การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

บุราณี ระเบียบ

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ บุราณี ระเบียบ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

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

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

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

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

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

สิริกรานต์ จันทเปรมจิตต์.....กรรมการ
(ดร.สิริกรานต์ จันทเปรมจิตต์)

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาอนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญาของวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี) และวิทยาการปัญญา
วันที่ ๑ เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา
ประจำปีงบประมาณ 2559 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประกาศคุณูปการ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาอบรมบ่มเพาะ ถ่ายทอดความรู้ ประสิทธิ์ประสาทวิชา รวมทั้งให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำปรับแก้เครื่องมือวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการโรงเรียน ครูและนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2557 – 2558 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาคมะขามราษฎร์) จังหวัดจันทบุรี ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2559

คุณค่าและประโยชน์ของดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

บุราณี ระเบียบ

51810929: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา;
ปร.ด. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)
คำสำคัญ: ความจำขณะทำงาน/ โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต/ โมเดลทริปเพิลโคด

บุราณี ระเบียบ: การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 (DEVELOPMENT OF AN ARITHMETIC TRAINING PROGRAM BASED ON TRIPLE CODE MODEL FOR IMPROVING WORKING MEMORY OF GRADE ONE STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์: สุชาดา กรเพชรปาณี, Ph.D. 233 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

ความจำขณะทำงานเป็นทักษะทางปัญญาที่สำคัญสำหรับนักเรียน ซึ่งสัมพันธ์กับทักษะการเรียนรู้ สติปัญญา และกระบวนการคิดวิเคราะห์ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 60 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) จังหวัดจันทบุรี จัดนักเรียนเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละเท่า ๆ กัน โดยการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือวิจัยเป็นแบบประเมินความจำขณะทำงานอย่างอัตโนมัติ (AWMA) และแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ *t* - test

ผลการวิจัยปรากฏว่า

1) โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด ประกอบด้วย กิจกรรมฝึกคิดเลขคณิต จำนวน 15 กิจกรรม เรียงลำดับจากง่ายไปยาก มีความเหมาะสมที่จะใช้ฝึกการคิดเลขคณิตสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2) คะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3) คะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ES = 0.99)

4) ความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r = .94, p < .01, ES = 1.00)

51810929: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE;
Ph.D. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)
KEYWORDS: WORKING MEMORY /ARITHMETIC TRAINING PROGRAM/ TRIPLE CODE MODEL

BURANEE RABIAB: DEVELOPMENT OF AN ARITHMETIC TRAINING PROGRAM BASED ON TRIPLE CODE MODEL FOR IMPROVING WORKING MEMORY OF GRADE ONE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: SUCHADA KORNPETPANEE, Ph.D., 233 P. 2016.

Working memory is an important cognitive skill for students that related to learning skills, intelligence, and thinking process. Thus, the objectives of this research were to develop an arithmetic training program based on Triple Code Model for enhancing the grade one students' working memory to consider the results of the developed program by comparing the average working memory scores and the average arithmetic ability scores between the experimental and control groups to analyze the correlation between working memory and arithmetic ability of the experimental after training with the developed program. The participants were sixty grade one students who were studying in the first semester of the academic year 2015, Makham School (Sakorn Makhamrat) Chanthaburi Province. They were randomly and equally assigned to experimental and control groups. The research instruments were Automated Working Memory Assessment (AWMA) and the arithmetic ability test. *T* – test was used to analyze the data.

The results were as follows:

1) An arithmetic training program based on Triple Code Model consisting of 15 training activities ranging from easy to more difficult tasks is suitable for training the grade one students.

2) The average scores of working memory and arithmetic ability of the experimental group after training with the developed program were significantly higher than before training ($p < .01$).

3) The average scores of working memory and arithmetic ability in the experimental group were significantly higher than the control group ($p < .01$, $ES = 0.99$).

4) Working memory and arithmetic ability in the experimental group had positively correlated significantly ($r = .94$, $p < .01$, $ES = 1.00$).

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่
1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
กรอบแนวคิดในการวิจัย 4
สมมติฐานการวิจัย 8
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 8
ขอบเขตของการวิจัย 8
นิยามศัพท์เฉพาะ 9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
ตอนที่ 1 ความจำขณะทำงาน 13
ความเป็นมาของทฤษฎีความจำขณะทำงาน 13
ลักษณะทั่วไปของความจำขณะทำงาน 16
ความหมายความจำขณะทำงาน 17
โมเดลความจำขณะทำงาน 18
การวัดความจำขณะทำงาน 25
การฝึกความจำขณะทำงาน 27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงาน 28
ตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลทริปเพิลโคดกับการคิดเลข 31
โมเดลแอบสแตรกโคด 31
โมเดลทริปเพิลโคด 34
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดลทริปเพิลโคดและการคิดเลข 38

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ตอนที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเลขกับความจำขณะทำงาน	40
	ความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเลขกับความจำขณะทำงาน	40
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเลขและความจำขณะทำงาน	41
	ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมในรูปแบบ Application	47
3	วิธีดำเนินการวิจัย	53
	ตอนที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด	54
	การวิเคราะห์โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	57
	การออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	62
	การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตในรูปแบบ Application	64
	ตอนที่ 2 การศึกษาผลการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	82
	กลุ่มตัวอย่าง	83
	แบบแผนการทดลอง	84
	เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	86
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	94
	การวิเคราะห์ข้อมูล	98
4	ผลการวิจัย	99
	ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	100
	ผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	101
	ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	122
	ตอนที่ 2 ผลของการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นไปใช้สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	124

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 124

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังการฝึก 126

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก 129

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น 132

5 สรุปและอภิปรายผล 133

สรุปผลการวิจัย 134

การอภิปรายผล 136

ข้อเสนอแนะ 137

บรรณานุกรม 139

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต 149

ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเที่ยงของแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต 153

ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบประเมินความจำขณะทำงานอย่างอัตโนมัติ 159

ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต 173

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด 176

ภาคผนวก ฉ คำสั่งโปรแกรม MIT App Inventor 2 230

ประวัติย่อของผู้วิจัย 232

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์	61
2	การตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยผู้เชี่ยวชาญ	78
3	การตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยผู้ใช้งาน	81
4	จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการทดลอง	84
5	แบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง	85
6	การวิเคราะห์ตัวเลขในการสร้างข้อสอบตัวเลขสองหลัก	88
7	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิต ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	91
8	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	91
9	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิต ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	92
10	การวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการฝึกความจำขณะทำงาน	92
11	ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง	93
12	กำหนดเวลาที่นัดหมายในการทำกิจกรรม	96
13	รูปแบบกิจกรรมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น	102
14	ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ	123
15	ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับการฝึกนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยผู้ใช้งาน	124
16	จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ	124
17	คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำแนกตามเงื่อนไขการทดลอง	125
18	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก	127
19	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก	128

สารตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

20 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก 130

21 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก 131

22 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น 132

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	7
2	โมเดลความจำขณะทำงาน ของ Baddeley and Hitch (1974)	13
3	โมเดลการประมวลผลข้อมูลของความจำ	14
4	โมเดลระบบความจำของมนุษย์	15
5	โมเดลประมวลผลข้อมูล	18
6	Atkinson-Shiffrin (1968) Modal Memory Model	19
7	Cowan’s (2005) Embedded-process Model	20
8	The Model of Working Memory Proposed	21
9	Baddeley’s (2006) Working Memory Model	21
10	แบบ Working Memory Test Battery for Children (WMTB - C)	25
11	แบบ Wechsler Intelligence Scale for Children	26
12	แบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ	27
13	McCloskey’s (1992) Abstract Code Model	32
14	Triple Code Model Dehaene and Cohen’s (1995)	34
15	Cognitive and Neuroanatomical Representations of the Triple Code Model	36
16	Dehaene’s Triple Code Model	37
17	การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	54
18	ลำดับขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	57
19	กิจกรรม 1 ของโปรแกรม Jungle Memory™	58
20	กิจกรรม 2 โปรแกรม Jungle Memory™	59
21	กิจกรรม 3 โปรแกรม Jungle Memory™	60
22	ขั้นตอนการสร้าง Application โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	63
23	โครงสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด	65
24	ขั้นตอนการเขียน Code คำสั่งของโปรแกรมในรูปแบบ Application	66
25	หน้าจอเมนูหลักทั้ง 5 ส่วนของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	68
26	ผังการทำงานของเมนูทดสอบก่อนฝึก	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร	69
28	ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 2 – 4 เติมคำตอบ	70
29	ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 5 เลือกคำตอบ	70
30	ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 6 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร	71
31	ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 7 – 9 เติมคำตอบ	72
32	ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 10 เลือกคำตอบ	72
33	ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 11 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร	73
34	ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 12 - 14 เติมคำตอบ	74
35	ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 15 เลือกคำตอบ	74
36	ผังการทำงานของเมนูทดสอบก่อนฝึก	75
37	ขั้นตอนการศึกษาผลการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 1	83
38	ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล	95
39	หน้าต่างการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพล โดยการคำนวณออนไลน์ผ่านเว็บไซต์ http://www.uccs.edu/~lbecker/	98
40	โครงสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	101
41	ไอคอน หน้าจอต้อนรับและหน้าจอเมนูหลัก	103
42	หน้าจอเมนูทดสอบก่อนฝึก	104
43	หน้าจอเมนูกิจกรรม 1 - 5 ไม่เกินเลข 9	104
44	หน้าจอเมนูกิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร	105
45	หน้าจอเมนู ตัวอักษร -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 9	105
46	หน้าจอเมนู จำนวน -> ตัวอักษร ไม่เกินเลข 9	106
47	หน้าจอเมนูจำนวน -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 9	106
48	หน้าจอเมนูกิจกรรม 2 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9	107
49	หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 2 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9	107
50	หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 3 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9	108
51	หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 4 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9	108
52	หน้าจอเมนูกิจกรรม 5 เลือกคำตอบ	109
53	หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 5 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง	109

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
54	หน้าจอเมนูกิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19	110
55	หน้าจอเมนูกิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร	110
56	หน้าจอเมนู ตัวอักษร -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 19	111
57	หน้าจอเมนู จำนวน -> ตัวอักษร ไม่เกินเลข 19	111
58	หน้าจอเมนู จำนวน -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 19	112
59	หน้าจอกิจกรรม 7 - 9 เติมคำตอบ	112
60	หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 7 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19	113
61	หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 8 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19	113
62	หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 9 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19	114
63	หน้าจอกิจกรรม 10 เลือกคำตอบ	114
64	ข้อคำถามกิจกรรม 10 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 ให้คล่อง	115
65	หน้าจอเมนูกิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 99	115
66	หน้าจอเมนูกิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร	116
67	หน้าจอตัวอักษร -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 99	116
68	หน้าจอจำนวน -> ตัวอักษร ไม่เกินเลข 99	117
69	หน้าจอจำนวน -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 99	117
70	หน้าจอกิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 99	118
71	หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 12 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99	118
72	หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 13 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99	119
73	ข้อคำถามกิจกรรม 14 บวกลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99	119
74	หน้าจอกิจหน้ากิจกรรม 15 เลือกคำตอบ	120
75	หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 15 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 ให้คล่อง	120
76	หน้าจอเมนูทดสอบหลังฝึก	121
77	หน้าปกคู่มือการใช้งานโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	121
78	ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ	125
79	ค่าเฉลี่ยคะแนนความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	126
80	ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	126

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

81 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก 128

82 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก 129

83 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก 130

84 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก 131

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สมองของมนุษย์ประกอบด้วยโครงข่ายประสาท (Neural Network) จำนวนมาก และหนึ่งในโครงข่ายประสาทที่สำคัญ คือโครงข่ายประสาทของความจำ (Memory Network) ซึ่งมีองค์ประกอบย่อยของความจำ คือ ความจำขณะทำงาน (Working Memory) มีความสำคัญต่อการทำกิจกรรมของสมองขั้นสูง (Higher Order Cognition) หลายด้านที่เกี่ยวเนื่องกับกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเข้าใจภาษา การวางแผน และการดำเนินการเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์และความคิดสร้างสรรค์ (Baddeley, 2002, p. 21) โดยความจำขณะทำงานมีหน้าที่จัดเก็บข้อมูลชั่วคราว (Temporary Storage) ประมวลผลข้อมูล (Processing of Information) และจัดกระทำข้อมูล (Manipulation of Information) ของกิจกรรมในชีวิตประจำวันพร้อมกับดำเนินการจัดกระทำข้อมูลอย่างต่อเนื่องในขณะที่สมองทำกิจกรรม เช่น การจำเบอร์โทรศัพท์ เส้นทางที่เดินทาง ส่วนผสมอาหาร และการอ่านหนังสือ (Bayliss, 2005, p. 76)

ทฤษฎีความจำขณะทำงานเกี่ยวข้องกับโมเดลการรู้คิดด้านจำนวน (Model of Numerical Cognition) ประกอบด้วย 1) Abstract Modular Model (McCloskey's Model) 2) Encoding Complex Model (McCloskey's Model) และ 3) Triple Code Model (Dehaene's model) ชี้ให้เห็นขั้นตอนการทำงานของสมองด้านตัวเลขและการคิดคำนวณ การคำนวณโจทย์เลขคณิตสอดคล้องกับโมเดลทริปเพิลโคดของ Dehaene (Dehaene's Triple Code Model) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงาน ดังนั้นการฝึกคิดเลขคณิตน่าจะส่งผลต่อการรู้คิดด้านจำนวนของสมอง (Aydin et al., 2007) ทั้งนี้แบบจำลองความจำขณะทำงานของ Baddeley (Baddeley 's Working Memory Model) ได้อธิบายว่าความจำขณะทำงาน ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ คือ 1) ระบบบริหารกลาง (Central Executive Function) 2) ระบบเก็บจำด้านภาษา (Phonological Loop) 3) ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuo - spatial Sketch Pad) และ 4) หน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ (Episodic Buffer) (Baddeley, 2002, p. 75; Alloway, 2004)

วิธีเพิ่มความจำขณะทำงานมีหลากหลายวิธี เช่น Lee and Ko (2007) ได้ศึกษาผลของการฝึกความจำขณะทำงานโดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองฝึกใช้ลูกคิดคิดเลขในใจ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กอายุเฉลี่ย 12 ปี 6 เดือน ใช้เวลาฝึก 1 ชั่วโมง 30 นาที ฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ผลการทดลองปรากฏว่าเด็กที่ได้รับการฝึกใช้ลูกคิดคิดเลขในใจมีความสามารถในการเก็บข้อมูลด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visual – spatial Information) ดีกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนการทดลองที่ 2 แบ่งเป็น 2 ช่วงอายุ กลุ่มทดลองที่ 1 เป็นเด็กอายุเฉลี่ย12 ปี ที่ฝึก

ด้วยดนตรี เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 เป็นผู้ใหญ่อายุเฉลี่ย 22 ปี ที่ฝึกด้วยดนตรี เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ทั้งเด็กและผู้ใหญ่ ที่ฝึกด้วยดนตรีมีความสามารถในการเก็บข้อมูลด้านเสียง (Phonological Storage) ดีกว่ากลุ่มควบคุม

Dahlin, Nyberg, Backman, and Neely (2008) ได้ศึกษาความจำขณะทำงานในผู้ใหญ่ตอนต้นและผู้ใหญ่ตอนปลายโดยใช้เวลาฝึก 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 45 – 60 นาที ใช้คอมพิวเตอร์ฝึกความจำขณะทำงาน (Computer- Based Training) ด้วยแบบฝึกการจำตัวอักษร (Letter Memory Task) ที่มีการเปลี่ยนแปลงสี (Colors) จำนวน (Numbers) การเปลี่ยนตำแหน่งและเส้นทางของตัวอักษร (Spatial Positions) ผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับการประเมินโดยภาพถ่ายด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI) ก่อนและหลังการฝึกเพื่อสร้างภาพการทำงานของสมอง ผลการทดลองปรากฏว่าผู้ใหญ่ตอนต้นและผู้ใหญ่ตอนปลาย ในกลุ่มทดลองมีความจำขณะทำงานสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยระดับการทำงานของกิจกรรมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองขั้นสูง (Executive Functioning) ตามค่าความยากง่ายของกิจกรรมที่ฝึก ส่วน Alloway, Bibile, and Lau (2013) ได้ใช้โปรแกรมฝึกความจำขณะทำงาน ชื่อว่า Jungle Memory™ (2008) ฝึกเด็กอายุระหว่าง 7 - 16 ปี โปรแกรมฝึก Jungle Memory™ เป็นเกมคอมพิวเตอร์ที่แบ่งระดับความยากของการฝึกความจำขณะทำงานเป็น 30 ระดับ การวิจัยแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ระยะที่ 1 การประเมินเบื้องต้น โดยทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของความจำขณะทำงาน (Working Memory) และความสามารถ (Ability) มีการทดสอบก่อนทดลอง ระยะที่ 2 การฝึกเริ่มภายใน 1 สัปดาห์หลังการประเมินเบื้องต้น ใช้เวลาฝึก 8 สัปดาห์ และประเมินผลภายใน 2 สัปดาห์หลังจากฝึก และระยะที่ 3 การประเมินผลหลังการฝึก 8 เดือน จากการติดตามผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ความจำขณะทำงานด้านภาษาและมิติสัมพันธ์ (Verbal and Visuo - spatial Working Memory Tasks) หลังการฝึกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีการทำงานมากขึ้นและคงระยะเวลายาวนานถึง 8 เดือน

เนื่องจากการคำนวณด้วยลูกคิด การฝึกด้วยดนตรีและโปรแกรม Jungle Memory™ ดังกล่าวข้างต้นไม่เหมาะกับนักเรียนระดับประถมศึกษาในประเทศไทยบางกลุ่ม โปรแกรม Jungle Memory™ ใช้ภาษาอังกฤษและมีค่าใช้จ่ายที่สูง ทำให้นักเรียนบางกลุ่มยากที่จะเข้าถึงได้ ส่วนการฝึกด้วยดนตรีและการฝึกด้วยลูกคิดก็เป็นเรื่องยุ่งยากทำให้นักเรียนบางกลุ่มไม่อยากฝึก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 นอกจากนี้ คณิตศาสตร์ยังมีความสำคัญต่อการพัฒนากระบวนการคิดของมนุษย์ ขั้นตอนการแก้โจทย์คณิตศาสตร์ต้องมีการคิดเป็นลำดับขั้นตอนจึงทำให้มนุษย์มีแบบแผนกระบวนการคิดที่สามารถแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ตามเงื่อนไขได้อย่างเป็นระบบ ช่วยในการคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้ การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ต้องใช้เหตุผลและการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเรื่องจำนวน

เบื้องต้น และความสัมพันธ์ของจำนวน เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของเด็ก ๆ และยังเป็นรากฐานสำคัญในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาทิ วิศวกรรม คอมพิวเตอร์และเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ดังนั้นคณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ การดำเนินชีวิตของมนุษย์ ช่วยพัฒนาทรัพยากรบุคคลให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552, หน้า 1; Zhang et al., 2014)

ความรู้ทางคณิตศาสตร์มีหลายระดับ เริ่มจากความรู้พื้นฐานเลขคณิต ได้แก่ การบวก การลบ การคูณ และการหารตัวเลขเป็นทักษะที่ทุกคนใช้เป็นประจำ เช่น การคำนวณค่าใช้จ่ายเงินในแต่ละวัน การคิดระยะทางเมื่อต้องโดยสารรถประจำทางว่าเส้นทางใดจะทำให้ไม่เสียเวลา ประหยัดค่าใช้จ่าย และเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด การคาดคะเนเวลาที่ใช้ในการทำธุระส่วนตัวก่อนไปทำงานหรือไปเรียนหนังสือ และการแลกเปลี่ยนเงินสกุลต่าง ๆ เวลาไปต่างประเทศ จากตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าตัวเลข การนับจำนวน การใช้จ่ายด้วยเงิน การซื้อขาย และแลกเปลี่ยน เป็นเรื่องของคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตมนุษย์ทั้งสิ้น โดยเลขคณิตพื้นฐานเป็นรากฐานที่สำคัญในทักษะทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Advanced Mathematical Skills) เป็นเครื่องมือสำคัญของวิทยาศาสตร์สมัยใหม่และการคิดคำนวณเลขคณิตพื้นฐานทำให้มีทักษะด้านสติปัญญาเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นจุดหมายสำคัญของการพัฒนากระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) (Imbo, 2010) อีกทั้งกระบวนการทางปัญญาในระดับของการแก้ปัญหา (Problem Solving) ทางคณิตศาสตร์ มีวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้การคำนวณโจทย์เลขคณิตแบ่งได้ 3 ขั้นตอน คือ 1) การเปลี่ยนโจทย์เลขคณิตเป็นรหัส (Encoding the Arithmetic Problem) 2) การดึงกลับข้อมูลหรือคำนวณคำตอบ (Retrieving or Calculating the Answer) และ 3) การรายงานคำตอบ (Reporting the Answer) (Campbell, 2005, pp. 348 - 349) ซึ่งสอดคล้องกับโมเดลทริปเปิลโคดของ Dehaene (Dehaene's Triple Code Model) ที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ 1) การแทนตัวเลขด้วยปริมาณ (An Analogue Magnitude Representation) ใช้ในการประมาณค่าการคำนวณ เปรียบเทียบขนาดตัวเลข และการประมาณค่าที่เป็นไปได้ 2) การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขอารบิก (A Visual Arabic Number Form) ใช้ในการป้อนตัวเลขฮินดูอารบิกเพื่อส่งผ่านข้อมูลเข้า (Input) และดึงข้อมูลตัวเลขฮินดูอารบิกออก (Output) รวมถึงการจัดกระทำกับตัวเลขหลายหลัก (Multi Digit Operations) 3) การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา (An Auditory – verbal Code) ใช้เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวกับการป้อนข้อมูลเข้าและนำข้อมูลออก รวมถึงองค์ประกอบของการเขียนและการพูด เมื่อมีการนำข้อมูลเข้าสมอง เลขคณิตก็จะเข้าเป็นรหัสและเปลี่ยนเป็นรหัสที่เหมาะกับการทำงานของความจำ รหัสพิเศษนี้ถูกนำเข้าในระบบการเรียกคำตอบจากความจำหรือการคำนวณ หลังจากนั้นได้คำตอบก็จะรายงานคำตอบออกมา (Zhou, 2011)

จากผลการศึกษางานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการพัฒนาความจำขณะทำงานและการคำนวณเลขคณิต ดังนั้นจึงได้เลือกรูปแบบการพัฒนาความจำขณะทำงานโดยใช้

โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เพื่อให้ผู้ฝึกได้พัฒนาความสามารถและกระบวนการคิดด้านเลขคณิตที่เป็นพื้นฐานซึ่งมีผลต่อการเพิ่มความจำขณะทำงานเป็นประโยชน์ในการพัฒนากระบวนการคิด การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเข้าใจภาษา การวางแผน การดำเนินการเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์และความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์เพื่อนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2. เพื่อนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยพิจารณาจาก

2.1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก

2.2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก

2.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ใช้หลักการทำงานของสมองมนุษย์ซึ่งประกอบด้วยโครงข่ายของประสาทจำนวนมากและหนึ่งในโครงข่ายประสาทที่สำคัญ คือโครงข่ายประสาทของความจำ ความจำมีหลายประเภท หนึ่งในนั้น คือ ความจำขณะทำงาน ซึ่งมีความสำคัญต่อการทำกิจกรรมของสมองขั้นสูง (Takeuchi et al., 2013) ความจำขณะทำงาน เป็นหน่วยเก็บความจำชั่วคราวที่มีพื้นที่จำกัดในการเก็บข้อมูลและสามารถจัดกระทำ รวมทั้งเข้ารหัสข้อมูลให้เป็นความจำระยะยาวแล้วเรียกกลับข้อมูลมาใช้ภายหลัง ปัจจุบันนิยมใช้โมเดลของ Baddeley (2006) ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 1) ระบบบริหารกลาง 2) ระบบเก็บจำด้านภาษา 3) ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ และ 4) หน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ ความจำขณะทำงานเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียน การประกอบอาชีพและการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ (Alloway, 2006) มีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับการทำงานที่ซับซ้อนของสมอง เช่น การคิดเลขในใจขณะที่ต้องคุยโทรศัพท์ การตัดสินใจเลือกเส้นทางขับรถขณะที่ฟังวิทยุไปด้วย (Hornung, Brunner, Reuter, & Martin, R.,

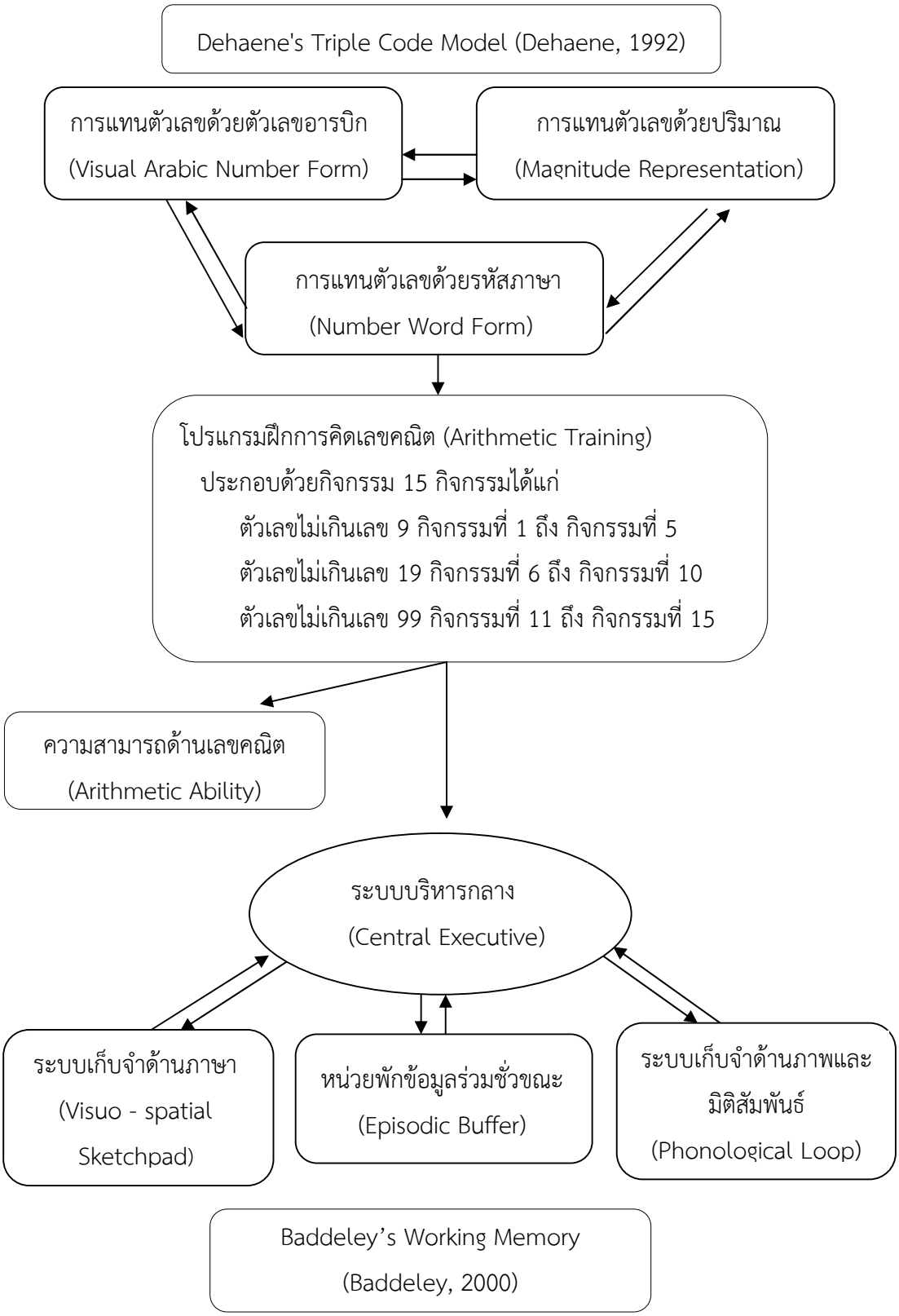
2011) และยังเกี่ยวข้องกับการศึกษาเล่าเรียนในช่วงวัยเรียน เพราะความจำขณะทำงานเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ในห้องเรียน เช่น การทำความเข้าใจสิ่งที่อ่าน (Reading Comprehension) สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Mathematic Performance) การเรียนรู้เรื่องที่มีความซับซ้อน (Complex Learning) และการใช้เหตุผล (Reasoning) (Alloway , 2006, Hornung, Brunner, Reuter, & Martin, R., 2011) จากการศึกษางานวิจัย พบความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทางปัญญากับ การเขียนเลขคณิต (Written Arithmetic) ในส่วนความจำขณะทำงานองค์ประกอบระบบเก็บจำด้านภาษา มีส่วนเกี่ยวข้องกับทักษะการเขียนเลขคณิต (Fuchs et al., 2006) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Träff (2013) แสดงให้เห็นว่าระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และระบบเก็บจำด้านภาษา เกี่ยวข้องกับการเขียนเลขคณิตและโจทย์ปัญหาเลขคณิต การศึกษาส่วนใหญ่เน้นทักษะการคำนวณเลขคณิตในนักเรียนชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เน้นความสัมพันธ์ของระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์กับการคำนวณเลขคณิตในช่วงกว้าง ขยายไปสู่ความสัมพันธ์กับเลขคณิตที่ไม่ใช้สัญลักษณ์ ล่าสุดมีงานวิจัยความสัมพันธ์ของระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์กับเลขคณิตง่าย ๆ ในเด็กเล็ก พบว่า ความสามารถระบบเก็บจำด้านภาษามีความสัมพันธ์กับการนับเลขด้วยปากเปล่า ในเด็กตอนอายุ 6 ขวบ (Gunderson et al., 2012) และงานวิจัยของ Lee and Kang (2002) พบความสัมพันธ์ของการดำเนินการด้านเลขคณิตกับความจำขณะทำงานว่า การคูณสัมพันธ์กับระบบเก็บจำด้านภาษาและการลบสัมพันธ์กับระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ตรงกับงานวิจัยของ Furst and Hitch (2000) ชี้ให้เห็นว่า องค์ประกอบการดำเนินการการคิดเลขในใจที่มีการทดตัวเลขต้องใช้ระบบบริหารกลางเพื่อเก็บข้อมูลไว้ในระบบเก็บจำด้านภาษาทั้งสองระบบของความจำขณะทำงานเกี่ยวข้องกับชนิดของรหัสตัวเลข (Kinds of Numerical Codes) ระบบเก็บจำด้านภาษาและระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์มีส่วนในการอ่านและการท่องจำตัวเลขเวลาคิดเลขในใจ รวมถึงระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ มีอิทธิพลต่อการลบเลข จากการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบแต่ส่วนของความจำขณะทำงานส่งผลต่อการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน

ทฤษฎีความจำขณะทำงานเกี่ยวข้องกับโมเดลการรู้คิดด้านจำนวน (Model of Numerical Cognition) ประกอบด้วย 1) Abstract Modular Model (McCloskey’s Model) 2) Encoding Complex Model (McCloskey’s Model) และ 3) Triple Code Model (Dehaene’s Model) ชี้ให้เห็นว่าการคำนวณโจทย์เลขคณิตสอดคล้องกับโมเดลทริปเพิลโคดของ Dehaene (Dehaene's Triple Code Model) เนื่องจากการคำนวณโจทย์เลขคณิตแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) การเปลี่ยนโจทย์เลขคณิตเป็นรหัส 2) การดึงกลับข้อมูลหรือคำนวณคำตอบ และ 3) รายงานคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับโมเดลทริปเปิลโคด ที่ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) การแทนตัวเลขด้วยปริมาณ 2) การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขอารบิก และ 3) การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา (Campbell, 2005, pp. 347 - 349) ในวัยเด็กรูปแบบนี้เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สูงขึ้นในภายหลัง (Geary,

Hoard, Nugent, & Bailey, 2013) รวมถึงความสำเร็จในการทำงานในวัยผู้ใหญ่ (Geary, Hoard, Nugent, & Bailey, 2013)

ความรู้ทางคณิตศาสตร์มีหลายระดับ เริ่มจากความรู้พื้นฐานเลขคณิต ได้แก่ การบวก การลบ การคูณ และการหารตัวเลขเป็นทักษะที่ทุกคนใช้เป็นประจำ เช่น การคำนวณการใช้จ่ายเงินในแต่ละวัน การคิดระยะทางเมื่อต้องโดยสารรถประจำทางว่าเส้นทางใดจะทำให้ไม่เสียเวลา ประหยัดค่าใช้จ่าย และได้เส้นทางที่สั้นที่สุด การคาดคะเนเวลาที่ใช้ในการทำธุระส่วนตัวก่อนไปทำงาน หรือไปเรียนหนังสือ และการแลกเปลี่ยนเงินสกุลต่าง ๆ เวลาไปต่างประเทศ จากตัวอย่างดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าตัวเลข การนับจำนวน การใช้จ่ายด้วยเงิน การซื้อขาย และแลกเปลี่ยน เป็นเรื่องของคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตมนุษย์ทั้งสิ้น เป็นเครื่องมือสำคัญของวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ และการคำนวณเลขคณิตพื้นฐานทำให้มีทักษะด้านสติปัญญาซึ่งเป็นจุดหมายสำคัญของการพัฒนากระบวนการทางปัญญา (Imbo & Lefevre, 2010)

ดังนั้นการฝึกคิดเลขคณิตย่อมส่งผลต่อสมองมนุษย์ (Aydin et al., 2007) โดยเฉพาะสมองส่วนความจำขณะทำงาน ถ้ามีทักษะในการคิดเลขคณิตที่ดีตามโมเดลทริปเพิลโคด ย่อมส่งผลให้ความจำขณะทำงานดีขึ้นด้วย ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ขึ้น เพื่อให้ผู้ฝึกได้พัฒนาความสามารถและกระบวนการคิดเลขคณิตที่เป็นของตนเองซึ่งมีผลต่อการเพิ่มความจำขณะทำงานเป็นประโยชน์ในการพัฒนากระบวนการคิด การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเข้าใจภาษา การวางแผน การดำเนินการเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์และความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์เพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวันโดยสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

สมมติฐานการวิจัย

1. โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด มีความเหมาะสมระดับมากสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่1

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้ใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดมีความจำขณะทำงานเพิ่มขึ้นพิจารณาจาก

2.1 คะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนฝึก

2.2 คะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก

2.3 คะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยมีประโยชน์ดังนี้

1. ได้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด ที่มีความเหมาะสมกระตุ้นให้ความจำขณะทำงานในนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 เพิ่มขึ้น

2. ครู และผู้ปกครองสามารถนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด ไปฝึกกับนักเรียนในชั่วโมงสอนเสริมเพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตทำให้ผลการเรียนของนักเรียนดีขึ้น

3. ผู้บริหารสถาบันการศึกษาสามารถนำผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด ไปใช้กำหนดนโยบายในการเพิ่มความจำขณะทำงานในนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 เพื่อส่งเสริมให้ผลการเรียนของนักเรียนดีขึ้น

4. นักเรียนที่ได้ฝึกโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดมีความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตเพิ่มขึ้น ย่อมส่งให้ผลการเรียนดีขึ้นโดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) จังหวัดจันทบุรี จำนวน 3 ห้อง ห้องละ 35 คน จำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 105 คน

2. เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตคือเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สาระการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ สาระที่ 1 เรื่องจำนวนและการดำเนินการ (Numbers and Operations) ซึ่งมีเนื้อหาดังนี้

2.1 เขียนและอ่านตัวเลขฮินดูอารบิกและแสดงปริมาณของสิ่งของหรือจำนวนนับที่ไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์

2.2 เปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนนับที่ไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์

2.3 บวกและลบจำนวนนับที่ไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์

2.4 วิเคราะห์และหาคำตอบของโจทย์ปัญหาจำนวนนับที่ไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โดยใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดจำนวน 17 ครั้ง ครั้งละ 2 ชั่วโมง มีการทดสอบความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตก่อนฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต (Pre - test) จำนวน 1 ครั้ง ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตจำนวน 15 ครั้ง และทดสอบความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต (Post - test) จำนวน 1 ครั้ง การดำเนินการทดลองใช้ในชั่วโมงวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 วัน อีก 2 วัน ให้นักเรียนดำเนินชีวิตตามปรกติ

4. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้

4.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การเพิ่มความจำขณะทำงาน แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

4.1.1 การใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด

4.1.2 การเรียนตามปกติ

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

4.2.1 ความจำขณะทำงาน วัดจากการทำแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ (Automated Working Memory Assessment: AWMA)

4.2.2 ความสามารถด้านเลขคณิต ประเมินจากคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตจากการทำแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต

นิยามศัพท์เฉพาะ

โมเดลทริปเพิลโคด (Triple Code Model) หมายถึง องค์ประกอบที่อธิบายกระบวนการด้านตัวเลข (Number Processing) มี 3 องค์ประกอบ คือ1) การแทนตัวเลขด้วยปริมาณ (An Analogue Magnitude Representation) 2) การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขอารบิก (A Visual - arabic Number Form) และ 3) การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา (An Auditory – verbal Code)

การแทนตัวเลขด้วยปริมาณ (An Analogue Magnitude Representation) หมายถึง การแทนตัวเลขด้วยความหมายว่าตัวเลขตัวนั้นมีปริมาณเท่าใด เช่น สอง มีของอยู่ สองชิ้น ใช้ในการประมาณค่าการคำนวณเปรียบเทียบขนาดตัวเลข และการประมาณค่าที่เป็นไปได้

การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก (A Visual - arabic Number Form) หมายถึง การแทนตัวเลขที่เป็นภาษาด้วยตัวเลขฮินดูอารบิกเช่น สองแทนด้วย 2 ใช้ป้อนชื่อตัวเลขส่งผ่านข้อมูลเข้าสมองและประมวลผลชื่อตัวเลขออกมาเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก

การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา (An Auditory – verbal Code) หมายถึงการแทนตัวเลขที่เป็นภาษาเขียนและภาษาพูด เช่น เขียนว่าสอง อ่านว่าสอง

โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด หมายถึง กิจกรรมที่สร้างในรูปแบบแอปพลิเคชั่นโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดเพื่อใช้ฝึกการคิดเลขคณิต สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงาน แบ่งเป็น 17 กิจกรรม ประกอบด้วยแบบทดสอบก่อนฝึก กิจกรรมที่ 1 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 2 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 3 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 4 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 5 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง กิจกรรมที่ 6 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและ ชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 7 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 8 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 9 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 10 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 ให้คล่อง กิจกรรมที่ 11 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 12 บวกเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 13 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 14 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 และกิจกรรมที่ 15 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 ให้คล่องและแบบทดสอบหลังฝึก

ความจำขณะทำงาน (Working Memory) หมายถึง กระบวนการรับรู้เบื้องต้นของระบบของสมองที่มีความสามารถในการเก็บ (Storage) การจัดกระทำข้อมูล (Manipulation) การคงข้อมูลไว้ การฟื้นความจำเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้รับและการประมวลผลขณะทำกิจกรรมที่ซับซ้อน (Complex Tasks) มีการทำงานเชื่อมโยงกับสมองส่วนต่าง ๆ ประกอบด้วยองค์ 4 ประกอบ คือ 1) ระบบบริหารส่วนกลาง (Central Executive Function) 2) ระบบเก็บจำด้านภาษา (Phonological Loop) 3) ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuo - spatial Sketch Pad) และ 4) หน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ (Episodic Buffer)

ระบบบริหารส่วนกลาง (Central Executive Function) หมายถึง องค์ประกอบหนึ่งของความจำขณะทำงานทำหน้าที่ประมวลข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลเกี่ยวกับเสียงและการประมวลผลเกี่ยวกับภาพที่ได้จากสิ่งเร้าที่มากระตุ้นรวมทั้งนำข้อมูลมาจากความจำระยะยาว เพื่อรับรู้สิ่งเร้าว่าคืออะไร และตัดสินใจว่าต้องทำอย่างไร

ระบบเก็บจำด้านภาษา (Phonological Loop) หมายถึง องค์ประกอบหนึ่งของความจำขณะทำงานทำหน้าที่เปลี่ยนสิ่งเร้าคือเสียงที่รับรู้เป็นรหัสเก็บไว้ชั่วคราวและส่งต่อเป็นลำดับตามคุณสมบัติของภาษารหัสเสียง (Phonological Code) โดยมีการจับคู่กับรหัสที่มีอยู่จริง (Existing Code) ได้แก่ เสียง (Phonemes) และคำ (Words) ที่ถูกเก็บไว้ในความจำระยะยาว และเชื่อมโยงกับการเป็นตัวแทนความหมาย

ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuo - spatial Sketch Pad) หมายถึง องค์ประกอบหนึ่งของความจำขณะทำงานทำหน้าที่เก็บข้อมูลด้านการมองเห็นที่ไม่มีการเคลื่อนไหว ได้แก่ข้อมูลด้านรูปร่าง สี ขนาดของวัตถุและมิติสัมพันธ์จะเก็บข้อมูลตำแหน่งของสิ่งเร้าที่เคลื่อนไหว ทิศทาง โดยเก็บข้อมูลภาพและมิติสัมพันธ์ในช่วงเวลาสั้น ๆ

หน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ (Episodic Buffer) หมายถึง องค์ประกอบหนึ่งของความจำขณะทำงานทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลชิ้นเล็ก ๆ ให้กลายเป็นสิ่งที่มีเหตุผลที่เข้าใจได้ เป็นการเก็บรักษาข้อมูลที่มีความจุจำกัดไว้ชั่วคราว มีการเชื่อมโยงเรื่องราวของความจำขณะทำงานกับเหตุการณ์ที่เป็นสิ่งเร้าจากความจำระยะยาว สามารถจัดเก็บข้อมูลชั่วคราวจำนวนมาก โดยไม่ผ่านการประมวลผลของสมองขั้นสูงหรือการดึงข้อมูลโดยตรงจากความจำระยะยาว

แบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ (Automated Working Memory Assessment: AWMA) หมายถึง แบบประเมินความจำขณะทำงานที่เป็นมาตรฐาน พัฒนาโดย Alloway ปี ค.ศ. 2007 ทดสอบผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ มีระบบการคำนวณคะแนนอัตโนมัติ ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 12 แบบทดสอบ ได้แก่ 1) การระลึกได้เกี่ยวกับตัวเลข (Digit Recall) 2) จุดบนตารางจัตุรัส (Dot Matrix) 3) การระลึกได้เกี่ยวกับการฟัง (Listening Recall) 4) แยกสิ่งที่ต่างออกไป (Odd – One - Out) 5) การระลึกได้เกี่ยวกับคำที่มีความหมาย (Word Recall) 6) ความจำเขาวงกต (Mazes Memory) 7) การระลึกได้เกี่ยวกับการนับ (Counting Recall) 8) นายเอ็กซ์ (Mr. X) 9) การระลึกได้เกี่ยวกับคำที่ไม่มีความหมาย (Nonword Recall) 10) การระลึกได้เกี่ยวกับลูกบาศก์ (Block Recall) 11) การระลึกได้เกี่ยวกับตัวเลขย้อนกลับ (Backwards Digit) และ 12) Spatial Span

ความสามารถด้านเลขคณิต (Arithmetic Ability) หมายถึง คะแนนการทำข้อสอบจากแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต ได้ถูกต้อง

แบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต (Arithmetic Ability Test) หมายถึง แบบทดสอบเลขคณิต เรื่องการบวกและลบเลขจำนวนไม่เกินหนึ่งร้อย เป็นแบบปรนัยเติมคำตอบ 30 ข้อ ทดสอบผ่านแอปพลิเคชั่นเป็นส่วนหนึ่งในโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 หมายถึง นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) จังหวัดจันทบุรี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 นำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น การนำเสนอแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความจำขณะทำงาน

1. ความเป็นมาของทฤษฎีความจำขณะทำงาน
2. ลักษณะทั่วไปของความจำขณะทำงาน
3. ความหมายความจำขณะทำงาน
4. โมเดลความจำขณะทำงาน
5. การวัดความจำขณะทำงาน
6. การฝึกความจำขณะทำงาน
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงาน

ตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลทริปเพิลโคดกับการคิดเลข

1. ความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลทริปเพิลโคดกับการคิดเลข
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดลทริปเพิลโคดและการคิดเลข

ตอนที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเลขกับความจำขณะทำงาน

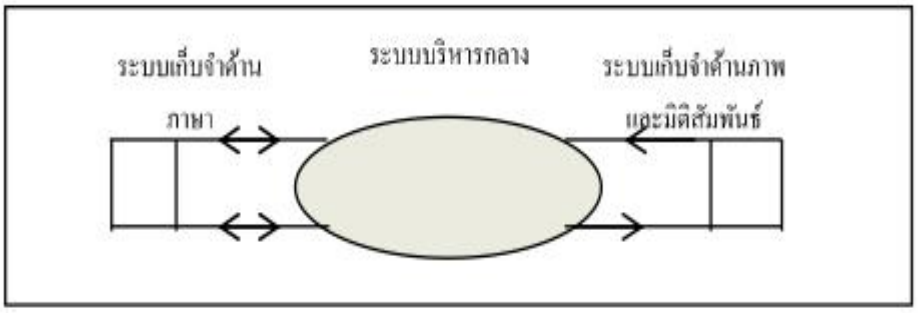
1. ความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเลขกับความจำขณะทำงาน
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเลขและความจำขณะทำงาน

ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมในรูปแบบ Application

ตอนที่ 1 ความจำขณะทำงาน

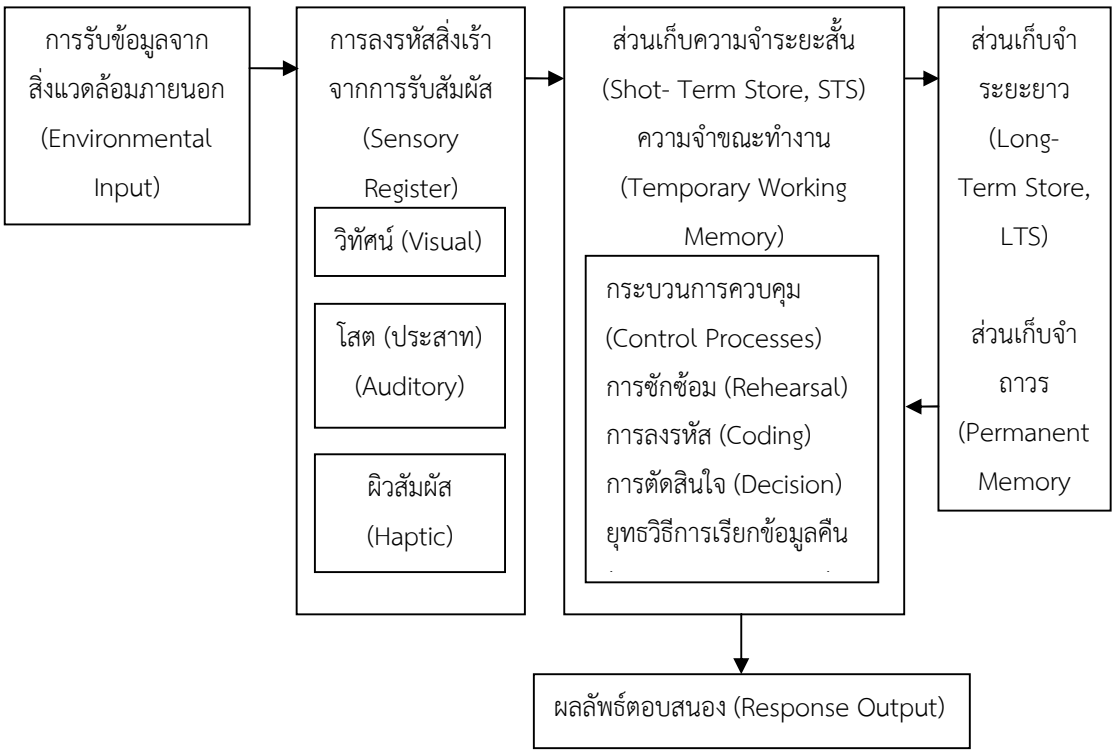
1. ความเป็นมาของทฤษฎีความจำขณะทำงาน

ความจำขณะทำงาน (Working Memory) เป็นทฤษฎีที่สร้างขึ้นภายใต้ความรู้เกี่ยวกับจิตวิทยาทางด้านความคิด เป็นโครงสร้างและกระบวนการที่ใช้หน่วยความจำชั่วคราวมาจัดกระทำกับข้อมูล โดย Alan Baddeley กล่าวถึงข้อจำกัดบางประการโดยเฉพาะประเด็นเรื่องความเชื่อมโยงกันระหว่างความจำระยะสั้นกับความจำระยะยาว ทั้งสององค์ประกอบเกี่ยวเนื่องกันอย่างไร และมีกระบวนการทำงานร่วมกันอย่างไรเป็นโจทย์ในปลายปี ค.ศ. 1960 เริ่มมีการศึกษาและพัฒนามากขึ้น ในปี ค.ศ. 1974 Baddeley and Hitch ได้ร่วมกันพัฒนาความจำขณะทำงานด้วยการต่อยอดจากแนวคิดเรื่องความจำระยะสั้น (Shot Term Memory: STM) คำว่า “ความจำขณะทำงาน” ยืมมาจาก Miller, Galanter and Pribram (1960) มีความหมายว่า ความจำชั่วขณะที่ถูกใช้ในการวางแผนและทำพฤติกรรมตามนั้น เช่น การคิดเลข บวก ลบ คูณ หาร ในใจ หลาย ๆ ขั้นตอน เป็นต้น Baddeley and Hitch ได้พัฒนาความจำขณะทำงาน เพื่อใช้แทนที่ความจำระยะสั้น เนื่องจากความจำระยะสั้นไม่สามารถอธิบายผลการวิจัยใหม่ ๆ และหลักฐานเชิงประจักษ์ของจิตวิทยาระบบประสาทได้ เนื่องจากโครงสร้างทางทฤษฎีของความจำระยะสั้นเป็นองค์ประกอบเดี่ยว (Unitary Model) ส่วนความจำขณะทำงานมีโครงสร้างทางทฤษฎีที่สามารถแบ่งออกเป็นพหุองค์ประกอบ (Muti – component Model) Baddeley and Hitch จึงเสนอโมเดลพหุองค์ประกอบความจำขณะทำงาน (The Muticomponent Working Memory Model) ประกอบด้วยระบบบริหารกลางระบบเก็บจำด้านภาษา ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ดังภาพที่ 2 (พีร วงศ์อุปราช, 2555; Goldstein, 2008; Baddeley, 2009)



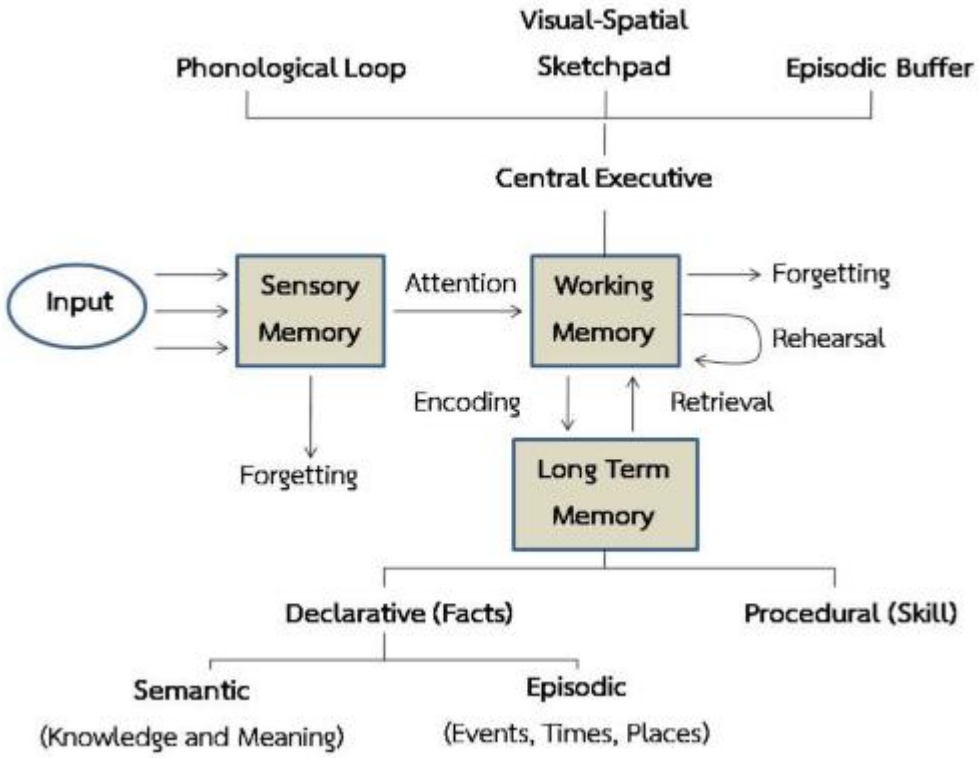
ภาพที่ 2 โมเดลความจำขณะทำงาน ของ Baddeley and Hitch (1974)

ต่อมา Atkinson and Shiffrin (1968) อาสาอธิบายประเด็นเรื่องความเชื่อมโยงกันระหว่างความจำระยะสั้นกับความจำระยะยาวและเสนอโมเดลการประมวลผลข้อมูลของความจำ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โมเดลการประมวลผลข้อมูลของความจำ (พีร วงศ์อุปราช, 2555)

จากสมมติฐานตามโมเดลการประมวลผลข้อมูลของความจำ โดย Atkinson and Shiffrin (1968) เกิดขึ้นเมื่อข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมผ่านเข้าทางระบบความจำรับสัมผัส (Sensory Memory System) แบ่งเป็น วิทัศน์ โสต และผิวสัมผัส ซึ่งเป็นประสาทสัมผัสที่รับรู้ผ่านทาง ตา หู ประสาทสัมผัส หรือหลายสัมผัสในเวลาเดียวกัน ข้อมูลต่าง ๆ หลั่งไหลผ่านมาจะถูกเก็บในระยะเวลาสั้นมาก แล้วเลยผ่านไปหรืออาจถูกส่งผ่านไปยังส่วนเก็บความจำระยะสั้นที่มีพิสัย (Capacity) จำกัด ทำหน้าที่ในการจัดเก็บข้อมูลเพียงชั่วขณะ จัดกระทำ เข้ารหัสข้อมูล (Encoding) โดยการสร้างความหมายให้กับข้อมูลที่รับรู้ การทวนซ้ำ โดยการทบทวนข้อมูลนั้น ๆ เพื่อให้คงอยู่ การจัดเก็บข้อมูลโดยวิธีจัดระบบข้อมูลเพื่อให้ง่ายในการจดจำ การรื้อฟื้นความจำโดยการนำข้อมูลที่เก็บไว้ออกมาใช้เมื่อต้องการหรือเมื่อมีสิ่งเข้ามากระตุ้น เช่น มีข้อมูลเข้ามาใหม่ก็ต้องรื้อฟื้นข้อมูลเก่าให้ย้อนกลับออกมาใช้ผสมผสานกับข้อมูลใหม่ เป็นต้น กระบวนการที่เกิดขึ้นในความจำระยะสั้นดังกล่าว เรียกว่า กระบวนการควบคุมเพื่อจัดเก็บข้อมูลให้เป็นความจำระยะยาว แล้วเรียกข้อมูลกลับมาใช้ในภายหลัง (พีร วงศ์อุปราช, 2555) จากโมเดลการประมวลผลข้อมูลของความจำ Atkinson and Shiffrin (1968) ได้นำเสนอโมเดลระบบความจำของมนุษย์ ประกอบด้วย ความจำรับสัมผัส (Sensory Memory) ความจำขณะทำงาน (Working Memory) และความจำระยะยาว (Long term Memory) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โมเดลระบบความจำของมนุษย์ (Atkinson & Shiffrin, 1968; Baddeley, 2000)

โมเดลระบบความจำของมนุษย์ของ Atkinson and Shiffrin (1968, p. 17) แบ่งระบบความจำเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ความจำรับสัมผัส (Sensory Memory) เป็นระบบการเก็บข้อมูลจากประสาทสัมผัสเมื่อสิ่งเร้าหรือข้อมูลภายนอกมาสัมผัสกับประสาทรับความรู้สึก ที่รับรู้ผ่านทางตา หู ประสาทสัมผัส หรือหลายสัมผัสในเวลาเดียวกัน ข้อมูลต่าง ๆ หลั่งไหลผ่านมาจะถูกเก็บในระยะเวลาสั้นมากแล้วผ่านเลยไป หรือจะถูกส่งผ่านไปยังหน่วยความจำถัดไป ความจุของความจำรับสัมผัสจะใหญ่ แต่ระยะเวลาในการจัดเก็บข้อมูลน้อยกว่า 2 วินาที ใช้เวลาสั้นโดยการส่งต่อการทำงานผ่านทาลามัส (Thalamus) ที่อยู่ในสมอง มีหน้าที่คัดกรองและส่งสัญญาณไปยังสมองส่วนต่าง ๆ หากเป็นข้อมูลที่สนใจทาลามัสจะส่งข้อมูลไปเก็บที่ความจำระยะสั้น (Short - Term Memory) ส่งไปยังยังฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) ทำหน้าที่ย้ายข้อมูลไปจัดเก็บไว้ในความจำระยะยาว (Long - Term Memory) ความจำรับสัมผัส แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 ความจำภาพติดตา (Visual Sensory Memory or Iconic Memory) เป็นภาพที่ติดอยู่ในความทรงจำหลังจากที่รับภาพซึ่งเป็นสิ่งเร้าทางตาสิ้นสุดลง แต่ภาพที่เห็นไม่ได้หายไปทันทีพร้อมกับรูปภาพ ยังคงติดตาอยู่ 1 วินาที ในระหว่างที่เป็นภาพติดตาอยู่นี้ ภาพใดที่สมองใส่ใจจะเป็น

การรับรู้แล้วนำสู่ระบบความจำระยะสั้น ส่วนภาพใดที่สมองไม่ใส่ใจก็เลือนหายไป

1.2 ความจำเสียงก้องหู (Auditory Sensory Memory or Echoic Memory) เป็นความจำเกี่ยวกับเสียงที่ยังคงอยู่ในระบบการได้ยิน 2 - 3 วินาที หลังจากที่เสียงเงียบหายไป การคงอยู่ของเสียงช่วยให้เราสามารถตีความเสียงที่เราได้ยินได้ครบถ้วน

2. ความจำขณะทำงาน (Working Memory) เป็นระบบในการประมวลข้อมูลและเก็บข้อมูลชั่วคราว สามารถเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้ เป็นความจำหลังจากมีการเลือกรับรู้สิ่งเร้าว่าสิ่งเร้านั้นคืออะไร เป็นความจำในช่วงเวลาสั้น ๆ ที่มีการคงสภาพของข้อมูล และมีการจัดกระทำข้อมูลจากการทำงานที่ซับซ้อน ความจำขณะทำงานเป็นความจำชั่วคราวที่เราใช้ในขณะที่รับรู้และใช้ข้อมูล หลังจากนั้นไม่เกิน 30 วินาที เราจะลืมสิ่งเร้านั้น

3. ความจำระยะยาว (Long term Memory) เป็นระบบจัดเก็บสะสมข้อมูล เป็นแหล่งที่มีความจุของความจำขนาดใหญ่มาก สิ่งที่ถูกจัดเก็บในหน่วยความจำระยะยาวมีประมาณมากมายไม่จำกัด สามารถจะเก็บจำข้อมูลที่เกิดขึ้นมานาน หรือข้อมูลที่เพิ่งจะผ่านเข้ามา ความจำระยะยาวเป็นความจำที่ถาวรกว่าความจำรับสัมผัสและความจำระยะสั้น อาจเก็บข้อมูลเป็นเดือน เป็นปีหรือตลอดชีวิต ถูกเรียกใช้ ใหม่เมื่อมีการทบทวน ข้อมูลที่เก็บอยู่ในความจำระยะยาวอยู่ในรูปของความหมายหรือความเข้าใจในสิ่งที่บุคคลได้สัมผัส ความหมายและความเข้าใจเป็นผลจากการตีความสิ่งเร้าที่รู้สึกในความจำระยะสั้น ความจำระยะยาว แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

3.1 ความจำเชิงกระบวนการ (Procedural Memory) เป็นระบบความจำในการเชื่อมโยง สิ่งที่ได้เรียนรู้ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง เปรียบเสมือนความจำทางด้านทักษะที่ร่างกายสามารถตอบสนองได้โดยไม่ ต้องใช้ข้อมูลเดิม นอกจากนั้นยังเกี่ยวข้องกับทักษะการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เช่น การผูกเชือกรองเท้า การเล่นกีฬา การขับรถ เป็นต้น

3.2 ความจำความหมาย (Semantic Memory) เป็นระบบความสามารถในการนำเสนอข้อมูลที่เก็บจำไว้ในความทรงจำ ไม่ใช่ข้อมูลที่ได้รับในปัจจุบัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้รับการจัดระเบียบหมวดหมู่แล้วเกี่ยวกับคำสัญลักษณ์ และการจัดประเภทความรู้ (Knowledge Categorization) ตลอดถึงการรู้ความหมาย รู้ความสัมพันธ์ระหว่างคำกับสัญลักษณ์

3.3 ความจำเหตุการณ์เหตุการณ์ (Episodic Memory) เป็นระบบที่รับ เก็บและเรียกใช้ข้อมูลเป็นช่วง ๆ (Episodes) หรือเป็นเหตุตุการณ์ (Events) รวมทั้งเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลของวัตถุสิ่งของและเรื่องราวต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ยังเป็นความสามารถในการจำเหตุการณ์ ซึ่งมักจะจำรายละเอียดที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์นั้น ไปพร้อมกัน

2. ลักษณะทั่วไปของความจำขณะทำงาน

ความจำขณะทำงานเป็นความจำหลังจากมีการเลือกรับรู้สิ่งเร้าว่าสิ่งเร้านั้นคืออะไร เป็นความจำในช่วงเวลาสั้น ๆ ที่มีการคงสภาพของข้อมูล (Storage) และมีการจัดกระทำข้อมูล (Manipulation) จากการทำงานที่ซับซ้อน (Complex Tasks) (Goldstein, 2010, p. 143)

เช่น การทำกิจวัตรประจำวัน อย่างการข้ามถนน เราต้องจำตำแหน่งของรถที่กำลังเคลื่อนที่มา ขณะเดียวกันก็ต้องคำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการข้ามถนน โดยจำตำแหน่งของรถเป็นข้อมูลที่เก็บไว้โดยสมองส่วนความจำขณะทำงานเพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าจะข้ามถนนหรือไม่ (Dash et al., 2007) หรือขณะที่เรากำลังนั่งรับฟังข่าวสารจากโทรทัศน์ พร้อมคุยโทรศัพท์และจดรายละเอียดรายการสินค้าที่ลูกค้าโทรมาสั่งซื้อกิจกรรมทางสมองเหล่านี้เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน ทำให้เกิดกระบวนการ การแบ่งความสนใจ การจดจำรายละเอียด เช่น ชื่อสินค้า สี ขนาด ราคา เป็นต้นการหวนระลึกถึงใบหน้าของลูกค้าคนนี้ อะไรทำให้เราทำกิจกรรมเหล่านี้ได้พร้อมเพียงกันอย่างราบรื่น ต่อเนื่อง อะไรทำให้เราโยกย้ายความสนใจจากหน้าจอโทรทัศน์มาที่โทรศัพท์ และเปลี่ยนไปมุ่งความสนใจที่มือขวาซึ่งกำลังจดรายละเอียดข้อมูลจากลูกค้าสลับไปสลับมา คำตอบคือความจำขณะทำงาน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่อยู่เบื้องหลังความสามารถที่ซับซ้อนของสมองมนุษย์ (พีร วงศ์อุปราช, 2555) ความจำขณะทำงานเป็นความจำชั่วคราวที่เราใช้ในขณะที่รับรู้และใช้ข้อมูล หลังจากนั้นไม่เกิน 30 วินาที เราจะลืมสิ่งเร้านั้น นอกจากมีการทบทวนสิ่งเร้านั้น ๆ เพื่อให้เกิดเป็นความจำระยะยาว

3. ความหมายความจำขณะทำงาน

ความจำขณะทำงาน หมายถึง ระบบของสมองที่เก็บข้อมูลและจัดการข้อมูลสำหรับกิจกรรมที่ซับซ้อนทางปัญญา (Baddeley, 1992)

ความจำขณะทำงาน หมายถึง ระบบที่ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลและจัดการข้อมูลชั่วคราว (Alloway, 2006)

ความจำขณะทำงาน หมายถึง ความจำชั่วคราวและความจำที่เกี่ยวข้องกับจิตสำนึกความรู้สึก (Sousa, 2006)

ความจำขณะทำงาน หมายถึง กระบวนการรับรู้เบื้องต้นที่สนับสนุนการเปลี่ยนรหัสการเก็บรักษาและการเรียกคืนข้อมูลที่มีความจุมากขึ้นเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดในการเรียนและการรับข้อมูลในระดับที่สูงขึ้น (Dehn, 2008, p. 58)

ความจำขณะทำงาน หมายถึง ระบบที่มีความจุที่จำกัดใช้เก็บรักษาข้อมูลชั่วคราวดำเนินการกับข้อมูลเพื่อทำกิจกรรมที่ซับซ้อน เช่นการให้เหตุผล การเรียนรู้ การเข้าใจภาษา (Goldstein, 2008, p. 154)

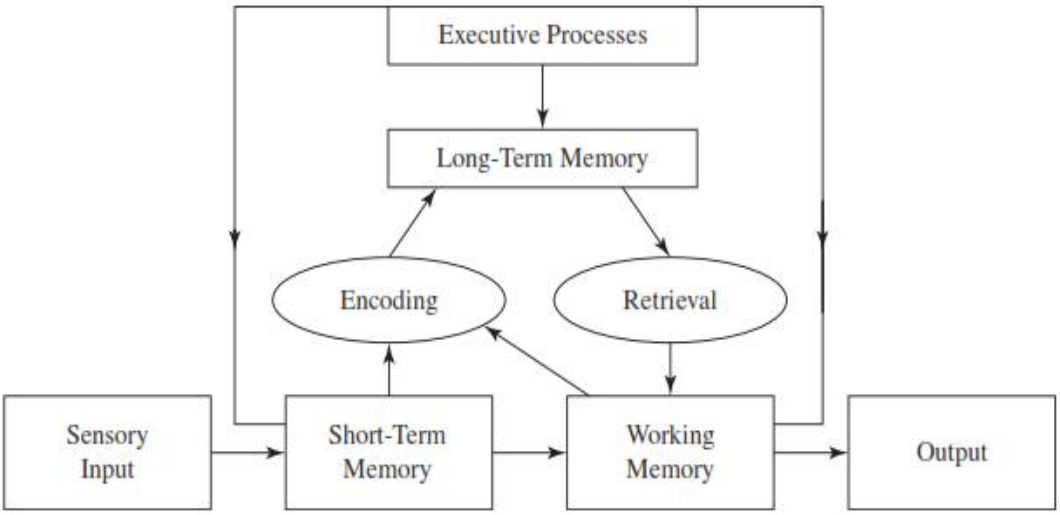
สรุปได้ว่า ความจำขณะทำงาน หมายถึง กระบวนการรับรู้เบื้องต้นของระบบของสมองที่มีความสามารถในการเก็บ (Storage) การจัดกระทำข้อมูล (Manipulation) การคงข้อมูลไว้ การฟื้นความจำเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้รับและการประมวลผลขณะทำกิจกรรมที่ซับซ้อน (Complex Tasks) มีการทำงานเชื่อมโยงกับสมองส่วนต่าง ๆ

4. โมเดลความจำขณะทำงาน

โมเดลความจำขณะทำงาน (Working Memory Model) เป็นโมเดลที่สร้างขึ้นภายใต้ความรู้เกี่ยวกับจิตวิทยาทางด้านความคิด เป็นโครงสร้างและกระบวนการที่ใช้หน่วยความจำชั่วคราวมาจัดกระทำกับข้อมูล มีโครงสร้างที่ที่นำเสนอหลายโมเดล ดังนี้

4.1 โมเดลประมวลผลข้อมูล (Information Processing Model)

โมเดลประมวลผลข้อมูลสร้างขึ้นในช่วงปี 1960 โดย Broadbent (1966) ใช้อธิบายกระบวนการทางจิตของมนุษย์ โมเดลนี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในช่วงปีดังกล่าว ดังภาพที่ 5



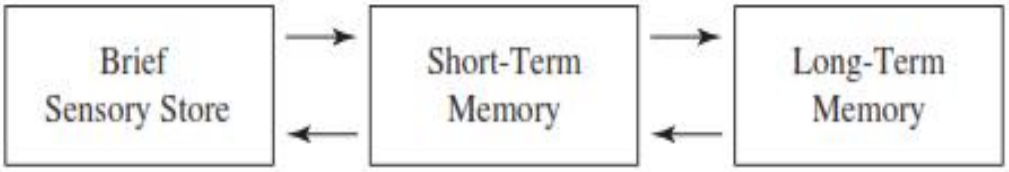
ภาพที่ 5 โมเดลประมวลผลข้อมูล (Dehn, 2008, p. 12)

จากโมเดลประมวลผลข้อมูล องค์ประกอบหลักที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลของโมเดลนี้ประกอบด้วยส่วนเลือกการรับรู้ ส่วนใส่รหัสข้อมูล ส่วนจัดเก็บข้อมูล ส่วนนำข้อมูลออกมาใช้ ส่วนควบคุมการตอบสนอง และการควบคุมระบบ โมเดลเดิมก่อนหน้านี้ถูกวิจารณ์ถึงความยืดหยุ่นและขาดการแสดงถึงความสัมพันธ์กับการเรียนรู้ทางวิชาการ หลังจากนั้นโมเดลได้มีการพัฒนาให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้นและสัมพันธ์กับเครือข่ายระบบประสาททำให้เข้าใจไปถึงการท างานของสมองส่วนต่าง ๆ ข้อมูลที่ได้รับการประมวลผลในโมเดลนี้จะถูกจำแนกให้อยู่ในส่วนของความจำขณะคิดที่เปรียบเสมือนเป็นองค์ประกอบในการประมวลผลส่วนกลาง

4.2 โมเดลของ Atkinson and Shiffrin (The Atkinson – Shiffrin Model)

ในช่วงปี 1960 – 1970 มีการพัฒนาโมเดลความจำเกิดขึ้นมาก โมเดลของ Atkinson and Shiffrin (1968) เป็นโมเดลหนึ่งที่เกิดขึ้นมาและได้รับการยอมรับมากที่สุดในช่วงปีดังกล่าว จากโมเดลการประมวลผลข้อมูลของ Broadbent ที่นำเสนอไปก่อนนี้ Atkinson and Shiffrin (1968) ได้ดัดแปลงให้เหลือเพียง 3 องค์ประกอบหลักที่สำคัญใช้ในการจัดเก็บข้อมูล ได้แก่ ส่วนเก็บข้อมูลจาก

การรับรู้ ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากความรู้สึกที่มาจากหลายทาง ส่วนเก็บข้อมูลระยะสั้น ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากส่วนรับรู้ และส่วนเก็บข้อมูลระยะยาว ทำหน้าที่ส่งผ่านและจัดเก็บข้อมูลที่เข้ามาจากส่วนเก็บข้อมูลระยะสั้น ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 Atkinson-Shiffrin (1968) Modal Memory Model (Dehn, 2008, p. 13)

4.3 โมเดลระดับของการประมวลผล (Level – of - Processing Model)

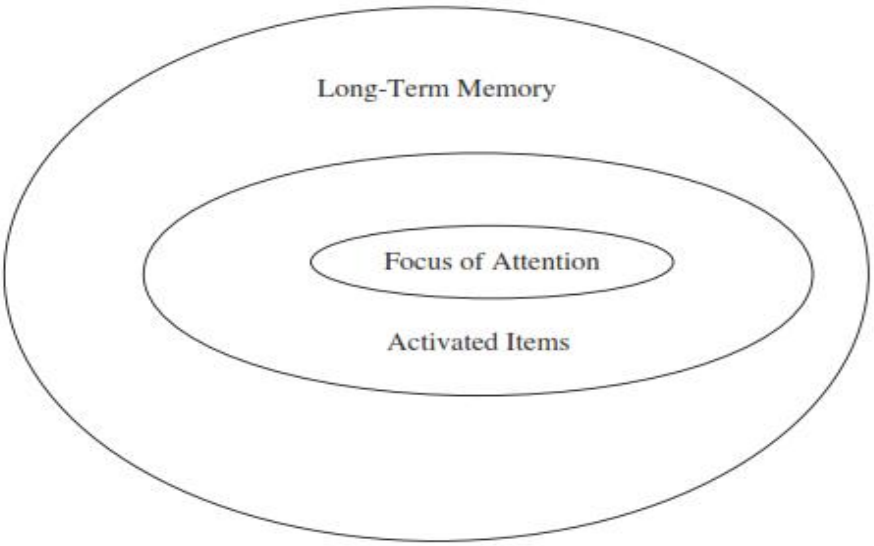
โมเดลระดับของการประมวลผล เป็นโมเดลที่นำเสนอโดย Craik and Lockhart (1972) ในปี ค.ศ. 1972 โมเดลดังกล่าวมีแนวคิดที่ว่า ความจำเกิดขึ้นเพราะมีการประมวลผลข้อมูล และความจำที่เกิดขึ้นกับสิ่งต่างๆ ขึ้นอยู่กับความลึกในการประมวลผลซึ่งคำว่า “ลึก” จะเน้นที่ความหมายรวมของสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น มากกว่าการรวมกันของสิ่งต่าง ๆ ในรูปของจำนวน โมเดลระดับของการประมวลผล ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

4.3.1 การประมวลผลแบบตื้น (Shallow Processing) การประมวลผลในส่วนนี้เกี่ยวข้องเฉพาะการรักษาข้อมูลที่เกิดจากการฟังหรือได้ยินซ้ำ ๆ โดยการเก็บรักษาข้อมูลไว้ในความจำระยะสั้น แต่การจัดเก็บข้อมูลในความจำระยะสั้นนั้นเกิดขึ้นในระยะเวลาที่สั้น ๆ เท่านั้น แล้วส่งต่อข้อมูลเพื่อการประมวลผลในส่วนลึกต่อไป รูปแบบการประมวลผลในส่วนนี้มี 2 รูปแบบ คือ การประมวลผลโดยการให้รหัส รับรู้เฉพาะส่วนที่มีคุณลักษณะทางกายภาพของที่เป็นข้อมูลของสิ่งของต่าง ๆ เท่านั้น และการประมวลผลของเสียงที่ได้ยินเป็นการให้รหัสของเสียงที่ได้ยิน

4.3.2 การประมวลผลแบบลึก (Deep Processing) เป็นการประมวลผลในรูปแบบของความหมาย โดยเมื่อมีสิ่งใดเกิดขึ้นจะมีการให้รหัสในรูปของความหมายออกมา เกี่ยวข้องกับการให้รายละเอียดของสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างลึกซึ้ง เป็นการจำความหมายและรับข้อมูลแบบซ้ำ ๆ โดยเน้นที่การวิเคราะห์ความหมายจากการจินตนาการ การคิด เช่น เมื่อกล่าวถึงสิ่งของสิ่งหนึ่ง จะรับข้อมูลด้วยการได้ยินเป็นข้อมูลของเสียงนำไปสู่ การจินตนาการเป็นภาพ รูปร่างหรือเชื่อมโยงกับความรู้เกี่ยวกับสิ่งของเหล่านั้นที่เคยรู้จัก ข้อมูลที่เกิดขึ้นสามารถนำกลับมาใช้ได้ง่ายและสะดวกกว่าการประมวลผลแบบตื้น (Dehn, 2008, p. 14)

4.4 โมเดลกระบวนการฝังของ Cowan (Cowan's Embedded - Process Model)

โมเดลกระบวนการฝังของ Cowan เป็นโมเดลที่นำเสนอโดย Cowan ในปี ค.ศ. 2005 เป็นโมเดลที่กล่าวถึงความจำขณะทำงานว่าขึ้นอยู่กับสิ่งกระตุ้นที่เกิดขึ้นเพียงชั่วครั้งและหายไป ขึ้นอยู่กับจุดความใส่ใจ ถ้าเกิดความใส่ใจก็ส่งข้อมูลไปที่ความจำระยะยาว ประกอบด้วย ความจำระยะยาว จุดความใส่ใจ และสิ่งกระตุ้น ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 Cowan's (2005) Embedded-process Model (Dehn, 2008, p. 30)

จากโมเดลกระบวนการฝังของ Cowan เมื่อมีข้อมูลเข้ามาบางข้อมูลเป็นข้อมูลที่เป็นจุดใส่ใจ จึงเกิดเป็นสิ่งกระตุ้นที่ถูกเก็บในความจำระยะยาว ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ความจำระยะยาว (Long – Term Memory) จุดความใส่ใจ (Focus of Attention) และ สิ่งกระตุ้น (Activated Items)

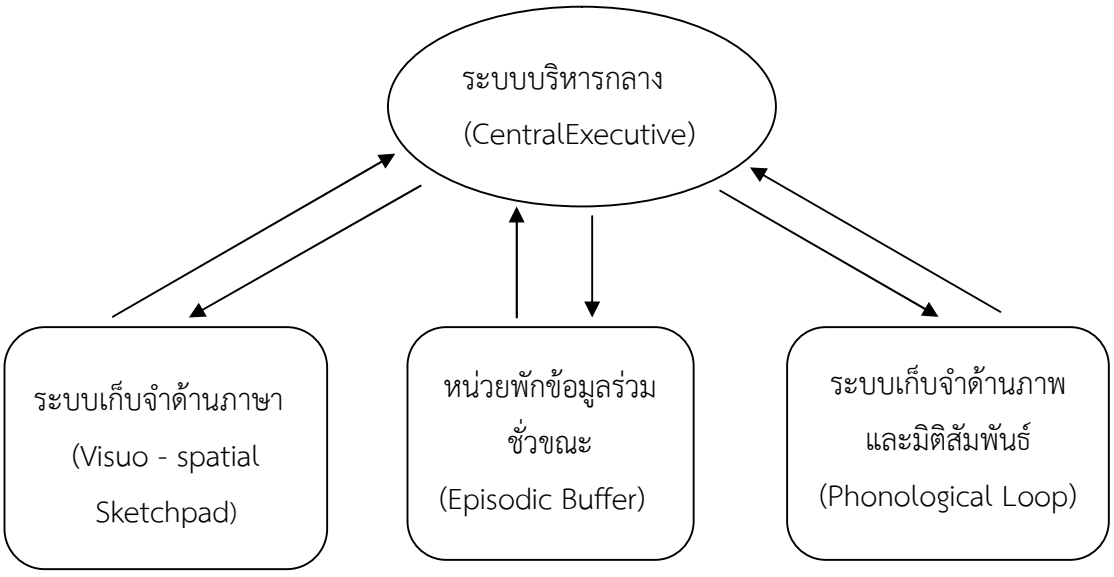
4.5 โมเดลของ Baddeley (Baddeley's Model)

ความจำขณะทำงานถูกพัฒนาขึ้นมาจากความจำระยะสั้น (Short Term Memory: STM) ในกลางปี ค.ศ.1970 ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของ The Modal Model of Memory เนื่องจากโมเดลนี้ไม่สามารถอธิบายผลงานการวิจัยใหม่และไม่ใช่หลักฐานเชิงประจักษ์ของงานวิจัยทางจิตวิทยาระบบประสาทได้ แต่ความจำขณะทำงานเป็นรูปแบบการทดลองที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการทำงานของกระบวนการทางสมองที่ทันสมัย (Goldstein, 2008; Baddeley, 2009) ความจำขณะทำงานแตกต่างจากความจำระยะสั้นตรงที่ความจำระยะสั้นเป็นที่เก็บข้อมูลชั่วคราวแบบง่าย ที่ความจุขึ้นอยู่กับทักษะและกลวิธีที่ใช้ในการจำ เช่นการทวนซ้ำ (Reheasal) การนำสิ่งที่ต้องจำมา

รวมกลุ่มกัน (Chunking) แต่ความจำขณะทำงานมีความซับซ้อนมากในองค์ประกอบของการเก็บข้อมูลนั่นคือองค์ประกอบด้านความตั้งใจ(Intention) ความสนใจ (Attention) (Conway et al., 2002)

ความจำขณะทำงาน (Working Memory: WM) เป็นแนวคิดที่พัฒนาโดย Baddeley and Hitch ในปี ค.ศ.1974 โมเดลพหุองค์ประกอบความจำขณะทำงาน (The Muti-component Working Memory Model) ประกอบด้วยหน่วยการทำงาน 3 ส่วน คือ ระบบบริหารกลางระบบเก็บจำด้านภาษา ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ดังภาพที่ 8 ในปี ค.ศ. 2000 Baddeley ได้เพิ่มอีกหนึ่งส่วนคือหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ ดังภาพที่ 9

ภาพที่ 8 The Model of Working Memory Proposed by Baddeley and Hitch (1974) (Baddeley, 2002, p. 86)



ภาพที่ 9 Baddeley's (2006) Working Memory Model. (Dehn, 2008, p. 15)

จากโมเดลความจำขณะทำงานของ Baddeley's (2006) ประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

1. ระบบบริหารกลาง (Central Executive Function) ทำหน้าที่ประมวลข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลเกี่ยวกับเสียงและภาพที่ได้จากสิ่งเร้าที่มากระตุ้นรวมทั้งนำข้อมูลมาจากความจำระยะยาว เพื่อรับรู้สิ่งเร้าว่าคืออะไร ต้องตัดสินใจว่าต้องทำอย่างไร เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้บุคคลมีความจำขณะทำงานที่แตกต่างกัน เป็นระบบที่ทำให้เกิดความตั้งใจเลือกกิจกรรมที่จะทำ และเป็นสิ่งจำเป็นในการประมาณค่า การนับ การจัดการข้อมูลตามคำสั่ง การเก็บรักษาข้อมูลที่มีการทำงานหลายขั้นตอนการเลือกและใช้กลวิธีในการแก้ปัญหา การประมวลผลของสมองขั้นสูงมีความสามารถดังนี้

(ก) การให้ความสนใจเลือกซึ่งเป็นความสามารถในการให้ความสนใจเกี่ยวกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องในขณะที่ยับยั้งหรือทำลายข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง

(ข) การเปลี่ยนซึ่งเป็นความสามารถที่จะประสานงานองค์ความรู้พร้อมกันหลาย ๆ กิจกรรม เช่นการทำงานร่วมกันในช่วงเวลาเวลาเดียวกัน

(ค) การเลือกและดำเนินงานตามแผนและเลือกกลยุทธ์ที่มีความยืดหยุ่น

(ง) ความสามารถในการจัดสรรทรัพยากรไปยังส่วนอื่น ๆ ของการทำงานระบบความจำ

(จ) ความสามารถที่จะเรียกเก็บและจัดการชั่วคราว และเปิดใช้งานข้อมูลจากความจำระยะยาว

2. ระบบเก็บจำด้านภาษา (Phonological Loop) เดิมเรียกว่า Articulatory Loop ทำหน้าที่เก็บข้อมูลด้านเสียงของสิ่งเร้า เป็นเสียงพูดหรือเสียงที่คิดในใจ จะเกี่ยวข้องกับการพูดและการได้ยิน ความจำขณะทำงานด้านภาษาเป็นองค์ประกอบที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ การจดจำข้อมูลทางภาษาที่มาจากการอ่าน การพูดหรือได้ยินเป็นระบบที่มีความจุจำกัด (Limited-capacity) (Baddeley, 2003) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่เก็บข้อมูลด้านภาษาชั่วคราว (Phonological Store) ซึ่งสามารถสูญหายได้ถ้าไม่ทวนซ้ำ และส่วนของกระบวนการกระตุ้นข้อมูลให้คงอยู่ (Articulatory Loop) ทำหน้าที่ในการทบทวนข้อมูลทางภาษาที่ ได้รับเข้ามาให้คงอยู่ในความทรงจำเพื่อป้องกันการลืม (Dehn, 2008, p. 15) มีรายละเอียดของแต่ละส่วนย่อยดังนี้

