
| **รวม** | **23** | **35** | **32** | **4.33** | **มากที่สุด** |

**ผลการประเมินความเหมาะสมของเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ**

| เกมคอมพิวเตอร์ | ผู้เชี่ยวชาญ | | | ค่าเฉลี่ย | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| **3. ลักษณะทั่วไปของเกมคอมพิวเตอร์** | | | | | |
| 3.1 การใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ง่ายและสะดวก | 2 | 5 | 5 | 4.00 | มาก |
| 3.2 มีความเหมาะสมกับการใช้งาน | 3 | 5 | 5 | 4.33 | มากที่สุด |
| 3.3 มีความเหมาะสมของขนาดรูป | 4 | 5 | 5 | 4.67 | มากที่สุด |
| 3.4 มีความสัมพันธ์ของภาพประกอบ | 4 | 5 | 5 | 4.67 | มากที่สุด |
| **รวม** | **13** | **20** | **20** | **4.42** | **มากที่สุด** |
| **4. ภาพรวมเกมคอมพิวเตอร์** | | | | | |
| 4.1 เกมคอมพิวเตอร์ครอบคลุมในการปฏิบัติกิจกรรม | 3 | 5 | 5 | 4.33 | มากที่สุด |
| 4.2 ภาษาที่ใช้ในเกมคอมพิวเตอร์อ่านแล้วเข้าใจง่าย | 4 | 5 | 5 | 4.67 | มากที่สุด |
| 4.3 เกมคอมพิวเตอร์มีภาพประกอบที่ชัดเจน | 2 | 5 | 5 | 4.00 | มาก |
| 4.4 เกมคอมพิวเตอร์มีภาพประกอบที่เหมาะสม | 3 | 5 | 5 | 4.33 | มากที่สุด |
| 4.5 เกมคอมพิวเตอร์มีเสียงประกอบที่เหมาะสม | 4 | 5 | 5 | 4.33 | มากที่สุด |
| **รวม** | **16** | **25** | **25** | **4.40** | **มากที่สุด** |
| **5. คู่มือเกมคอมพิวเตอร์** | | | | | |
| 5.1 รูปแบบคู่มือน่าสนใจ น่าอ่าน | 2 | 5 | 4 | 4.00 | มาก |
| 5.2 เนื้อหาของคู่มืออ่านแล้วเข้าใจง่าย | 2 | 5 | 4 | 4.00 | มาก |
| 5.3 ความรู้จากคู่มือ จะสามารถนำไปใช้ได้ | 3 | 5 | 5 | 4.33 | มากที่สุด |
| **รวม** | **7** | **15** | **13** | **4.11** | **มาก** |

**ผลการประเมินความเหมาะสมเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้ใช้งาน**

| เกมคอมพิวเตอร์ | ค่าเฉลี่ย | SD | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|---|---|
| **1. ลักษณะทั่วไปของเกมคอมพิวเตอร์** | | | |
| 1.1 การใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ง่ายและสะดวก | 3.75 | 0.55 | มาก |
| 1.2 มีความเหมาะสมกับการใช้งาน | 3.90 | 0.64 | มาก |
| 1.3 มีความเหมาะสมของขนาดรูป | 3.75 | 0.64 | มาก |
| 1.4 มีความสัมพันธ์ของภาพประกอบ | 3.65 | 0.49 | มาก |
| **รวม** | **3.74** | **0.28** | **มาก** |
| **2. ภาพรวมเกมคอมพิวเตอร์** | | | |
| 2.1 เกมคอมพิวเตอร์ครอบคลุมในการปฏิบัติกิจกรรม | 3.65 | 0.49 | มาก |
| 2.2 ภาษาที่ใช้ในเกมคอมพิวเตอร์อ่านแล้วเข้าใจง่าย | 3.55 | 0.51 | มาก |
| 2.3 เกมคอมพิวเตอร์มีภาพประกอบที่ชัดเจน | 3.65 | 0.59 | มาก |
| 2.4 เกมคอมพิวเตอร์มีภาพประกอบที่เหมาะสม | 3.95 | 0.69 | มาก |
| 2.5 เกมคอมพิวเตอร์มีเสียงประกอบที่เหมาะสม | 3.85 | 0.75 | มาก |
| **รวม** | **3.75** | **0.37** | **มาก** |
| **3. คู่มือเกมคอมพิวเตอร์** | | | |
| 3.1 รูปแบบคู่มือน่าสนใจ น่าอ่าน | 3.80 | 0.62 | มาก |
| 3.2 เนื้อหาของคู่มืออ่านแล้วเข้าใจง่าย | 3.55 | 0.60 | มาก |
| 3.3 ความรู้จากคู่มือ จะสามารถนำไปใช้ได้ | 3.55 | 0.51 | มาก |
| **รวม** | **3.63** | **0.37** | **มาก** |
| **โดยรวม** | **3.72** | **0.20** | **มาก** |

# ภาคผนวก จ

## คู่มือเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

# คู่มือการใช้งาน

**เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น**

# คำนำ

คู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เล่มนี้ เป็นการแนะนำขั้นตอนและวิธีการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผ่านกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) ที่รองรับระบบปฏิบัติการ Android 4.2 ขึ้นไป ประกอบด้วย 5 เกม ได้แก่ เกมปาเป้า (Darts) เกมเครื่องดื่ม (Beverage) เกมฟาร์ม (The Farm) เกมบวกจำนวน (Addition) และเกมเครื่องหมาย (Operation) คู่มือเล่มนี้เหมาะสมกับผู้ที่สนใจศึกษาหรือเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น หากคู่มือการงานเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด เล่มนี้ มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยต้อง ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

จาตุพักตร์ พากเพียร

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| **คู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์** | **ก** |
| **คำนำ** | **ข** |
| **สารบัญ** | **ค** |
| **สารบัญภาพ** | **ง** |
| **แนะนำเกม** | **1** |
| วัตถุประสงค์ของเกม | 1 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 1 |
| **ขั้นตอนและวิธีการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์** | **2** |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | หน้าจอกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet)/คอมพิวเตอร์ก่อนเข้าสู่เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น..... | 2 |
| 2 | หน้าจอแรกของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น..... | |
| 3 | หน้าจอแสดงระดับคะแนนของผู้เล่นที่ได้จากการเล่นเกมแต่ละเกม..... | 3 |
| 4 | หน้าจอแสดงเปิด-ปิดเสียงจากการเล่นเกม..... | 4 |
| 5 | หน้าจอ About แสดงแสดงคำชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ | 4 |
| 6 | หน้าจอแรกของการเข้าสู่เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น..... | 5 |
| 7 | หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมปาเป้า (Darts)..... | 6 |
| 8 | ระดับการเล่น ของเกมปาเป้า (Darts)..... | 7 |
| 9 | หน้าจอของเกมปาเป้า (Darts)..... | 7 |
| 10 | หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมเครื่องดื่ม (Beverage)..... | 7 |
| 11 | ระดับการเล่น ของเกมเครื่องดื่ม (Beverage)..... | 8 |
| 12 | หน้าจอของเกมเครื่องดื่ม (Beverage)..... | 8 |
| 13 | หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมฟาร์ม (The Farm)..... | 9 |
| 14 | ระดับการเล่น ของเกมฟาร์ม (The Farm)..... | 9 |
| 15 | หน้าจอของเกมฟาร์ม (The Farm)..... | 10 |
| 16 | หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมบวกจำนวน (Addition)..... | 10 |
| 17 | ระดับการเล่น ของเกมบวกจำนวน (Addition)..... | 11 |
| 18 | หน้าจอของเกมบวกจำนวน (Addition)..... | 11 |
| 19 | หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมเครื่องหมาย (Operation)..... | 12 |
| 20 | ระดับการเล่น ของเกมเครื่องหมาย (Operation)..... | 13 |
| 21 | หน้าจอของเกมเครื่องหมาย (Operation)..... | 13 |
| 22 | หน้าจอคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น..... | 13 |
| 23 | แผนผังการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น..... | 14 |

1

## แนะนำเกม

คู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เล่มนี้ เป็นการแนะนำขั้นตอนและวิธีการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผ่านกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) ที่รองรับระบบปฏิบัติการ Android 4.2 ขึ้นไป ประกอบด้วย 5 เกม ได้แก่ 1) เกมปาเป้า (Darts) 2) เกมเครื่องดื่ม (Beverage) 3) เกมฟาร์ม (The Farm) 4) เกมบวกจำนวน (Addition) และ 5) เกมเครื่องหมาย (Operation) สำหรับคู่มือการใช้งานเป็นส่วนอธิบายถึงรายละเอียดและวิธีการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์เพิ่มทักษะ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด

## วัตถุประสงค์ของเกม

เพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

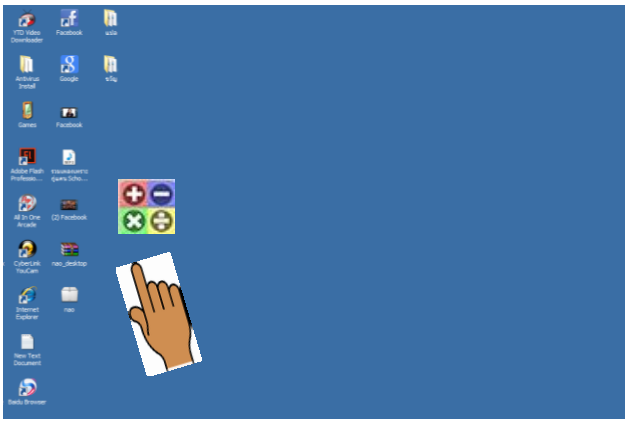
## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีนวัตกรรมคือเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
2. ครูในโรงเรียนได้เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
3. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาใช้เกมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนในโรงเรียนต่าง ๆ
4. ผู้วิจัยนำเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยให้นักเรียนที่มีความสนใจสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ผ่านกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) ที่รองรับระบบปฏิบัติการ Android 4.2 ขึ้นไป

2

# ขั้นตอนและวิธีการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์

การใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เล่มนี้ เป็นการแนะนำขั้นตอนและวิธีการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผ่านกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) ที่รองรับระบบปฏิบัติการ Android 4.2 ขึ้นไป ประกอบด้วย 5 เกม ได้แก่ 1) เกมปาเป้า (Darts) 2) เกมเครื่องดื่ม (Beverage) 3) เกมฟาร์ม (The Farm) 4) เกมบวกจำนวน (Addition) และ 5) เกมเครื่องหมาย (Operation) การเข้าสู่เกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 หน้าจอกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) /คอมพิวเตอร์ ก่อนเข้าสู่เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จากภาพที่ 1 แสดงหน้าจอแรกของคอมพิวเตอร์ก่อนเข้าสู่เกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด จะปรากฏหน้าจอรูปไอคอน ให้นักเรียนกดเลือกรูปไอคอนดังกล่าวเพื่อเข้าสู่เกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด จากนั้นจะปรากฏหน้าจอแรกของเกมคอมพิวเตอร์ สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด ดังแสดงในภาพที่ 2

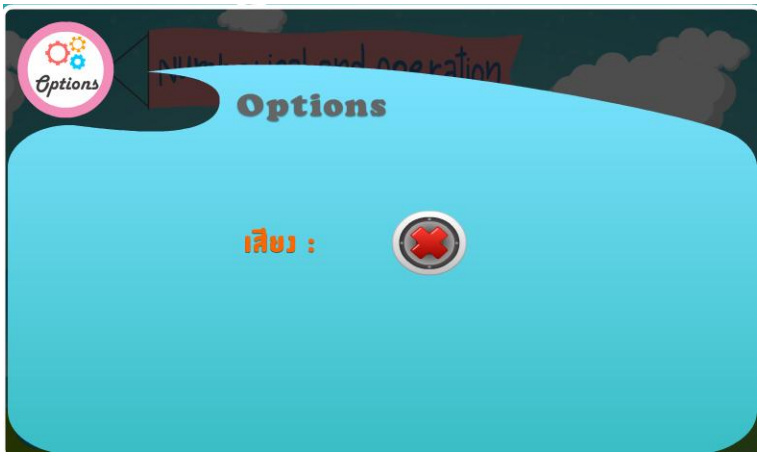
ภาพที่ 2 หน้าจอแรกของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จากภาพที่ 2 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 5 เมนูหลักโปรแกรมของเกมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ 1)เมนู “High Score” 2)เมนู “Options” 3)เมนู “About” 4)เมนู “play” 5)เมนู “Help” และชื่อโปรแกรม “Numberical And Operations : NAO” ซึ่งแต่ละไอคอนมีรายละเอียด ดังนี้

1. รูปไอคอน High score เป็นไอคอนที่แสดงถึงระดับคะแนนของผู้เล่นที่ได้จากการเล่นเกม ดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 หน้าจอแสดงระดับคะแนนของผู้เล่นที่ได้จากการเล่นเกมในแต่ละเกม

2. รูปไอคอน Option เป็นไอคอนกำหนดเปิด – ปิดเสียงจากการเล่นเกม ผู้เล่นสามารถกำหนดเปิด – ปิดเสียงของเกมได้ด้วยตนเอง ดังแสดงในภาพที่ 4




ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงเปิด – ปิดเสียงจากการเล่นเกม

3. รูปไอคอน About เป็นไอคอนที่แสดงคำชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นดังแสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 5 หน้าจอ About แสดงคำชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์

5

จากภาพที่ 5 แสดงหน้าจอ About เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งเป็นเมนูคำชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น การสร้างเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาคุณภาพของเกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคด

4. รูปไอคอน play เมื่อผู้เล่นต้องการเข้าสู่การเล่นเกม ผู้เล่นกดที่ไอคอน จากนั้นจะปรากฏหน้าจอดังแสดงในภาพที่ 6

ภาพที่ 6 หน้าจอแรกของการเข้าสู่เกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จากภาพที่ 6 แสดงหน้าจอแรกของการเข้าสู่เกมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น หน้าจอจะแสดงให้เห็นเกมทั้งหมด จำนวน 5 เกม ได้แก่ 1) เกมปาเป้า (Darts) 2) เกมเครื่องดื่ม (Beverage) 3) เกมฟาร์ม (The Farm) 4) เกมบวกจำนวน (Addition) และ 5) เกมเครื่องหมาย (Operation) ซึ่งแต่ละเกมมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 เมนู “เกมปาเป้า (Darts)” ของหน้าจอภาพที่ 6 นำไปสู่หน้าจอใส่ชื่อก่อนเข้าเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมปาเป้า (Darts)

หลังลงชื่อผู้เล่นเรียบร้อยแล้ว กด “ตกลง” นำไปสู่หน้าจอของเลือกระดับของเกมปาเป้า (Darts) ประกอบด้วย 4 เมนู ได้แก่ (ภาพที่ 8)

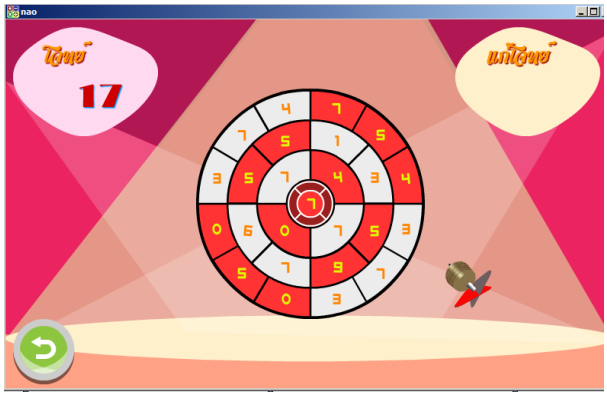
เมนู “จำนวนเต็มบวกหลักเดียว” โจทย์จะกำหนดสุ่มขึ้นมา 1 จำนวน และเป้าที่แสดงจำนวนเต็มบวกหลักเดียว เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเป้าโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณปาลูกดอกให้ได้ผลรวมตามที่โจทย์กำหนดให้ และให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 9

เมนู “จำนวนเต็มบวกสองหลัก” โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 1 จำนวน และเป้าที่แสดงจำนวนเต็มบวกสองหลัก เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเป้าโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณปาลูกดอกให้ได้ผลรวมตามที่โจทย์กำหนดให้ และให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 9

เมนู “จำนวนเต็มหลักเดียว” โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 1 จำนวน และเป้าที่แสดงจำนวนเต็มหลักเดียว เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเป้าโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณปาลูกดอกให้ได้ผลรวมตามที่โจทย์กำหนดให้ และให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 9

เมนู “จำนวนเต็มบวกสองหลัก”โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 1 จำนวน และเป้าที่แสดงจำนวนเต็มบวกสองหลัก เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเป้าโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณปาลูกดอกให้ได้ผลรวมตามที่โจทย์กำหนดให้ และให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 9

ภาพที่ 8 ระดับการเล่น ของเกมปาเป้า (Darts)




ภาพที่ 9 หน้าจอของเกมปาเป้า (Darts)

4.2 เมนู “เกมเครื่องดื่ม (Beverage)” ของหน้าจอภาพที่ 6 นำไปสู่หน้าจอใส่ชื่อก่อนเข้าเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมเครื่องดื่ม (Beverage)

หลังลงชื่อผู้เล่นเรียบร้อยแล้ว กด “ตกลง” นำไปสู่หน้าจอของเลือกระดับของเกมเครื่องดื่ม (Beverage) ประกอบด้วย 2 เมนู ได้แก่ (ภาพที่ 11)