2.1 ส่วนที่เก็บข้อมูลด้านภาษาชั่วคราว (Phonological Store) เป็นแหล่งเก็บความจำในสิ่งที่ผ่านทางสายตาหรือได้ยินโดยใช้เวลาในขั้นตอนนี้ประมาณ 15 – 30 วินาที ทำหน้าที่ในการเก็บจำข้อมูลทางภาษาที่ได้รับเข้ามา ถ้าไม่มีการทวนซ้ำข้อมูลทางภาษาจะสูญหายไป การประมวลผลเกี่ยวกับเสียงมีหน้าที่เฉพาะเจาะจง และมีข้อจำกัดในประเภทของข้อมูลที่เก็บ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน สิ่งเร้าคือเสียงที่รับรู้เป็นรหัสเก็บไว้ชั่วคราวและส่งต่อเป็นลำดับตามคุณสมบัติของภาษา โดยรหัสเสียง (Phonological Code) มีการจับคู่กับรหัสที่มีอยู่จริง (Existing Code) ได้แก่ เสียง (Phonemes) และคำ (Words) ที่ถูกเก็บไว้ในความจำระยะยาวและเชื่อมโยงกับการเป็นตัวแทนความหมาย เสียงที่เก็บจะเก็บเป็นช่วงเวลาที่สั้นเพียง 2 วินาทีหรือน้อยกว่า และเก็บข้อมูลจำนวนจำกัดได้ 5 – 8 หน่วย (Item) การประมวลผลเกี่ยวกับเสียงมีความสามารถน้อยลงเมื่อข้อมูลเสียงที่ได้รับมีความคล้ายกันทำให้เกิดความสับสนในการเก็บข้อมูล นอกจากนี้ข้อมูลเสียงที่ยาวทำให้

การทวนซ้ำข้อมูลยาวความสามารถในการจดจำลดลง การประมวลผลในระดับที่สูงขึ้นของข้อมูลทางภาษา ต้องใช้คำพูดที่มาจากความคิดซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานที่ซับซ้อนของความจำขณะทำงานที่เกิดจากการทำงานของการประมวลผลของสมองขั้นสูง

2.2 ส่วนของกระบวนการกระตุ้นข้อมูลให้คงอยู่ (Articulatory Loop) กระบวนการที่จะฟื้นความจำในสิ่งที่ได้ยิน ถ้ามีการทบทวนเสียงนั้นซ้ำ ๆ กระบวนการนี้ยังสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของภาษาเขียนเป็นรหัสเสียงเพื่อเก็บในหน่วยเก็บเสียงได้ด้วยซึ่ง Baddeley พบหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าระบบหน่วยเสียง มีบทบาทในเรื่องความเข้าใจภาษา การเรียนรู้ คำศัพท์ และการเรียนรู้วิธีการอ่าน มีลักษณะการทำงานเป็นวงจรข้อมูลคล้ายแถบบันทึกเสียง รวมถึงจัดเก็บและเรียกกลับมาใช้ใหม่เมื่อต้องการข้อมูล โดยนำกลับไปใช้ในความจำขณะทำงานเรียกว่าระบบเก็บจำด้านภาษา

การทำงานของระบบเก็บจำด้านภาษาจะมีหน้าที่การทำงานเฉพาะตัวและถูกจำกัดตามชนิดของข้อมูลที่เก็บจำโดยจะเปลี่ยนข้อมูลทางภาษาที่ได้รับมาให้เป็นรหัสทางภาษา (Phonological Code) และจัดเก็บเข้าสู่ความจำระยะยาวการทำงานในลักษณะนี้ถือว่าเป็นระบบการทำงานของความจำขณะทำงานแบบซับซ้อน จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบนี้จะเก็บรักษาข้อมูลไว้ได้เพียง 2 วินาทีหรือน้อยกว่านั้น และสามารถจัดเก็บจำนวนข้อมูลให้คงอยู่ในความทรงจำ ได้ระหว่าง 5 – 8 ตัว (Dehn, 2008, p. 17) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากพบว่าจำนวนของข้อมูลที่สามารถเก็บไว้ในความจำนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล (Baddeley, Eysenck, & Anderson, 2009*)* ดังนี้

2.2.1 ข้อมูลที่ออกเสียงคล้ายกันจะทำให้ความสามารถในการจดจำข้อมูลของบุคคลไม่ดีเพราะเสียงที่คล้ายกันจะทำให้เกิดความสับสนขณะดำเนินการเก็บรักษาข้อมูลทางภาษาเนื่องจากเป็นการยากที่จะรู้ว่าคำไหนที่ได้ยินหรือคำไหนที่ไม่ได้ยินทำให้คำบางคำไม่ได้มีการทวนซ้ำจึงทำให้ลืมได้เรียกเหตุการณ์นี้ว่า ผลกระทบจากความคล้ายกันของการพูด (Phonological Similarity Effect)

2.2.2 คำที่ยาวจะทำให้ความสามารถในการจดจำข้อมูลลดลง เพราะคำที่ยาวจะใช้เวลาในการทวนซ้ำมากกว่าคำที่สั้น อาจจะทำให้มีการสูญหายของข้อมูลบางส่วนในขณะมีการเก็บรักษาข้อมูลทางภาษา จึงทำให้จดจำข้อมูลได้ไม่ดี เรียกเหตุการณ์ นี้ว่า ผลกระทบจากความยาวของคำ (Word Length Effect)

2.2.3 ถ้าต้องพูดบางสิ่งในขณะที่กำลังจดจำข้อมูล จะทำให้ความสามารถในการจดจำข้อมูลไม่ดีเพราะการพูดในขณะกำลังจดจำข้อมูลต้องใช้ทรัพยากรของส่วนกระตุ้นข้อมูลที่เก็บรักษาให้คงอยู่ในความทรงจำเพื่อป้องกันการลืม ทำให้คำที่อยู่ในส่วนที่เก็บรักษาข้อมูลทางภาษาไม่ถูกทวนซ้ำ จึงทำให้ลืมข้อมูลได้ เรียกเหตุการณ์นี้ว่า ผลกระทบจากการกดส่วนกระตุ้นข้อมูลที่เก็บรักษาให้คงอยู่ในความทรงจำ (Articulatory Suppression Effect)

2.2.4 ถ้าได้ฟังข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่กำลังจดจำ จะทำให้ความสามารถในการจดจำข้อมูลลดลง เพราะข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องจะเข้าไปรบกวนขณะดำเนินการเก็บรักษาข้อมูลทาง

ภาษาและจะแย่งใช้ทรัพยากรระหว่างข้อมูลที่ต้องจดจำกับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ทำให้ลืมข้อมูลที่ต้องจดจำ เรียกเหตุการณ์นี้ว่า ผลกระทบจากเสียงที่ไม่สัมพันธ์กัน (Irrelevant Sound Effect)

3. ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuo - spatial Sketchpad) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลด้านการมองเห็นที่ไม่มีการเคลื่อนไหวได้แก่ข้อมูลด้านรูปร่าง สี ขนาดของวัตถุและมิติสัมพันธ์ ซึ่งจะเก็บข้อมูลตำแหน่งของสิ่งเร้า การเคลื่อนไหว ทิศทาง โดยเก็บข้อมูลภาพและมิติสัมพันธ์ในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่นการจำวัตถุหรือสถานที่ นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการสร้างและจัดการภาพในใจเช่นเดียวกันกับระบบเก็บจำด้านภาษาซึ่งเป็นที่เก็บชั่วคราวและเรียกกลับมาใช้งานได้ การสลายตัวของภาพเป็นไปอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับเสียงโดยเกิดขึ้นภายในไม่กี่วินาที มีหน้าที่สำคัญระหว่างการอ่าน เมื่อมองเห็นสายตาจะเข้ารหัสจากตัวอักษรและคำที่พิมพ์ในขณะที่รักษากรอบของมิติสัมพันธ์ไว้เพื่ออ้างอิงใช้ในการย้อนกลับและเก็บรักษาข้อความไว้ ในการเก็บมิติสัมพันธ์ระยะสั้น การเรียกคืนและการประมวลผลจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของความจำขณะทำงานแม้การประมวลผลเกี่ยวกับเสียงจะถูกออกแบบให้มีการประมวลผลเป็นลำดับ แต่ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์มีการประมวลผลที่ดีกว่าเพราะเป็นการประมวลผลแบบองค์รวม โดยการจัดเก็บภาพมิติสัมพันธ์จะขึ้นกับองค์ประกอบของการประมวลผลของสมองขั้นสูงมากกว่าการจัดเก็บเสียง ประกอบด้วย 2 ส่วน (Dehn, 2008, p. 19) ดังนี้

3.1 ส่วนที่เก็บข้อมูลด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Store) แบ่งเป็น 2 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบด้านภาพ (Visual Subcomponent) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่เป็นภาพจากการมองเห็น โดยภาพไม่มีการเคลื่อนไหว ได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวกับรูปร่างและสีของภาพที่มองเห็น และองค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Subcomponent) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลด้านมิติสัมพันธ์ ได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวกับภาพที่มีการเคลื่อนไหว มีทิศทาง

3.2 ส่วนของกระบวนการทวนซ้ำข้อมูลด้านภาพและมิติสัมพันธ์ให้คงอยู่ (Visuospatial Rehearsal) กระบวนการที่จะฟื้นความจำในสิ่งที่มองเห็นเป็นข้อมูลด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ถ้ามีการทบทวนภาพนั้นซ้ำ ๆ กระบวนการนี้ยังสามารถเก็บภาพที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของตา การจินตนาการ จะใช้ทรัพยากรในส่วนการเก็บรักษาข้อมูลด้านภาพและมิติสัมพันธ์น้อยกว่าข้อมูลที่มีรูปแบบที่ซับซ้อน

4. หน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ (Episodic Buffer) ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลชิ้นเล็ก ๆ ให้กลายเป็นสิ่งที่มีเหตุผลที่เข้าใจได้ ซึ่งเป็นการเก็บรักษาข้อมูลที่มีความจุจำกัดไว้ชั่วคราว และจะเชื่อมโยงกันเป็นเรื่องราวเกี่ยวกับความจำขณะทำงานหลาย ๆ เหตุการณ์เข้ากับสิ่งเร้าที่รับรู้กับข้อมูลในความจำระยะยาว โดยสามารถจัดเก็บข้อมูลชั่วคราวจำนวนมากที่เกินขีดความสามารถของการประมวลผลเกี่ยวกับเสียงและระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ระบบจะจัดเก็บข้อมูลโดยไม่ต้องอาศัยการจัดเก็บข้อมูลในส่วนการประมวลผลของสมองขั้นสูงหรือการดึงข้อมูลโดยตรงจากความจำระยะยาว (Baddeley, 2002; Alloway, 2004; Dehn, 2008, pp. 15 – 19)

5. การวัดความจำขณะทำงาน

การวัดความจำขณะทำงานจะใช้กิจกรรมประเมิน (Task) ที่แตกต่างกันไปตามแนวคิดหรือโมเดล (Model) ที่ใช้ศึกษา จากงานวิจัยปรากฏว่าการวัดความจำขณะทำงานสามารถวัดได้จาก

5.1 วัดความจุหรือความสามารถในการเก็บรักษาข้อมูลของความจำขณะทำงาน (Working Memory Capacity) เช่น การจำตัวเลขได้กี่จำนวนมากน้อยเท่าใด

5.2 วัดการทำงานของความจำขณะทำงานจากความยากของกิจกรรมที่ทำ (Working Memory Load) เช่น จำภาพ ภาพที่จำจะมีความยากและง่าย

5.3 วัดช่วงเวลาการจำของความจำขณะทำงาน (Working Memory Span)

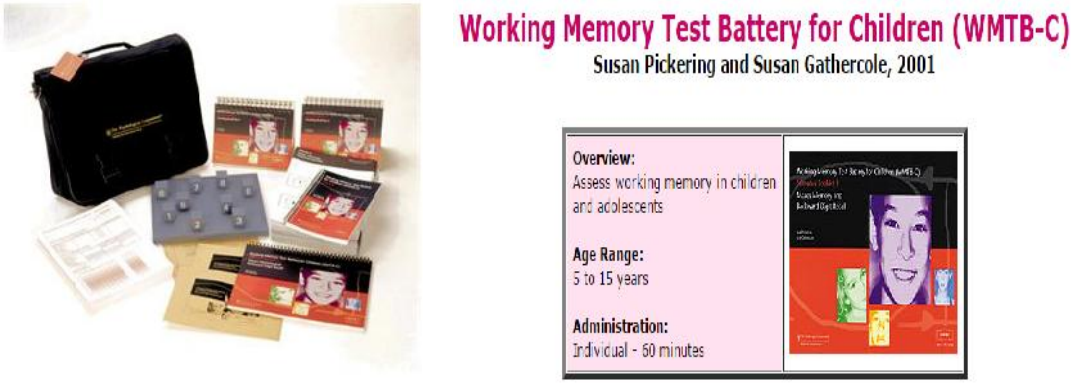
รูปแบบการวัดความจำขณะทำงานมี 2 ลักษณะ

1. การใช้การสร้างภาพการทำงานของสมอง (Brain Function) ได้แก่ การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG) ภาพถ่ายโพซิตรอน (Positron Emission Tomography: PET) ภาพถ่ายรังสีด้วยคลื่นแม่เหล็ก (Functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI)

2. การใช้แบบทดสอบ

การวัดความจำขณะทำงานโดยแบบทดสอบใช้ทั้งการเขียนตอบ การทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์และการประเมินโดยผู้ประเมิน แต่ละกิจกรรมที่มีการทดสอบจะเกี่ยวข้องการความจำและการระลึกได้ นักวิจัยแต่ละคนจะใช้กิจกรรมและแบบทดสอบที่แตกต่างกันตามแนวความคิดหรือทฤษฎีที่ต่างกัน ตัวอย่างแบบทดสอบความจำขณะทำงาน

1) แบบ Working Memory Test Battery for Children ของ Pickering and Gathercole (2001) พัฒนามาจากแบบประเมิน Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C) ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แบบ Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C)

แบบ Working Memory Test Battery for Children ใช้กับเด็กในประเทศอังกฤษ สามารถทดสอบสมรรถนะของความจำขณะทำงานได้สามองค์ประกอบ คือ องค์ประกอบด้านภาษา องค์ประกอบด้านภาพและมิติสัมพันธ์ และระบบบริหารส่วนกลาง ใช้ทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในช่วงอายุ 4 ปี 7 เดือนถึง 15 ปี 9 เดือน แต่แบบทดสอบนี้มีข้อจำกัดที่ใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น

2) แบบ Wechsler Intelligence Scale for Children ®-Fourth UK Edition (WISC-IV UK) (2004) อายุ 6 ปี ถึง 16 ปี 11 เดือน ดังภาพที่ 11

แบบ Wechsler Intelligence Scale for Children สร้างขึ้นตามโมเดลพหุองค์ประกอบความจำขณะทำงานของ Baddeley ใช้สำหรับวัยรุ่นตอนปลายและวัยผู้ใหญ่ ช่วงอายุระหว่าง 16 – 89 ปี ทดสอบสมรรถนะของความจำขณะทำงานในสององค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบด้านภาษาและองค์ประกอบด้านภาพและมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบนี้จะเน้นทดสอบด้านการเรียนรู้เรื่องง่ายที่เป็นเรื่องใหม่ ๆ มากกว่าทดสอบความจำ

ภาพที่ 11 แบบ Wechsler Intelligence Scale for Children

3) แบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ (Automated Working Memory Assessment: AWMA) Alloway (2007) ได้พัฒนามาจากแบบประเมิน WMTB-C ของ Pickering and Gathercole (2001) ดังภาพ 12

ภาพที่ 12 แบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ

แบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ (Automated Working Memory Assessment: AWMA) โปรแกรมสามารถวิเคราะห์และประมวลผลได้อัตโนมัติ ใช้จำแนกบุคคลที่มีปัญหาด้านความจำขณะทำงาน ใช้แบบประเมินความจำขณะทำงานช่วงอายุ 4 - 22 ปี โปรแกรมนี้มีจุดเด่น คือสามารถประเมินองค์ประกอบของแบบประเมินความจำขณะทำงานได้ 3 องค์ประกอบอย่างชัดเจน และเป็นต้นแบบของการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับประเมินสมรรถนะแบบประเมินความจำขณะทำงานที่ใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้นต่อมา

6. การฝึกความจำขณะทำงาน

วิธีการฝึกความจำขณะทำงานด้วยกลยุทธ์ทั่วไป (General Strategy Training Procedures) (Dehn, 2008, pp. 263 – 265)

6.1 ต้องมีความตั้งใจในการฝึกฝน และฝึกอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ติดต่อกันหลายสัปดาห์

6.2 ก่อนการฝึก ผู้ฝึกควรทราบถึงจุดอ่อนและจุดแข็งของตนเอง ซึ่งผู้ฝึกจะได้รับรู้สมรรถนะทางด้านความจำของตนเอง เพื่อที่จะหาวิธีการฝึกความจำขณะทำงานที่เหมาะสม

6.3 ควรใช้วิธีฝึกความจำขณะทำงานเพียงหนึ่งวิธี และควรฝึกจนกระทั่งผู้ฝึกเข้าใจถึงแนวคิดของวิธีฝึกความจำขณะทำงานที่ใช้

6.4 ให้ผู้ฝึกทราบถึงวัตถุประสงค์ และเหตุผลวิธีที่จะฝึกความจำขณะทำงานรวมถึงฝึกเมื่อไหร่ ฝึกที่ไหน ฝึกทำไม และวิธีที่ฝึกต้องฝึกอย่างไร

6.5 เมื่ออธิบายวิธีการฝึกความจำขณะทำงาน ต้องให้ผู้ฝึกเข้าใจทุกขั้นตอนและทุกส่วนประกอบต่าง ๆ ของการฝึก โดยยกตัวอย่างที่แตกต่างกันขณะที่อธิบายวิธีฝึก และแสดงให้เห็นว่าวิธีที่จะประสบความสำเร็จในการฝึกความจำขณะทำงาน กระบวนการคิดของผู้ฝึกควรเป็นอย่างไร

6.6 อธิบาย ยกตัวอย่าง และสอนรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนในการฝึก โดยให้ความ

สนใจเป็นพิเศษกับลักษณะของวิธีที่ใช้ ซึ่งส่วนมากจะเป็นกับวิธีฝึกที่ยังไม่เป็นที่รู้จัก

6.7 ให้ทำการฝึกโดย อันดับแรก ให้คำแนะนำในการฝึก ลำดับต่อมาให้ผู้ฝึกทำการคิดออกเสียง (Thinking Aloud) ขั้นตอนสุดท้าย ส่งเสริมให้ผู้ฝึกนึกถึงวิธีการฝึกภายในใจ

6.8 ทำการฝึกซ้ำ ๆ หลายครั้ง จนสามารถเข้าถึงวิธีการฝึกที่ใช้ศึกษา ท่องหรือทบทวนซ้ำแล้วซ้ำอีก (Over - learned) และ ฝึกให้เป็นกิจวัตร

6.9 เพื่อให้เกิดการจำได้ของขั้นตอนในการฝึก สิ่งที่สามารถช่วยผู้ฝึกได้ คือการบอกเป็นนัย ยกตัวอย่างเช่น การย่อคำของชื่อเต็ม (Acronym)

6.10 ให้ผู้ฝึกเกิดแรงผลักดันทางบวก ที่จะเลือกวิธีการฝึกความจำขณะทำงานใหม่ ๆ

6.11 ส่งเสริมให้ผู้ฝึก สามารถประเมินค่า และทราบผลสำเร็จของตนเองต่อวิธีที่ใช้ฝึกความจำขณะทำงาน

6.12 ส่งเสริมให้เกิดการนำไปใช้

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงาน

Swanson et al. (2001) ได้ศึกษาการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และความจำขณะทำงานในเด็กที่มีปัญหาด้านการเรียนรู้ จากการประมวลผลของสมองขั้นสูงและการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง พบว่าเด็กที่มีปัญหาด้านการเรียนรู้มีความด้อยในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ องค์ประกอบของการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง เด็กที่มีปัญหาด้านการเรียนรู้ได้เปรียบกว่าเด็กเล็กในด้านการใช้เครื่องมือทางภาษาและการประมวลผลความจำขณะทำงานสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญเพื่อการแก้ปัญหาที่ถูกต้องการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง และอิทธิพลของความจำขณะทำงานเป็นการสื่อสารระหว่างความจำระยะยาว กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความรู้ที่มีลำดับขั้นตอนที่แน่นอนใช้ในการแก้ปัญหาผลลัพธ์ที่สนับสนุนความคิดที่ใช้งานข้อมูลจากความจำระยะยาวมากกว่าการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง ทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างการประมวลผลของสมองขั้นสูงและการแก้ปัญหาที่ถูกต้องในเด็กที่มีปัญหาด้านการเรียนรู้

Swanson et al. (2004) ได้ศึกษาความจำขณะทำงานและการประมวลผลเกี่ยวกับเสียงเป็นตัวทำนายการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ในเด็กที่มีอายุแตกต่างกัน พบว่า ความแตกต่างของช่วงอายุมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของความจำขณะทำงานที่ถูกเก็บในกลไกการประมวลผลของเสียง เช่นความเร็วในการเรียกชื่อความจำระยะสั้น,กลไกการประมวลผลของเสียง ความจำขณะทำงานช่วยในการแก้ปัญหาคำอิสระ การแทนปัญหาความรู้เกี่ยวกับการดำเนินงานและกลไกการประมวลผลของเสียง สติปัญญา การอ่านและทักษะคณิตศาสตร์ ความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหาเป็นตัวทำนายที่สำคัญของการเปลี่ยนแปลงในช่วงอายุ ในการแก้ปัญหานอกเหนือจากการสนับสนุนของคณิตศาสตร์และทักษะการอ่านและมีการทำงานอิสระจากกลไกการประมวลผลของเสียง

Buehner, Krumm, and Pick (2005) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของความจำขณะทำงาน ความสนใจกับความสามารถในการให้เหตุผล กับนักศึกษามหาวิทยาลัย อายุ 18 – 31 ปี จำนวน 135 คนส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ใช้โมเดลหลายด้านของความจำขณะทำงาน (Multi-Faces of Working Memory) ประกอบด้วย การเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาใหม่ในช่วงเวลาที่ข้อมูลยังไม่ถูกนำออกมา (Storage in Context of Processing) การสร้างความสัมพันธ์และบูรณาการความสัมพันธ์ไปสู่โครงสร้าง (Coordination) และการเลือกสนใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง และขจัดสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป (Supervision)วัดความสามารถในการใช้เหตุผลโดยใช้แบบทดสอบโครงสร้างเชาว์ปัญญา (Intelligence Structure Test 2000-R) ประกอบด้วย 9 แบบทดสอบย่อย เป็นการวัดเหตุผลทางด้านภาษา ตัวอักษร และภาพ ส่วนการวัดความจำขณะทำงานในส่วนขององค์ประกอบการเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาใหม่ในช่วงเวลาที่ข้อมูลยังไม่ถูกนำออกมา ใช้กิจกรรม 2 กิจกรรมพร้อม ๆ กัน ซึ่งมีทั้ง คำ ตัวอักษร และรูปทรงเรขาคณิตในตำแหน่งต่าง ๆ ส่วนองค์ประกอบการสร้างความสัมพันธ์และบูรณาการความสัมพันธ์ไปสู่โครงสร้างใช้กิจกรรมทางปัญญา (Mental Task) ทั้งแบบภาษาและรูปภาพ องค์ประกอบด้านการเลือกสนใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งและขจัดสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป ใช้กิจกรรมสลับปรับเปลี่ยน (Switch Task) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ความสนใจไม่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการให้เหตุผล ขณะที่ความจำขณะทำงานโดยเฉพาะด้านการจัดเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาใหม่ในช่วงเวลาที่ข้อมูลยังไม่ถูกนำออกมาเป็นตัวทำนายความสามารถในการใช้เหตุผลที่ดีที่สุด

Seigneuric and Ehrlich (2005) ศึกษาผลความจุของความจำขณะทำงาน (Working Memory Capacity) ที่มีต่อพัฒนาการด้านความเข้าใจในการอ่าน (Reading Comprehension) ของเด็กนักเรียนอายุ 7-9 ปี ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 โดยใช้คำถาม 2 คำถามเกี่ยวกับความจำขณะทำงานพบว่า การจำคำเป็นสิ่งที่เกิดโดยอัตโนมัติในระดับช่วงชั้นที่ต่างกัน ความจำขณะทำงานมีความสำคัญต่อการเข้าใจการอ่านโดยที่ความจุของความจำขณะทำงานมีอิทธิพลโดยตรงต่อการพัฒนาทักษะการเข้าใจการอ่านรวมถึงกลุ่มคำศัพท์ที่มีในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และความจุของความจำขณะทำงานที่มีในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 มีผลต่อเนื่องในเรื่องการเข้าใจการอ่านของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

Alamolhodaei et al. (2009) ได้ศึกษาโมเดลความจำขณะทำงานประยุกต์ใช้กับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ กับนักเรียนอายุ 13 – 14 ปี จำนวน 161 คน พบว่า ผลความรู้ที่ได้ผลลัพธ์ไม่เป็นอิสระ ระหว่างความจำขณะทำงานและความกระตือรือร้นของนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นความสัมพันธ์ระหว่างความจุของความจำขณะทำงานรูปแบบกระบวนการทางสมองและความกระตือรือร้นด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีผลต่อกัน ผลการทดลองที่ได้มีประโยชน์เพื่อใช้ปรับแก้ปัญหาทักษะและการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพขึ้น

Farber and Sinitsyn (2009) ได้ศึกษาการทำหน้าที่ขององค์ประกอบของความจำขณะทำงานในเด็กอายุ 7 ถึง 8 ขวบ ด้วยการวิเคราะห์สัญญาณต่างๆที่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมกับการทำงานของความจำขณะทำงานกับกิจกรรมที่ใช้กระตุ้น 2 กิจกรรมได้แก่ short-term traces of visuospatial และตัวอักษร เปรียบเทียบที่เวลา 1500 มิลลิวินาที เพื่อดูความแตกต่างของ degree และ mode เพื่อเชื่อมโยงกับพื้นที่บริเวณผิวสมอง และความกว้างกับสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง กิจกรรม visuo-spatial มีคลื่นที่สูงขึ้นที่ตำแหน่ง N200 และมีการตอบสนองในทางบวกที่ช่วงเวลา 300 – 600 มิลลิวินาที

Smedt et al. (2009) ได้ศึกษาความจำขณะทำงานกับความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ เป็นการศึกษาระยะยาวจากนักเรียนเกรด 1 จนเลื่อนชั้นเป็นเกรด 2 เครื่องมือวัดความจำขณะทำงาน ประกอบด้วย การประมวลผลเกี่ยวกับเสียง การประมวลผลเกี่ยวกับภาพและมิติสัมพันธ์ และการประมวลผลของสมองขั้นสูง เริ่มวัดผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ ที่นักเรียนเกรด 1 ที่เรียนมาแล้ว 4 เดือน (กลางเทอมเกรด 1) และ หลังจากที่วัด (เริ่มเรียนเกรด 2) ความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ในเด็กทั้ง 2 เกรด แสดงให้เห็นว่าความจำขณะทำงานเป็นตัวทำนายที่ชัดเจนในเรื่องผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ การบริหารของประสาทส่วนกลาง ทำนายผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ทั้งนักเรียนเกรด 1 และเกรด 2 การประมวลผลเกี่ยวกับภาพและมิติสัมพันธ์ทำนายผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ เฉพาะนักเรียนเกรด 1 แต่ไม่ทำนายผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์นักเรียนเกรด 2 การประมวลผลเกี่ยวกับเสียงทำนายผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์เฉพาะนักเรียนเกรด 2 แต่ไม่ทำนายผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ นักเรียนเกรด 1

Imbo and Lefevre (2010) ได้ศึกษาบทบาทของความจำขณะทำงานที่เกี่ยวกับเสียงและภาพในขณะคำนวณโจทย์เลขคณิตที่ซับซ้อนในนักศึกษาจีนและนักศึกษาแคนาดา จำนวน 65 คน เป็นนักศึกษาจีน 36 คน นักศึกษาแคนาดา 29 คน โจทย์เลขคณิตในทักษะการลบจำนวน 20 ข้อ มี 6 เงื่อนไขในการทดลองคือ 2 (Presentation Format: Horizontal, Vertical) × 3 (Working Memory Load: No Load, Phonological, Visual) พบว่านักศึกษาทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันทางด้านวัฒนธรรมในบทบาทการทำงานของความจำขณะทำงานในเรื่องเสียงและภาพในขณะคำนวณโจทย์เลขคณิตที่ซับซ้อน นักศึกษาแคนาดาและนักศึกษาจีนต้องคำนวณโจทย์เลขคณิตการลบที่ซับซ้อน (ตัวอย่าง 85 - 27; การทดลองที่ 1) และโจทย์เลขคณิตการคูณที่ซับซ้อน (ตัวอย่าง 6× 13; การทดลองที่ 2) ภายใต้การทำงานของความจำขณะทำงานในเรื่องเสียงและภาพ นักศึกษาทั้งสองกลุ่มต้องใช้ความจำขณะทำงานในเรื่องเสียงและภาพช่วยในการคำนวณโจทย์เลขคณิตการลบที่ซับซ้อนและโจทย์เลขคณิตการคูณที่ซับซ้อน

Meyer et al. (2010) ได้ศึกษาความแตกต่างด้านองค์ประกอบของความจำขณะทำงานต่อผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 2 และ 3 ใช้แบบทดสอบความจำขณะทำงานที่มาตรฐานและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการทดลองกับนักเรียนเกรด 2

จำนวน 48 คน นักเรียนเกรด 3 จำนวน 50 คน นักเรียนเกรด 2 ใช้การประมวลผลของสมองขั้นสูง และการประมวลผลเกี่ยวกับเสียงเป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ด้านการให้เหตุผลด้านคณิตศาสตร์ นักเรียนเกรด 3 ใช้การประมวลผลเกี่ยวกับภาพและมิติสัมพันธ์เป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ด้านการให้เหตุผลด้านคณิตศาสตร์และการประมวลผลทางตัวเลข พบว่าองค์ประกอบทั้ง 3 ของความจำขณะทำงานพัฒนาทักษะด้านคณิตศาสตร์ในเด็กที่เข้าใจอะไรได้ยาก และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความจำขณะทำงานกับการประมวลผลทางตัวเลข ส่งเสริมความสามารถด้านการคำนวณ การดึงข้อมูล การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา

Studera et al. (2010) ได้ศึกษาศักย์ไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ของการใช้ยา methylphenidate กับการทำงานของความจำขณะทำงานในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดีในขณะทำกิจกรรมจำภาพแบบอนุกรมที่กระตุ้นการทำงานของความจำขณะทำงานตำแหน่งขั้ววัดสัญญาณที่ใช้ 15 ขั้ว คือ 5 frontal: F7, F3, Fz, F4, F8; 5 central: T3, C3, Cz, C4, T4 และ 5 parietal: T5, P3, Pz, P4, T6 พบว่าผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดีจะจดจำลำดับรูปภาพได้ 4 หรือ 5 หรือ 6 ภาพ ภายใต้เงื่อนไขการใช้ยา methylphenidate จำนวน 20 mg และบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะทำกิจกรรมไว้ ประสิทธิภาพการทำงานในการตอบสนองจำนวนภาพที่ตอบถูกลดลง การทำงานของความจำขณะทำงานเพิ่มขึ้น เกี่ยวกับความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง การทำงานของความจำขณะทำงานเพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบในระยะการเก็บรักษาและการดึงข้อมูล ยาที่ให้ไม่มีอิทธิพลหรือผลต่อการดำเนินงานในขั้นตอนการประมวลผล การจดจำข้อมูลอย่างตั้งใจและการทำงานที่มากขึ้นของสมองทำให้ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่ตำแหน่ง P3 มีขนาดใหญ่

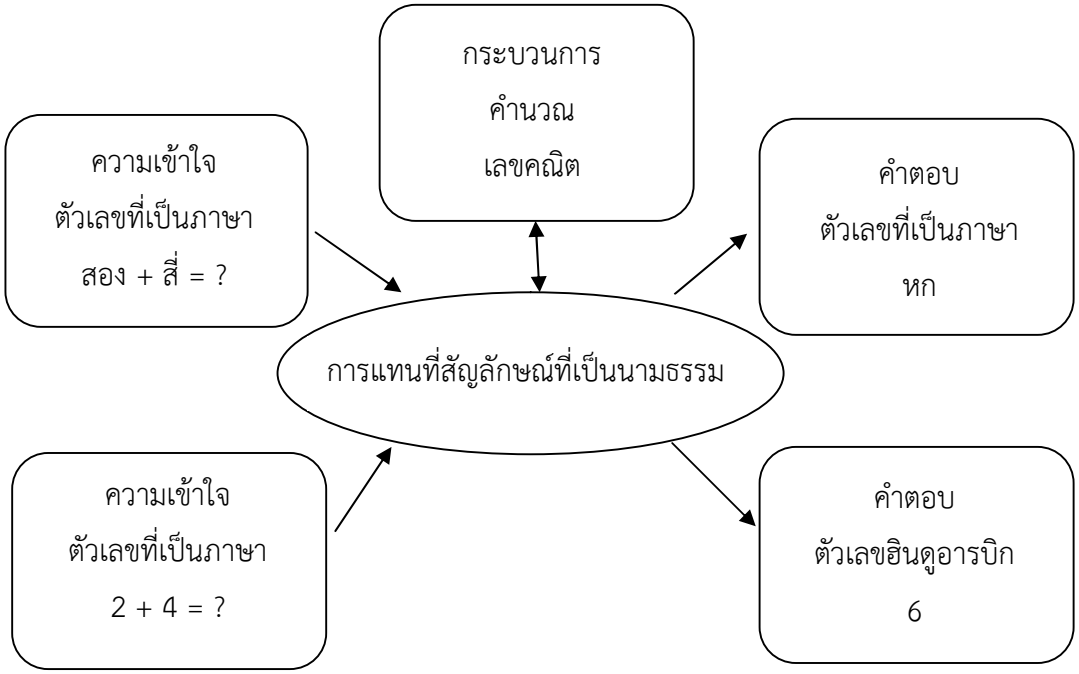
สรุปได้ว่า องค์ประกอบของความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เป็นแนวทางการวิจัยถึงบทบาทของความจำขณะทำงานที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลทางตัวเลข ส่งเสริมความสามารถด้านการคำนวณ การดึงข้อมูล การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ส่งเสริมให้ความจำขณะทำงานมีการทำงานที่ดีขึ้น

ตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลทริปเพิลโคดกับการคิดเลข

โมเดลกระบวนการคิดทางตัวเลข (Model of Numerical Cognition) ประกอบด้วย Abstract Modular Model (McCloskey’s Model) และ Triple Code Model (Dehaene’s Model) โดยทั้งสองโมเดลมีกลไกการแปลงรหัสรูปแบบที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. โมเดลแอบสแตรกโคด (Abstract Code Model)

โมเดลแอบสแตรกโคด (Abstract Code Model: ACM) เป็นรูปแบบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลขตามแนวคิดของ McCloskey (1992, pp. 107–157) มี 3 องค์ประกอบ คือ ความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสาร (Comprehension) การคำนวณ (Calculation) และระบบการตอบสนอง (Response Production System) ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 McCloskey's (1992) Abstract Code Model (พัฒนาจาก Cohen & Dehaene, 1995, p. 132) (Campbell, 2005, p. 348)

จากภาพที่ 13 โมเดลแอบสแตรกโคดมีรายละเอียดเชิงโมเดลเกี่ยวกับการสื่อสารด้านคณิตศาสตร์ โดยมีการใช้รหัสตัวเดียว (Single Code) ความเป็นนามธรรม (Abstract) รหัสความหมายเชิงปริมาณ (Semantic Quantity Code) หน้าที่ของระบบความเข้าใจสัญลักษณ์ที่สื่อสารเพื่อที่จะเข้ารหัส (Encode) และนำเข้า (Input) ของตัวเลขที่แตกต่างกัน เช่น ตัวเลขอารบิก

ตัวใดตัวหนึ่งที่เขียนภายในรหัสนามธรรม เพื่อเข้าสู่กระบวนการที่กลายมาเป็นการนำเข้า (Input) ด้วยการคิดคำนวณและการสร้างระบบปฏิบัติการ ระดับการคิดคำนวณรวมไปถึงความจำพื้นฐานเกี่ยวกับข้อเท็จจริงด้านตัวเลขและกฎ เช่น 5 + 7 = 12, 5 × 7 = 35, 0 × N = 0, 0 + N = N เป็นต้น (Campbell, 2005, p. 348) รวมถึงความเกี่ยวข้องในกระบวนการการบรรลุผลสำเร็จใน การปฏิบัติการทางด้านตัวเลขที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น การบวกตัวเลขจำนวนมาก หรือการคูณ ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับตัวเลข เช่น การแสดงผล (Output) เชิงตัวเลขของระบบการคิดคำนวณอยู่ในรูปแบบของรหัสนามธรรม กระบวนการสร้างระบบภายใต้การปฏิบัติการของระบบความเข้าใจในสัญลักษณ์ที่สื่อสารโดยการแปลงคำตอบนามธรรมจากความเข้าใจในสัญลักษณ์ที่สื่อสารและระบบการคิดคำนวณไปสู่เลขอารบิก สิ่งที่เขียนหรือจำนวนที่พูดในรูปแบบที่กำหนด ในสมมติฐานของหน่วยรหัสนามธรรม เช่น การคิดคำนวณเกี่ยวกับตัวเลขพื้นฐานมีส่วนเกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระที่มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการต่าง ๆ อันเนื่องมาจากสิ่งเร้าถูกลงรหัสซ้ำ (Recode) เข้าไปสู่รหัสนามธรรม

ก่อนที่กระบวนการคิดคำนวณจะปรากฏออกมาให้เห็น เกี่ยวกับความสำคัญของรูปแบบการนำเข้าไม่ส่งผลกระทบต่อการคิดคำนวณ จะเห็นได้ว่าผลที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากตัวแบบนี้ กระบวนการการคิดคำนวณ อาจปรากฏออกมาไม่แตกต่างกัน เช่น ผลลัพธ์ของตัวแบบดั้งเดิมของ การนำเข้าข้อมูล(Input) ด้านตัวเลข ตัวแบบรหัสนามธรรมก่อนหน้านี้ หมายความว่าการลงรหัส (Encoding) ด้านตัวเลข ซึ่งเป็นกระบวนการคิดคำนวณที่ไม่เกี่ยวข้องกับปรับแต่งในธรรมชาติของตัวเลข

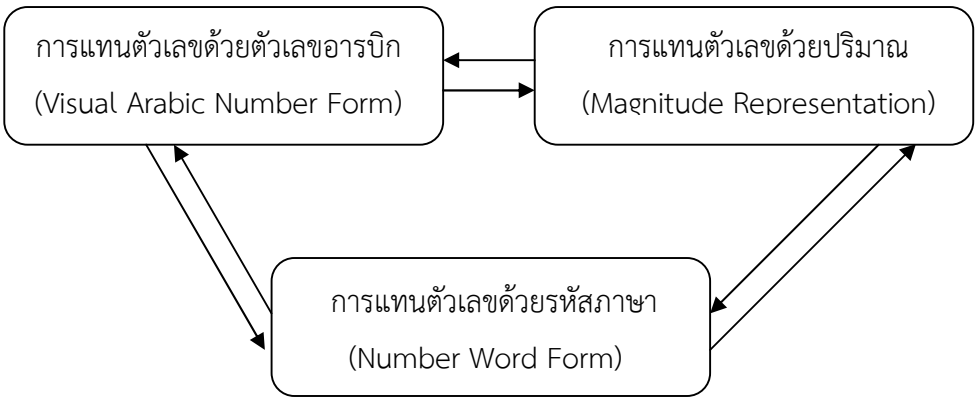
McCloskey และนักศึกษาสาขาวิชาจิตวิทยา ได้นำเสนอแนวคิดที่นำมาอธิบายปริมาณและคุณภาพของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการคำนวณที่ผิดพลาดของผู้ป่วยที่มีความบกพร่องด้านการคิดคำนวณ McCloskey (1992) เสนอรูปแบบของจำนวนเฉพาะ ซึ่งมีส่วนประกอบอยู่ 3 ระบบคือ ระบบความเข้าใจ ระบบการคำนวณ และระบบการแสดงผลลัพธ์ ระบบความเข้าใจคือกระบวนการเปลี่ยนสัญลักษณ์ทางตัวเลข เช่น จำนวนนับ การระบุจำนวน เลขโรมัน ฯลฯ ให้กลายไปเป็นนามธรรม ระบบการคำนวณเป็นการนำตัวเลขมาเปรียบเทียบและการคำนวณตัวเลขมาสร้างเป็นรหัสปริมาณเชิงนามธรรมขึ้นมาระบบการแสดงผลลัพธ์เป็นการแสดงผลของการคำนวณออกมาเป็นสัญลักษณ์ต่างๆทั้งตัวเลขและเป็นภาษา ข้อสันนิษฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งในรูปแบบของ McCloskey การคำนวณตัวเลขเป็นการคิดในใจซึ่งรับข้อมูลเข้ามาทั้งหมดไม่ได้คัดข้อมูลออก และถูกเปลี่ยนเป็นข้อมูลเชิงเดี่ยวให้ผู้คำนวณดำเนินการเองในใจและแปลผลออกมาเป็นรูปแบบของผลลัพธ์ ช่วงเวลาในการคำนวณที่ใช้ในการแปลงตัวเลข ประโยค กลุ่มคำ หรือสัญลักษณ์อื่นๆ ให้มาเป็นสัญลักษณ์ตัวแปรต้องอาศัยกระบวนการคิดในใจ นั่นหมายความว่า ช่วงเวลาในการคำนวณเพื่อแปลงสัญลักษณ์นั้นจะมีค่าไม่เท่ากันอันเนื่องมาจากสัญลักษณ์ที่ป้อนเข้าไปประมวลผลไม่เหมือนกัน อาทิ ป้อนตัวเลขอาราบิกเข้าไปจะประมวลผลได้เร็วกว่าการป้อนข้อมูลที่เป็นตัวเลขโรมันเข้าไป อย่างไรก็ตามได้มีสมมติฐานว่าไม่มีความแตกต่างใด ๆ เกี่ยวกับค่าช่วงเวลาในการคำนวณ การแปลงสัญลักษณ์ทางด้านตัวเลขต่าง ๆ เพราะการคิดคำนวณในใจนั้นเป็นการคาดคะเนเพื่อที่จะจัดการปัจจัยต่าง ๆ ที่จะใช้ในการคำนวณตัวเลข