เมนู “90 min” โจทย์จะสุ่มเศษส่วนขึ้นมา 3 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเศษส่วนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณเปลี่ยนเศษส่วนให้เป็นร้อยละโดยตอบสนองด้วยการเลื่อนจำนวนในแต่ละกระบอกให้มีค่าร้อยละตรงกับเศษส่วนที่กำหนดให้และให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 12

เมนู “60 min” โจทย์จะสุ่มเศษส่วนขึ้นมา 3 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเศษส่วนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 60 วินาที ทำการคิดคำนวณเปลี่ยนเศษส่วนให้เป็นร้อยละโดยตอบสนองด้วยการเลื่อนจำนวนในแต่ละกระบอกให้มีค่าร้อยละตรงกับเศษส่วนที่กำหนดให้และให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 12

ภาพที่ 11 ระดับการเล่นของเกมเครื่องดื่ม (Beverage)

ภาพที่ 12 หน้าจอของเกมเครื่องดื่ม (Beverage)

4.3 เมนู “เกมฟาร์ม (The Farm)” ของหน้าจอภาพที่ 6 นำไปสู่หน้าจอใส่ชื่อก่อนเข้าเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ดังภาพที่ 13

ภาพที่ 13 หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมฟาร์ม (The Farm)

หลังลงชื่อผู้เล่นเรียบร้อยแล้ว กด “ตกลง” นำไปสู่หน้าจอของเลือกระดับของเกม เครื่องดื่ม (Beverage) ประกอบด้วย 2 เมนู ได้แก่ (ภาพที่ 15)

เมนู “I” โจทย์จะสุ่มทศนิยมขึ้นมา 6 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับทศนิยมโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการจัดเรียงทศนิยมทั้ง 6 จำนวน โดยตอบสนองด้วยการเลื่อนจำนวนจากน้อยไปหามากให้เข้าไปที่ประตูกรงให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 16

เมนู “II” โจทย์จะสุ่มทศนิยมขึ้นมา 6 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับทศนิยมโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการจัดเรียงทศนิยมทั้ง 6 จำนวน โดยตอบสนองด้วยการเลื่อนจำนวนจากมากไปหาน้อยให้เข้าไปที่ประตูกรงให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 16

ภาพที่ 14 ระดับการเล่น ของเกมฟาร์ม (The Farm)

ภาพที่ 15 หน้าจอของเกมฟาร์ม (The Farm)

4.4 เมนู “เกมบวกจำนวน (Addition)” ของหน้าจอภาพที่ 6 นำไปสู่หน้าจอใส่ชื่อก่อนเข้าเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ดังภาพที่ 17

ภาพที่ 16 หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมบวกจำนวน (Addition)

หลังลงชื่อผู้เล่นเรียบร้อยแล้ว กด “ตกลง” นำไปสู่หน้าจอของเลือกระดับของเกมบวกจำนวน (Addition) ประกอบด้วย 3 เมนู ได้แก่ (ภาพที่ 18)

เมนู “90 min” โจทย์จะสุ่มเศษส่วนขึ้นมา 12 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเศษส่วนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยบวกเศษส่วนทั้ง 12 จำนวน โดยตอบสนองด้วยการหาผลบวกให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 19

เมนู “60 min” โจทย์จะสุ่มเศษส่วนขึ้นมา 12 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเศษส่วนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 60 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยบวกเศษส่วนทั้ง 12 จำนวน โดยตอบสนองด้วยการหาผลบวกให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 19

เมนู “30 min” โจทย์จะสุ่มเศษส่วนขึ้นมา 12 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับเศษส่วนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 30 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยบวกเศษส่วนทั้ง 12 จำนวน โดยตอบสนองด้วยการหาผลบวกให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 19

ภาพที่ 17 ระดับการเล่น ของเกมบวกจำนวน (Addition)

ภาพที่ 18 หน้าจอของเกมบวกจำนวน (Addition)

4.5 เมนู “เกมเครื่องหมาย (Operation)” ของหน้าจอภาพที่ 6 นำไปสู่หน้าจอใส่ชื่อก่อนเข้าเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน ดังภาพที่ 20

12

ภาพที่ 19 หน้าจอลงชื่อก่อนเข้าเล่นเกมเครื่องหมาย (Operation)

หลังลงชื่อผู้เล่นเรียบร้อยแล้ว กด “ตกลง” นำไปสู่หน้าจอของเลือกระดับของเกมเครื่องหมาย (Operation) ประกอบด้วย 3 เมนู ได้แก่ (ภาพที่ 21)