ความเป็นจริงทางคณิตศาสตร์ที่เฉพาะเจาะจงและกระบวนการคำนวณ เมื่อทำการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ยังต้องทำการพิจารณาถึงบริบทของปัญหาด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น เมื่อพบกับปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือสถิติ นักเรียนส่วนใหญ่แก้ปัญหาโดยอาศัยวิธีการที่คล้ายกันจากการเรียนรู้ที่ได้เรียนมาแล้ว Campbell and Epp (2005, p. 348) ได้ทำการสำรวจถึงวิธีการที่มนุษย์เลือกและประยุกต์วิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากประเด็นหนึ่งไปยังอีกหนึ่งประเด็น การแก้โจทย์คณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพนั้นมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับทักษะจำนวน ความรู้การสื่อความหมาย เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวน การจำตารางสูตรคูณได้ และความรู้ด้านกระบวนการ รู้วิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่น การคูณกับการหาร ผลของ 8 x 7 รูปแบบด้านการคำนวณตัวเลขของ Dehaene and Cohen (1995, pp. 83 - 120) ได้เสนอรหัสสามตัวที่สามารถดำเนินการกับตัวเลข รหัสขนาดเชิงอุปนัย รหัสภาพ และรูปแบบที่เป็นคำ โดยมีรูปแบบการสนับสนุนในด้านจิตวิทยาและ

ด้านระบบประสาทกายวิภาคศาสตร์ นอกจากนี้ ยังได้พบว่า การถ่ายโอนด้านอุปนัยช่วยทำให้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสะดวกยิ่งขึ้น (Colome, Bafalluy, & Noel 2011, pp. 223 - 253)

2. โมเดลทริปเพิลโคด (Triple Code Model)

จำนวนสามารถแทนได้ 3 รูปแบบ คือ ตัวเลขอารบิก (Arabic Digits) (6) คำเรียกชื่อ (Words) (หก) และปริมาณที่ไม่ใช้สัญลักษณ์ (Nonsymbolic Quantities) (บอลหกลูก) สอดคล้องกับการเขียนรูปแบบเลขคณิต (Written Arithmetic) (4 + 2 = ?) โจทย์ปัญหาเลขคณิต (Arithmetic Word Problems) (ไอวีมีบอล 4 ลูกน้องสาวให้เธอเพิ่มอีก 4 ลูก ปัจจุบันไอวีมีบอลกี่ลูก?) เลขคณิตที่ไม่ใช้สัญลักษณ์ (Nonsymbolic Arithmetic) (บวกเพิ่มบอล 2 ลูก กับบอลที่อยู่ 4 ลูก) ในวัยเด็กรูปแบบนี้เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สูงขึ้นในภายหลัง (Geary, Hoard, Nugent, & Bailey, 2013) รวมถึงความสำเร็จในการทำงานในวัยผู้ใหญ่ (Geary, Hoard, Nugent, & Bailey, 2013) ตรงกับโมเดลทริปเพิลโคด ซึ่งเป็นทฤษฎีที่มีอิทธิพลมากที่สุดสำหรับกระบวนการรับรู้ด้านตัวเลข (Numerical Cognition) โดยเริ่มตีพิมพ์ครั้งแรกในปี ค.ศ.1992 โมเดลทริปเพิลโคดสามารถอธิบายถึงกระบวนการรับรู้ด้านตัวเลขได้ดีที่สุด โมเดลทริปเพิลโคดเป็นรูปแบบของการดำเนินงานทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลตัวเลขรวมถึงพื้นฐานความสัมพันธ์ทางกายวิภาคของระบบประสาทด้วย (Dehaene & Cohen, 1995, 1997) นอกจากนี้ โมเดลทริปเพิลโคดยังระบุเส้นทางที่แตกต่างกันในการคำนวณ (Cohen & Dehaene, 2000) และรายละเอียดของโครงสร้าง Parietal เมื่อแทนที่ด้วยตัวเลข (Number Representations) ที่แตกต่างกัน (Dehaeneet al., 2003) มี 3 องค์ประกอบ คือ การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก (Visual Arabic Number Form) การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา (Number Word Form) และการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ (Magnitude Representation) แสดงดังภาพที่ 14 (Campbell, 2005, pp. 348 - 349)



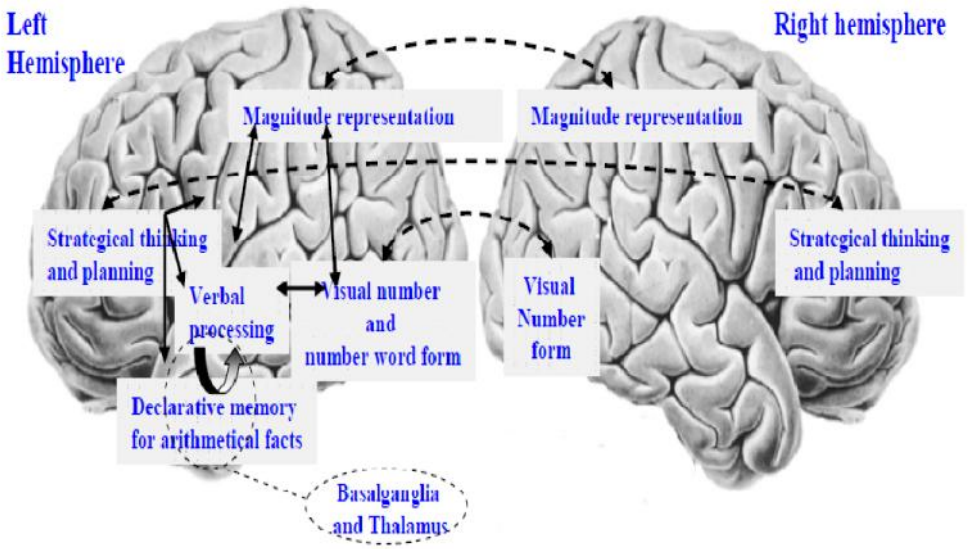
ภาพที่ 14 Triple Code Model Dehaene and Cohen’s (1995) (Campbell, 2005, p. 349)

แต่ละองค์ประกอบของโมเดลทริปเพิลโคดมีรายละเอียดดังนี้

1. การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก (Visual Arabic Number Form) หรือรูปแบบการแทนตัวเลขด้วยภาพ (Visual Number Form) คือรูปแบบของการแทนภาพด้วยตัวเลขอารบิก เป็นการรับรู้รูปแบบการแทนด้วยภาพว่าเป็นตัวเลขอารบิก ซึ่งมีการทำงานอยู่สองข้างของเปลือกสมองที่ออกซิพิทอลเทมพารอล (Occipito-temporal) ตำแหน่งบรอดแมนแอเรียที่ 19/37 อย่างไรก็ตามรูปแบบการแทนด้วยภาพที่เป็นตัวเลขอารบิกทั้งด้านซ้ายและด้านขวาไม่ได้เชื่อมต่ออย่างสมมาตร การแทนที่ตัวเลขอื่น ๆ ซึ่งถ้าเกิดความบกพร่องที่ตำแหน่งเปลือกสมองตำแหน่งออกซิพิทอลเทมพารอลการแทนด้วยภาพที่เป็นตัวเลขอารบิกอยู่ในด้านที่เก็บรักษาไว้ยังคงสามารถรับรู้ตัวเลขอารบิกได้ ทั้งนี้ก็ขึ้นกับขนาดของความเสียหายที่เกิดขึ้น รูปแบบการแทนด้วยภาพที่เป็นตัวเลขอารบิกอยู่ในด้านที่เก็บรักษาไว้ยังคงสามารถรับรู้ตัวเลขอารบิกได้ทางด้านซ้าย ซึ่งเป็นด้านเดียวกับรูปแบบการแทนตัวเลขด้วยภาพเชื่อมต่อโดยตรงกับการแทนที่ตัวเลขด้วยภาษาและความหมายตาม ดังภาพที่ 15 ดังนั้นการใช้ชื่อเรียก (Overt Naming) และการดำเนินการคำนวณด้านเลขคณิต (Arithmetical Operations) ที่ใช้ตัวเลขฮินดูอารบิก (Arabic Numbers) จะทำงานที่สมองซีกซ้ายเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ถ้าผู้ป่วยที่สามารถเรียกชื่อและดำเนินการด้านคำนวณเลขคณิตเกี่ยวกับตัวเลขอย่างเดียวจะมีความปกติสมองซีกซ้าย แต่ในส่วนสมองซีกขวา ซึ่งจะเกี่ยวข้องบการเชื่อมโยงรูปแบบการแทนด้วยภาพที่เป็นตัวเลขอารบิก จะถูกจำกัดในด้านการแทนที่ด้านความหมาย ดังนั้นผู้ป่วยที่มีรอยโรคที่สมองด้านขวาตรงตำแหน่งออกซิพิทอลเทมพารอล จึงไม่สามารถอ่านและเปรียบเทียบขนาดของตัวเลขอารบิกได้ ดังภาพที่ 15 ซึ่งผู้ป่วยที่มีรอยโรคที่สมองซีกซ้ายไม่สามารถทำงานได้ แต่ก็ยังสามารถอ่านตัวเลขฮินดูอารบิกได้อย่างถูกต้องและยังสามารถเปรียบเทียบขนาดของตัวเลขได้ (Dehaene & Cohen, 1995, pp. 83 - 120) การเข้าถึงรูปแบบการแทนตัวเลขด้วยภาพเป็นการแทนที่ปริมาณโดยอัตโนมัติ เป็นงานที่แทนชื่อของตัวเลขฮินดูอารบิกที่เป็นตัวแทนที่แสดงถึงปริมาณ ความเร็วและความถูกต้องของการเรียกชื่อ

2. การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา (Number Word Form) เป็นการแทนตัวเลขด้วยภาษา (Verbal Number Representations) มีความซับซ้อนมากและมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Representation) มากกว่ารูปแบบการแทนตัวเลขด้วยภาพ และการแทนตัวเลขด้วยภาษาดังภาพที่ 15 การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษามีตำแหน่งการทำงานบนสมองซีกซ้ายส่วนซีรีบรัลฮีมิสเฟีย (Cerebral Hemisphere) ซึ่งเกี่ยวข้องมากที่สุดกับการเป็นตัวแทนของภาษา (Language Representation) ดังภาพที่ 16 การแทนตัวเลขด้วยภาษามีการทำงานที่เป็นเครือข่ายกว้างขวางที่เปลือกของสมอง (Cortical Regions) ที่เป็นพื้นที่เกี่ยวกับภาษาซีกซ้ายของเทมพารอล (Temporal Language Areas) ส่วนย่อยของเปลือกสมองรวมถึง Basal Ganglia และThalamic Nuclei ซึ่งการแทนตัวเลขด้วยภาษาคือการทำงานที่เปลี่ยนคำที่เป็นตัวเลขให้เป็นชื่อเรียกที่เขียนตามคำบอกยกตัวอย่างเช่นการคูณตัวเลข (Multiplication Fact Retrieval) ใช้ความสัมพันธ์การแทน

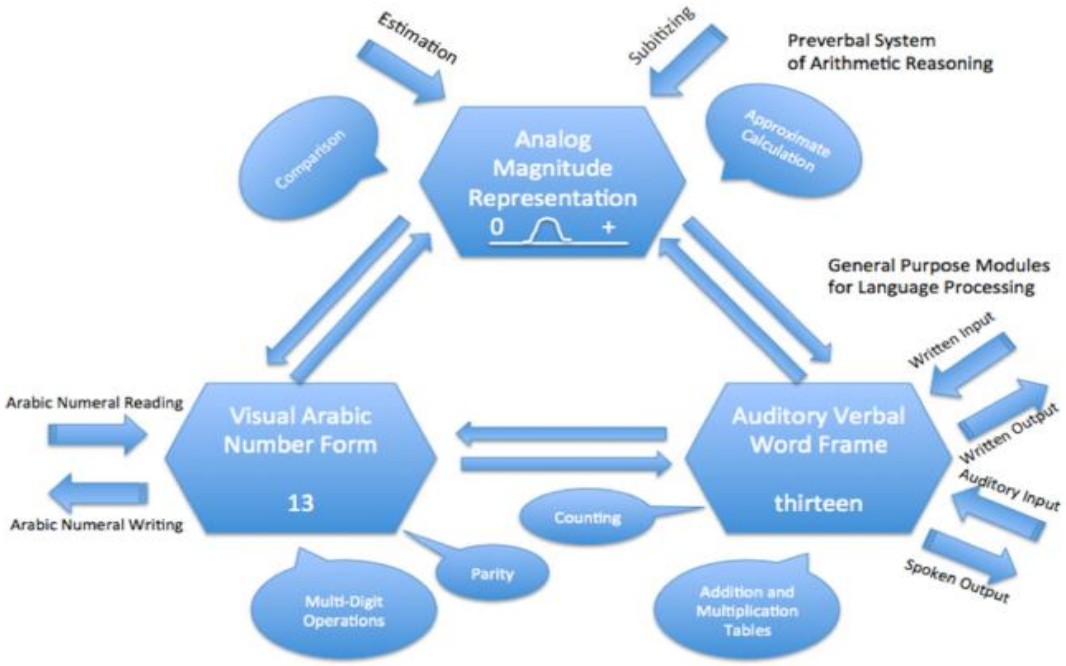
ตัวเลขด้วยภาษาด้วยตารางสูตรคูณ แล้วท่องออกมาเป็นเพลงหรือกลอน รอยโรคที่ตำแหน่ง Basal Ganglia, Thalamic Nuclei and Perisylvian Cortical Language Areas จะเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ตัวหนังสือที่เป็นภาษาและเกี่ยวข้องกับความผิดปกติในการตอบกลับของการท่องสูตรคูณ (Dehaene & Cohen, 1995, 1997) งานวิจัยล่าสุดของทริปเพิลโคดโมเดล Dehaene and colleagues (2003) ทางด้านซ้ายของแองกูลา ไจรัส (Left Angular Gyrus) เกี่ยวข้องกับเครือข่ายการแทนตัวเลขด้วยภาษาและการทำงานการดึงข้อมูลของเลขคณิตโดยเฉพาะการคูณตัวเลขในทางตรงกันข้ามการแทนตัวเลขด้วยภาพ และการแทนตัวเลขด้วยภาษาไม่ได้เป็นการกระทำที่เป็นอัตโนมัติเหมือนการแทนตัวเลขด้วยความหมาย ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 Cognitive and Neuroanatomical Representations of the Triple - code Model

3. การแทนตัวเลขด้วยปริมาณ (Magnitude Representation) การเปรียบเทียบปริมาณและการคำนวณโดยประมาณ ซึ่งเชื่อกันว่าส่วนใหญ่ต้องพึ่ง Analogue Magnitude Code โดยเป็นจุดเริ่มต้นของทริปเพิลโคดโมเดลเป็นแนวคิดในรูปแบบของการทำงานของระบบประสาท โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ในการคาดการณ์เกี่ยวกับการทำงานในสมองของมนุษย์ ที่ได้รับการแปลเป็นภาษา ในขณะที่ความสัมพันธ์ของระบบประสาทกายวิภาคของการแทนค่าด้วยจำนวน (Analogue Magnitude Representation) ยังมีความคลุมเครือ การประมวลผลของข้อมูลเชิงปริมาณ จะใช้อินทาพาเรียทอลเซอคัส ด้านแนวนอนในการประมวลผลซึ่งเป็นตัวแทนของขนาด การเป็นตัวแทนของขนาดเป็นการนำเสนอโดยใช้เส้นจำนวนจากซ้ายไปขวา มุ่งเน้นการคิดเส้นจำนวนในใจ เมื่อมีการประมวลผลข้อมูลจะคิดถึงความสอดคล้องของเส้นจำนวนที่คิดในใจ เปรียบเสมือน การทำงานด้านตัวเลขที่เป็นพื้นฐานการเปรียบเทียบของขนาดเส้นจำนวนที่เป็นตัวเลขในใจซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่

จำเป็น กระบวนการการคิดในใจถูกเรียกจากการแทนที่ในใจด้วยขนาดของจำนวนที่ถูกส่งมาจากสมอง ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 Dehaene's Triple Code Model (Dehaene, 1992, p. 31)

การแทนตัวเลขด้วยภาพและแทนตัวเลขด้วยภาษาถือว่าเป็นตัวแทนของส่วนประกอบเพราะทั้งสองส่วนไม่มีความหมาย (Non-semantic) และมีความสัมพันธ์กับรูปแบบของกระบวนการนำตัวเลขเข้าและออก (Numerical Input and Output Processes) ในทางตรงกันข้ามการแทนตัวเลขด้วยปริมาณเป็นการแทนตัวเลขที่เป็นนามธรรมอยู่ข้างใน (Internal and Abstract Number Representation) เป็นการนำความคิดใช้กับการคิดเส้นจำนวนในใจ (Mental Number Line) ทั้งสามองค์ประกอบเป็นตัวแทนตัวเลขที่มีการเชื่อมโยงการทำงานร่วมกันและยังสามารถแปลข้อมูลจากองค์ประกอบหนึ่งไปสู่องค์ประกอบอื่น ๆ ได้ เช่นจากการแทนตัวเลขด้วยภาพแปลเป็นการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ และแปลจากการแทนด้วยปริมาณเป็นการแทนตัวเลขด้วยภาษาการแทนที่จำนวนด้วยปริมาณไม่ใช้การดำเนินการด้านตัวเลขทั้งหมด แต่อาจเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างการแทนที่จำนวนด้วยภาพและการแทนที่จำนวนด้วยภาษา

การแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขอารบิก และการแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาแต่ละตัวเลขมีความสัมพันธ์กับงาน (Task) ที่คิดไว้กับรูปแบบจำนวนที่มีความจำเพาะ (Specific Numerical Format) ตัวอย่างเช่น การคิดเลขคณิต 3×4 คือค่าใด ต้องใช้รหัสอักษร (Verbal Code) ขณะที่การแทนตัวเลขด้วยปริมาณ ซึ่งเป็นการประมาณค่าต้องมีการเปรียบเทียบ

จำนวน เช่น จำนวนใดมีค่ามากกว่ากัน 67 หรือ 72 มีการอธิบายถึงรายละเอียด Triple Code Model ในระหว่างการคิดในใจ (Mental Manipulation) การคำนวณเลขหลายหลัก (Multi-digit Calculations) เช่น 34 + 53 คำตอบที่ได้จะเกี่ยวกับการคิดในใจที่เกิดจากการมองเห็นภาพ (Visual Arabic Notation) การบวกเลขสองหลัก (Two Addition of Two – digit Number) เช่น 34 + 53 เช่น 34 + 53 เกี่ยวข้องกับความเชื่อมโยงของเลขคณิตพื้นฐาน (Elementary Arithmetic) ที่ต้องใช้อัลกอรึทึมเฉพาะ (Specific Algorithm) ที่เป็นกระบวนการหาคำตอบ เช่น การบวกหลักหน่วย (Units) และหลักสิบ (Tens) ซึ่งผู้ใหญ่ส่วนใหญ่ได้เรียนรู้ที่โรงเรียนโดยวิธีการแทนที่จำนวน หรืออีกนัยหนึ่งคือการทดตัวเลข (Placing the Numbers Under Each Other) จำนวนที่ปรากฏในกระบวนการดังกล่าวถูกแทนที่ส่วนระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ในรูปแบบการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขอารบิก (A Visual - Arabic Number Form) เช่น การคิดเลขคณิต (Arithmetical Facts) ของหลักหน่วยและหลักสิบจะถูกเรียกคืน (Retrieve) เช่น 4 +3 และ 3 + 5 เนื่องจากว่าค่าตัวเลขที่เป็นไปได้ (Suppose) จะถูกเก็บในรูปแบบรหัสภาษา (Verbal Code) แปลจากการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขอารบิก ไปยังรหัสภาษา เมื่อเลขคณิตถูกเรียกคืนคำตอบที่ถูกต้องจะถูกแปลกลับ (Translated Back) จากรหัสภาษาไปยัง การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขอารบิก ดังนั้นการเรียกคืนจำนวนการใช้สัญลักษณ์ตัวเลขอารบิกจะสามารถแทนที่ส่วนระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ผลลัพธ์ของจำนวนจะถูกแปลงกลับไปยังรหัสภาษา นั่นคือคำตอบ (Deschuyteneer et al., 2005, p. 75)

3. งานวิจัยที่เกี่ยวกับโมเดลทริปเพิลโคดและการคิดเลข

Schmithorst and Brown (2004) ศึกษาข้อมูลเชิงประจักษ์ของกระบวนการทางตัวเลขโดยใช้โมเดลทริปเพิลโคดในการบวกและลบเลขในใจ โดยการคำนวณจาก คำศัพท์ที่ได้ยินภาพตัวเลขอาราบิค และสัญลักษณ์ จากการสังเกตการคิดคำนวณบวกและลบเศษส่วนในใจ แล้วทำการสแกนด้วย Functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI กับผู้ใหญ่ในวิทยาลัยการศึกษาจำนวน 15 คน แบ่งเป็นผู้หญิง 4 คน และผู้ชาย 11 คน มีอายุเฉลี่ย 37.8 ปี และใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ (Independent Component Analysis: ICA) พบว่าองค์ประกอบของโมเดลทริปเพิลโคดในแต่ละด้านส่งผลต่อการทำงานของสมองตรงตำแหน่ง Inferior Parietal, Left Perisylvian และ Ventral Occipito –Tempora ผลการศึกษาสนับสนุนว่าโมเดลทริปเพิลโคดมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์งานวิจัยที่เป็นพื้นฐานของประสาทจิตวิทยา (Neuropsychological Bases) ด้านการคำนวณคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน

Gunderson, Ramirez, Beilock, and Levine (2012) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะเชิงพื้นที่ (spatial skills) กับ ความรู้เรื่องจำนวนเบื้องต้น (Early Number Knowledge) ที่ช่วยส่งเสริมทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนประถมต้นกับเด็กอายุระหว่าง 5 ถึง 8 ขวบโดยเด็กจะเริ่มต้นการคิดเลขในใจ ความสามารถของเด็กเริ่มต้นแสดงจากตัวเลขบนเส้นจำนวนเป็นทักษะที่สำคัญที่เกี่ยวข้องทักษะอื่น ๆ เช่นการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ใช้การประเมินผล

ที่มีเนื้อหาเชิงพื้นที่ที่ชัดเจนเช่นรูปทรงเรขาคณิตทักษะเชิงพื้นที่เป็นสิ่งสำคัญที่มีบทบาทในทางคณิตศาสตร์ความแตกต่างในแต่ละทักษะเชิงพื้นที่ในช่วงต้นมีอิทธิพลต่อวิธีการคำนวณตัวเลขในใจได้อย่างรวดเร็วในทางกลับกันจะช่วยให้เด็กประสบความสำเร็จในคำนวณตัวเลขที่ไม่จำเป็นต้องมีการแสดงวิธีการคำนวณ เด็กที่มีทักษะเชิงพื้นที่สามารถคำนวณเลขในใจได้อย่างแม่นยำ ประการที่สอง เด็กมีทักษะเชิงพื้นที่สามารถคำนวณตัวเลขที่ไม่ใช่ทักษะเชิงพื้นที่ ได้ดีโดยการใช้เส้นจำนวน ความสัมพันธ์ช่วยอธิบายวิธีการและเหตุผลทักษะเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์สำหรับเด็กที่ประสบความสำเร็จในวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า เด็กอายุ 5 ขวบ สามารถคิดเลขในใจได้ สามารถคาดเดาตัวเลขเชิงเส้น (Linear Number Line) ได้ตอนอายุ 6 ขวบ และคำนวณเลขคณิตด้วยสัญลักษณ์ (Symbolic Arithmetic) ที่เป็นตัวเลขอารบิก (Arabic Digits) ได้ตอนอายุ 8 ขวบ

Geary, Hoard, Nugent and Bailey (2013) ได้ศึกษากับเด็กอายุระหว่าง 4 ถึง 6 ขวบ พบว่าเด็กแก้ปัญหาที่ไม่ใช้สัญลักษณ์ (Nonsymbolic Problems) ได้ดีกว่าการแก้ปัญหาที่เป็นภาษา (Verbal Problems) ในทุกกลุ่มอายุ เด็กอายุ 4 ขวบ จะแก้ปัญหาที่ไม่ใช้สัญลักษณ์ได้ดี จนกระทั่งอายุ 5.5 ถึง 6.5 ปี จึงจะแก้ปัญหาที่เป็นภาษาได้ดี แสดงให้เห็นว่าเด็กสามารถที่จะคำนวณโดยใช้ร่างกายในการอ้างอิง (Physical Referents) ก่อนที่จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เป็นโจทย์ปัญหาง่าย ๆ นอกจากนี้การศึกษาอื่น ๆ อีกหลายการศึกษา พบว่า เด็กสามารถแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ง่าย (Simple Arithmetic Word Problems) ก่อนที่พวกเขาจะเข้าใจแล้วเขียนเป็นลายลักษณ์อักษร

Klein et al. (2014) ศึกษาการเชื่อมต่อโครงสร้างของโมเดลทริปเพิลโคดในรูปแบบการเข้าใจตัวเลข และการเชื่อมโยงที่แตกต่างกันของการแทนตัวเลขด้วยปริมาณกับข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์วัตถุประสงค์ของการศึกษา คือเพื่อยืนยันการเชื่อมโยงกันของการแทนตัวเลขด้วยปริมาณกับข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ตามโมเดลทริปเพิลโคด โดย 1) พิจารณาพื้นที่ของเยื่อหุ้มสมองที่เกี่ยวข้องกับหน่วยความจำที่ดึงข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ 2) ระบุการมีส่วนร่วมการทำงานของพื้นที่พรีฟอนทรัลในการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ 3) ระบุการเชื่อมต่อระหว่างการแทนตัวเลข ด้วยปริมาณและการดึงข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 29 คน ถนัดมือขวา เป็นอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี เพศหญิง 12 คน ช่วงอายุ 23 - 42 ปี มีอายุเฉลี่ย 28 ปี จากผลการศึกษาพบว่า การเชื่อมโยงกันของการแทนตัวเลขด้วยปริมาณกับข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ ตามโมเดลทริปเพิลโคดมีการคัดเลือกร่วมกัน และมีการทำงานที่สัมพันธ์กัน

สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลทริปเพิลโคดกับการคิดเลขมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิด เนื่องจากกระบวนการทางตัวเลข ไม่ว่าการบวกและลบเลขในใจต้องใช้โมเดลทริปเพิลโคดช่วยในการคำนวณ การคิดหาคำตอบรวมถึงการตอบคำถาม

ตอนที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเลขกับความจำขณะทำงาน

1. ความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเลขกับความจำขณะทำงาน

ความจำขณะทำงานเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียน การประกอบอาชีพและการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ (Alloway, 2006) มีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับการทำงานที่ซับซ้อนของสมอง เช่น การคิดเลขในใจขณะที่ต้องคุยโทรศัพท์ การตัดสินใจเลือกเส้นทางขับรถขณะที่ฟังวิทยุไปด้วย (Hornung, Brunner, Reuter, & Martin, 2011) และยังเกี่ยวข้องกับการศึกษาเล่าเรียนในช่วงวัยเรียน เพราะความจำขณะทำงานเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ในห้องเรียน เช่น การทำความเข้าใจสิ่งที่อ่าน (Reading Comprehension) สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Mathematic Performance) การเรียนรู้เรื่องที่มีความซับซ้อน (Complex Learning) และการใช้เหตุผล (Reasoning) (Alloway, 2006, Hornung, Brunner, Reuter, & Martin, 2011) กิจกรรมง่าย ๆ เกี่ยวกับการรับรู้ด้านมิติสัมพันธ์เปรียบเทียบกับกิจกรรม mental rotation และกิจกรรมการสร้างภาพมิติสัมพันธ์ (Spatial Visualization) คือการการสร้างภาพมิติสัมพันธ์ที่ไม่ใช้เหตุผลโดยการจินตนาการเพื่อแปลงภาพมิติสัมพันธ์ และมีส่วนร่วมในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเลขคณิต (Arithmetic Problem Solving) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะที่ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ต้องใช้เหตุผลและการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเรื่องจำนวนเบื้องต้น และความสัมพันธ์ของจำนวน เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของเด็กต่อไป นอกจากนี้ยังมีรูปแบบการกระจายตัวของตัวเลขโดยการจินตนาการถึงเส้นจำนวน (Mental Number Line) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเข้าใจตัวเลขของเด็กและการพัฒนาการคำนวณจากรูปแบบที่เป็นเหตุผลไปสู่รูปแบบที่เป็นเส้นตรง การศึกษาก่อนหน้านี้ส่วนใหญ่เชื่อมโยงด้านมิติสัมพันธ์กับภาษาที่เป็นทักษะทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นที่เลขคณิตตัวเดียว แต่ก็มีงานวิจัยที่ศึกษาด้านการเขียนกับกิจกรรมทางภาษาที่แทนของตัวเลขในโหมดสัญลักษณ์ ได้แก่ (Fuchs et al., 2006) ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทางปัญญากับการเขียนเลขคณิต พบว่าระบบเก็บจำด้านภาษา (Phonological Loop) เกี่ยวข้องกับทักษะการเขียนเลขคณิต

ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนคิดทางคณิตศาสตร์และการทำงานของหน่วยความจำขณะทำงานความซับซ้อนของโจทย์คณิตศาสตร์เป็นตัวแปรที่สำคัญในการวิจัยเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ความซับซ้อนของโจทย์คณิตศาสตร์มีขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ ก) ขนาดของการดำเนินการ เช่น 1 + 1 กับ 9 + 9 เป็นต้น ข) จำนวนของตัวเลขที่ถูกดำเนินการ เช่น 2 + 3 กับ 25 + 67 เป็นต้น และ ค) การทดเลขขณะดำเนินการ เช่น 23 + 41 กับ 29 + 46 เป็นต้น ในความซับซ้อนของโจทย์คณิตศาสตร์ สามารถเชื่อมโยงกับการทำงานของหน่วยความจำขณะทำงาน ซึ่งพิจารณาจากจำนวนขั้นตอนที่จำเป็นในการแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนน้อยที่สุด ในการเรียกดึงข้อมูลโดยตรงจากหน่วยความจำขณะทำงานถึงแม้จะมีจำนวนของตัวเลขที่มาก เช่น 100 + 100 หรือ ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขมากขึ้น เช่น 23 + 4 กับ 23 + 14 เป็นต้น ซึ่งตรงข้ามกับการแก้ปัญหาเลขคณิตหลักโดด โดยจะแก้ไขโจทย์ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

เนื่องจากเกี่ยวข้องกับตัวดำเนินการที่มีขนาดเล็กทั้งตัวโจทย์และคำตอบ เช่น 2 × 3, 5 + 2, 16 ÷ 2, 6 - 3 เป็นต้น นอกจากนี้ การคำนวณเลขคณิตแบบการไม่ดึงข้อมูล (Non - retrieval) ตัวอย่าง การแก้โจทย์ 9 + 3 โดยการนับเพิ่มขึ้น เป็น 10, 11, 12 ทำงานของความจำขณะทำงานจะเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์กับจำนวนขั้นตอนที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา (Campbell, 2005, pp. 365 - 368)

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเลขและความจำขณะทำงาน

Furst and Hitch (2000) ศึกษาพบว่า องค์ประกอบการดำเนินการการคิดเลขในใจที่มีการทดตัวเลขต้องใช้ระบบบริหารกลางเพื่อเก็บข้อมูลไว้ในระบบเก็บจำด้านภาษาทั้งสองระบบของความจำขณะทำงานเกี่ยวข้องกับชนิดของรหัสตัวเลข (Kinds of Numerical Codes) ระบบเก็บจำด้านภาษาและระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์มีส่วนในการอ่านและการท่องจำตัวเลขเวลาคิดเลขในใจ รวมถึง ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ มีอิทธิพลต่อการลบเลข จากการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบแต่ส่วนของความจำขณะทำงานส่งผลต่อการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน

Campbell and Xue (2001) ได้ศึกษากระบวนการทางสมองด้านเลขคณิตข้ามวัฒนธรรมกับนักศึกษาในมหาวิทยาลัยประเทศแคนาดาประกอบด้วยนักศึกษาจีน (CC) หรือนักศึกษาที่ไม่ใช่คนเอเชีย (NAC) และนักศึกษาในมหาวิทยาลัยประเทศจีนที่ศึกษาในเอเชีย (AC) โดยใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 4 แบบ (บวกลบคูณและหาร) มาทดสอบ เช่น 3 + 4, 7 - 3, 3 × 4, และ 12 ÷ 3 เป็นต้น โดยโจทย์เลขคณิตเกิดจากตัวเลข 0 ถึง 9 (เช่น 0 + 0 ถึง 9 + 9) มีการจับคู่ที่เป็นไปได้ทั้งหมด 55 คู่จากตัวเลข 0 ถึง 9 ส่วนคู่ที่สลับที่กัน (เช่น 5 + 8 และ 8 + 5) จะถูกนับเป็นหนึ่งในโจทย์เลขคณิตที่สร้างขึ้น ชุดของโจทย์เลขทั้ง 55 ชุดรวมถึงโจทย์ที่ไม่สัมพันธ์กัน (Nontie) จำนวน 45 ข้อ (เช่น 4 + 7 และ 9 + 6) และ 10 ข้อเป็นโจทย์ที่สัมพันธ์กัน (Tie) (เช่น 0 + 0 และ 9 + 9) โจทย์การลบที่ไม่สัมพันธ์กันจำนวน 45 ข้อ (เช่น 15 - 7 และ 9 - 4) และ 10 ข้อเป็นโจทย์ที่สัมพันธ์กัน (Tie) (เช่น 2 - 1 และ 16 - 8) ในทำนองเดียวกันโจทย์การคูณก็เป็นโจทย์ที่ไม่สัมพันธ์กันจำนวน 45 ข้อ (เช่น 5 × 6 และ 9 × 4) และ 10 ข้อเป็นโจทย์ที่สัมพันธ์กัน (Tie) (เช่น 2 × 2 และ 8 × 8) และโจทย์การหารที่ไม่สัมพันธ์กันจำนวน 41 ข้อ (เช่น 12 ÷ 3 และ 72 ÷ 8) และ 9 ข้อเป็นโจทย์ที่สัมพันธ์กัน (Tie) (เช่น 16 ÷ 4 และ 49 ÷ 7) รวมจำนวนโจทย์เลขคณิต 429 ข้อ โจทย์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด นำเสนอในรูปตัวเลขอารบิก ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้รับสองชุดของสี่กลุ่มการทดลองทางคณิตศาสตร์ แต่ละชุดรวมหนึ่งบล็อกสำหรับแต่ละสี่การดำเนินงาน แต่ละบล็อกรวมทุกโจทย์ที่เกิดขึ้นเสมอและเป็นหนึ่งในคำสั่งของทุกโจทย์ไม่สัมพันธ์กันในการดำเนินงานที่กำหนด ประมาณครึ่งหนึ่งของโจทย์ไม่สัมพันธ์กันถูกสุ่มเลือกที่จะทดสอบในหนึ่งคำสั่งในชุดแรกของบล็อก (เช่น 4 + 8, 9 × 4, 16 - 7, 56 ÷ 8) และลำดับที่กลับได้รับการทดสอบในชุดที่สอง (เช่น 8 + 4, 4 × 9, 16 - 9, 56 ÷ 7) ดังนั้นคำสั่งของโจทย์ไม่สัมพันธ์กันแต่ละครั้งได้รับการทดสอบในการทดลอง คำสั่งของโจทย์ที่เกิดขึ้นในแต่ละบล็อกเป็นแบบสุ่มเป็นอิสระสำหรับผู้เข้าร่วมแต่ละกลุ่มพบว่าสำหรับโจทย์เลขคณิตที่ซับซ้อน

นักศึกษาในมหาวิทยาลัยประเทศจีนที่ศึกษาในเอเชีย (AC) แก้ปัญหาโจทย์คณิตดังกล่าวได้ดีกว่านักศึกษาในมหาวิทยาลัยประเทศแคนาดาประกอบด้วยนักศึกษาจีน (CC) และนักศึกษาที่ไม่ใช่คนเอเชีย (NAC) สำหรับโจทย์เลขคณิตอย่างง่ายนักศึกษาในมหาวิทยาลัยประเทศจีนที่ศึกษาในเอเชียและนักศึกษาในมหาวิทยาลัยประเทศแคนาดาประกอบด้วยนักศึกษาจีนทำได้ดีกว่านักศึกษาที่ไม่ใช่คนเอเชียการศึกษานี้เป็นการยืนยันถึงความสำคัญของวิธีการดำเนินการทางคณิตศาสตร์พื้นฐานทั้ง 4 แบบ ที่กลยุทธ์การคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต่างกัน จะทำให้ได้ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ต่างกันด้วย

Swanson et al. (2001) ได้ศึกษาการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และความจำขณะทำงานในเด็กที่มีปัญหาด้านการเรียนรู้ ทั้งการประมวลผลของสมองขั้นสูงและระบบเก็บจำด้านภาษา พบว่าเด็กที่มีปัญหาด้านการเรียนรู้มีความด้อยในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนองค์ประกอบของลำดับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับลำดับขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ต้องมีการดึงข้อมูลจากความจำปฏิบัติการ ส่งผลทำให้เกิดการประมวลผลของสมองขั้นสูงในการแก้โจทย์ปัญหาให้ถูกต้อง

Lee and Kang (2002) ศึกษาความสัมพันธ์ของการดำเนินการด้านเลขคณิตกับความจำขณะทำงาน พบความสัมพันธ์ของการดำเนินการด้านเลขคณิตกับความจำขณะทำงานว่า การคูณสัมพันธ์กับระบบเก็บจำด้านภาษาและการลบสัมพันธ์กับระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์

Canobi (2004) ได้ศึกษาความแตกต่างของเด็กที่ใช้ความรู้ในการบวกและลบเลข โดยสำรวจรูปแบบความสัมพันธ์ที่เกี่ยวกับความคิด ความรู้และคะแนน ความเป็นไปได้ของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับกลุ่มอายุ ความแตกต่างในการทำความเข้าใจแนวความคิดของเด็กและวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบวกและการลบ พัฒนาการบวกและการลบ กับเด็กอายุ 6 – 7 ขวบ จำนวน 90 คน พบว่าความรู้และกระบวนการทางความคิดเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการทำความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของเด็ก ๆ ความรู้ได้รับการประเมินโดยการตรวจสอบการตอบสนองของเด็กจากโจทย์ที่มาเป็นคู่ สะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างของความสัมพันธ์ที่เด็กต้องแก้ปัญหา เกี่ยวข้องกับงานการแก้ปัญหาที่ต้องตัดสินใจ

Lefevre et al. (2004) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นกับเลขคณิตอย่างง่าย: วิธีเข้าถึงเรื่องราวพื้นฐาน โดยใช้โจทย์ในการคำนวณเช่น 3 × 4 หรือ 16 - 8 เป็นต้น เป็นศูนย์กลางในการทำความเข้าใจกระบวนการรับรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ และใช้โจทย์เลขคณิตในด้านการบวก 64 ข้อ การคูณ 64 ข้อ เริ่มจาก 2 + 2 ถึง 9 + 9 และ 2 × 2 ถึง 9 × 9) มี 4 รูปแบบที่แตกต่างกันอย่างละ 5 ชุด โดยใช้ตัวเลขอารบิกกับคำศัพท์ภาษาอังกฤษ ตัวเลขหรือคำศัพท์อย่างเดียว เช่น 4 × 8 และ FOUR × EIGHT เป็นต้นทั้งตัวเลขและคำศัพท์รวมกันเช่น 4 × EIGHT และ FOUR × 8 พบผลการทดลองที่ชัดเจนคือ การคำนวณโจทย์เลขคณิตที่ตัวเลขมีค่าน้อยในเด็กและผู้ใหญ่ (เช่น 2 + 3, 4 × 2, 7 - 3 และ 15 ÷ 3 เป็นต้น) จะคำนวณอย่างรวดเร็วและแม่นยำกว่าการคำนวณโจทย์เลขคณิตที่ตัวเลขมีค่ามาก (เช่น 9 + 8, 6 × 7, 15 - 9, 72 ÷ 8 เป็นต้น) ในทำนองเดียวกันนักวิจัยได้

รายงานผลความสัมพันธ์ของปัญหาที่เกิดจากการบวกและการคูณของโจทย์ที่มีตัวถูกดำเนินการซ้ำกัน (เช่น 3 + 3 และ 9 × 9 เป็นต้น) ความสัมพันธ์ของการลบและการหารที่ถูกกำหนดจากความสัมพันธ์ของโจทย์การบวกและการคูณ (เช่น 6 – 3 และ 81 ÷ 9 เป็นต้น) โจทย์ที่มีความสัมพันธ์กัน (Tie) เช่น9 + 9 และ 16 - 8 จะแก้ไขได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องกว่าโจทย์ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน (Nontie) เช่น 9 + 8 หรือ 16 - 7 เป็นต้น

Swanson et al. (2004) ได้ศึกษาความจำขณะทำงานและระบบเก็บจำด้านภาษา โดยเป็นตัวทำนายการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ในเด็กที่มีอายุแตกต่างกันพบว่าความแตกต่างของช่วงอายุมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของความจำขณะทำงานที่ถูกเก็บในกลไกการประมวลผลของเสียง เช่นความเร็วในการเรียกชื่อ ในความจำระยะสั้นกลไกการประมวลผลของเสียงของความจำขณะทำงานช่วยในการแก้ปัญหาคำอิสระ การอ่านและทักษะทางคณิตศาสตร์