เมนู “90 min” โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 5 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับจำนวนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 90 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการนำเครื่องหมายบวก ลบ คูณ และหาร ทำการจัดกระทำจำนวนทั้ง 5 จำนวน โดยตอบสนองด้วยการทำให้คำตอบเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด ให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 22

เมนู “60 min” โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 5 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับจำนวนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 60 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการนำเครื่องหมายบวก ลบ คูณ และหาร ทำการจัดกระทำจำนวนทั้ง 5 จำนวน โดยตอบสนองด้วยการทำให้คำตอบเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด ให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 22

เมนู “30 min” โจทย์จะสุ่มจำนวนขึ้นมา 5 จำนวน เป็นสิ่งเร้า ผู้เล่นทำความเข้าใจในโจทย์กับจำนวนโดยกำหนดเงื่อนไขของเวลา 30 วินาที ทำการคิดคำนวณด้วยการนำเครื่องหมายบวก ลบ คูณ และหาร ทำการจัดกระทำจำนวนทั้ง 5 จำนวน โดยตอบสนองด้วยการทำให้คำตอบเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด ให้ได้จำนวนโจทย์ที่มากที่สุด ดังภาพที่ 22

ภาพที่ 20 ระดับการเล่น ของเกมเครื่องหมาย (Operation)

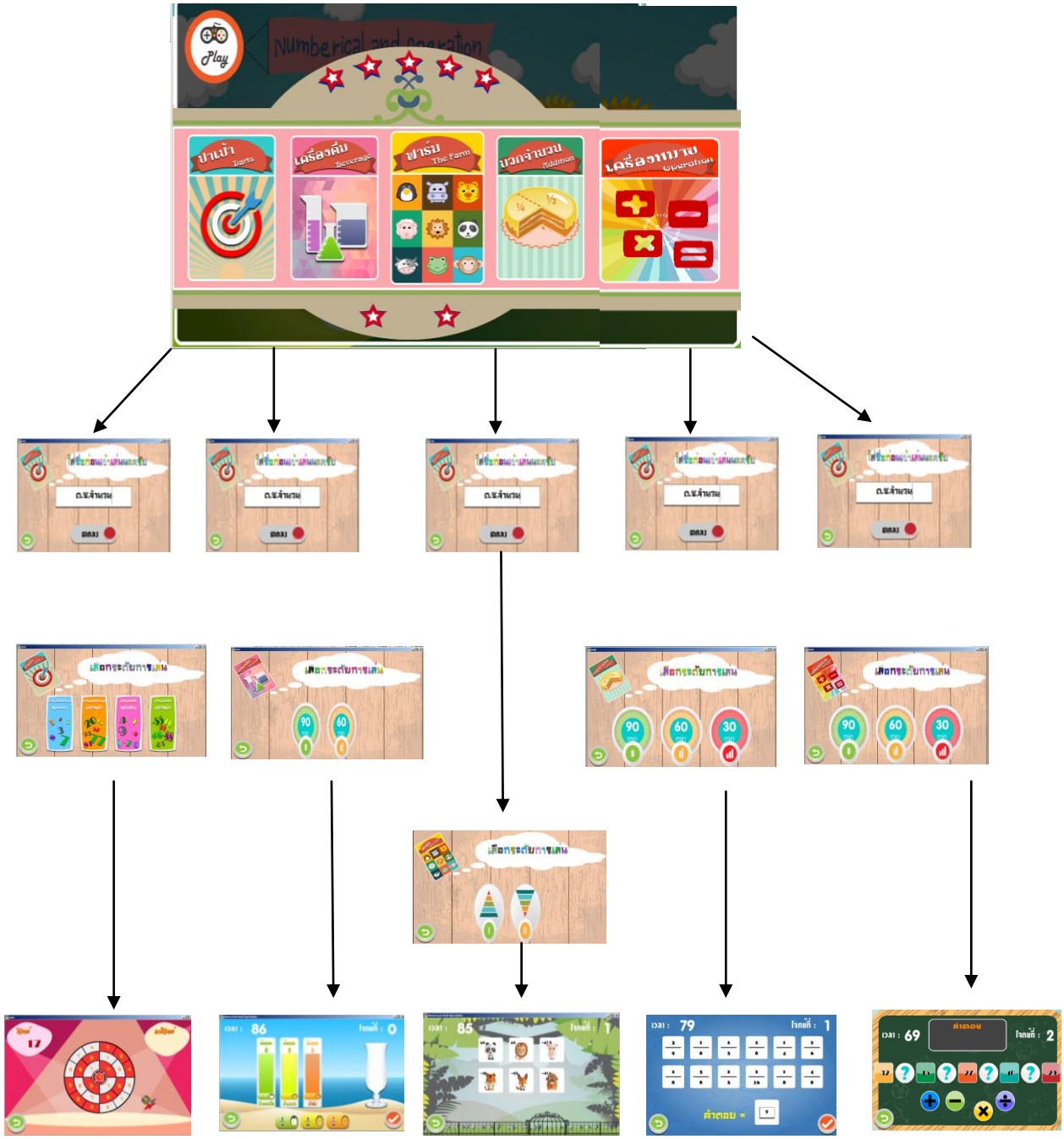
ภาพที่ 21 หน้าจอของเกมเครื่องหมาย (Operation)