Fuchs et al. (2006) พบความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทางปัญญากับการเขียนเลขคณิต (Written Arithmetic) ในส่วนความจำขณะทำงานองค์ประกอบระบบเก็บจำด้านภาษามีส่วนเกี่ยวข้องกับทักษะการเขียนเลขคณิต

Zhou et al. (2006) ได้การศึกษาศักย์ไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะบวก ลบและคูณเลขหลักเดียว โดยเปรียบเทียบศักย์ไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะคำนวณโจทย์เลขคณิตหลักเดียวในทักษะการบวก ลบ และคูณ กลุ่มทดลองเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีภาษาจีน 18 คน ที่ถูกตั้งถามก่อนเพื่อแก้โจทย์ทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอเป็นเวลา 200 มิลลิวินาทีและหลังจากผ่านไป 1.5 วินาที ให้ตัดสินว่าวิธีการแก้ปัญหาที่นำเสนอถูกต้องหรือไม่ ผลการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบการบวก การลบ และการคูณ พบคลื่นไฟฟ้าสมองที่ตำแหน่ง N300 สูงขั้วไฟฟ้าด้านหน้าประมาณ 320 มิลลิวินาที (ช่วงระหว่าง 275 ถึง 334 มิลลิวินาทีหลังจากที่เริ่มมีคำถามโจทย์ทางคณิตศาสตร์) หากต้องการควบคุมผลแทรกซ้อนที่รบกวนความยากของโจทย์และขนาดของวิธีทำ เปรียบเทียบโจทย์การบวกเรียกว่า "Large" (ผลบวกระหว่าง 11 ถึง 17) และ โจทย์การคูณเรียกว่า "Small" (ผลคูณระหว่าง 6 ถึง 24) ผลที่ได้คล้ายกัน (มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการบวกและการคูณในตำแหน่ง N300 ระหว่าง 296 ถึง 444 มิลลิวินาที) ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นพื้นที่สมอง ซึ่งทำให้ topographies ของรูปคลื่นแตกต่าง ("การคูณ - การบวก", "การคูณ - การลบ" และ " 'Small' การคูณ - 'Large' การบวก") ผลการศึกษาเหล่านี้ถูกตีความในแง่ของความเชื่อมั่นในการประมวลผลเสียงสำหรับการเรียกคืนข้อเท็จจริงจากการคูณกว่าการเรียกคืนข้อเท็จจริงจากการบวกและการลบ

Lee, Lu, and Ko (2007) ได้ศึกษาผลของการฝึกความจำขณะทำงานโดยแบ่งการทดลองเป็น 2การทดลอง การทดลองแรก กลุ่มที่ 1 ฝึกใช้ลูกคิดคิดเลขในใจ ใช้เวลาฝึก 1 ชั่วโมง 30 นาที สัปดาห์ละ 2 ครั้ง และ และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม มีอายุเฉลี่ย 12 ปี 6 เดือน ผลการทดลองพบว่า เด็กที่ฝึกการใช้ลูกคิดมีความสามารถในการเก็บข้อมูลด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนการทดลองที่สอง กลุ่มที่ 1เป็นเด็กฝึกด้วยดนตรี เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม มีอายุเฉลี่ย

12 ปีกลุ่มที่ 2 เป็นผู้ใหญ่ฝึกด้วยดนตรี เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม มีอายุเฉลี่ย 22 ปีผลที่ได้ทั้งเด็กและผู้ใหญ่มีความสามารถในการเก็บข้อมูลด้านเสียงดีกว่ากลุ่มควบคุม

Barrouillet (2008) ได้ศึกษากลวิธีในการแก้ปัญหาการลบในนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยให้คำนวณโจทย์การลบ 81 ข้อ ใช้การลบที่ผกผันจากการบวกเลขหลักเดียวจากเลข 1 - 9 เป็นแบบทดสอบ พบว่ารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของความจำขณะทำงานประเมินจากคำตอบและเวลาของการตอบคำถาม โดยนักเรียนที่มีความจุของความจำขณะทำงานสูงจะดึงข้อมูลมาใช้คำนวณมากกว่าและทำงานได้เร็วกว่านักเรียนที่มีความจุของความจำขณะทำงานน้อย ความจุของความจำขณะทำงานมีผลกระทบต่อเวลาการตอบสนอง ส่วนการเลือกคำตอบและเวลาในการตอบคำถามเหมือนกันทั้งการบวกและลบ

Alamolhodaei et al. (2009) ได้ศึกษาโมเดลความจำขณะทำงานประยุกต์ใช้กับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์กับนักเรียนอายุ 13 – 14 ปี จำนวน 161 คน ผลการศึกษาปรากฏว่าความกระตือรือร้นของนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มีผลกับความจำขณะทำงานของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สามารถ นำไปปรับแก้ปัญหาด้านทักษะและการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

Farber and Sinitsyn (2009) ได้ศึกษาการทำหน้าที่ขององค์ประกอบของความจำขณะทำงาน ในเด็กอายุ 7 ถึง 8 ขวบ ด้วยการวิเคราะห์สัญญาณต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการทำงานของความจำขณะทำงานกับกิจกรรมที่ใช้กระตุ้น 2 กิจกรรมได้แก่ Short-term Traces of Visuo-spatial และตัวอักษร เปรียบเทียบที่เวลา 1500 มิลลิวินาที เพื่อดูความแตกต่างของระดับ (Degree) และหมวด (Mode) เพื่อเชื่อมโยงกับพื้นที่การทำงานของสมอง และความกว้างกับความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง พบว่า กิจกรรมมิติสัมพันธ์ (Visuo-spatial) มีคลื่นที่สูงขึ้นที่ตำแหน่ง N200 และตำแหน่งขั้ววัดสัญญาณที่ O_1, O_2, T_5, T_6, P_3 และ P_4 ส่วนกิจกรรมที่เป็นตัวอักษรคลื่นไฟฟ้าสมองจะเพิ่มขึ้นที่ตำแหน่ง N200

Smedt et al. (2009) ศึกษาความจำขณะทำงานกับความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ เป็นการศึกษาระยะยาวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่1 จนเลื่อนชั้นเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่2เครื่องมือวัดความจำขณะทำงานที่ใช้ ประกอบด้วยการประมวลผลเกี่ยวกับเสียงระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และการประมวลผลของสมองขั้นสูงเริ่มวัดผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ ที่นักเรียนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่1 ที่เรียนมา 4 เดือน (กลางภาคการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 1 เดือน หลังจากที่วัด (เริ่มเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2) ผลการทดลองพบว่าความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ในเด็กทั้ง 2 ระดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความจำขณะทำงานเป็นตัวทำนายที่ชัดเจนในเรื่องผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์

Imbo and Lefevre (2010) ได้ศึกษาบทบาทของความจำขณะทำงานที่เกี่ยวกับเสียงและภาพในขณะคำนวณโจทย์เลขคณิตที่ซับซ้อนในนักศึกษาจีนและนักศึกษาแคนาดา จำนวน 65 คน

เป็นนักศึกษาจีน 36 คน นักศึกษาแคนาดา 29 คน โจทย์เลขคณิตในทักษะการลบจำนวน 20 ข้อ มี 6 เงื่อนไขในการทดลองคือ 2 (Presentation Format: Horizontal, Vertical) × 3 (Working Memory Load: No Load, Phonological, Visual) ผลการทดลองพบว่านักศึกษาทั้งสองกลุ่มที่มีความแตกต่างกันทางด้านวัฒนธรรม มีบทบาทการทำงานของความจำขณะทำงานในเรื่องเสียงและภาพในขณะคำนวณโจทย์เลขคณิตที่ซับซ้อนที่แตกต่างกัน

Imbo and Lefevre (2010) ได้ศึกษาบทบาทของความจำขณะทำงานที่เกี่ยวกับเสียงและภาพในขณะคำนวณโจทย์เลขคณิตที่ซับซ้อนในนักศึกษาจีนและนักศึกษาแคนาดา พบว่าการทดลองทั้งสองมีการทดสอบที่แตกต่างกันทางด้านวัฒนธรรมในบทบาทการทำงานของความจำขณะทำงานในเรื่องเสียงและภาพในขณะคำนวณโจทย์เลขคณิตที่ซับซ้อน นักศึกษาแคนาดาและนักศึกษาจีนต้องคำนวณโจทย์เลขคณิตการลบที่ซับซ้อน (เช่น 85 - 27) และโจทย์เลขคณิตการคูณที่ซับซ้อน (เช่น 6 × 13) การคิดดังกล่าวเกิดจากกระบวนของความจำขณะทำงานในเรื่องเสียงและภาพนักศึกษาทั้งสองกลุ่มต้องใช้ความจำขณะทำงานในเรื่องเสียงและภาพช่วยในการคำนวณโจทย์เลขคณิตการลบและการคูณที่ซับซ้อน

Meyer et al. (2010) ได้ศึกษาความแตกต่างด้านองค์ประกอบของความจำขณะทำงานต่อผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 และ 3 โดยใช้แบบทดสอบความจำขณะทำงานที่มีมาตรฐานและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการทดลองกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 48 คน นักเรียนเกรด 3 จำนวน 50 คน โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ใช้การประมวลผลของสมองขั้นสูงและการประมวลผลเกี่ยวกับเสียงเป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ด้านการให้เหตุผลด้านคณิตศาสตร์ ส่วนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์เป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ด้านการให้เหตุผลด้านคณิตศาสตร์และการประมวลผลทางตัวเลข ซึ่งพบว่าองค์ประกอบทั้ง 3 ของความจำขณะทำงาน สามารถพัฒนาทักษะด้านคณิตศาสตร์ในเด็กที่เข้าใจอะไรยากได้ นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความจำขณะทำงานกับการประมวลผลทางตัวเลข ยังส่งเสริมความสามารถด้านการคำนวณ การดึงข้อมูล การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา

Smedt et al. (2011) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่าทักษะทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการสอนอย่างเป็นทางการในโรงเรียน เช่น เลขคณิต ใช้ภาพถ่ายรังสีแม่เหล็ก (fMRI) ในการวิจัยเพื่อสร้างภาพการศึกษาวิธีการทำงานโดยตรวจสอบสมองในระหว่างบวกและลบเลขหลักเดียว ปรับตามขนาดของปัญหาและการดำเนินงานทางคณิตศาสตร์ ในเด็กอายุ 10 - 12 ปี จำนวน 28 คน ที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่าสมองส่วนฮิปแคมปัส (Hippocampus) ถูกใช้งานในระหว่างการแก้ปัญหาเหล่านั้น ที่คาดว่าจะสามารถแก้ไขได้โดยวิธีการเรียกคืนข้อมูล ในช่วงแรกของการการเรียนรู้

ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ และพบว่าเด็กที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงจะพบการความเด่นของสมองทางซีกซ้าย

Zhou (2011) ได้ศึกษาการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การเข้ารหัสที่เจาะจงขณะคำนวณเลขคณิตหลักเดียว การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แบบง่ายมีความเกี่ยวข้อง 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเข้ารหัสปัญหา การเรียกคืนข้อมูลหรือการคำนวณคำตอบและการรายงานคำตอบใช้วิธีการศึกษาศักย์ไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ในการเปรียบเทียบการบวกและการคูณเลขหลักเดียว ความสัมพันธ์ระหว่างการเข้ารหัสและการเรียกคืนข้อมูล รวมทั้งขั้นตอนการคำนวณ ผลการทดลองปรากฏว่า ผลการดำเนินงานช่วงต้นของการเข้ารหัสของตัวถูกดำเนินการก่อนและต่อเนื่องไปยังขั้นตอนการดึงข้อมูล การคำนวณ เปรียบเทียบการบวกและการคูณศักย์ไฟฟ้าสมองที่ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าซ้ายและมีศักย์ไฟฟ้าสมองขนาดใหญ่เชิงบวกด้านขวาขั้วไฟฟ้า ความสอดคล้องของผลการดำเนินการนี้ผ่านสองขั้นตอนแรกของการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการเข้ารหัสของโจทย์เลขคณิตที่สามารถปรับตามลักษณะของโจทย์ที่ให้

Gunderson et al. (2012) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์กับเลขคณิตง่าย ๆ ในเด็กเล็ก พบว่าเด็กอายุ 5 ขวบ สามารถคิดเลขในใจได้ ความสามารถระบบเก็บจำด้านภาษามีความสัมพันธ์กับการนับเลขด้วยปากเปล่า ตอนเด็กอายุ 6 ขวบ และการคำนวณเลขคณิตด้วยสัญลักษณ์ (Symbolic Arithmetic) วัดด้วยเครื่องมือโจทย์ปัญหา (Combining Story Problems) ที่เป็นตัวเลขอารบิก (Arabic Digits) เด็กสามารถทำได้ตอนอายุ 8 ขวบ

Simmons, Willis, and Adams (2012) ได้ศึกษาโดยใช้แบบประเมินความจำขณะทำงานและแบบทดสอบทักษะด้านคณิตศาสตร์กับเด็ก 90 คน เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 (อายุ 5 - 6 ปี) จำนวน 41 คน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 (อายุ 7 - 8 ปี) จำนวน 49 คน พบว่า ความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับการเขียนตัวเลข (Number Writing) การตัดสินปริมาณ (Magnitude Judgment) และการคำนวณเลขคณิต 1 หลัก (Single - digit Arithmetic)

Träff (2013) ได้ศึกษาโดยการตรวจสอบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบความสามารถด้านกระบวนการทางปัญญา (General Cognitive Abilities) ความสามารถด้านจำนวนในการแก้ปัญหา (Number Abilities to Word Problem Solving) การคำนวณ (Calculation) และการตอบกลับด้านเลขคณิต (Arithmetic Fact Retrieval) กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กนักเรียนจำนวน 134 คน อายุ 10 ถึง 13 ปี พบว่า ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และระบบเก็บจำด้านภาษาเกี่ยวข้องกับการเขียนเลขคณิตและโจทย์ปัญหาเลขคณิต การศึกษาส่วนใหญ่เน้นทักษะการคำนวณเลขคณิตในนักเรียนชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เน้นความสัมพันธ์ของระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์กับการคำนวณเลขคณิตในช่วงกว้าง ขยายไปสู่ความสัมพันธ์กับเลขคณิตที่ไม่ใช้สัญลักษณ์

Zhang et al. (2014) ได้ศึกษากับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาวฟินแลนด์ อายุ 6 ถึง 10 ปี ศึกษา 2 กรณี กรณีแรกศึกษาเรื่องภาษา (พูดกับเขียน) นักเรียนจำนวน 1,880 คน ศึกษาความรู้เรื่องตัวอักษรและการสร้างภาพมิติสัมพันธ์ในโรงเรียนอนุบาล เพื่อทำนายระดับความสามารถด้านเลขคณิตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 กรณีที่ 2 ศึกษาเรื่องทักษะด้านมิติสัมพันธ์เป็นตัวทำนายการพัฒนาความสามารถด้านเลขคณิตและความรู้เรื่องการนับลำดับตัวเลข นักเรียนจำนวน 378 คน เพื่อแสดงให้เห็นความรู้เรื่องการนับลำดับตัวเลขเป็นเครื่องมือวัดความสามารถด้านเลขคณิตในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของภาษาเขียน ว่ามีสำคัญต่อการพัฒนาทางด้านคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยมีความสอดคล้องกับสมมติฐานที่ว่าทักษะทางภาษาและทักษะด้านมิติสัมพันธ์ สามารถเพิ่มการพัฒนาทางด้านคณิตศาสตร์โดยการเสริมสร้างความรู้เรื่องจำนวนให้กับเด็ก

สรุปได้ว่า การทำงานของความจำขณะทำงานสัมพันธ์กับการใช้ความคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยที่ความยากและความซับซ้อนของโจทย์ปัญหา จะยิ่งส่งเสริมให้เกิดการนึกคิดเป็นลำดับขั้นตอน ส่งผลให้มีการฝึกใช้ความจำขณะทำงาน โดยความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นได้ส่งเสริมให้ความจำขณะทำงานมีการทำงานที่ดีขึ้นอีกด้วย

ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมในรูปแบบ Application

การออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมในรูปแบบ Application ผู้พัฒนาจะต้องออกแบบงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การพิจารณาในด้านเนื้อหาหรือหลักสูตร การพิจารณาวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การพิจารณาเกี่ยวกับตัวผู้ฝึก การพิจารณาออกแบบตัวรูปแบบ Application เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ ถือว่าเป็นงานหนึ่งในกระบวนการออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมในรูปแบบ Application โดยแต่ละงานจะมีลำดับการดำเนินการหรือบางงานอาจจะดำเนินการไปพร้อมกันได้ ดังนั้นในการพัฒนา ผู้พัฒนาจะต้องมีแบบแผนขั้นตอนการดำเนินการอย่างเป็นระบบและเชื่อถือได้ เพื่อที่จะพัฒนาออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมในรูปแบบ Application ให้มีประสิทธิภาพสามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิผล รูปแบบที่เป็นที่นิยมและใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ Analysis Design Develop Implement Evaluate: ADDIE ในการออกแบบการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพสามารถแสดงให้เห็นถึงผลตอบแทนที่เหมาะสมกับความคาดหวังของผู้มีส่วนร่วมทั้งหมดได้ครบถ้วนในแต่ละจุดมุ่งหมาย Danks (2011) ได้อธิบาย กระบวนการ ADDIE คือ การออกแบบและการจัดการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนโดยประยุกต์มาจากการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในสาขา Human Performance Technology (HPT) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการพัฒนาและดำเนินการประเมินผลการในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนของหลักการและการควบคุมการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ADDIE ปรากฏตัวครั้งแรกในปี 1975 ถูกสร้างขึ้นโดยศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาที่มหาวิทยาลัยแห่งรัฐฟลอริดาสำหรับกองทัพสหรัฐ รูปแบบ ADDIE เป็นรูปแบบที่ได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวาง เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ โดย Roderic Sims แห่งมหาวิทยาลัยซิดนีย์ (University of Technology Sydney) ได้นำรูปแบบ ADDIE มาปรับปรุงขั้นตอนให้เป็นขั้นตอนการออกแบบและการจัดการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการพัฒนาและดำเนินการประเมินผลการในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รูปแบบ ADDIE เป็นกระบวนการออกแบบระบบการเรียนการสอนที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าสามารถนำไปใช้ออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล มีกระบวนการทำงาน 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอน การวิเคราะห์ (Analysis) ขั้นตอนการออกแบบ (Design) การพัฒนา (Development) การทดลองใช้ (Implementation) และการประเมินผล (Evaluation) โดยนำตัวอักษรตัวแรกของแต่ละขั้นตอนมาจัดเรียงต่อกันเป็นชื่อของรูปแบบคือ ‘A’ ‘D’ ‘D’ ‘I’ ‘E’ แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์ (A: Analysis) เป็นขั้นตอนที่ 1 เป็นการทำความเข้าใจปัญหาการเรียนการสอน เป้าหมายของรูปแบบการสอน และวัตถุประสงค์ที่จะสร้างขึ้น ตลอดจนสภาพแวดล้อมการเรียนรู้และความรู้พื้นฐานและทักษะของผู้เรียนที่จำเป็นต้องมีโดยพิจารณาจากคำถามเพื่อการวิเคราะห์ดังนี้ ใครคือกลุ่มเป้าหมาย มีคุณลักษณะอย่างไร ระบุพฤติกรรมใหม่ที่คาดหวังว่าจะเกิดขึ้นกับผู้เรียน มีข้อจำกัดในการเรียนรู้ที่มีอยู่อะไรบ้าง อะไรที่เป็นทางเลือกสำหรับการเรียนรู้ที่มีอยู่บ้าง หลักการสอนที่พิจารณาเป็นแบบไหน อย่างไร มีช่วงเวลาการพัฒนาเป็นอย่างไร ถือเป็นขั้นตอนการวางแผนหรือเตรียมการสื่อต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการพัฒนาบทเรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 การกำหนดกลุ่มผู้เรียนเป้าหมาย (Specify Target Audience) ผู้ออกแบบจะต้องรู้จักกลุ่มผู้เรียนเป้าหมาย ในประเด็นของปัญหาทางการเรียนหรือศักยภาพทางการเรียน ความรู้เดิม และความต้องการของผู้เรียน ประเด็นเหล่านี้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ผู้ออกแบบนำมาประกอบในการสร้างบทเรียนเพื่อให้สอดคล้องกับตัวผู้เรียน

1.2 การวิเคราะห์งาน (Conduct Task Analysis) เป้าหมาย คือความคาดหวังที่จะให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมอย่างไรหลังจากได้เรียนเนื้อหาจากบทเรียนแล้ว การวิเคราะห์งานจึงเป็นการกำหนดภารกิจหรือกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียนต้องกระทำ เมื่อได้ภารกิจหรือกิจกรรมแล้วลำดับต่อไปผู้ออกแบบจะต้องออกแบบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และแบบทดสอบดังนี้ กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นการกำหนดความคาดหวังที่ต้องการให้ผู้เรียนเป็นหลังจากเรียนเนื้อหาจบบทเรียนแล้ว ดังนี้

1.2.1 การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จะต้องสอดคล้องกับงานหรือภารกิจหรือกิจกรรมที่ได้ออกแบบไว้

1.2.2 การออกแบบแบบทดสอบเพื่อการประเมินผล (Design Items of Assessment) เป็นการออกแบบชนิดของข้อสอบที่จะใช้ในบทเรียน เช่น แบบทดสอบปรนัย หรือ

แบบทดสอบอัตนัย เป็นต้น ตลอดจนการกำหนดเกณฑ์การประเมินผล หรือการกำหนดน้ำหนักของคะแนน เป็นต้น

1.2.3 การวิเคราะห์แหล่งข้อมูล (Analyze Resources) หมายถึง การกำหนดแหล่งที่มาของข้อมูลที่จะใช้ในการออกแบบบทเรียน เช่นเนื้อหาที่จะใช้ในการเรียนจะมาจากแหล่งใด เป็นต้น ในการพัฒนาบทเรียนจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องกำหนดแหล่งที่มาของข้อมูลแต่ละอย่างไว้อย่างชัดเจน โดยข้อมูลแต่ละประเภทอาจจะกำหนดแหล่งที่มาได้หลายที่ เช่น แหล่งที่มาของเนื้อหา อาจจะมีจำนวนหลาย ๆ แหล่ง ดังนั้นเมื่อจะใช้งานผู้ออกแบบสามารถเลือกแหล่งที่ดีที่สุด หรืออาจจะผสมผสานข้อมูลจากแต่ละแหล่งก็ได้

1.2.4 กำหนดสิ่งจำเป็นในการจัดการ (Define Need of Management) หมายถึง ประเด็นต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการจัดการบทเรียน ได้แก่ ระบบรักษาความปลอดภัยของระบบรูปแบบ การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับบทเรียน การนำเสนอบทเรียน การจัดเก็บข้อมูลของบทเรียน ประเด็นต่าง ๆ เหล่านี้ผู้ออกแบบจะต้องกำหนดให้ชัดเจนและครอบคลุมเพื่อใช้ในการออกแบบบทเรียนให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด

2. การออกแบบ (D: Design) เป็นขั้นตอนที่ 2 ประกอบด้วย การสร้างจุดประสงค์การเรียนรู้กำหนดเครื่องมือวัดประเมินผล แบบฝึกหัด เนื้อหา วางแผนการสอนและเลือกสื่อการสอน ขั้นตอนการออกแบบควรจะทำอย่างเป็นระบบและมีเฉพาะเจาะจง โดยความเป็นระบบนี้หมายถึงตรรกะมีระเบียบแบบแผนของการจำแนก การพัฒนา และการประเมินแผนยุทธวิธีที่วางไว้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายสำหรับความเฉพาะเจาะจงหมายถึงแต่ละองค์ประกอบของการออกแบบรูปแบบการสอนจะต้องเอาใจใส่ทุกรายละเอียด เป็นขั้นที่นำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้วิเคราะห์ไว้มาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบมีขั้นตอนดังนี้

2.1 การเลือกแหล่งข้อมูล (Select Resource) หมายถึง การเลือกแหล่งข้อมูลที่จะใช้ในการออกแบบบทเรียนโดยที่แหล่งข้อมูลนี้ ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้แล้วในขั้นการเคราะห์

2.2 การออกแบบมาตรฐาน (Specify Standard) หมายถึง มาตรฐานต่าง ๆ ที่จะใช้ในบทเรียน เช่น มาตรฐานจอภาพมาตรฐานการติดต่อระหว่างบทเรียนและผู้เรียน เป็นต้น การกำหนดมาตรฐานนี้จะทำให้มีรูปแบบการใช้งานในประเด็นต่าง ๆ ที่เป็นไปในแนวทางเดียวกันตลอด การมีมาตรฐานจอภาพจะหมายถึง การใช้รูปแบบตัวอักษรหรือการใช้สี เป็นไปในมาตรฐานเดียวกันตลอดบทเรียน

2.3 ออกแบบโครงสร้างบทเรียน (Design Course Structure) ได้แก่ การออกแบบส่วนต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กัน เช่น ส่วนจัดการด้านเนื้อหา ส่วนจัดการผู้เรียน หรือส่วนการประเมินผล เป็นต้น เมื่อออกแบบโครงสร้างบทเรียนแล้ว ลำดับต่อไปผู้ออกแบบจะต้องออกแบบโมดูล (Design Module) โดยพิจารณาว่าส่วนงานต่าง ๆ ในโครงสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนจัดการด้านเนื้อหาจะทำการออกแบบให้เป็นส่วนย่อย ๆ หรือโมดูล โดยพิจารณาถึงเนื้อหาที่มีความสัมพันธ์และต่อเนื่องกัน เช่น การทำงานก่อนการทำงานในลำดับต่อจากโมดูลใด และโมดูลใดทำงานเป็นลำดับสุดท้าย เป็นต้น

2.4 การวิเคราะห์เนื้อหา (Analyze Content) เป็นการวิเคราะห์เนื้อหาทั้งหมดที่จะใช้ใน

บทเรียน การวิเคราะห์สามารถใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ ได้แก่ แผนภูมิปะการัง (coral pattern) เพื่อรวบรวมเนื้อหา หรือแผนภาพเครือข่าย (network diagram) เพื่อจัดลำดับเนื้อหา เมื่อวิเคราะห์เนื้อหาทั้งหมดได้แล้วสิ่งที่ผู้ออกออกแบบจะต้องดำเนินการเป็นลำดับต่อไป มีดังนี้

2.4.1 การกำหนดการประเมินผล (Specify Assessment) ได้แก่ เกณฑ์การประเมินผลผู้เรียน รูปแบบการประเมินผลรวมถึงวิธีการประเมินผล

2.4.2 กำหนดวิธีการจัดการ (Specify Management) เป็นการกำหนดรูปแบบและวิธีการจัดการ ได้แก่ การจัดการฐานข้อมูลที่เกี่ยวกับตัวผู้เรียน บทเรียน ความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.5 การออกแบบบทเรียน (Design Lessons) หมายถึง การออกแบบองค์ประกอบของบทเรียน วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา แบบทดสอบก่อนบทเรียน (Pre-test) สื่อ กิจกรรม วิธีการนำเสนอ และแบบทดสอบหลังบทเรียน (Post-test) ในแต่ละโมดูลจะต้องประกอบด้วยเนื้อหา กิจกรรม สื่อหรืออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยแต่ละส่วนที่นำมาประกอบเข้าด้วยกันมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ในการออกแบบจะผสานกับข้อมูลพื้นฐานที่ได้วิเคราะห์และออกแบบในขั้นตอนที่ผ่าน มีลำดับการออกแบบ ดังนี้

2.5.1 กำหนดจุดประสงค์ของบทเรียน ให้สอดคล้องกับเป้าหมายของบทเรียน ควรเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เน้นให้นักเรียนทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้หลังจากที่เรียนจบแต่ละหน่วยการเรียน

2.5.2 การกำหนดลำดับการสอน (Instruction Sequencing) เพื่อควบคุมให้ลำดับของกิจกรรมการเรียนรู้ครบตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

กำหนดโครงร่างและลำดับของเนื้อหาบทเรียนที่สอดคล้องกับจุดประสงค์บทเรียนโดยเรียงลำดับความยากง่ายให้เหมาะสมกับการนำเสนอบทเรียน

2.5.3 เขียนบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) ได้แก่ บทดำเนินเรื่องของเนื้อหาและกิจกรรมในแต่ละโมดูล เพื่อจะใช้ในการสร้างตัวโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไป

2.5.4 การออกแบบหน้าจอภาพ (Screen Design) หมายถึง การจัดพื้นที่ของจอภาพเพื่อใช้ในการนำเสนอเนื้อหา ภาพ และส่วนประกอบอื่น ๆ สิ่งที่ต้องพิจารณา คือ การกำหนดความละเอียดภาพ (Resolution) การจัดพื้นที่แต่ละหน้าจอภาพในการนำเสนอการเลือกรูปแบบและขนาดของตัวอักษรทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การกำหนดสี ได้แก่ สีของตัวอักษร (Font Color) สีของฉากหลัง (Back Ground) สีของส่วนอื่น ๆ การกำหนดส่วนอื่น ๆ ที่เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้บทเรียน บุคลากรที่เกี่ยวของในขั้นตอนนี้ได้แก่ ผู้จัดการโครงการผู้ออกแบบระบบการสอนผู้ประเมินโครงการ โปรแกรมเมอร์ ผู้ออกแบบกราฟิก และผู้ผลิตบทเรียน กำหนดแผนผังแสดงลำดับการนำเสนอบทเรียน (Lesson Flow Chart) ตั้งแต่ต้นจนจบบทเรียน

2.5.3 กำหนดเกณฑ์การประเมินผล โดยจะต้องให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของ

บทเรียน กิจกรรมและเนื้อหา

3. การพัฒนา (D: Development) เป็นขั้นตอนที่ 3 คือ ขั้นตอนที่ผู้ออกแบบสร้างส่วนต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนของการออกแบบซึ่งครอบคลุมการสร้างเครื่องมือวัดประเมินผล สร้างแบบฝึกหัด สร้างเนื้อหา และการพัฒนาโปรแกรมสำหรับสื่อการสอน เมื่อเรียบร้อยทำการทดสอบเพื่อหาข้อผิดพลาดเพื่อนำผลไปปรับปรุงแก้ไข

จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือ สร้างแผนการสอนและสื่อของบทเรียนในระหว่างขั้นตอนนี้จะต้องพัฒนาการสอน และสื่อทั้งหมดที่ใช้ในการสอน และเอกสารสนับสนุนต่างๆ สิ่งเหล่านี้อาจจะประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ประกอบด้วยรายละเอียดแต่ละส่วน ดังนี้

3.1 การพัฒนาระบบจัดการบทเรียน (Management Development) หมายถึง พัฒนาโปรแกรมระบบบริหารจัดการบทเรียน เช่น ระบบจัดการผู้เรียน ระบบจัดการเนื้อหา ระบบจัดการข้อสอบ การเตรียมการเกี่ยวกับองค์ประกอบ การเตรียมข้อความ การเตรียมภาพการเตรียมเสียงการเตรียมโปรแกรมจัดการบทเรียน เป็นต้น เพื่อให้บทเรียนสามารถจัดการสอนได้ตามความต้องการและตรงตามเป้าหมาย

3.2 การพัฒนาบทเรียน (Lesson Development) หมายถึง การพัฒนาบทเรียนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สามารถนำเสนอผ่านทางคอมพิวเตอร์ หลังจากได้เตรียมข้อความภาพ เสียงและส่วนอื่นเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปเป็นการสร้างบทเรียน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดการเพื่อเปลี่ยนการออกแบบบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) ให้กลายเป็นบทเรียน ในการพัฒนาบทเรียนจะนำบทดำเนินเรื่องที่ได้ออกแบบไว้มาเป็นแบบในการพัฒนาบทเรียน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่เป็นโปรแกรมนิพนธ์บทเรียนหรือโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูงต่าง ๆ เมื่อดำเนินการพัฒนาบทเรียนแล้วผู้ออกแบบจะต้องนำบทเรียนไปทดสอบเพื่อตรวจสอบหาความผิดพลาดและเพื่อความสมบูรณ์ของแต่ละโมดูล

3.3 การสร้างเอกสารประกอบการเรียนหลังจากสร้างบทเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้วในขั้นต่อไปจะเป็นการตรวจสอบและทดสอบความสมบูรณ์ขั้นต้นของบทเรียนการรวมบทเรียน (Integration) เป็นการรวมเอาทุกส่วนของระบบรวมเป็นระบบเดียว ได้แก่ การรวมเอาระบบบริหารจัดการบทเรียนและบทเรียน รวมเข้าเป็นระบบเดียวนอกจากนี้จะต้องผนวกเอาวัสดุการเรียน (Supplementary Test) เข้าไปในระบบด้วย เพื่อให้บทเรียนมีกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนครบทุกขั้นตอนตามแนวทางที่ออกแบบไว้

4. การทดลองใช้ (I: Implementation) เป็นขั้นตอนที่ 4 คือ ขั้นของการสอนโดยอาจจะเป็นรูปแบบชั้นเรียน การฝึกอบรม หรือห้องทดลอง หรือรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้คอมพิวเตอร์ โดยจุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือการสอนอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล จะต้องให้การส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียนสนับสนุนการเรียนรอบรู้ของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่ตั้งไว้ ติดตั้งบทเรียน (Installation) จัดตารางเวลาพร้อมปรับหลักสูตร (Scheduling and Syllabus

Adjustment) ลงทะเบียนเรียนและบริหารบทเรียน (Enrollment and Administration) ปฐมนิเทศผู้เรียน (Orientation) วางแผนการสนับสนุนจากผู้สอน (Instructor Plans Facilitation) และจัดสิ่งสนับสนุนบทเรียน (Facilitation of Course) เพื่อพัฒนาบทเรียนให้มีองค์ประกอบครบสมบูรณ์มาทดลองใช้ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน การทดลองใช้มีรายละเอียดดังนี้

4.1 การจัดเตรียมสถานที่ (Site Preparation) การเตรียมสถานที่ที่จะใช้ในการทดลองให้มีความพร้อมที่จะใช้ ได้แก่ ห้องเรียน เครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เครื่องมือและบทเรียน

4.2 การฝึกอบรมผู้ใช้ (User Training) ทำการฝึกให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในบทเรียน ผู้ออกแบบควรจะควบคุมอย่างใกล้ชิด โดยอาจจะจดบันทึกพฤติกรรมของผู้ใช้หรือสังเกตพฤติกรรมของผู้เข้าใช้ โดยอาจจะสอบถามในด้านความคิดเห็นของผู้เข้าใช้ต่อการใช้งานบทเรียน เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดและเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขบทเรียนให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

4.3 การยอมรับบทเรียน (Acceptance) ผู้ออกแบบสามารถทำได้โดยการสอบถามความคิดเห็นจากผู้ใช้บทเรียนเพื่อพิจารณาความสมบูรณ์ของบทเรียนว่า บทเรียนสมควรจะให้ผ่านการยอมรับหรือไม่อย่างไร

5. การประเมินผล (E: Evaluation) เป็นขั้นตอนที่ 5 ประกอบด้วยการประเมินผลรูปแบบ (Formative) และการประเมินผลในภาพรวม (Summative) การประเมินผลรูปแบบ คือ การนำเสนอในแต่ละขั้นของ ADDIE Process ซึ่งเป็นการประเมินผลเพื่อพัฒนา และการประเมินผลในภาพรวมจะทำเมื่อการสอนเสร็จสิ้นเพื่อประเมินผลประสิทธิผลการสอนทั้งหมดข้อมูลจากการประเมินผลรวมโดยปกติมักจะถูกใช้เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับรูปแบบการสอนจัดทำเอกสารโครงการ (Documenting Project) ทดสอบบทเรียน (Testing) ปรับบทเรียนให้ใช้งานได้ (Validation) และประเมินผลกระทบ (Conducting Impact Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของรูปแบบ ADDIE โดยการนำผลการทดลองที่ได้มาสรุปผล การประเมินผลมี 2 รูปแบบ ดังนี้

5.1 การประเมินผลเพื่อพัฒนา (Formative Evaluation) ดำเนินการต่อเนื่องในภายในและระหว่างขั้นตอนต่างๆจุดมุ่งหมายของการประเมินผลชนิดนี้คือเพื่อปรับปรุงการสอนก่อนที่จะนำแบบฉบับขั้นสุดท้ายไปใช้ให้เป็นผล

5.2 การประเมินผลรวม (Summative Evaluation) โดยปกติเกิดขึ้นภายหลัง การสอนเมื่อแบบฉบับขั้นสุดท้ายได้รับการดำเนินการใช้ให้เป็นผลแล้วการประเมินผลประเภทนี้ จะประเมินประสิทธิผลการสอนทั้งหมดข้อมูลจากการประเมินผลรวมโดยปกติมักจะถูกใช้เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับโปรแกรม

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 นำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

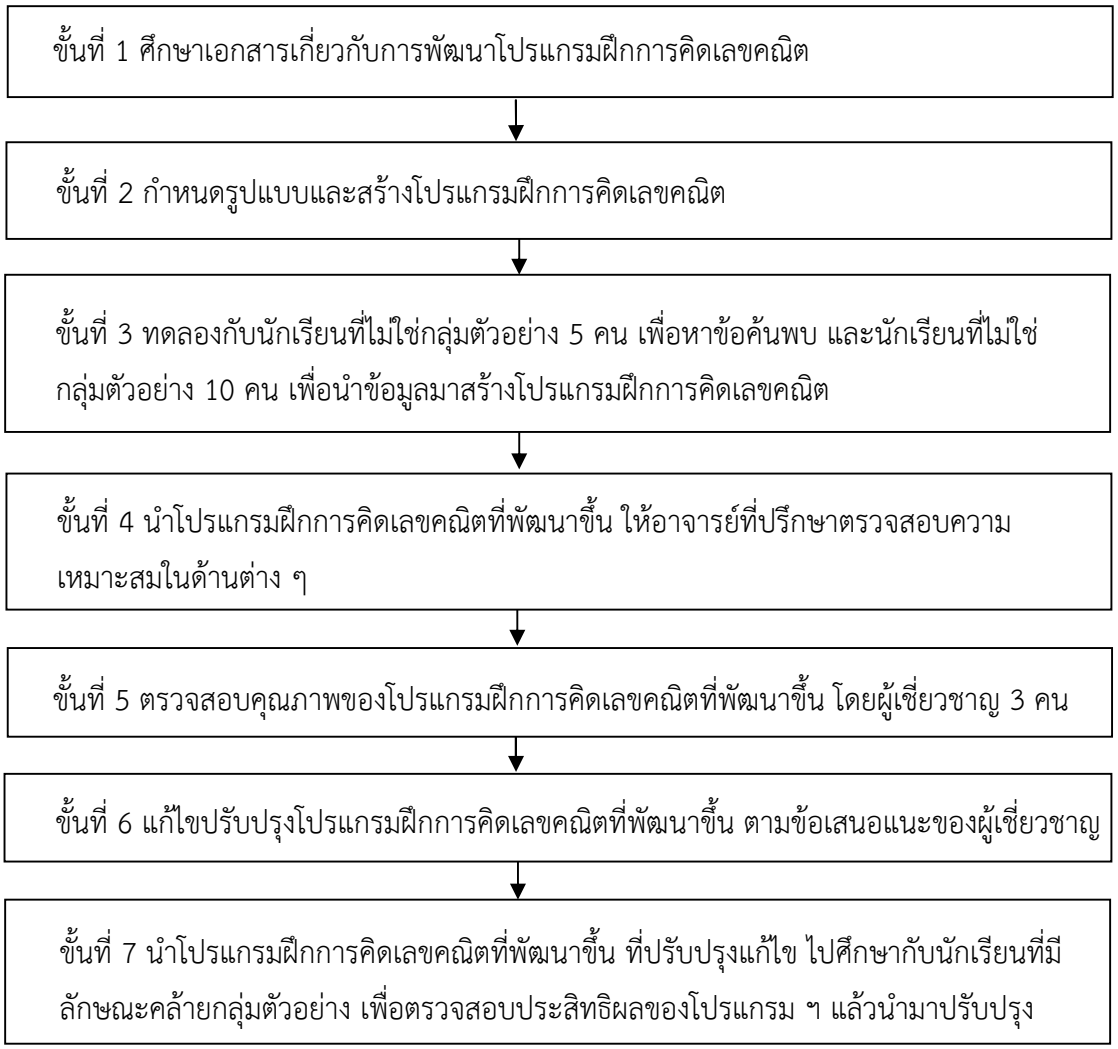
ตอนที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

ตอนที่ 2 การศึกษาผลการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 1 แบ่งออกเป็น 6 ส่วน ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการทดลอง
3. วิธีดำเนินการทดลอง
4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีขั้นตอนการพัฒนา ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

ขั้นที่ 1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีโมเดลทริปเพิลโคดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต เพื่อให้สมองส่วนความจำขณะทำงานทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2. ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความจำขณะทำงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทาง

ในการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตให้สอดคล้องกับกลไกการทำงานของความจำขณะทำงาน ที่ทำให้ความจำขณะทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

3. ศึกษาหลักการการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยเลือกหลักการของ ADDIE Model เป็นกระบวนการออกแบบระบบการเรียนการสอนที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าสามารถนำไปใช้ออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

3.1 ขั้นวิเคราะห์ (A: Analysis) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาเป้าหมายของรูปแบบและวัตถุประสงค์ที่จะสร้างตลอดจนสภาพแวดล้อมความรู้พื้นฐานและทักษะของผู้เรียนที่จำเป็นต้องมี โดยพิจารณาจากคำถามเพื่อการวิเคราะห์ดังนี้ใครคือกลุ่มเป้าหมายและเขาต้องมีคุณลักษณะอย่างไร ระบุพฤติกรรมใหม่ที่คาดหวังว่าจะเกิดขึ้นกับผู้เรียนข้อจำกัดในการเรียนรู้ที่มีอยู่อะไรบ้างอะไรที่เป็นทางเลือกสำหรับการเรียนรู้ที่มีอยู่บ้างหลักการสอนที่พิจารณาเป็นแบบไหน อย่างไรมีช่วงเวลาการพัฒนาเป็นอย่างไร

3.2 ขั้นออกแบบ (D: Design) ประกอบด้วย การสร้างจุดประสงค์การเรียนรู้กำหนดเครื่องมือวัดประเมินผล แบบฝึกหัด เนื้อหา วางแผนการสอนและเลือกสื่อการสอนขั้นตอนการออกแบบควรจะทำอย่างเป็นระบบและเฉพาะเจาะจง ความเป็นระบบหมายถึงมีตรรกะมีระเบียบแบบแผนของการจำแนก การพัฒนา และการประเมินแผนยุทธวิธีที่วางไว้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายเฉพาะเจาะจง หมายถึง แต่ละองค์ประกอบของการออกแบบรูปแบบการสอนจะต้องเอาใจใส่ทุกรายละเอียด ดังนี้

การออกแบบบทเรียน ประกอบด้วย วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา แบบทดสอบก่อนบทเรียน สื่อ กิจกรรม วิธีการนำเสนอ และแบบทดสอบหลังบทเรียน การออกแบบผังงาน และการออกแบบบทดำเนินเรื่อง

การออกแบบหน้าจอภาพ หมายถึง การจัดพื้นที่ของจอภาพเพื่อใช้ในการนำเสนอเนื้อหา ภาพ และส่วนประกอบอื่นๆ สิ่งที่ต้องพิจารณา การกำหนดความละเอียดภาพ (Resolution) การจัดพื้นที่แต่ละหน้าจอภาพในการนำเสนอการเลือกรูปแบบและขนาดของตัวอักษรทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การกำหนดสี ได้แก่ สีของตัวอักษร (Font Color) สีของฉากหลัง (Back Ground) สีของส่วนอื่น ๆ การกำหนดส่วนอื่น ๆ ที่เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้บทเรียน บุคลากรที่เกี่ยวของในขั้นตอนนี้ได้แก่ ผู้จัดการโครงการผู้ออกแบบระบบการสอนผู้ประเมินโครงการ โปรแกรมเมอร์ ผู้ออกแบบกราฟิก และผู้ผลิตบทเรียน

3.3 ขั้นพัฒนา (D: Development) คือ ขั้นที่ผู้ออกแบบสร้างส่วนต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นของการออกแบบครอบคลุมถึงการสร้างเครื่องมือวัดประเมินผล สร้างแบบฝึกหัด สร้างเนื้อหาและการพัฒนาโปรแกรมสำหรับสื่อการสอน ทดสอบเพื่อหาข้อผิดพลาดนำผลไปปรับปรุงแก้ไข จุดมุ่งหมายของขั้นตอนคือ สร้างแผนการสอนการเตรียมองค์ประกอบ ข้อความ ภาพเสียง และ

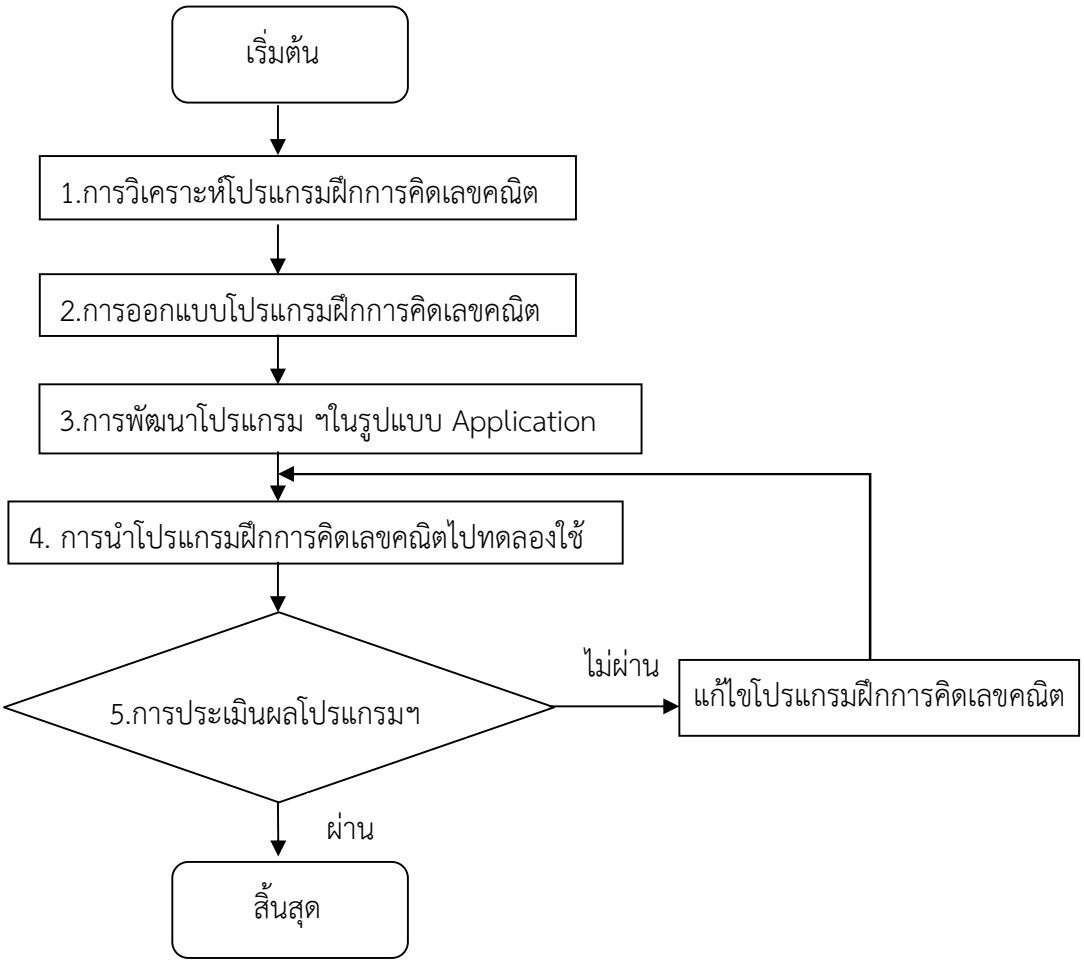
การจัดการบทเรียนการสร้างบทเรียน หลังจากได้เตรียมข้อความภาพ เสียง และส่วนอื่น เรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปเป็นการสร้างบทเรียน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดการเพื่อเปลี่ยนการออกแบบบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) ให้กลายเป็นบทเรียนการสร้างคู่มือหลังจากสร้างบทเรียนขั้นต่อไปตรวจสอบและทดสอบความสมบูรณ์ขั้นต้นของบทเรียน

3.4 ขั้นทดลองใช้ (I: Implementation) คือ ขั้นที่นำบทเรียนที่สร้างไปใช้ฝึกอบรมเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผล ตรงตามวัตถุประสงค์ต่างๆที่ตั้งไว้ ดังนี้ ติดตั้งบทเรียน (Installation) จัดตารางเวลาพร้อมปรับหลักสูตร (Scheduling and Syllabus Adjustment) ลงทะเบียนเรียนและบริหารบทเรียน (Enrollment and Administration) ปฐมนิเทศผู้เรียน (Orientation) วางแผนการสนับสนุนจากผู้สอน (Instructor Plans Facilitation) และจัดสิ่งสนับสนุนบทเรียน (Facilitation of Course)

3.5 ขั้นประเมินผล (E: Evaluation) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การประเมินผลรูปแบบ (Formative) และการประเมินผลในภาพรวม (Summative) การประเมินผลรูปแบบคือการนำเสนอในแต่ละขั้นของ ADDIE Process ซึ่งเป็นการประเมินผลเพื่อพัฒนา และการประเมินผลในภาพรวมจะทำเมื่อการฝึกอบรมเสร็จสิ้นเพื่อประเมินผลประสิทธิผลการฝึกอบรมทั้งหมดข้อมูลจากการประเมินผลรวมปกติถูกใช้เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับรูปแบบการฝึกอบรม การจัดทำเอกสารโครงการ (Documenting Project) ทดสอบบทเรียน (Testing) ปรับบทเรียนให้ใช้งานได้ (Validation) และประเมินผลกระทบ (Conducting Impact Evaluation)

ขั้นที่ 2 กำหนดรูปแบบและสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

ผู้วิจัยกำหนดรูปแบบและสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ตามกระบวนการ ADDIE ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต การออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต การสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต การนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตไปทดลองใช้ และการประเมินผลโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ลำดับขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ลำดับขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

จากลำดับขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตสามารถกำหนดรูปแบบและสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

การวิเคราะห์โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตดำเนินการวิเคราะห์ในประเด็นต่อไปนี้

1.1 วิเคราะห์กลุ่มนักเรียน

วิเคราะห์กลุ่มนักเรียนโดยใช้ข้อมูลจากเอกสารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) ในการหาความแตกต่างระหว่างบุคคล ระดับความรู้พื้นฐาน บุคลิกลักษณะพิเศษ ความสนใจ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นแนวทางการกำหนดรูปแบบการเรียนรู้ ให้เหมาะผู้เรียน และจากการศึกษาข้อมูลพบว่า นักเรียนมีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ ฐานะทางเศรษฐกิจของผู้ปกครองอยู่ในระดับปานกลาง ผู้ปกครองส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรม ทำไร่ ทำนา

ทำสวน นักเรียนมีปัญหาเรื่องการปรับตัวในการอยู่ร่วมกับผู้อื่น ก็ต้องการการยอมรับจากเพื่อนขาดความสนใจและขาดความกระตือรือร้นในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียน นักเรียนสนใจกับการใช้สื่อออนไลน์ โดยเฉพาะการเล่นเกมทางอินเตอร์เน็ต ชื่นชอบความตื่นเต้นและท้าทายในการเรียน ชอบการแข่งขัน ใช้เวลาในการทำกิจกรรมผ่านสื่อสังคมออนไลน์เป็นเวลานาน พฤติกรรมดังกล่าวข้างต้นทำให้นักเรียนมีพฤติกรรมเสี่ยงต่อการติดเกม จะเห็นได้ว่านักเรียนโรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) ใช้เวลาในการทำกิจกรรมผ่านสื่อสังคมออนไลน์ค่อนข้างมาก

1.2 วิเคราะห์เป้าหมายของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

การวิเคราะห์เป้าหมายของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต เริ่มจากศึกษาสาระสำคัญของแนวคิดและทฤษฎีความจำขณะทำงาน เพื่อใช้เป็นกรอบในการสังเคราะห์สาระขององค์ประกอบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยศึกษาจากโปรแกรม Jungle Memory™ ของ Alloway, Bibile, and Lau (2013, pp. 632 - 634) ซึ่งแบ่งการฝึกเป็น 3 กิจกรรม

กิจกรรมที่ 1 มีตัวอักษรมาให้ ยกตัวอย่างเช่น og อยู่ในตาราง 12 ช่อง ให้จำตำแหน่งที่อักษรอยู่ แล้วเลือกตำแหน่งที่ตัวอักษร og อยู่ ดังภาพที่ 19

กิจกรรมที่ 2 มีตัวอักษรมาให้ ยกตัวอย่างเช่น t ที่หน้าจอ แล้วให้เลือกตัวอักษร จาก 4 ตำแหน่ง จำไว้ หน้าจอ g แล้วให้เลือกตังอักษรจาก 4 ตำแหน่ง จำไว้ สุดท้ายทวนตำแหน่งที่ตอบทั้ง 2 ครั้งตามลำดับ ดังภาพที่ 20

กิจกรรมที่ 3 ให้บวกและลบเลข ยกตัวอย่าง เช่น 9 - 5 กดคำตอบ 4 จำคำตอบไว้ 9 - 7 กดคำตอบ 2 จำคำตอบไว้ ทวนคำตอบที่ตอบทั้ง 2 ครั้งตามลำดับ ดังภาพที่ 21

ภาพที่ 19 กิจกรรม 1 ของโปรแกรม Jungle Memory™

ภาพที่ 20 กิจกรรม 2 โปรแกรม Jungle Memory™

ภาพที่ 21 กิจกรรม 3 โปรแกรม Jungle Memory™

1.3 วิเคราะห์เนื้อหาของเป้าหมาย

วิเคราะห์เป้าหมายของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยดำเนินการศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระที่ 1 เรื่อง จำนวน และการดำเนินการ อีกทั้งคุณภาพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่1ได้ระบุไว้มุ่งให้นักเรียน “มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริงมีความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วนสัดส่วนร้อยละสามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนเต็มเศษส่วนทศนิยมใช้การประมาณค่าในการดำเนินการและแก้ปัญหาและนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนไปใช้ในชีวิตจริงได้ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหาใช้ความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตรฐาน และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด
ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง	1. เขียนและอ่านตัวเลขฮินดูอารบิกและตัวเลขไทยแสดงปริมาณของสิ่งของหรือจำนวนนับที่ไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์ 2. เปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนนับไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์
ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่างๆและใช้การดำเนินการในกาแก้ปัญหา	1. บวก ลบ และบวก ลบระคนของจำนวนนับไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ 2. วิเคราะห์และหาคำตอบของโจทย์ปัญหาและโจทย์ปัญหาระคนของจำนวนนับไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 1 สามารถสรุปเป้าหมายของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตมุ่งให้นักเรียนมีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการเขียนและอ่านตัวเลขฮินดูอารบิกและแสดงปริมาณของสิ่งของหรือจำนวนนับที่ไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์การเปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนนับไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์ การบวก และลบของจำนวนนับไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบการวิเคราะห์และหาคำตอบของโจทย์ปัญหาของจำนวนนับไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบและนำมาเป็นกรอบเนื้อหาในการสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

2. การออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

จากขั้นตอนที่ 1 โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตได้วิเคราะห์กลุ่มนักเรียน เนื้อหาของเป้าหมาย และวิเคราะห์เป้าหมายของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ซึ่งประกอบไปด้วยลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 การกำหนดจุดประสงค์ ดำเนินการกำหนดจุดประสงค์ในการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตครั้งนี้ เพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตตามแนวคิดของโมเดลทริปเพิลโคด

2.2 ลำดับของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ได้ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เกี่ยวกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด เพื่อกำหนดเนื้อหาในการสร้างและพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิต ให้มีความสอดคล้องในกลุ่มสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งประกอบด้วยองค์ความรู้ทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้ที่กำหนดให้นักเรียนต้องเรียน โดยมีเป้าหมายของการเรียนเพื่อการนำความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาการดำเนินชีวิตและศึกษาต่อมีเหตุมีผล มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ สามารถพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ และสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ดังนี้

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้การดำเนินการแก้ปัญหา

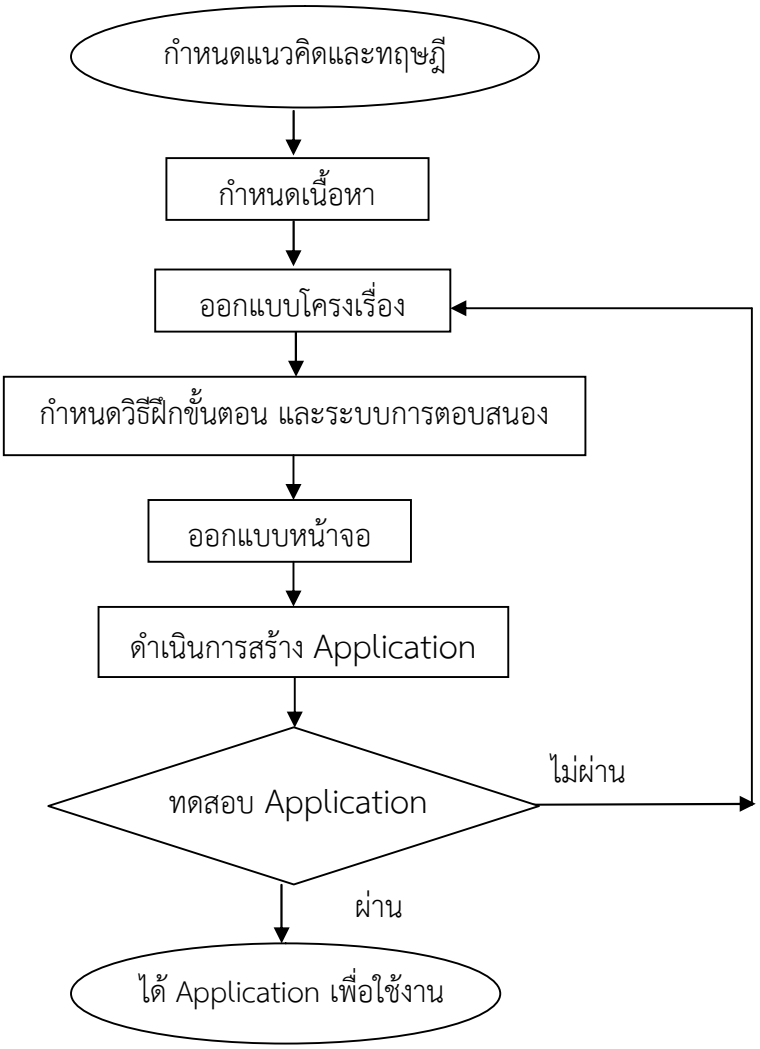
ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาที่จะนำมาสร้างและพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตซึ่งเป็นเนื้อหาในสาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ (Numberical And Operations: NAO) ครอบคลุมเรื่องการเขียนและอ่านตัวเลขฮินดูอารบิกและแสดงปริมาณของสิ่งของหรือจำนวนนับที่ไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์การเปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนนับไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์ การบวก และลบของจำนวนนับไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบการวิเคราะห์และหาคำตอบของโจทย์ปัญหาของจำนวนนับไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบโดยกำหนดกิจกรรมฝึกการคิดเลขคณิต 15 กิจกรรม

2.3 การกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนพัฒนาความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตจากการฝึกโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตเริ่มต้นจาก กิจกรรมที่ 1 จำนวนตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 2 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 3 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 4 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 5 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง กิจกรรมที่ 6 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและ ชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 7 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 8 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19

กิจกรรมที่ 9 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 10 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 ให้คล่อง กิจกรรมที่ 11 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 12 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 13 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 14 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 และกิจกรรมที่ 15 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 ให้คล่องตามลำดับ แล้ววนเล่นซ้ำอีกรอบ ทำกิจกรรมในชั่วโมงคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ชั่วโมง

2.4 สื่อที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2.5 กำหนดแผนผังบทเรียน (Lesson Flow Chart) ผู้วิจัยได้กำหนดแผนผังบทเรียนเพื่อวางแผนดำเนินการในการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีขั้นตอนการสร้าง Application โปรแกรมการคิดเลขคณิต ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ขั้นตอนการสร้าง Application โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

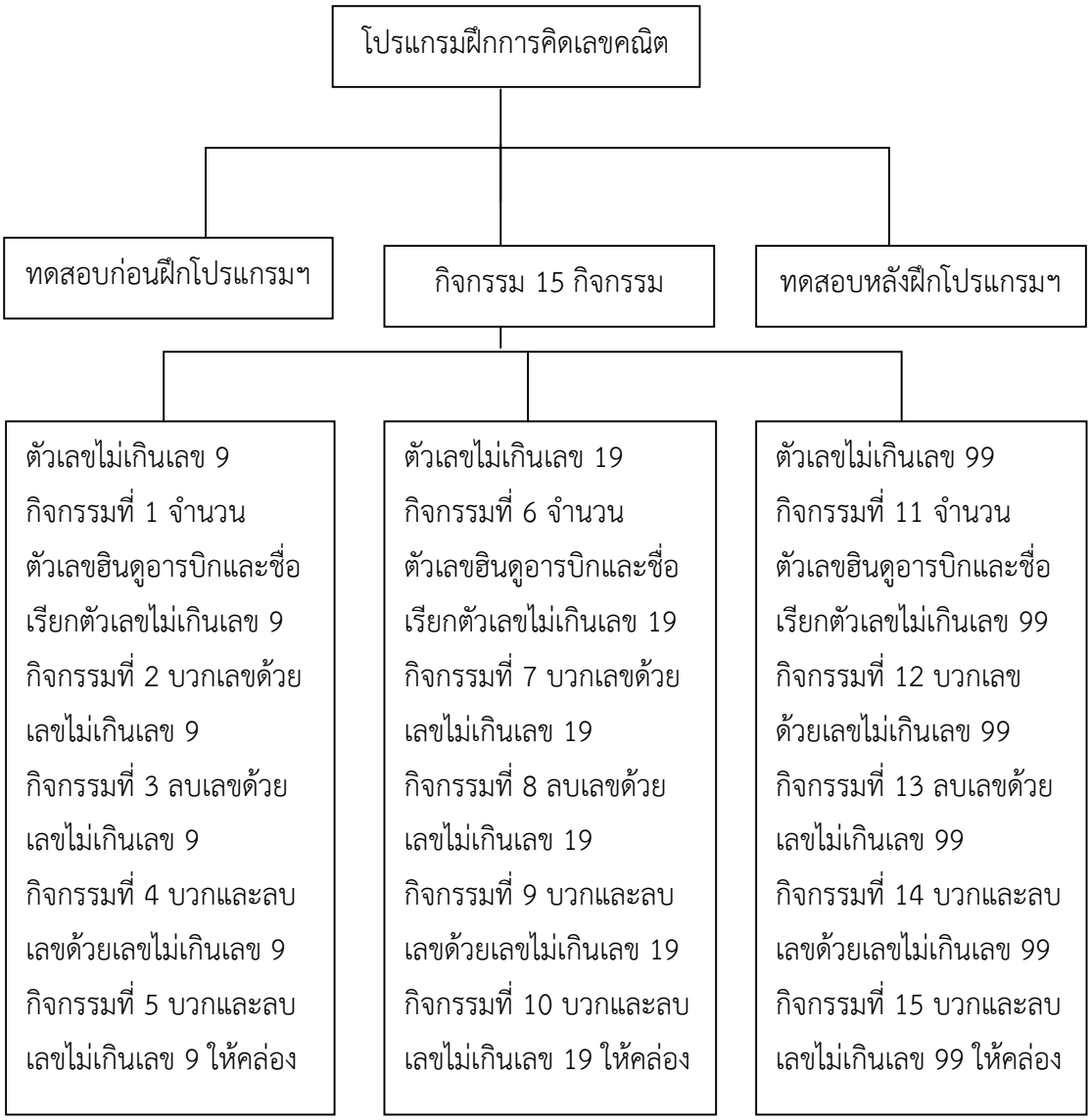
จากภาพที่ 22 ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงเรื่อง กำหนดวิธีการฝึกขั้นตอน และระบบการตอบสนองดำเนินการสร้างโคดคำสั่ง และดำเนินการทดสอบเพื่อหาข้อบกพร่อง ตามขั้นตอนการสร้าง Application หากพบว่า ผลการทดสอบยังมีปัญหาหรือข้อบกพร่อง ผู้วิจัยได้ทำการย้อนกลับตามขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นเพื่อค้นหาข้อบกพร่องแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด หากผลการทดสอบ ไม่พบปัญหาหรือข้อบกพร่อง จึงดำเนินการสร้างรูปแบบ Application โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตต่อเพื่อทดลองใช้ในขั้นต่อไป

3. การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตในรูปแบบ Application

จากขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตผู้วิจัยได้กำหนดจุดประสงค์ ลำดับของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตแผนผังบทเรียน สื่อที่ใช้ในการศึกษาและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตในรูปแบบ Application แบ่งได้ 2 ส่วนดังนี้การเขียนโปรแกรมในรูปแบบ Application และการจัดทำคู่มือการใช้งาน (User’s Manual)

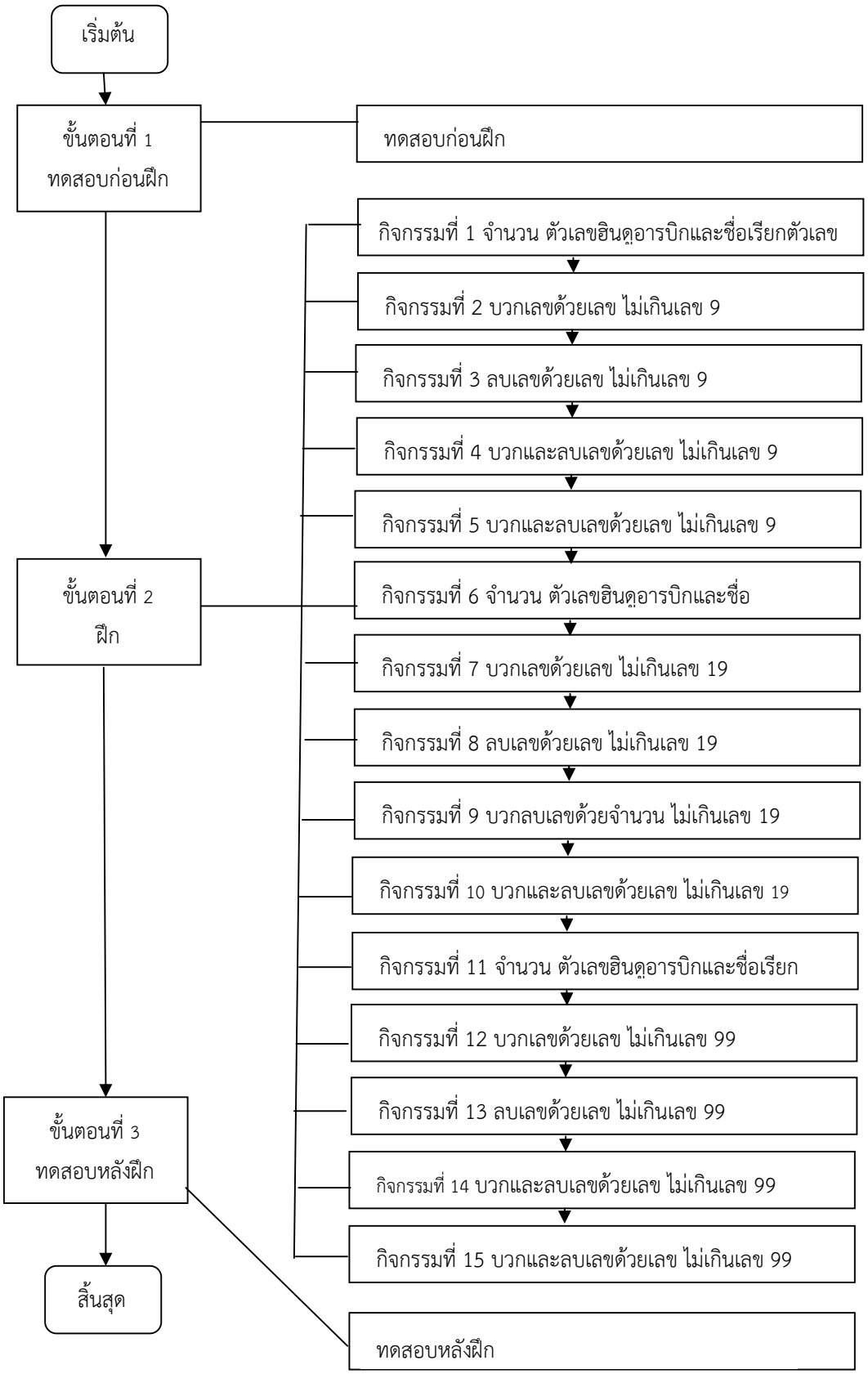
การเขียนโปรแกรมในรูปแบบ Application เป็นขั้นตอนที่นำผลจากขั้นตอนการออกแบบมาสู่ขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชั่นบนอุปกรณ์กระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) เพื่อใช้ฝึกคิดเลขคณิตดำเนินการพัฒนาโปรแกรมในรูปแบบ Application ตามขั้นตอนดังนี้

3.1 การเขียนบท (Scripting) ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหา เรื่องจำนวนและการดำเนินการ โดยตั้งชื่อโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตว่า “Arithmetic” เนื้อหาที่ใช้ครอบคลุมเรื่องการเขียนและอ่านตัวเลขฮินดูอารบิกและแสดงปริมาณของสิ่งของหรือจำนวนนับที่ไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์ การเปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนนับไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์ การบวก และลบของจำนวนนับไม่เกินหนึ่งร้อยและศูนย์โดยกำหนดกิจกรรมฝึกการคิดเลขคณิต 15 กิจกรรม ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 โครงสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด

จากนั้น นำโครงสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดทั้ง 15 กิจกรรม ไปเขียน Code คำสั่งของโปรแกรมในรูปแบบ Application ต่อไป มีขั้นตอน ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ขั้นตอนการเขียน Code คำสั่งของโปรแกรมในรูปแบบ Application

3.2 การกำหนดซอฟแวร์ ในการสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MIT App Inventor เป็นเครื่องมือในการสร้างแอปพลิเคชั่น ที่พัฒนาโดยบริษัท Google และ MIT ผลิตขึ้นมาเพื่อให้ผู้ที่สนใจใช้พัฒนาแอปพลิเคชั่นบนอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Android มุ่งเน้นให้ใช้งานง่าย ผู้พัฒนามีความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมเพียงเล็กน้อยก็สามารถสร้างแอปพลิเคชั่นได้

3.3 การดำเนินการสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1ที่สร้างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MIT App Inventor เป็นเครื่องมือในการสร้างแอปพลิเคชั่น ที่พัฒนาโดยบริษัท Google และ MIT ติดตั้งบนกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) ระบบปฏิบัติการ Android 4.2 ประกอบด้วยหน้าจอหลัก 5 ส่วน แสดงดังภาพที่ 25

3.3.1 หน้าจอตอนรับของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

3.3.2 หน้าจอเมนูหลักของโปรแกรมมีเมนูให้เลือก 6 เมนู ประกอบด้วย 1) ทดสอบก่อนฝึก 2) กิจกรรม 1 - 5 ไม่เกินเลข 9 3) กิจกรรม 6 - 10 ไม่เกินเลข 19 4) กิจกรรม 11 - 15 ไม่เกินเลข 99 5) ทดสอบหลังฝึก 6) ออกจากโปรแกรม

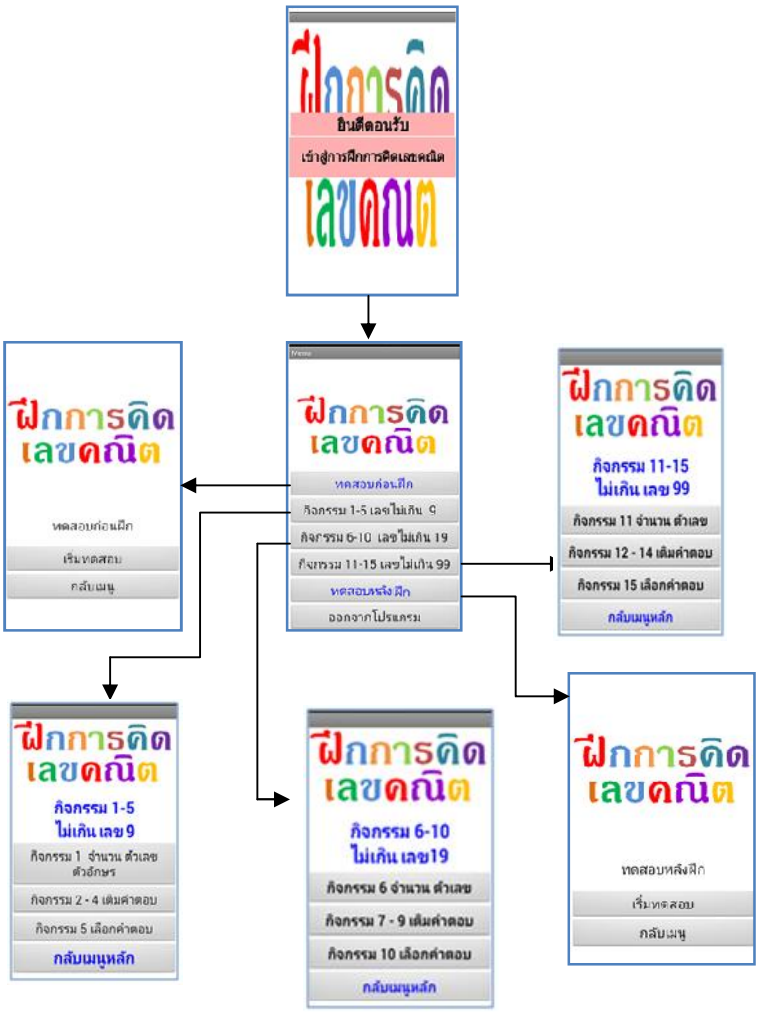
3.3.3 หน้าจอทดสอบก่อนฝึก

3.3.4 กิจกรรม 6 - 10 ไม่เกินเลข 19 มีเมนูให้เลือก 4 เมนู ประกอบด้วย 1) กิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร 2) กิจกรรม 2 - 4 เติมคำตอบ 3) กิจกรรม 5 เลือกตอบ และ 4) กลับเมนูหลัก

3.3.5 กิจกรรม 11 - 15 ไม่เกินเลข 99 มีเมนูให้เลือก 4 เมนู ประกอบด้วย 1) กิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร 2) กิจกรรม 12 - 14 เติมคำตอบ 3) กิจกรรม 5 เลือกตอบ และ 4) กลับเมนูหลัก

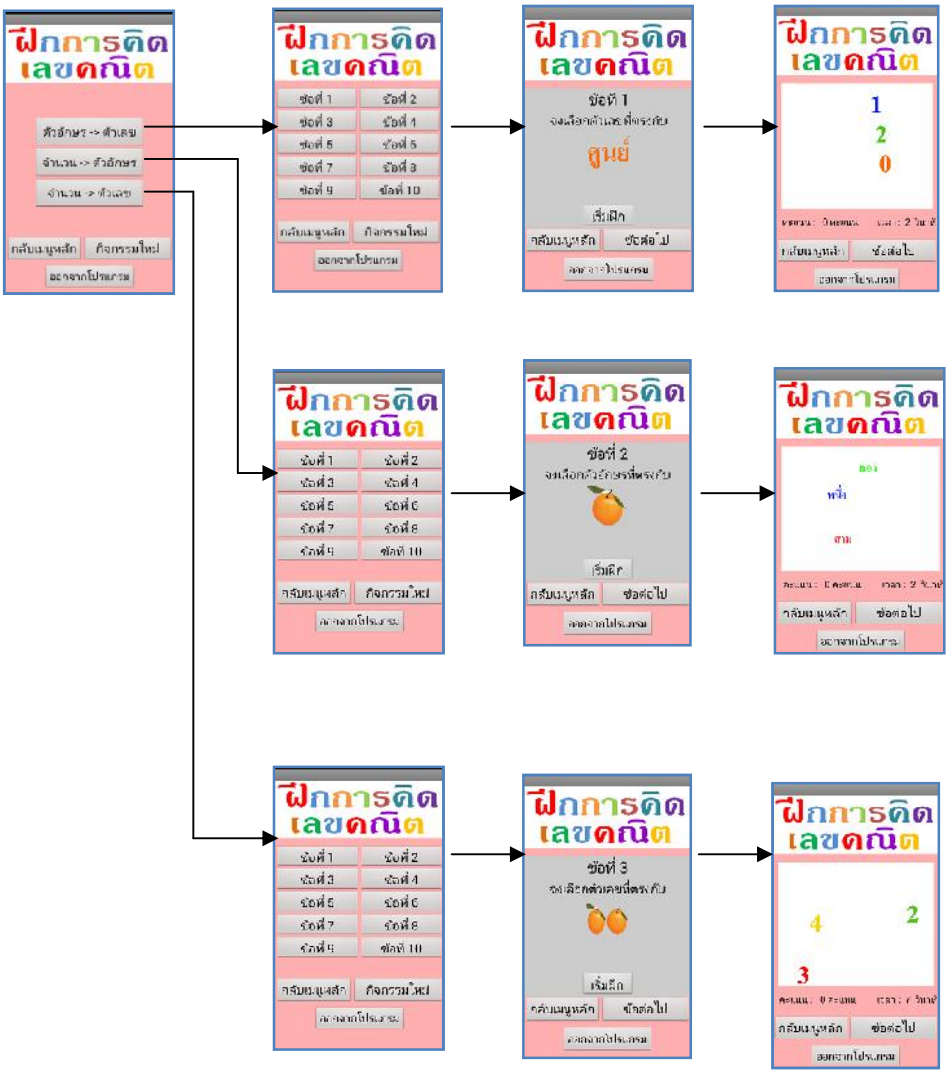
3.3.6 หน้าจอทดสอบหลังฝึก

การสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในรูปแบบ Application ทั้ง 15 กิจกรรม มีหน้าจอแสดง ดังภาพที่ 25 - 36

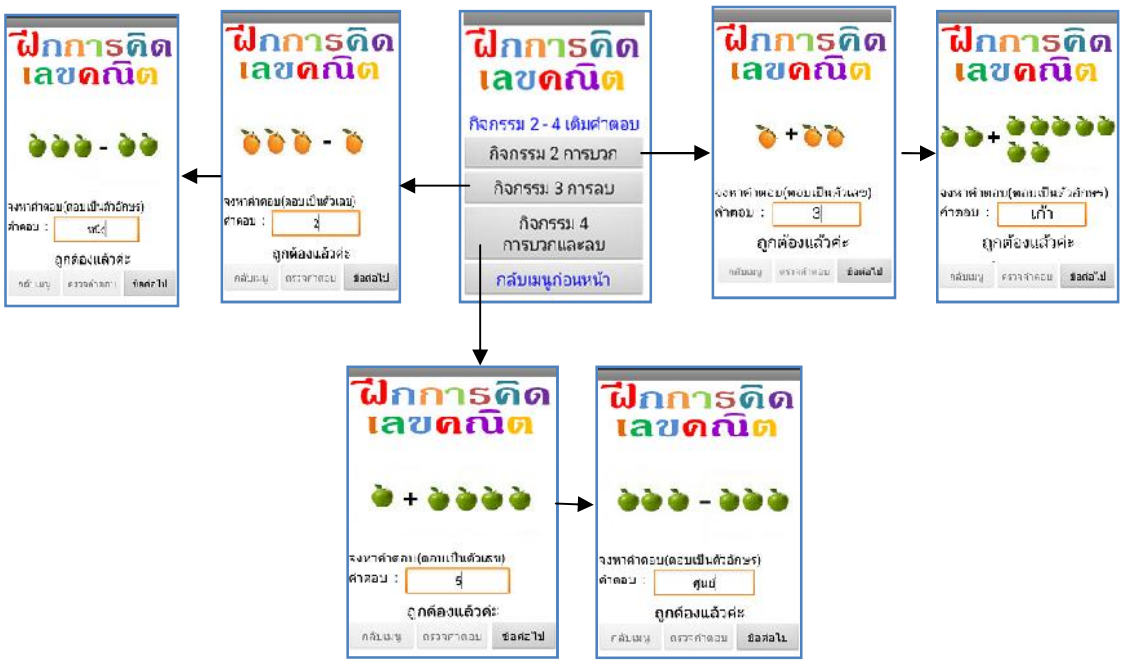


ภาพที่ 25 หน้าจอเมนูหลักทั้ง 5 ส่วนของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

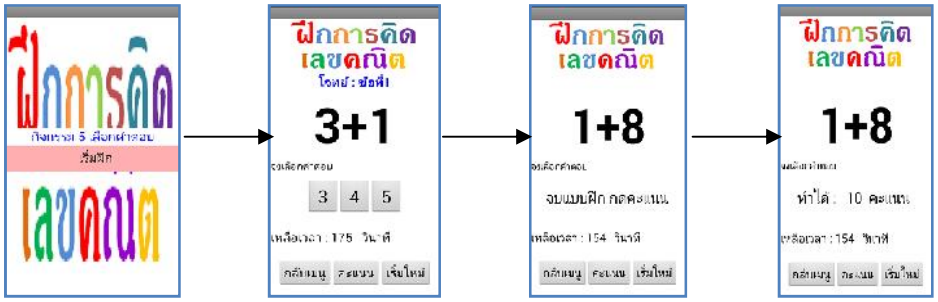
ภาพที่ 26 ผังการทำงานของเมนูทดสอบก่อนฝึก



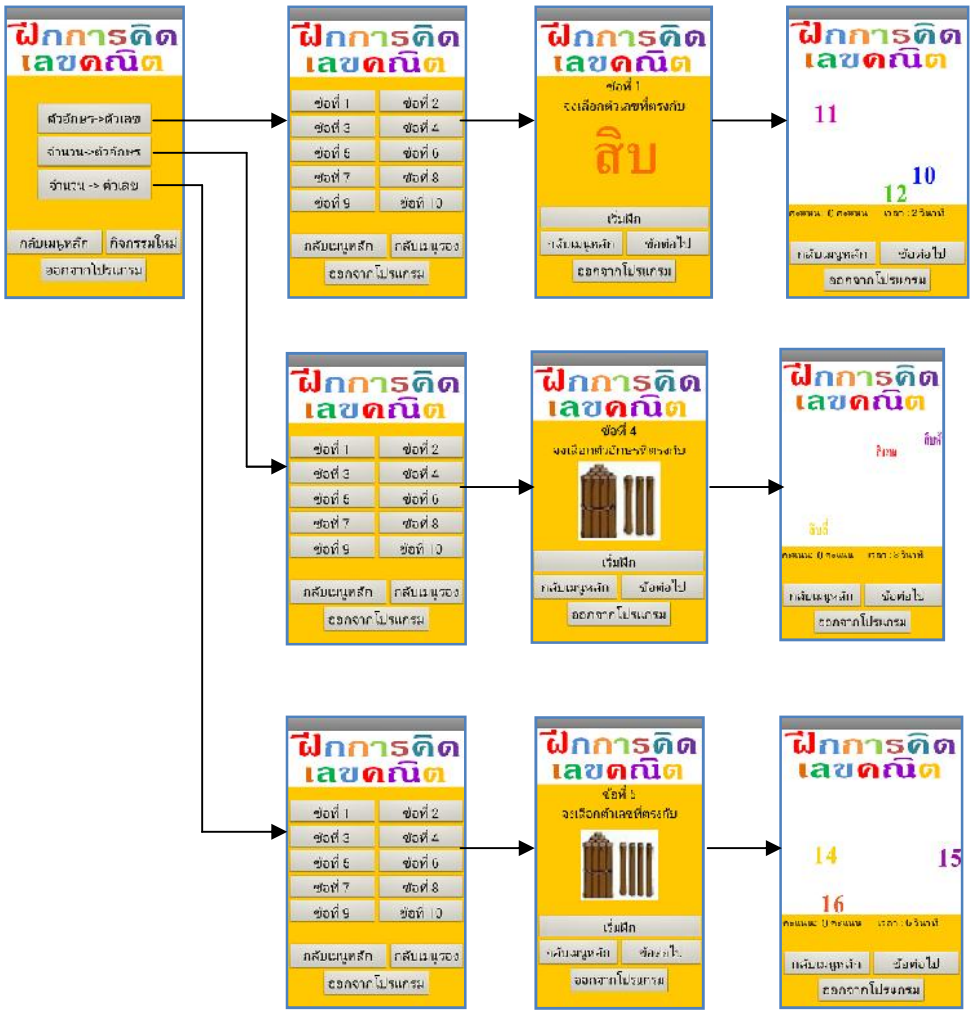
ภาพที่ 27 ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร



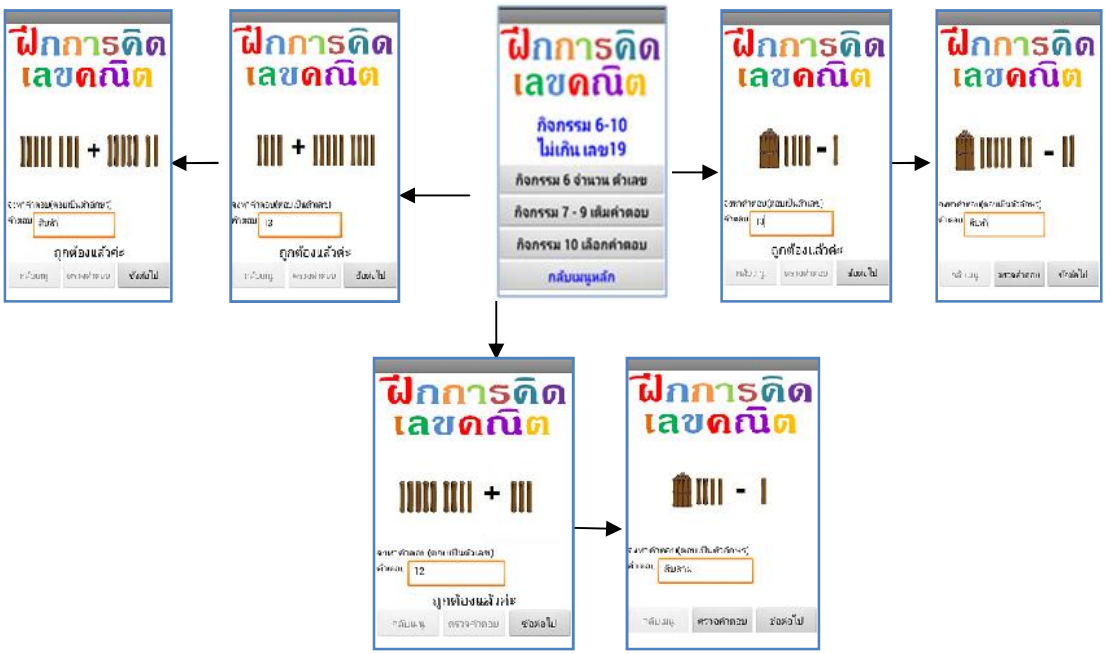
ภาพที่ 28 ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 2 – 4 เติมคำตอบ



ภาพที่ 29 ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 5 เลือกคำตอบ

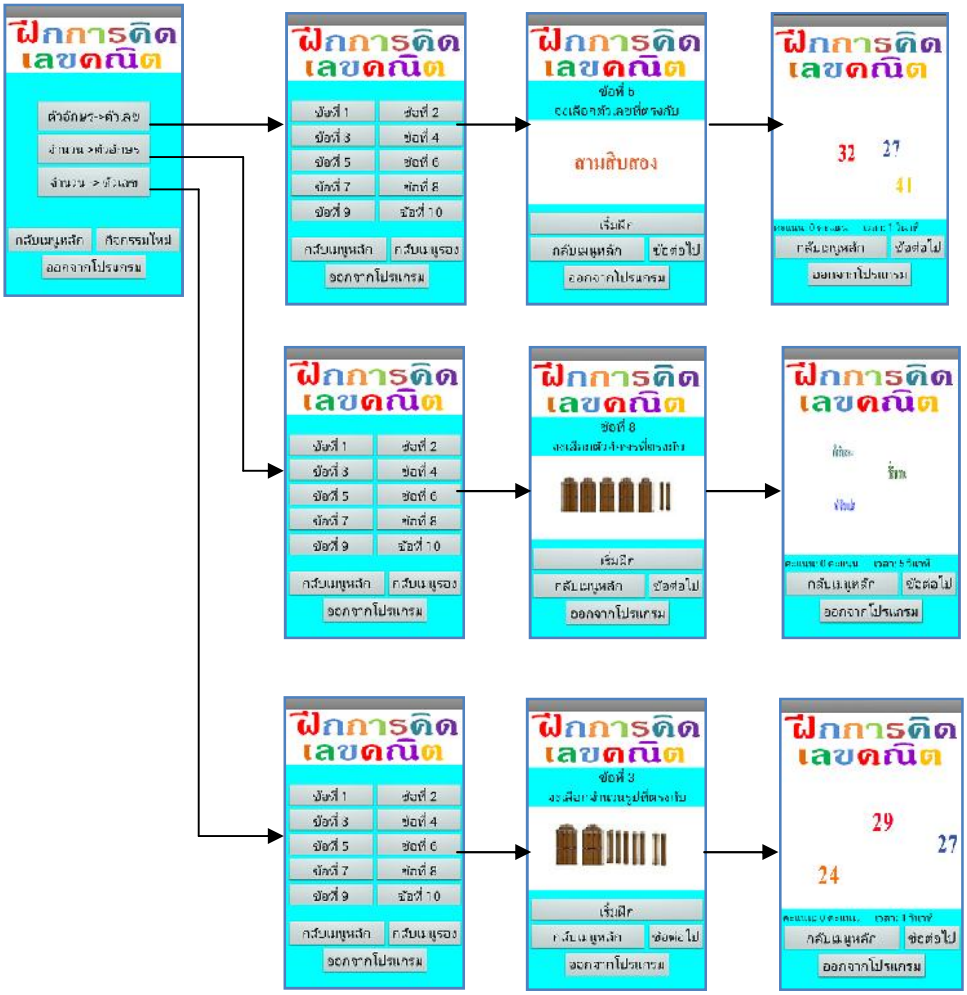


ภาพที่ 30 ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 6 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร

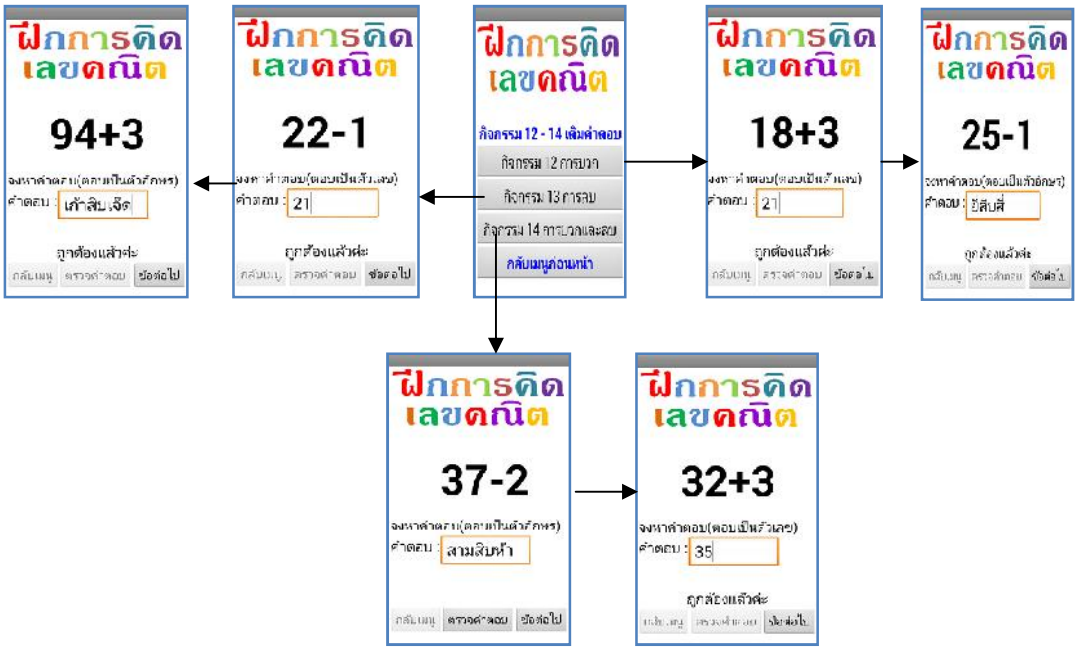


ภาพที่ 31 ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 7 – 9 เติมคำตอบ

ภาพที่ 32 ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 10 เลือกคำตอบ



ภาพที่ 33 ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 11 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร



ภาพที่ 34 ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 12 - 14 เติมคำตอบ

ภาพที่ 35 ผังการทำงานของเมนูกิจกรรมที่ 15 เลือกคำตอบ

ภาพที่ 36 ผังการทำงานของเมนูทดสอบก่อนฝึก

3.4 การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม เป็นขั้นตอนการตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้นทำงานถูกต้องตรงตามความต้องการของผู้ใช้ หรือตรงตามลักษณะการใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นหรือไม่ เป็นการทดสอบความผิดพลาด (Errors) ที่อาจเกิดขึ้นได้จากการเขียนโปรแกรม เช่น Syntax Error ความผิดพลาดที่เกิดจากการใช้คำสั่งผิดรูปแบบที่ภาษานั้นกำหนด เช่น การลืมประกาศตัวแปร การเขียนคำสั่งผิด ความผิดพลาดที่เกิดจากการที่โปรแกรมทำงานผิดไปจากขั้นตอนที่ควรจะเป็น เช่น การตรวจสอบเงื่อนไขผิดไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ คำนวณค่าได้คำตอบไม่ถูกต้อง หรือ ทำงานผิดลำดับขั้นตอน และ System Design Error ความผิดพลาดที่เกิดจากการที่โปรแกรมทำงานได้ไม่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้

ขั้นที่ 3 ทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 5 คน เพื่อหาข้อค้นพบ และนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 10 คน เพื่อนำข้อมูลมาสร้างโปรแกรม

จากหลักการของ ADDIE Model ขั้นตอน 4 ขั้นทดลองใช้ (I: Implementation) เป็นการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) จังหวัดจันทบุรี ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของเนื้อหาและความเข้าใจในการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตบนอุปกรณ์กระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทดลองใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตกับนักเรียนรายบุคคล ซึ่งมีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5คน เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2557 โดยให้นักเรียนทดลองใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 บนอุปกรณ์กระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อหาข้อบกพร่องของแอปพลิเคชั่น โดยการสังเกตและซักถามจากนักเรียน และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามปัญหาที่พบจริงจากการทดลองใช้

ขั้นตอนที่ 2 ทดลองใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตกับนักเรียนรายกลุ่มทดลองโดยใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตกับนักเรียน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2557 ให้นักเรียนแต่ละคนทดลองใช้โปรแกรมฝึก

การคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 บนอุปกรณ์กระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ในการทดลองครั้งที่ 1 เพื่อหาข้อบกพร่องของแอปพลิเคชั่น แนวโน้มการใช้งานกับกลุ่มใหญ่ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามปัญหาที่พบจริงจากการทดลองใช้ เพื่อจัดทำคู่มือการใช้งานต่อไป

การจัดทำคู่มือการใช้งาน (User's Manual)

เมื่อทดสอบและปรับปรุงจุดบกพร่องของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาเสร็จ จึงจัดทำคู่มือการใช้งาน ซึ่งอธิบายถึงวิธีการใช้งานอย่างละเอียด โดยแสดงตัวอย่างหน้าจอการใช้งาน พร้อมทั้งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากโปรแกรมประกอบคำอธิบาย สำหรับผู้ใช้งาน และผู้ดูแลระบบที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้คู่มือเป็นแนวทางในการใช้งานโปรแกรมได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

ขั้นที่ 4 นำโปรแกรมการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ

อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) ด้านการดำเนินการตามขั้นตอนของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ กำหนดเวลา ขั้นตอนการทำกิจกรรม และการประเมินผลกิจกรรมความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับเนื้อหา กิจกรรมความน่าสนใจ ส่งเสริมให้นักเรียนกระตือรือร้นในการฝึกกิจกรรม ความสามารถปฏิบัติได้ง่ายกิจกรรมความเหมาะสมกับระยะเวลา กิจกรรมเรียงลำดับจากง่ายไปสู่ยาก ความเป็นไปได้ในการปฏิบัติกิจกรรม และกิจกรรมเหมาะสมกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2) ด้านการออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย ตัวอักษร (ขนาดตัวอักษร) รูปแบบตัวอักษรชนิดของตัวอักษรสีของตัวอักษร ภาพสื่อความหมาย สี (ความชัดเจนของตัวอักษร ตัวเลขและภาพและความสวยงาม สบายตา ดึงดูดความสนใจ

3) ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วยใช้งานง่ายและสะดวก ความเหมาะสมกับการใช้งานและความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา

4) ด้านภาพรวมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมภาษาที่ใช้อ่านแล้วเข้าใจง่ายภาพประกอบชัดเจนภาพประกอบเหมาะสม

5) คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตประกอบด้วย ใช้งานง่ายและสะดวกความเหมาะสมกับการใช้งานและความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ตรวจสอบความถูกต้องด้านต่าง ๆ

จากหลักการของ ADDIE Model ขั้นตอน 5 ขั้นประเมินผล (E: Evaluation) ในส่วนการประเมินผลรูปแบบ (Formative) โปรแกรม แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. การประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นขั้นที่ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านเนื้อหาและความ

เหมาะสมด้านการใช้งาน แบบประเมินมีลักษณะเป็นมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบ Likert Scale แบ่งออกเป็น 5 ระดับให้เลือกตอบโดยนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ด้านการดำเนินการตามขั้นตอนของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

1.2 ด้านการออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

1.3 ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

1.4 ด้านภาพรวมโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

1.5 คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต จำนวน 3 คน ดังนี้

1. ดร.กนก พานทอง อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

2. ดร.ปรัชญา แก้วแก่น อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

3. ดร.ยรรยง พันธ์สวัสดิ์ อาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

การประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ใช้มาตราส่วนการประเมินค่า 5 ระดับ โดยนำผลประเมินรายข้อมาคำนวณค่าเฉลี่ย และเทียบกับเกณฑ์การประเมินดังนี้

เหมาะสมในระดับมากที่สุด	ให้คะแนน	5
เหมาะสมในระดับมาก	ให้คะแนน	4
เหมาะสมในระดับปานกลาง	ให้คะแนน	3
เหมาะสมในระดับน้อย	ให้คะแนน	2
เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด	ให้คะแนน	1

เกณฑ์แปลความหมายค่าเฉลี่ย มีดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51 ถึง 5.00	หมายถึง	โปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ถึง 4.50	หมายถึง	โปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับมาก
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 ถึง 3.50	หมายถึง	โปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51 ถึง 2.50	หมายถึง	โปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 ถึง 1.50	หมายถึง	โปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ผลการพิจารณาความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยผู้เชี่ยวชาญ แบ่งในด้านต่าง ๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยผู้เชี่ยวชาญ

โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. การดำเนินการตามขั้นตอนโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต					
1.1 วัตถุประสงค์ กำหนดเวลา ขั้นตอนการทำกิจกรรม และการประเมินผลกิจกรรม	4	5	4	4.33	มาก
1.2 ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับเนื้อหา	5	5	5	5	มากที่สุด
1.3 กิจกรรมน่าสนใจ ส่งเสริมให้นักเรียนกระตือรือร้นในการฝึก	5	5	4	4.67	มากที่สุด
1.4 กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้ง่าย	4	5	4	4.33	มาก
1.5 กิจกรรมความเหมาะสมกับระยะเวลา	5	5	3	4.33	มาก
1.6 กิจกรรมเรียงลำดับจากง่ายไปสู่ยาก	5	5	4	4.67	มากที่สุด
1.7 ความเป็นไปได้ในการปฏิบัติกิจกรรม	5	5	4	4.67	มากที่สุด
1.8 กิจกรรมเหมาะสมกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	5	5	5	5	มากที่สุด
2. การออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต					
2.1 ตัวอักษร					
2.1.1 ขนาดตัวอักษร	4	5	4	4.33	มาก
2.1.2 รูปแบบตัวอักษร	5	5	4	4.67	มากที่สุด
2.1.3 ชนิดของตัวอักษร	5	4	4	4.33	มาก
2.1.4 สีของตัวอักษร	5	4	3	4	มาก
2.2 ภาพสื่อความหมาย	5	4	4	4.33	มาก
2.3 สี					
2.3.1 ความชัดเจนของตัวอักษร ตัวเลข และภาพ	4	4	4	4	มาก
2.3.2 ความสวยงาม สบายตา ดึงดูดความสนใจ	5	4	4	4.33	มาก
3. ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต					
3.1 ใช้งานง่ายและสะดวก	4	5	4	4.33	มาก

ตารางที่ 2 (ต่อ)

โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
3.2 ความเหมาะสมกับการใช้งาน	5	5	4	4.67	มากที่สุด
3.3 ความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา	4	4	4	4	มาก
4. ภาพรวมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต					
4.1 ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรม	5	5	5	5	มากที่สุด
4.2 ภาษาที่ใช้อ่านแล้วเข้าใจง่าย	4	5	4	4.33	มาก
4.3 ภาพประกอบชัดเจน	4	3	4	3.67	มาก
4.4 ภาพประกอบที่เหมาะสม	4	4	4	4	มาก
5. คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต					
5.1 ใช้งานง่ายและสะดวก	4	5	4	4.33	มาก
5.2 ความเหมาะสมกับการใช้งาน	5	5	4	4.67	มากที่สุด
5.3 ความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา	4	4	4	4	มาก

จากตารางที่ 2 การตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย 5 ด้าน ดังนี้

1) ด้านการดำเนินการตามขั้นตอนของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ กำหนดเวลา ขั้นตอนการทำกิจกรรม และการประเมินผลกิจกรรมมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.33) ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับเนื้อหา มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด (M = 5) กิจกรรมความน่าสนใจ ส่งเสริมให้นักเรียนกระตือรือร้นในการฝึกมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด (M = 4.67) กิจกรรมความสามารถปฏิบัติได้ง่ายมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.33) กิจกรรมความเหมาะสมกับระยะเวลา มีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.33)กิจกรรมเรียงลำดับจากง่ายไปสู่ยาก มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด (M = 4.67) ความเป็นไปได้ในการปฏิบัติกิจกรรมมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด (M = 4.67) และกิจกรรมเหมาะสมกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด (M = 5)

2) ด้านการออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย ตัวอักษร (ขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.33) รูปแบบตัวอักษร มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด (M = 4.67) ชนิดของตัวอักษร มีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.33) สีของตัวอักษร มีความเหมาะสม

ระดับมาก (*M* = 4) ภาพสื่อความหมาย มีความเหมาะสมระดับมาก (*M* = 4.33) สี (ความชัดเจนของตัวอักษร ตัวเลขและภาพมีความเหมาะสมระดับมาก (*M* = 4) และความสวยงาม สบายตา ดึงดูดความสนใจมีความเหมาะสมระดับมาก (*M* = 4.33)

3) ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วยใช้งานง่ายและสะดวก มีความเหมาะสมระดับมาก (*M* = 4.33) ความเหมาะสมกับการใช้งานมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด (*M* = 4.67) และความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา มีความเหมาะสมระดับมาก (*M* = 4)

4) ด้านภาพรวมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด (*M* = 5) ภาษาที่ใช้อ่านแล้วเข้าใจง่ายมีความเหมาะสมระดับมาก (*M* = 4.33) ภาพประกอบชัดเจนมีความเหมาะสมระดับมาก (*M* = 3.67) ภาพประกอบเหมาะสม มีความเหมาะสมระดับมาก (*M* = 4)

5) คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตประกอบด้วย ใช้งานง่ายและสะดวกมีความเหมาะสมระดับมาก (*M* = 4.33) ความเหมาะสมกับการใช้งานมีความเหมาะสมระดับมาก (*M* = 4.67) และความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา มีความเหมาะสมระดับมาก (*M* = 4)

2. การประเมินผลโดยผู้ใช้งาน

การประเมินผลโดยผู้ใช้งาน เป็นการประเมินความคิดเห็นในด้านความสะดวก

ในการนำไปใช้ และด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม นักเรียนซึ่งมีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30คน เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2557 ให้นักเรียนแต่ละคนทดลองใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1โดยใช้แบบประเมินผลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ในลักษณะมาตรประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

เหมาะสมในระดับมากที่สุด	ให้คะแนน	5
เหมาะสมในระดับมาก	ให้คะแนน	4
เหมาะสมในระดับปานกลาง	ให้คะแนน	3
เหมาะสมในระดับน้อย	ให้คะแนน	2
เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด	ให้คะแนน	1

เกณฑ์แปลความหมายค่าเฉลี่ย มีดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51 ถึง 5.00	หมายถึง	โปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ถึง 4.50	หมายถึง	โปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับมาก
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 ถึง 3.50	หมายถึง	โปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51 ถึง 2.50	หมายถึง	โปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 ถึง 1.50	หมายถึง	โปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ผลการพิจารณาความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยผู้ใช้งาน แบ่งในด้านต่าง ๆ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยผู้ใช้งาน

โปรแกรมการฝึกการคิดเลขคณิต	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
1. ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมการฝึกการคิดเลขคณิต		
1.1 ใช้งานง่ายและสะดวก	4.33	มาก
1.2 ความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.33	มาก
1.3 ความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา	4	มาก
2. ภาพรวมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต		
2.1 ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรม	4.33	มาก
2.2 ภาษาที่ใช้อ่านแล้วเข้าใจง่าย	4.33	มาก
2.3 ภาพประกอบชัดเจน	4	มาก
2.4 ภาพประกอบเหมาะสม	4	มาก
3. คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต		
3.1 ใช้งานง่ายและสะดวก	4.33	มาก
3.2 ความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.33	มาก
3.3 ความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา	4	มาก

จากตารางที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

1) ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วยใช้งานง่ายและสะดวกมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.33) ความเหมาะสมกับการใช้งานมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.33) และความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหามีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4)

2) ด้านภาพรวมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.33) ภาษาที่ใช้อ่านแล้วเข้าใจง่ายมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.33) ภาพประกอบชัดเจนมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4) และภาพประกอบเหมาะสมมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4)

3) คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตประกอบด้วยใช้งานง่ายและสะดวกมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.33) ความเหมาะสมกับการใช้งานมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.33) และความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหามีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4)

ขั้นที่ 6 แก้ไขปรับปรุงโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

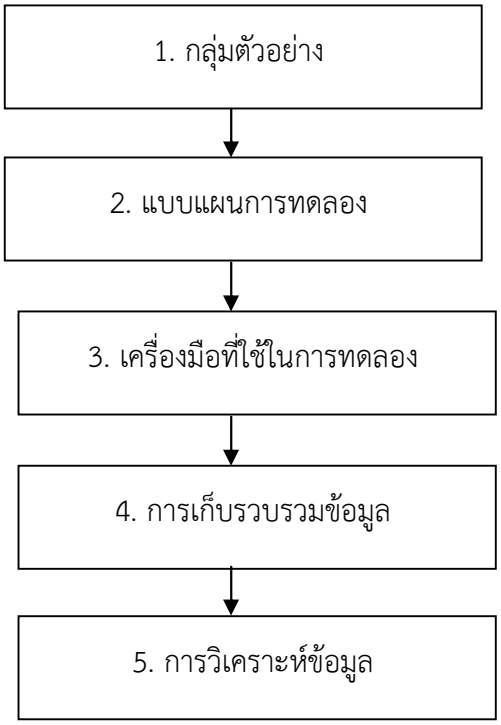
ผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำควรทำตัวอักษรให้มีขนาดใหญ่ ชัดเจน สีเข้ม อ่านง่ายเพราะนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ยังอ่านไม่คล่อง ใช้สีสดใส ภาพควรเป็นผลไม้ให้นักเรียนคุ้นเคยและสะดวกในการนับ ควรมีภาพที่ไม่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมให้น้อยเพราะจะดึงความสนใจทำให้นักเรียนไม่ใส่กับกิจกรรม ลดเสียงประกอบที่ทำให้ตื่นเต้นให้น้อยลงเพราะเสียงอาจส่งผลต่อการจดจำ

ขั้นที่ 7 นำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่ปรับปรุงแก้ไข ไปศึกษากับรักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบประสิทธิผลของโปรแกรม ฯ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

การนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตไปทดลองใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตกับนักเรียนกลุ่มใหญ่ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2557 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่วันที่ 20 พฤษภาคม ถึง 15 มิถุนายน 2557 ให้นักเรียนแต่ละคนทดลองใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 บนอุปกรณ์กระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วในการประเมินผลรูปแบบ เพื่อหาข้อบกพร่องของแอปพลิเคชั่น แนวโน้มการใช้งานกับกลุ่มทดลองจริง นำมาปรับปรุงแก้ไขตามปัญหาที่พบจริงจากการทดลองใช้

ตอนที่ 2 การศึกษาผลการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 1

นำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่พัฒนาขึ้นและผ่านการทดลองใช้แล้ว มาใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เพื่อศึกษาผลของโปรแกรม โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น ดำเนินการทดลอง ตามแบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and Posttest Control Group Design) (Edmonds & Kennedy, 2013, p. 27) มีขั้นตอนการศึกษาการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 1 ดังภาพที่ 37



ภาพที่ 37 ขั้นตอนการศึกษาผลการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 1

ขั้นตอนการศึกษาผลการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 1 มีรายละเอียด ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) คัดเลือกนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มอย่างง่าย มา 2 ห้อง จัดนักเรียน 1 ห้องเป็นกลุ่มทดลอง และ 1 ห้องเป็นกลุ่มควบคุม โดยพิจารณาจากแฟ้มประวัติ แฟ้มสุขภาพ เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusions Criteria) เกณฑ์การคัดออก (Exclusions Criteria) และเกณฑ์การยุติการร่วมทดลอง (Withdraw Criteria) ดังนี้

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria) ได้แก่

1) สัญชาติไทย

2) อายุ 6 – 8 ปี

3) สุขภาพแข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัว การมองเห็น การได้ยินปกติ

4) ไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึกการทำงานของความจำขณะทำงาน

5) ทำแบบทดสอบการทำงานความจำขณะทำงานมีผลการทำงานเป็นปกติ ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

6) ยินยอมเข้าร่วมการทดลองด้วยความสมัครใจ

เกณฑ์การคัดออก (Exclusions Criteria) ได้แก่

1) สุขภาพไม่แข็งแรง มีโรคประจำตัว มีปัญหาการมองเห็นและการได้ยิน

2) เคยเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึกการทำงานของความจำขณะทำงาน

3) ทำแบบทดสอบการทำงานความจำขณะทำงานไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

เกณฑ์การยุติการร่วมทดลอง (Withdraw Criteria) ได้แก่

1) เข้าร่วมการทดลองไม่ครบตามกำหนด

2) ขอถอนตัวไม่เข้าร่วมการทดลอง

3) เจ็บป่วยขณะเข้าร่วมการทดลอง

กลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ข้างต้นที่เป็นจำนวนขนาดตัวอย่างที่เพียงพอในการวิจัยเชิงทดลองควรมีอย่างน้อย 15 คนต่อกลุ่ม (McMillan & Schumacher, 2010, p. 142) จากการสุ่มอย่างง่ายมา 2 ห้อง ได้กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึก จำนวน 35 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึก จำนวน 35 คน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการทดลอง

กิจกรรม	กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน
ได้รับการฝึก	กลุ่มทดลอง	35
ไม่ได้รับการฝึก	กลุ่มควบคุม	35

2. แบบแผนการทดลอง

ดำเนินการทดลอง ตามแบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and Posttest Control Group Design) (Edmonds & Kennedy, 2013, p. 27) โดยกลุ่มทดลองรับตัวแปรจัดกระทำ คือ การฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น และกลุ่มควบคุมรับตัวแปรจัดกระทำ คือ การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ตามปกติ มีแบบแผนการทดลองดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง

กลุ่ม	วัดก่อนทดลอง	สิ่งทดลอง	วัดหลังการทดลอง
E	O_1	X	O_2
C	O_1	~X	O_2

จากตารางที่ 5 เมื่อ

E แทน กลุ่มทดลอง

C แทน กลุ่มควบคุม

X แทน การใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น

~X แทน การไม่ใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น

O_1 แทน การวัดความจำขณะทำงานก่อนการทดลอง

O_2 แทน การวัดความจำขณะทำงานหลังการทดลอง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้ แก่

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้ แก่

3.1.1 โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่พัฒนาขึ้นและผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

3.1.1.1 ส่วนทดสอบ ประกอบด้วยแบบทดสอบ 2 แบบ ได้แก่ แบบทดสอบก่อนฝึกและแบบทดสอบหลังฝึก

3.1.1.2 ส่วนฝึกปฏิบัติ ประกอบด้วย 15 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 2 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 3 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 4 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 5 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง กิจกรรมที่ 6 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิก และ ชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 7 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 8 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 9 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 10 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 ให้คล่อง กิจกรรมที่ 11 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 12 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 13 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 14 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 และกิจกรรมที่ 15 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 ให้คล่อง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมเก็บข้อมูล ได้แก่

3.2.1 แบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ (Automated Working Memory Assessment: AWMA) เป็นแบบประเมินที่เป็นมาตรฐาน ทดสอบผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ เป็นแบบถามตอบ ของ Dr Tracy Packiam Alloway ปี ค.ศ. 2007 สถานที่ติดต่อ Pearson Assessment, Halley Court, Jordan Hill, Oxford, OX2 8EJ, United Kingdom ประกอบด้วย 12 แบบทดสอบ (รายละเอียดแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติแสดงในภาคผนวก ค) ได้แก่

แบบทดสอบที่ 1 การระลึกได้เกี่ยวกับตัวเลข (Digit Recall) ผู้ทดสอบได้รับฟังตัวเลขตามลำดับ เมื่อสิ้นเสียงให้ผู้ทดสอบทวนตัวเลขเหล่านั้นอีกครั้งตามลำดับที่ถูกต้อง

แบบทดสอบที่ 2 จุดบนตารางจัตุรัส (Dot Matrix) ผู้ทดสอบจะเห็นจุดสีแดงในชุดตารางเมตริกซ์ 4 × 4 มีเวลากำหนด 4 วินาที จากนั้นผู้เข้าทดสอบต้องจำตำแหน่งที่ถูกต้องบนหน้าจอคอมพิวเตอร์แล้วชี้ตำแหน่งจุดสีแดงที่ปรากฏ

แบบทดสอบที่ 3 การระลึกได้เกี่ยวกับการฟัง (Listening Recall) ผู้ทดสอบรับฟังประโยคแล้วตอบว่าประโยคที่รับฟังถูกหรือผิดตามความเป็นจริง แล้วให้จำคำสุดท้ายของประโยคที่ได้ยินตามลำดับที่ถูกต้อง

แบบทดสอบที่ 4 แยกสิ่งที่ต่างออกไป (Odd – One - Out) ผู้ทดสอบต้องมองรูปทรง 2 รูปทรงในแถวของกล่องหลาย ๆ ใบแล้วระบุรูปร่างที่แตกต่าง ให้จำตำแหน่งรูปร่างที่แตกต่างตามลำดับอย่างถูกต้อง

แบบทดสอบที่ 5 การระลึกได้เกี่ยวกับคำที่มีความหมาย (Word Recall) ผู้ทดสอบได้ยินคำที่มีความหมาย ให้ผู้เข้าทดสอบทวนคำตามลำดับที่ถูกต้อง

แบบทดสอบที่ 6 ความจำเขาวงกต (Mazes Memory) ผู้ทดสอบเห็นเส้นทางสีแดงที่คนในเขาวงกตเดิน ผู้ทดสอบตอบโดยใช้นิ้วมือลากเส้นทางที่เห็นภายใน 3 วินาที

แบบทดสอบที่ 7 การระลึกได้เกี่ยวกับการนับ (Counting Recall) ผู้ทดสอบนับจำนวนวงกลมสีแดงหรือสามเหลี่ยมสีน้ำเงิน ให้จำจำนวนตามลำดับ

แบบทดสอบที่ 8 นายเอ็กซ์ (Mr. X) ผู้ทดสอบเห็นรูปภาพนายเอ็กซ์เป็นตัวการ์ตูน 2 ตัว ที่คนหนึ่งสวมหมวกสีฟ้า อีกคนสวมหมวกสีเหลืองถือลูกบอลในตำแหน่งต่าง ๆ สุดท้ายของแบบทดสอบต้องจำลูกบอลที่ถือโดยนายเอ็กซ์ที่สวมหมวกสีฟ้า ให้ชี้ที่รูปภาพ มี 8 ทิศทาง ความซับซ้อนเกิดจากการหมุนนายเอ็กซ์ที่สวมหมวกสีฟ้า

แบบทดสอบที่ 9 การระลึกได้เกี่ยวกับคำที่ไม่มีความหมาย (Nonword Recall) ผู้ทดสอบได้ยินคำที่ไม่มีความหมาย ให้ผู้เข้าทดสอบทวนคำตามลำดับที่ถูกต้อง

แบบทดสอบที่ 10 การระลึกได้เกี่ยวกับลูกบาศก์ (Block Recall) ผู้ทดสอบเห็นลูกบาศก์ทั้งหมด 9 ลูก มีลูกศรเลื่อนมายังตำแหน่งที่กำหนด ผู้เข้าทดสอบจำตำแหน่งแล้วชี้ที่ลูกบาศก์ให้ถูกต้องตามลำดับ

แบบทดสอบที่ 11 การระลึกได้เกี่ยวกับตัวเลขย้อนกลับ (Backwards Digit) ผู้ทดสอบได้รับฟังตัวเลขตามลำดับ เมื่อสิ้นเสียงให้ผู้ทดสอบทวนตัวเลขเหล่านั้นอีกครั้งตามลำดับที่ถูกต้อง

แบบทดสอบที่ 12 Spatial Span ผู้ทดสอบต้องจำตำแหน่งจุดสีแดงจากวัตถุที่เห็นโดยชี้ไปที่ภาพที่กำหนดจุด 3 ตำแหน่ง

นำแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2557 ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียน 30 คน เพื่อหาขั้นตอนการดำเนินการสอบของแบบทดสอบผลของการทดลองใช้แบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ ในการทดสอบต้องอธิบายขั้นตอนการตอบให้ละเอียดและให้นักเรียนลองตอบคำถามตามโปรแกรม ถ้านักเรียนยังทำตามขั้นตอนไม่คล่องควรทวนวิธีการตอบให้เข้าใจ เพราะเป็นโปรแกรมอัตโนมัติถ้าระหว่างทดสอบหยุดชะงัก หรือผิดขั้นตอนต้องเริ่มใหม่ผู้เข้าทดสอบต้องทดสอบกับข้อคำถามเดิมหลายรอบ ย่อมส่งผลต่อการประเมิน

3.2.2 แบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิตโดยใช้ตัวเลข 2 หลัก เป็นแบบเติมคำตอบ ใช้ทดสอบกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่ม และวัดความสามารถด้านเลขคณิตมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.2.2.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิตจากเอกสารทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.2.2.2 วิเคราะห์เนื้อหาเลขคณิต เรื่องการบวกและลบเลข 2 หลัก จากแบบทดสอบของ Jackson and Coney (2005, p. 64) เพื่อสร้างแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิตจำนวน 40 ข้อ เป็นเรื่องการบวก 20 ข้อ และการลบ 20 ข้อ การบวกแบ่งเป็นการบวกที่มีการทดจากหลักหน่วยและไม่มีการทดอย่างละ 20 ข้อ การลบแบ่งเป็นการลบที่ไม่มีการกระจาย และมีการกระจายอย่างละ 20 ข้อ โดยใช้เกณฑ์การแบ่งตัวเลขตาม Deschuyteneer (2005, p. 77) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ตัวเลขในการสร้างข้อสอบตัวเลขสองหลัก

หลักสิบ								หลักหน่วย							
เลขน้อยกว่า 5								เลขน้อยกว่า 5							
1		2		3		4		1		2		3		4	
11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44
เลขน้อยกว่า 5								เลขมากกว่า 5							
1		2		3		4		6		7		8		9	
16	17	18	19	26	27	28	29	36	37	38	39	46	47	48	49
เลขมากกว่า 5								เลขน้อยกว่า 5							
6		7		8		9		1		2		3		4	
61	62	63	64	71	72	73	74	81	82	83	84	91	92	93	94
หลักสิบ								หลักหน่วย							
เลขมากกว่า 5								เลขมากกว่า 5							
6		7		8		9		6		7		8		9	
66	67	68	69	76	77	78	79	86	87	88	89	96	97	98	99

3.2.2.3 สร้างแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิตให้ครอบคลุมตามการวิเคราะห์เนื้อหา จำนวน 40 ข้อ เป็นแบบเติมคำตอบ ทำลงในกระดาษคำตอบ เกณฑ์การให้คะแนน คือตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

3.2.2.4 นำแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิตให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องวัด ความเหมาะของเวลาที่ใช้ทำแบบวัด ความยากง่ายและความเหมาะสมของคำถามและคำตอบ เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข โดยวิเคราะห์จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ (Index of Item Objective Congruence: IOC) คัดเลือกข้อสอบที่มีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่มีค่ามากกว่า .05 ขึ้นไป ได้จำนวน 40 ข้อ

3.2.2.5 นำแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิตไปทดลองใช้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 30 คน ที่เคยเรียนการบวกและ ลบเลข 2 หลักมาแล้ว

3.2.2.6 วิเคราะห์ความยากง่ายของข้อสอบ คัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.2 – 0.8 จากการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบอยู่ระหว่าง 0.53 – 0.77 (รายละเอียดการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบแสดงในภาคผนวก ข) ได้ข้อสอบจำนวน 30 ข้อ

3.2.2.7 วิเคราะห์อำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อ คัดเลือกข้อสอบ ที่มีอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 – 1.00 จากการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้ออยู่ระหว่าง 0.20 – 0.93 (รายละเอียดการวิเคราะห์ค่าวิเคราะห์อำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อแสดงในภาคผนวก ข) ได้ข้อสอบจำนวน 30 ข้อ

3.2.2.8 คัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายและอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ จำนวน 30 ข้อ แล้วหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ ได้ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ เท่ากับ 0.93 (รายละเอียดการหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ แสดงในภาคผนวก ข) นำแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิตไปสร้างในรูปแบบ Application ในโปรแกรมการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

การพิทักษ์สิทธ์กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ได้รับการตรวจสอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยของวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา เมื่อวันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2558 และกลุ่มตัวอย่างสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแนะนำตัวกับกลุ่มตัวอย่าง อธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอน วิธีการวิจัย เพื่อทำความเข้าใจกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วสอบถามความสมัครใจและให้ผู้ปกครองลงนามอนุญาตให้เข้าร่วมการวิจัย ข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ร่วมวิจัยถูกเก็บเป็นความลับ เปิดเผยเฉพาะผลสรุปของการวิจัยในภาพรวม ใช้ประโยชน์ต่อการศึกษาเชิงวิชาการเท่านั้น ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถบอกเลิกการเข้าก็ได้ร่วมวิจัยเมื่อใด

วิธีดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะก่อนการทดลอง (Initial Stage) ดำเนินการดังนี้

1.1 แนะนำตัวต่อผู้บริหารโรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) ตำบลมะขาม อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี จากหนังสือแนะนำตัวจากวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ทั้งแนบรายละเอียดของการวิจัยเพื่อประกอบการพิจารณา เพื่อขอความร่วมมือจากครูประจำชั้น ครูวิชาคณิตศาสตร์ ขอข้อมูลนักเรียน เมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ. 2558

1.2 เข้าพบนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี เพื่อนัดหมาย เมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2558

1.3 ดำเนินการประชุม เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน วิธีการวิจัย เพื่อทำความเข้าใจกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วสอบถามความสมัครใจและให้ผู้ปกครองลงนามอนุญาตให้เข้าร่วมการวิจัย

คัดเลือกนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยคัดกรองตามคุณสมบัติด้วยแบบสอบถามเพื่อประเมินการมองเห็น การได้ยินปกติและการมีสุขภาพแข็งแรงร่วมกับทะเบียนประวัติสุขภาพนักเรียนต้องไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึกการทำงานของความจำขณะทำงานมาก่อน มีความเต็มใจที่จะเข้าร่วมการทดลอง และทำแบบทดสอบการทำงานของความจำขณะทำงานมีผลการทำงานเป็นปกติ เมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2558

1.4 รวบรวมสรุปผลการคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง จากการสุ่มอย่างง่ายมา 2 ห้อง ได้กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึก จำนวน 35 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึก จำนวน 35 คน เมื่อสิ้นสุดการทดลองขนาดของกลุ่มตัวอย่างเหลือกลุ่มละ 30 คน เป็นตามเกณฑ์การยุติการร่วมทดลอง

1.5 การเตรียมผู้ช่วยวิจัย ในการวิจัย มีกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม ซึ่งต้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทั้งสองกลุ่ม เพื่อให้เกิดความทัดเทียมกันจึงให้ครูวิชาคณิตศาสตร์เป็นผู้ช่วยผู้วิจัย ในการจัดกิจกรรมการฝึกให้กลุ่มทดลอง และสอนคณิตศาสตร์ให้ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในการเตรียมผู้ช่วยวิจัย ผู้วิจัยเข้าพบครูวิชาคณิตศาสตร์เพื่อชี้แจงรายละเอียดของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดจัดทำคู่มืออุปกรณ์การฝึก และวิธีการฝึกให้ผู้ช่วยวิจัย