5. รูปไอคอน Help เป็นไอคอนที่แสดงถึงคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 22

ภาพที่ 22 หน้าจอคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

14

# แผนผังเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น




ภาพที่ 23 แผนผังเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

# ภาคผนวก ฉ

## แบบรายงานผลจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
## วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

**แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์**
**วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา**
**มหาวิทยาลัยบูรพา**

๑. ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์
ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์ (ภาษาไทย) การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคทเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์ (ภาษาอังกฤษ) DEVELOPMENT OF COMPUTER GAME BASED ON ABSTRACT CODE MODEL FOR INCREASING MATHEMATICS PROBLEM SOLVING SKILLS IN LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS
ชื่อนิสิต (นาย, นาง, นางสาว): จาตุพักตร์ พากเพียร
หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (Ph.D.) สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
☑ ภาคปกติ ☐ ภาคพิเศษ
รหัสประจำตัว ๕๑๘๑๐๙๐๕ คณะ/วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

๓. หน่วยงานที่สังกัด: วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

๔. ผลการพิจารณาของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์:
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ได้พิจารณารายละเอียดดุษฎีนิพนธ์เรื่องดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในประเด็นที่เกี่ยวกับ
๑) การเคารพในศักดิ์ศรี และสิทธิของมนุษย์ที่ใช้เป็นตัวอย่างการวิจัย
๒) วิธีการอย่างเหมาะสมในการได้รับความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย (Informed consent) รวมทั้งการป้องกันสิทธิประโยชน์ และรักษาความลับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย
๓) การดำเนินการวิจัยอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อความเสียหายต่อสิ่งที่ศึกษาวิจัย ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่มีชีวิตหรือไม่มีชีวิต
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มีมติเห็นชอบ ดังนี้
( √ ) รับรองโครงการวิจัย
( ) ไม่รับรอง

๕. วันที่ที่ให้การรับรอง: ๒๔ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๘

ลงนาม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
ประธานกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
วันที่ ๒๔ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๘

# ภาคผนวก ช

## ตัวอย่างใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย

# ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

---

**หัวข้อดุษฎีนิพนธ์** เรื่อง การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐานสำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

วันให้คำยินยอม วันที่ .....เดือน.....พ.ศ. .....

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง ซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับและจะเปิดเผยในภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....ผู้ยินยอม

(.....)

ลงนาม.....พยาน

(.....)

ลงนาม.....ผู้ทำวิจัย

(.....)

# ภาคผนวก ซ

## รูปประกอบกิจกรรมเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดลแอบสแตรกโคดเป็นฐาน สำหรับเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

รูปที่ 1

รูปที่ 2

รูปที่ 3

รูปที่ 4

รูปที่ 5

รูปที่ 6

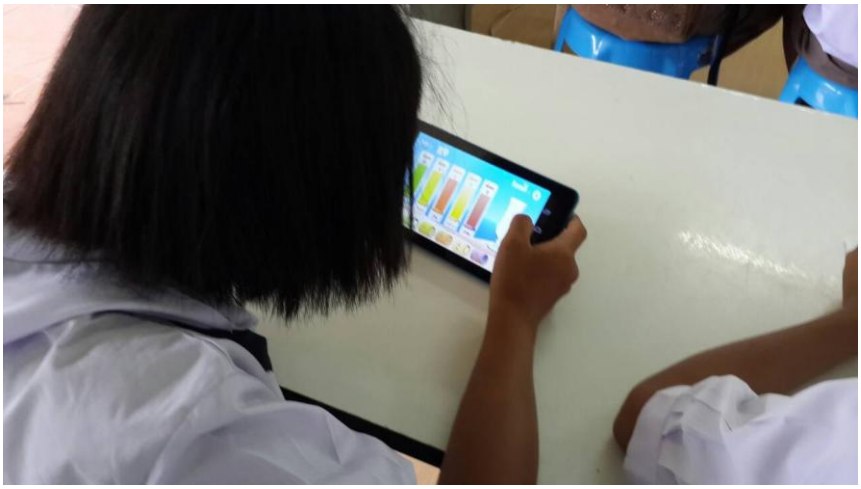
รูปที่ 7

รูปที่ 8

รูปที่ 9

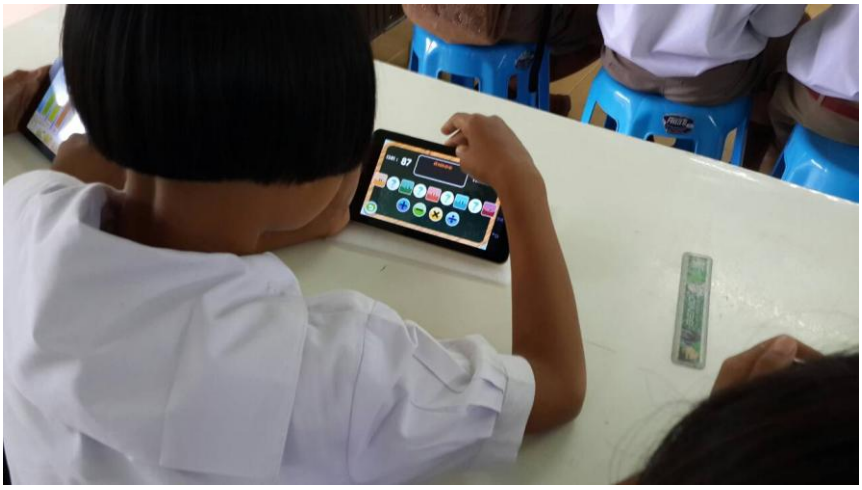
รูปที่ 10

รูปที่ 11



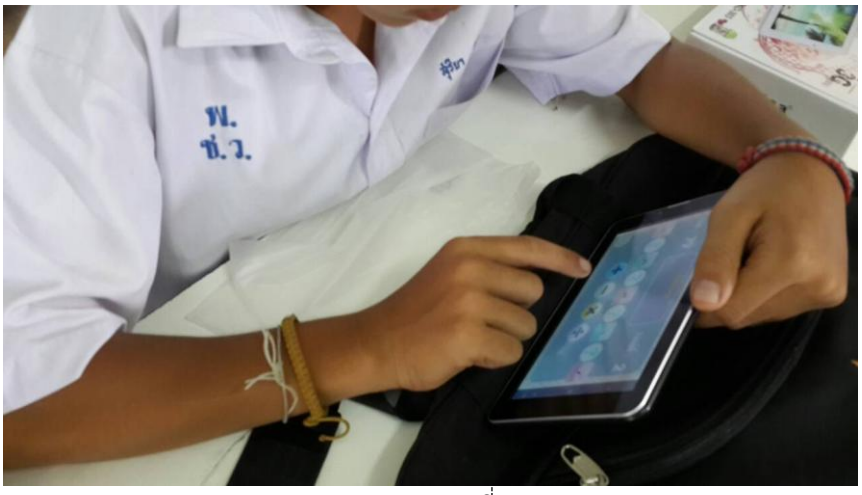
รูปที่ 12

รูปที่ 13



รูปที่ 14

รูปที่ 15



รูปที่ 16

รูปที่ 17

รูปที่ 18

ผลงานวิจัย

จาตุพักตร์ พากเพียร, ปิยวรรณ ถนัดธนูศิลป์, บุราณี ระเบียบ, และปริญญา เรืองทิพย์. (2560). การสร้างแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลขสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, *17*(2). (inpress)

บุราณี ระเบียบ, ปิยวรรณ ถนัดธนูศิลป์, จาตุพักตร์ พากเพียร, และวาทิณี จิตรสำรวย. (2561). ผลการใช้โปแกรมฝึกการคิดเลขคณิตสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่1. *วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี*, *15*(2). (inpress)

วาทิณี จิตรสำรวย, ปิยวรรณ ถนัดธนูศิลป์, จาตุพักตร์ พากเพียร, และบุราณี ระเบียบ. (2561). การพัฒนาโปแกรมคอมพิวเตอร์ประเมินทักษะกระบวนการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียนของครูระดับประถมศึกษาแบบออนไลน์. *วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี*, *15*(2). (inpress)