1.6 ประชุมนักเรียนและครู เพื่อชี้แจงรายละเอียด ข้อควรปฏิบัติในการทดลอง เพื่อให้ทุกคนมีเวลาที่เตรียมตัวก่อนทดลอง เมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 โดยนัดหมายเวลาในการดำเนินการทดลองระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2558 ถึง วันที่ 3 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

2. ระยะทดลอง (Working Stage) ดำเนินการดังนี้

2.1 ดำเนินการทดลองในห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะก่อนการฝึก ระยะฝึก และระยะหลังการฝึก

2.2 ระยะก่อนการฝึกดำเนินการทดสอบนักเรียนก่อนใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วยแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต และแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ (Automated Working Memory Assessment: AWMA) กับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม เมื่อวันที่ 1 – 5 มิถุนายน พ.ศ. 2558

2.3 ทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิต และความจำขณะทำงานก่อนฝึกระหว่างนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิต ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

เงื่อนไขการทดสอบก่อนการทดลอง	กลุ่มทดลอง (n = 35)		กลุ่มควบคุม (n = 35)	
	M	*SD*	*M*	*SD*
ความจำขณะทำงาน	95.12	2.35	88.46	3.05
ความสามารถด้านเลขคณิต	7.97	1.82	10.26	2.38

จากตารางที่ 7 สามารถแยกพิจารณา ความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง ดังนี้

ความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น เมื่อทำแบบประเมินความจำขณะทำงาน ก่อนการทดลอง ได้คะแนนเฉลี่ย 95.12 คะแนน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ทำแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ ได้คะแนนเฉลี่ย 88.46 คะแนน

ความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น เมื่อทำแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต ได้คะแนนเฉลี่ย 7.97 คะแนน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ทำทำแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต ได้คะแนนเฉลี่ย 10.26 คะแนน

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

การทดสอบ	*n*	*M*	*SD*	*t*	*p*
กลุ่มทดลอง	35	95.12	2.35	10.22	.12
กลุ่มควบคุม	35	88.46	3.05		

จากตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

หมายความว่า ความจำขณะทำงานก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน นั่นคือ นักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีความจำขณะทำงานเท่ากัน

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิต ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิต ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

การทดสอบ	*n*	*M*	*SD*	*t*	*p*
กลุ่มทดลอง	35	7.97	1.82	- 4.51	.04
กลุ่มควบคุม	35	10.26	2.38		

จากตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิต ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 หมายความว่า ความสามารถด้านเลขคณิต ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน นั่นคือ นักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีความสามารถด้านเลขคณิตเท่ากัน

2.4 ระยะฝึก แยกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองเรียนวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรและใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น ส่วนกลุ่มควบคุมให้เรียนวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตร กำหนดจำนวนชั่วโมงที่ต้องฝึกโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นจากการเคราะห์เวลาที่ใช้ในการฝึกความจำขณะทำงาน จากตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการฝึกความจำขณะทำงาน

ผู้ศึกษา	เวลาที่ใช้ในการฝึกความจำขณะทำงาน
Dehn, 2008, p. 263	อย่างน้อยสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ติดต่อกันหลายสัปดาห์
Lee, Lu, and Ko, 2007, p. 338	ใช้เวลาฝึก 1 ชั่วโมง 30 นาที สัปดาห์ละ 2 ครั้ง
Dahlin, Nyberg, Backman, and Stigsdotter-Neely, 2008, p. 725	ใช้เวลาฝึก 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 45 – 60 นาที

จากตารางที่ 10 การวิเคราะห์เวลาการฝึกความจำขณะทำงาน สรุปได้ว่าการฝึกความจำขณะทำงาน ต้องใช้เวลาอย่างน้อยสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ติดต่อกันหลายสัปดาห์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้เวลา 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 10 ชั่วโมงในการฝึก

2.5 ระยะหลังการฝึก ทดสอบนักเรียนหลังการฝึก ประกอบด้วยแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต และแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ (Automated Working Memory Assessment: AWMA) (Alloway, 2007) กับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ระยะเวลา วัน เดือน ปี การดำเนินการทดลองและสถานที่ดำเนินการทดลอง สรุปได้ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง

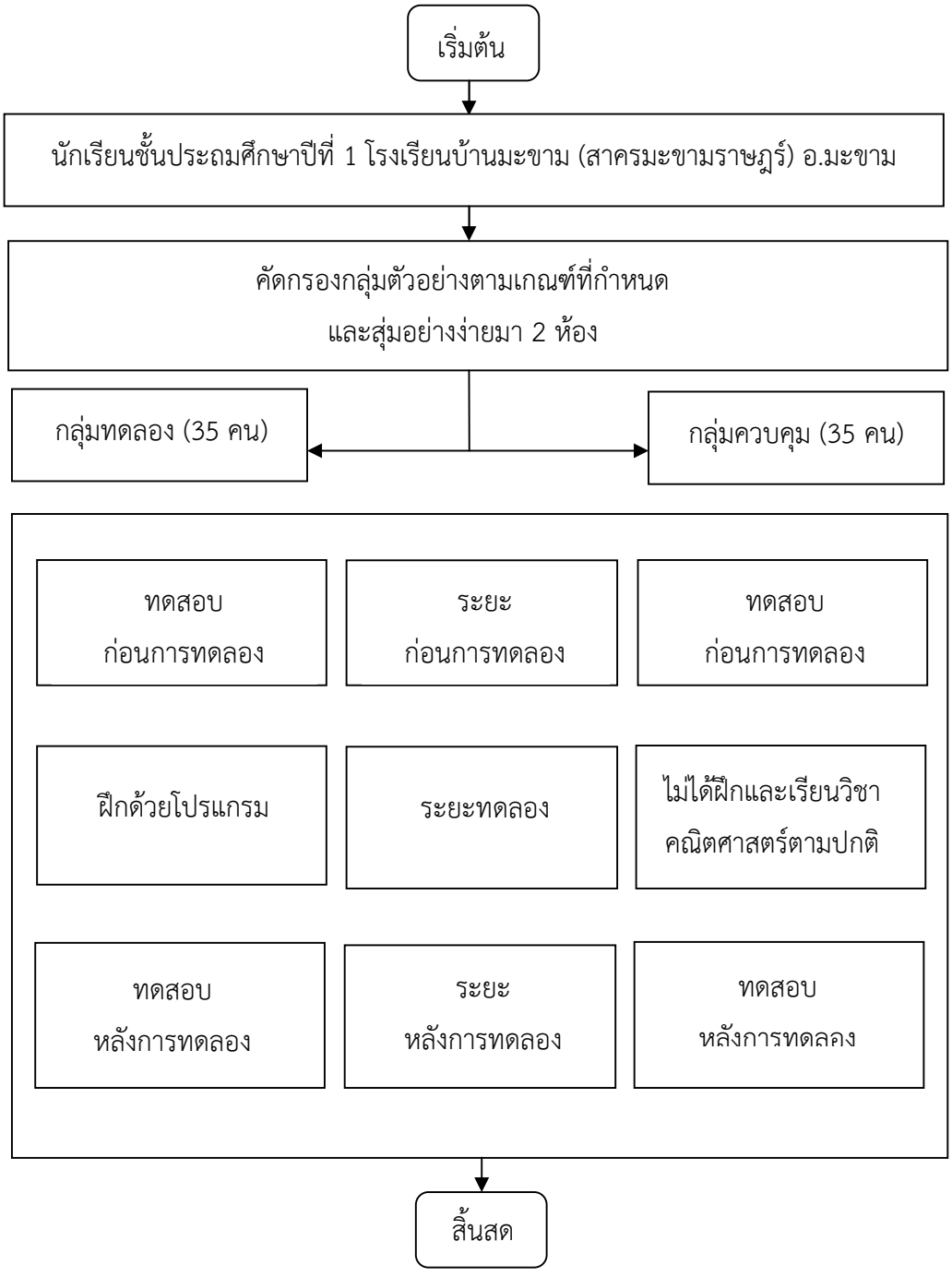
วัน/เดือน/ปี	การดำเนินการ		สถานที่ดำเนินการ
ระยะก่อนการฝึก	สัปดาห์ที่ 1		
กลุ่มควบคุม	1. ทดสอบนักเรียนด้วยแบบทดสอบ		ณ โรงเรียนบ้านมะขาม
วันที่ 1 – 3 มิ.ย. 2558	ความสามารถด้านเลขคณิต		(สาครมะขามราษฎร์)
กลุ่มทดลอง	2. ทดสอบนักเรียนด้วยแบบประเมิน		ตำบลมะขาม อำเภอมะขาม
วันที่ 4 – 5 มิ.ย. 2558	ความจำขณะทำงานอัตโนมัติ		จังหวัดจันทบุรี
ระยะฝึก สัปดาห์ที่ 2			
วันที่ 8 – 12 มิ.ย. 2558	กลุ่มควบคุม เรียนคณิตศาสตร์		
กลุ่มทดลอง			
วันที่ 8 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 1	13.30 - 15.30 น.	ณ โรงเรียนบ้านมะขาม
วันที่ 9 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 2	13.30 - 15.30 น.	(สาครมะขามราษฎร์)
วันที่ 10 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 3	13.30 - 15.30 น.	ตำบลมะขาม
วันที่ 11 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 4	13.30 - 15.30 น.	อำเภอมะขาม
วันที่ 12 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 5	13.30 - 15.30 น.	จังหวัดจันทบุรี
สัปดาห์ที่ 3			
วันที่ 15 – 19 มิ.ย. 2558	กลุ่มควบคุม เรียนคณิตศาสตร์		
กลุ่มทดลอง			
วันที่ 15 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 6	13.30-15.30 น.	ณ โรงเรียนบ้านมะขาม
วันที่ 16 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 7	13.30-15.30 น.	(สาครมะขามราษฎร์)
วันที่ 17 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 8	13.30-15.30 น.	ตำบลมะขาม
วันที่ 18 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 9	13.30-15.30 น.	อำเภอมะขาม
วันที่ 19 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 10	13.30-15.30 น.	จังหวัดจันทบุรี

ตารางที่ 11 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	การดำเนินการ	สถานที่ดำเนินการ
สัปดาห์ที่ 4		
วันที่ 22 – 26 มิ.ย. 2558	กลุ่มควบคุม เรียนคณิตศาสตร์	
กลุ่มทดลอง		
วันที่ 22 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 11 13.30 - 15.30 น.	ณ โรงเรียนบ้านมะขาม
วันที่ 23 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 12 13.30 - 15.30 น.	(สาครมะขามราษฎร์)
วันที่ 24 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 13 13.30 - 15.30 น.	ตำบลมะขาม
วันที่ 25 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 14 13.30 - 15.30 น.	อำเภอมะขาม
วันที่ 26 มิ.ย. 2558	จัดกิจกรรมที่ 15 13.30 - 15.30 น.	จังหวัดจันทบุรี
ระยะหลังการฝึก	สัปดาห์ที่ 5	
กลุ่มควบคุม	1. ทดสอบนักเรียนด้วยแบบทดสอบ	ณ โรงเรียนบ้านมะขาม
วันที่ 29 - 30 มิ.ย. 2558	ความสามารถด้านเลขคณิต	(สาครมะขามราษฎร์)
กลุ่มทดลอง	2. ทดสอบนักเรียนด้วยแบบประเมิน	ตำบลมะขาม อำเภอมะขาม
วันที่ 1 - 3 ก.ค. 2558	ความจำขณะทำงานอัตโนมัติ	จังหวัดจันทบุรี

3. ระยะหลังการทดลอง (Final Stage) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง มีขั้นตอนดังภาพที่ 38



ภาพที่ 38 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการดังนี้

5.1 รวบรวมสรุปผลการคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง เมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 โดยจากการสุ่มอย่างง่ายมา 2 ห้อง ได้กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึก จำนวน 35 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้

รับการฝึก จำนวน 35 คน เมื่อสิ้นสุดการทดลองขนาดของกลุ่มตัวอย่างเหลือกลุ่มละ 30 คน เป็นตามเกณฑ์การยุติการร่วมทดลอง (Withdraw Criteria)

5.2 ดำเนินการทดลองในห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี กับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตามกำหนดเวลาที่นัดหมาย ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 กำหนดเวลาที่นัดหมายในการทำกิจกรรม

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	เวลา	กิจกรรม
1	8 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 1 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ
2	9 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 2 บวกเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9 กับกลุ่มทดลองกลุ่ม ควบคุมเรียนตามปกติ
3	10 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 3 ลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9 กับกลุ่มทดลองกลุ่ม ควบคุมเรียนตามปกติ
4	11 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 4 บวกลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9 กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ
5	12 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 5 บวกและลบเลขด้วยไม่เกินเลข 9 กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ
6	15 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 6 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 19 กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ
7	16 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 7 บวกเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 19 กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	เวลา	กิจกรรม
8	17 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 8 ลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 19 กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ
9	18 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 9 บวกและลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 19 กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ
10	19 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 10 บวกและลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 19 ให้คล่อง 9 กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ
11	22 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 11 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 9 กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ
12	23 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 12 บวกเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 99 กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ
13	24 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 13 ลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 99 กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ
14	25 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 14 บวกและลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 99 กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ
15	26 มิ.ย. 58	13.30 - 15.30 น.	กิจกรรมที่ 15 บวกและลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 99 ให้คล่อง กับกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการทางสถิติ ดังนี้

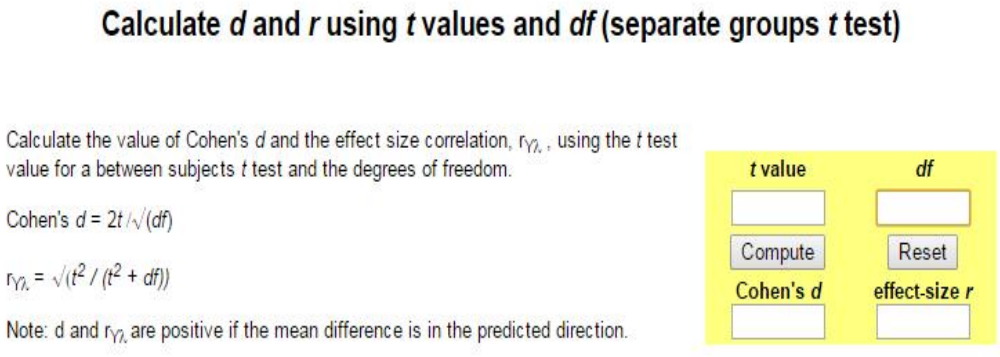
6.1 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อให้ทราบลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง ช่วงอายุและเพศใช้การแจกแจงความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) คะแนนสูงสุด (Maximum) คะแนนต่ำสุด (Minimum) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนความจำขณะทำงานและคะแนนความสามารถด้านเลขคณิต

6.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึกโดยใช้สถิติ *t* - test

6.3 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกโดยใช้สถิติ *t* - test

6.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Pearson (Pearson Product - Moment Correlation Coefficient) ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองส่วนดำเนินการด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

6.5 วิเคราะห์ขนาดอิทธิพล โดยการคำนวณ ออนไลน์ผ่าน เว็บไซต์ http://www.uccs.edu/~lbecker/ โดยการเติมสถิติ *t* - test และ *df* ที่ได้จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก ดังภาพที่ 39



ภาพที่ 39 หน้าต่างการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพล โดยการคำนวณออนไลน์ผ่านเว็บไซต์ http://www.uccs.edu/~lbecker/

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 นำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ประกอบด้วย

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ ประกอบด้วย

1. ผลการวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก

3. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก

4. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

n หมายถึง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

Max หมายถึง ค่าสูงสุดของชุดข้อมูล

Min หมายถึง ค่าต่ำสุดของชุดข้อมูล

M หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

df หมายถึง องศาอิสระ (Degrees of Freedom)

p หมายถึง ค่าความน่าจะเป็น (Probability)

t หมายถึง การทดสอบที (*t* - test)

ES หมายถึง ขนาดอิทธิพล (Effect Size)

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

ผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 แบ่งออกเป็น 2 ประเด็นดังนี้

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

1.1 ผลการกำหนดโครงสร้างของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

1.2 ผลการกำหนดรูปแบบของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

1.3 ผลการจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

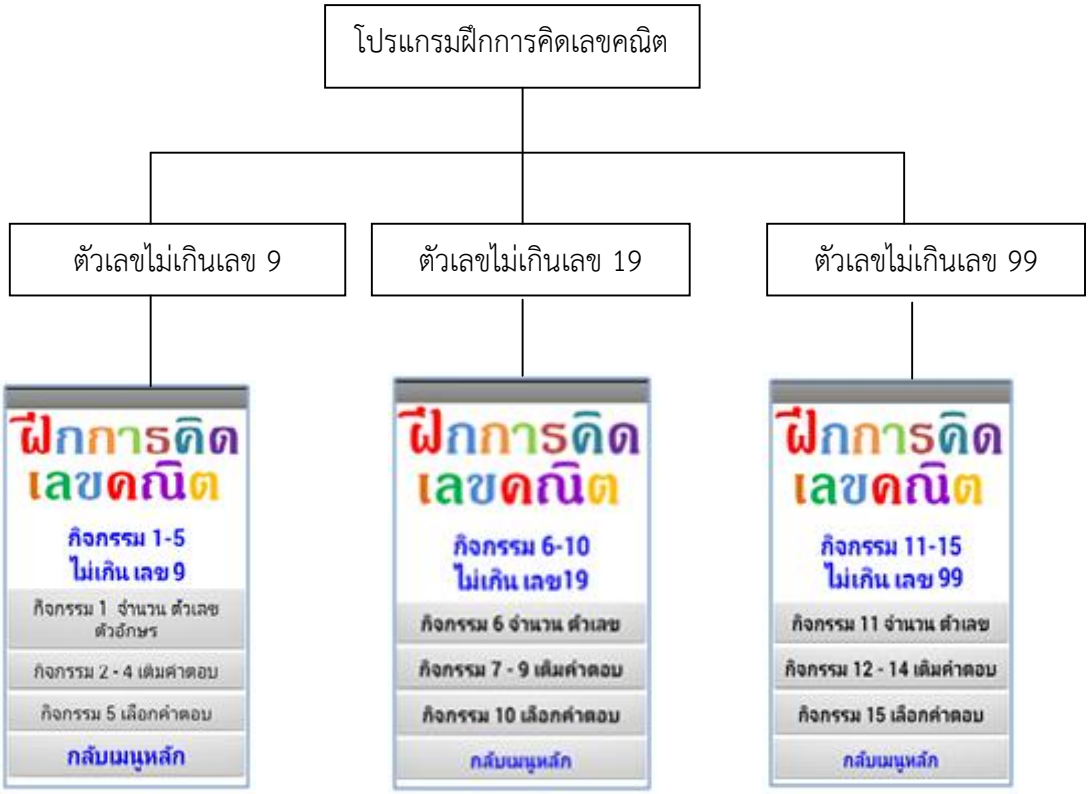
2.1 ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งาน

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

1.1 ผลการกำหนดโครงสร้างของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 แบ่งออกแบบเป็นกิจกรรม จากการวิเคราะห์สาระสำคัญของแนวคิดและทฤษฎีความจำขณะทำงาน โมเดลทริปเพิลโคด และหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จึงได้กำหนดโครงสร้างของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วยตัวเลขไม่เกินเลข 9 ตัวเลขไม่เกินเลข 19 และตัวเลขไม่เกินเลข 99 แบ่งออกเป็น 15 กิจกรรมดังภาพที่ 40



ภาพที่ 40 โครงสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

1.2 ผลการกำหนดรูปแบบของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

ผลการกำหนดรูปแบบของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เป็นดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 รูปแบบกิจกรรมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น

โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	รูปแบบกิจกรรม
กิจกรรมที่ 1 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 6 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 19 กิจกรรมที่ 11 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 99	มี 3 กิจกรรมย่อย 1) ตัวอักษร -> ตัวเลข ให้ผู้ฝึกอ่านชื่อตัวเลขแล้วฝึกเลือกตัวเลขฮินดูอารบิกที่ตรงกับชื่อที่อ่าน 2) จำนวน -> ตัวอักษร ให้ผู้ฝึกนับจำนวนแล้วฝึกเลือกชื่อตัวเลขที่ตรงกับจำนวนที่นับ 3) จำนวน -> ตัวเลข ให้ผู้ฝึกนับจำนวนแล้วฝึกเลือกตัวเลขฮินดูอารบิกที่ตรงกับจำนวนที่นับ
กิจกรรมที่ 2 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 7 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19	มีโจทย์ ให้ผู้ฝึกตอบคำตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก10 ข้อ และตอบคำตอบเป็นชื่อตัวเลข (ตัวอักษร)
กิจกรรมที่ 3 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 8 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19	มีโจทย์ ให้ผู้ฝึกตอบคำตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก10 ข้อ และตอบคำตอบเป็นชื่อตัวเลข (ตัวอักษร)
กิจกรรมที่ 4 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 9 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19	มีโจทย์ และ บวกลบสลับกันให้ผู้ฝึกตอบคำตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก10 ข้อ และตอบคำตอบเป็นชื่อตัวเลข (ตัวอักษร)
กิจกรรมที่ 12 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 13 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 14 บวกลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99	มีโจทย์ **18+3** และ **22-1** ให้ผู้ฝึกตอบคำตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก10 ข้อ และตอบคำตอบเป็นชื่อตัวเลข (ตัวอักษร)
กิจกรรมที่ 5 บวกและลบเลข ไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง กิจกรรมที่ 10 บวกและลบตัวเลข ไม่เกินเลข 19 ให้คล่อง กิจกรรมที่ 15 บวกและลบตัวเลข ไม่เกินเลข 99 ให้คล่อง	มีโจทย์ **3+1** ให้ผู้ฝึกตอบเลือกคำตอบที่กำหนดให้ ฝึกให้คล่อง จำนวน 20 ข้อ ให้เวลา 180 วินาที

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็น ลักษณะของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 แบ่งเป็น 6 กลุ่ม ประกอบด้วยกลุ่มที่ 1 กิจกรรมที่ 1จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 6 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 19 และกิจกรรมที่ 11 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 99 กลุ่มที่ 2 กิจกรรมที่ 2 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 และกิจกรรมที่ 7 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 กลุ่มที่ 3 กิจกรรมที่ 3 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 และกิจกรรมที่ 8 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 กลุ่มที่ 4 กิจกรรมที่ 4 บวกลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 และกิจกรรมที่ 9 บวกลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 กลุ่มที่ 5 กิจกรรมที่ 12 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 13 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 และกิจกรรมที่ 14 บวกลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 และกลุ่มที่ 6 กิจกรรมที่ 5 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง กิจกรรมที่ 10 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 ให้คล่องและกิจกรรมที่ 15 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 ให้คล่อง

โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่สร้างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MIT App Inventor เป็นเครื่องมือในการสร้างแอปพลิเคชั่น ที่พัฒนาโดยบริษัท Google และสถาบัน MIT (Massachusetts Institute of Technology) ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยอันดับหนึ่งทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ติดตั้งบนกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) ระบบปฏิบัติการ Android 4.2 เข้าสู่โปรแกรมโดยเลือกจากไอคอน ดังภาพที่ 41

ภาพที่ 41 ไอคอน หน้าจอต้อนรับและหน้าจอเมนูหลัก

จากภาพที่ 41 ไอคอนทำหน้าที่นำเข้าสู่หน้าจอตอนรับของโปรแกรม เลือกเข้าสู่การฝึกการคิดเลขคณิต นำเข้าสู่หน้าจอเมนูหลักของโปรแกรมมีเมนูให้เลือก 6 เมนู ประกอบด้วย

1) ทดสอบก่อนฝึก 2) กิจกรรม 1 - 5 ไม่เกินเลข 9 3) กิจกรรม 6 - 10 ไม่เกินเลข 19 4) กิจกรรม 11 - 15 ไม่เกินเลข 99 5) ทดสอบหลังฝึก และ 6) ออกจากโปรแกรม มีรายละเอียดดังนี้

1) ทดสอบก่อนฝึก เลือกเมนูทดสอบก่อนฝึกเข้าสู่หน้าจอทดสอบก่อนฝึก เริ่มทดสอบ พบหน้าจอโจทย์ ให้เติมคำตอบเป็นตัวเลข แล้วเลือกข้อต่อไป พบหน้าจอโจทย์ข้อต่อไปจนครบ 30 ข้อ ปรากฏคะแนนที่ได้ เลือกกลับเมนูเพื่อกลับไปที่หน้าจอเมนูหลักของโปรแกรมดังภาพที่ 42

ภาพที่ 42 หน้าจอเมนูทดสอบก่อนฝึก

2) กิจกรรม 1 - 5 ไม่เกินเลข 9 เลือกเมนูกิจกรรม 1 - 5 ไม่เกินเลข 9 พบหน้าจอกิจกรรม 1 - 5 ไม่เกินเลข 9 ดังภาพที่ 43 ประกอบด้วย 4 เมนู คือ 1) กิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร 2) กิจกรรม 2 - 4 เติมคำตอบ 3) กิจกรรม 5 เลือกตอบ และ 4) กลับเมนูหลัก มีรายละเอียดแต่ละกิจกรรมดังนี้

ภาพที่ 43 หน้าจอเมนูกิจกรรม 1 - 5 ไม่เกินเลข 9

กิจกรรมที่ 1 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 9 เลือกเมนูกิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร ประกอบด้วย 6 เมนู คือ 1) ตัวอักษร -> ตัวเลข 2) จำนวน -> ตัวอักษร 3) จำนวน -> ตัวอักษร 4) กลับเมนูหลัก 5) กิจกรรมใหม่ และ 6) ออกจากโปรแกรม มีรายละเอียดแต่ละกิจกรรม ดังภาพที่ 44

ภาพที่ 44 หน้าจอเมนูกิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร

ถ้าเลือกเมนูตัวอักษร -> ตัวเลข จะพบหน้าจอ ดังภาพที่ 45 ประกอบด้วยแบบฝึกทั้งหมด 10 ข้อ เลือกทำทีละข้อ ให้ผู้ฝึกเลือกตัวเลขที่ตรงกับชื่อตัวเลขที่ให้ เมื่อผู้ฝึกอ่านคำที่ให้และนึกถึงตัวเลขที่ต้องเลือกได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเลือกเมนูฝึก ผู้ฝึกจะพบหน้าต่างที่มีตัวเลขวิ่งสลับไปมาให้เลือกตัวเลขให้ตรงกับตัวเลขที่จำไว้ทำทั้งสิ้น 10 ครั้ง เลือกตัวเลขถูกต้องได้ 1 คะแนน เปรียบเทียบกันด้วยเวลาใครทำได้เวลาน้อยเป็นผู้ชนะ

ภาพที่ 45 หน้าจอเมนู ตัวอักษร -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 9

ถ้าเลือกเมนูจำนวน -> ตัวอักษร จะพบหน้าจอ ดังภาพที่ 46 ประกอบด้วยแบบฝึกทั้งหมด 10 ข้อ เลือกทำทีละข้อ ให้ผู้ฝึกเลือกชื่อตัวเลขที่ตรงกับจำนวนที่ให้ เมื่อผู้ฝึกนับจำนวนที่ให้และนึกถึงชื่อตัวเลขที่ต้องเลือกได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเลือกเมนูฝึก ผู้ฝึกจะพบหน้าต่างที่มีตัวเลขวิ่งสลับไปมา ให้เลือกตัวเลขให้ตรงกับตัวเลขที่จำไว้ทำทั้งสิ้น 10 ครั้ง เลือกตัวเลขถูกต้องได้ 1 คะแนน เปรียบเทียบกันด้วยเวลาใครทำได้เวลาน้อยเป็นผู้ชนะ

ภาพที่ 46 หน้าจอเมนู จำนวน -> ตัวอักษร ไม่เกินเลข 9

ถ้าเลือกเมนูจำนวน -> ตัวเลข จะพบหน้าจอ ดังภาพที่ 47 ประกอบด้วยแบบฝึกทั้งหมด 10 ข้อ เลือกทำทีละข้อ ให้ผู้ฝึกเลือกตัวเลขที่ตรงกับจำนวนที่ให้ เมื่อผู้ฝึกนับจำนวนที่ให้และนึกถึงตัวเลขที่ต้องเลือกได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเลือกเมนูฝึก ผู้ฝึกจะพบหน้าต่างที่มีตัวเลขวิ่งสลับไปมาให้เลือกตัวเลขให้ตรงกับตัวเลขที่จำไว้ทำทั้งสิ้น 10 ครั้ง เลือกตัวเลขถูกต้องได้ 1 คะแนน เปรียบเทียบกันด้วยเวลาใครทำได้เวลาน้อยเป็นผู้ชนะ

ภาพที่ 47 หน้าจอเมนูจำนวน -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 9

ถ้าเลือกกิจกรรม 2 - 4 เติมคำตอบ พบหน้าจอกิจกรรม 2 - 4 เติมคำตอบ ดังภาพที่ 48 ประกอบด้วย 4 เมนู คือ 1) กิจกรรม 2 การบวก 2) กิจกรรม 3 การลบ 3) กิจกรรม 4 การบวกและลบ และ 4) กลับเมนูก่อนหน้า มีรายละเอียดแต่ละกิจกรรมดังนี้

ภาพที่ 48 หน้าจอเมนูกิจกรรม 2 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9

กิจกรรมที่ 2 บวกเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9 เลือกกิจกรรม 2 การบวก พบหน้าจอที่มีโจทย์เป็นรูปผลไม้ ให้ผู้ฝึกนับจำนวนผลไม้แล้วคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เติมลงในช่องเติมคำตอบ ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก กับตอบเป็นตัวอักษร (ชื่อตัวเลข) เติมคำตอบเสร็จให้เลือกตรวจคำตอบ ถ้าตอบผิดให้ลบแล้วเขียนคำตอบใหม่ ดังภาพที่ 49

ภาพที่ 49 หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 2 บวกเลขด้วยจำนวน ไม่เกินเลข 9

กิจกรรมที่ 3 ลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9 เลือก กิจกรรม 3 การลบ พบหน้าจอที่มีโจทย์เป็นรูปผลไม้ ให้ผู้ฝึกนับจำนวนผลไม้แล้วคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เติมลงในช่องเติมคำตอบ ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก กับตอบเป็นตัวอักษร (ชื่อตัวเลข) เติมคำตอบเสร็จให้เลือกตรวจคำตอบ

ถ้าตอบผิดให้ลบแล้วเขียนคำตอบใหม่ ดังภาพที่ 50

ภาพที่ 50 หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 3 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9

กิจกรรมที่ 4 บวกและลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9 เลือกกิจกรรม 4 การบวกและลบ พบหน้าจอที่มีโจทย์เป็นรูปผลไม้ ให้ผู้ฝึกนับจำนวนผลไม้แล้วคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เติมลงในช่องเติมคำตอบ ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก กับตอบเป็นตัวอักษร (ชื่อตัวเลข) เติมคำตอบเสร็จให้เลือกตรวจคำตอบ ถ้าตอบผิดให้ลบแล้วเขียนคำตอบใหม่ ดังภาพที่ 51

ภาพที่ 51 หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 4 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9

กิจกรรมที่ 5 บวกและลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง เลือกเมนูกิจกรรม 5 เลือกคำตอบ พบหน้าจอกิจกรรม 5 เลือกคำตอบ ดังภาพที่ 52 ผู้ฝึกพร้อมเลือกเมนูเริ่มฝึก พบหน้าจอที่มีโจทย์เป็นตัวเลขฮินดูอารบิก ให้ผู้ฝึกคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เลือกคำตอบจาก 3 ตัวเลือก เมื่อเลือกคำตอบแล้วโจทย์ข้อต่อไปจะขึ้นที่หน้าจอ จบแบบฝึกหน้าจอจะขึ้น “จบแบบฝึก กดคะแนน” เลือกเมนูคะแนน ปรากฏคะแนนที่ทำแบบฝึกถูกต้อง ดังภาพที่ 53

ภาพที่ 52 หน้าจอเมนูกิจกรรม 5 เลือกคำตอบ

ภาพที่ 53 หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 5 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง

3) กิจกรรม 6 - 10 เลขไม่เกิน 19 พบหน้าจอกิจกรรม 6 - 10 ไม่เกินเลข 19 ดังภาพที่ 54 ประกอบด้วย 4 เมนู คือ 1) กิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร 2) กิจกรรม 2 - 4 เติมคำตอบ 3) กิจกรรม 5 เลือกตอบ และ 4) กลับเมนูหลัก มีรายละเอียดแต่ละกิจกรรมดังนี้

ภาพที่ 54 หน้าจอเมนูกิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19

กิจกรรมที่ 6 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 19 เลือกเมนูกิจกรรม 6 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร ดังภาพที่ 55 ประกอบด้วย 6 เมนู คือ 1) ตัวอักษร -> ตัวเลข 2) จำนวน -> ตัวอักษร 3) จำนวน -> ตัวอักษร 4) กลับเมนูหลัก 5) กิจกรรมใหม่ และ 6) ออกจากโปรแกรม มีรายละเอียดแต่ละกิจกรรมดังนี้

ภาพที่ 55 หน้าจอเมนูกิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร

ถ้าเลือกเมนู ตัวอักษร -> ตัวเลข ประกอบด้วยแบบฝึกทั้งหมด 10 ข้อ เลือกทำทีละข้อ ให้ผู้ฝึกเลือกตัวเลขที่ตรงกับชื่อตัวเลขที่ให้ เมื่อผู้ฝึกอ่านคำที่ให้และนึกถึงตัวเลขที่ต้องเลือกได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเลือกเมนูฝึก ผู้ฝึกจะพบหน้าต่างที่มีตัวเลขวิ่งสลับไปมาให้เลือกตัวเลขให้ตรงกับตัวเลขที่จำไว้ทำทั้งสิ้น 10 ครั้ง เลือกตัวเลขถูกต้องได้ 1 คะแนน เปรียบเทียบกันด้วยเวลาใครทำได้เวลาน้อยเป็นผู้ชนะ จะพบหน้าจอ ดังภาพที่ 56

ภาพที่ 56 หน้าจอเมนู ตัวอักษร -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 19

ถ้าเลือกเมนู จำนวน -> ตัวอักษร ประกอบด้วยแบบฝึกทั้งหมด 10 ข้อ เลือกทำทีละข้อ ให้ผู้ฝึกเลือกชื่อตัวเลขที่ตรงกับจำนวนที่ให้ เมื่อผู้ฝึกนับจำนวนที่ให้และนึกถึงชื่อตัวเลขที่ต้องเลือกได้แล้วขั้นตอนต่อไปจึงเลือกเมนูฝึก ผู้ฝึกจะพบหน้าต่างที่มีตัวเลขวิ่งสลับไปมาให้เลือกตัวเลขให้ตรงกับตัวเลขที่จำไว้ทำทั้งสิ้น 10 ครั้ง เลือกตัวเลขถูกต้องได้ 1 คะแนน เปรียบเทียบกันด้วยเวลาใครทำได้เวลาน้อยเป็นผู้ชนะ จะพบหน้าจอ ดังภาพที่ 57

ภาพที่ 57 หน้าจอเมนู จำนวน -> ตัวอักษร ไม่เกินเลข 19

ถ้าเลือกเมนู จำนวน -> ตัวเลข ประกอบด้วยแบบฝึกทั้งหมด 10 ข้อ เลือกทำทีละข้อ ให้ผู้ฝึกเลือกตัวเลขที่ตรงกับจำนวนที่ให้ เมื่อผู้ฝึกนับจำนวนที่ให้และนึกถึงตัวเลขที่ต้องเลือกได้แล้วขั้นตอนต่อไปจึงเลือกเมนูฝึก ผู้ฝึกจะพบหน้าต่างที่มีตัวเลขวิ่งสลับไปมาให้เลือกตัวเลขให้ตรงกับตัวเลขที่จำไว้ทำทั้งสิ้น 10 ครั้ง เลือกตัวเลขถูกต้องได้ 1 คะแนน เปรียบเทียบกันด้วยเวลาใครทำได้เวลาน้อยเป็นผู้ชนะ จะพบหน้าจอ ดังภาพที่ 58

ภาพที่ 58 หน้าจอเมนู จำนวน -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 19

ถ้าเลือกกิจกรรม 7 - 9 เติมคำตอบ พบหน้าจอกิจกรรม 7 - 9 เติมคำตอบ ดังภาพที่ 59 ประกอบด้วย 4 เมนู คือ 1) กิจกรรม 7 การบวก 2) กิจกรรม 8 การลบ 3) กิจกรรม 9 การบวกและลบ และ 4) กลับเมนูก่อนกน้า มีรายละเอียดแต่ละกิจกรรมดังนี้

ภาพที่ 59 หน้าจอกิจกรรม 7 - 9 เติมคำตอบ

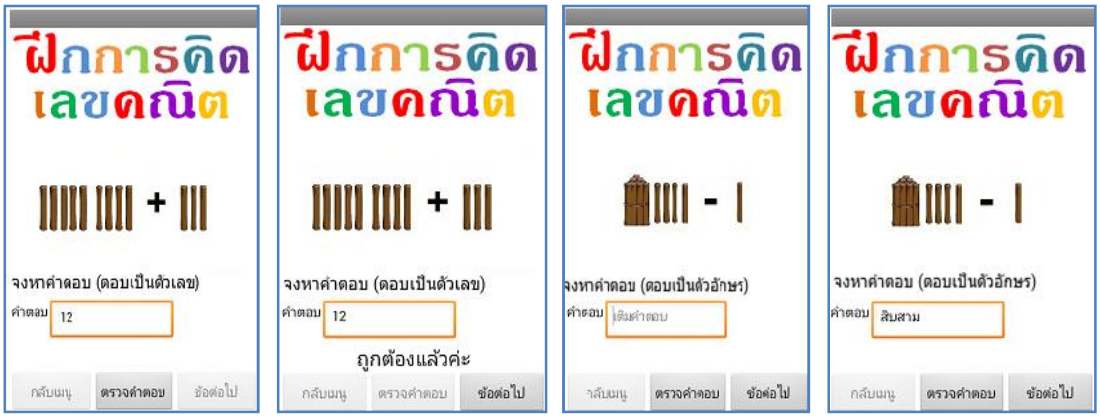
กิจกรรมที่ 7 บวกเลขด้วยจำนวนไม่เกินเลข 19 เลือกกิจกรรม 7 การบวก พบหน้าจอที่มีโจทย์เป็นรูปผลไม้ ให้ผู้ฝึกนับจำนวนผลไม้แล้วคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เติมลงในช่องเติมคำตอบ ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก กับตอบเป็นตัวอักษร (ชื่อตัวเลข) เติมคำตอบเสร็จให้เลือกตรวจคำตอบ ถ้าตอบผิดให้ลบแล้วเขียนคำตอบใหม่ ดังภาพที่ 60

ภาพที่ 60 หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 7 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19

กิจกรรมที่ 8 ลบเลขด้วยจำนวนไม่เกินเลข 19 เลือกกิจกรรม 8 การลบ พบหน้าจอที่มีโจทย์เป็นรูปผลไม้ ให้ผู้ฝึกนับจำนวนผลไม้แล้วคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เติมลงในช่องเติมคำตอบ ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก กับตอบเป็นตัวอักษร (ชื่อตัวเลข) เติมคำตอบเสร็จให้เลือกตรวจคำตอบ ถ้าตอบผิดให้ลบแล้วเขียนคำตอบใหม่ ดังภาพที่ 61

ภาพที่ 61 หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 8 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19

กิจกรรมที่ 9 บวกลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 เลือกกิจกรรม 9 การบวกและลบ พบหน้าจอที่มีโจทย์เป็นรูปผลไม้ ให้ผู้ฝึกนับจำนวนผลไม้แล้วคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เติมลงในช่องเติมคำตอบ ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก กับตอบเป็นตัวอักษร (ชื่อตัวเลข) เติมคำตอบเสร็จให้เลือกตรวจคำตอบ ถ้าตอบผิดให้ลบแล้วเขียนคำตอบใหม่ ดังภาพที่ 62



ภาพที่ 62 หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 9 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19

กิจกรรมที่ 10 บวกและลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 19 ให้คล่องเลือกเมนูกิจกรรม 10 เลือกคำตอบ พบหน้าจอกิจกรรม 10 เลือกคำตอบ ดังภาพที่ 63 ผู้ฝึกพร้อมเลือกเมนูเริ่มฝึก พบหน้าจอที่มีโจทย์เป็นตัวเลขฮินดูอารบิก ให้ผู้ฝึกคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เลือกคำตอบจาก 3 ตัวเลือก เมื่อเลือกคำตอบแล้วโจทย์ข้อต่อไปจะขึ้นที่หน้าจอ จบแบบฝึกหน้าจอจะขึ้น “จบแบบฝึก กดคะแนน” เลือกเมนูคะแนน ปรากฏคะแนนที่ทำแบบฝึกถูก ดังภาพที่ 64

ภาพที่ 63 หน้าจอกิจกรรม 10 เลือกคำตอบ

ภาพที่ 64 ข้อคำถามกิจกรรม 10 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 ให้คล่อง

4) กิจกรรม 11 - 15 ไม่เกินเลข 99 เลือกเมนูกิจกรรม 11 - 15 ไม่เกินเลข 99 พบหน้าจอดังภาพที่ 65 ประกอบด้วย 4 เมนู คือ 1) กิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร 2) กิจกรรม 12 - 14 เติมคำตอบ 3) กิจกรรม 5 เลือกตอบ และ4) กลับเมนูหลัก มีรายละเอียดแต่ละกิจกรรมดังนี้

ภาพที่ 65 หน้าจอเมนูกิจกรรม 11 – 15 เลขไม่เกิน 99

กิจกรรมที่ 11 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลข ไม่เกินเลข 99 เลือกเมนูกิจกรรม 11 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร ดังภาพที่ 66 ประกอบด้วย 6 เมนู คือ 1) ตัวอักษร -> ตัวเลข 2) จำนวน -> ตัวอักษร 3) จำนวน -> ตัวอักษร 4) กลับเมนูหลัก 5) กิจกรรมใหม่ และ 6) ออกจากโปรแกรม มีรายละเอียดแต่ละกิจกรรมดังนี้

ภาพที่ 66 หน้าจอเมนูกิจกรรม 11 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร

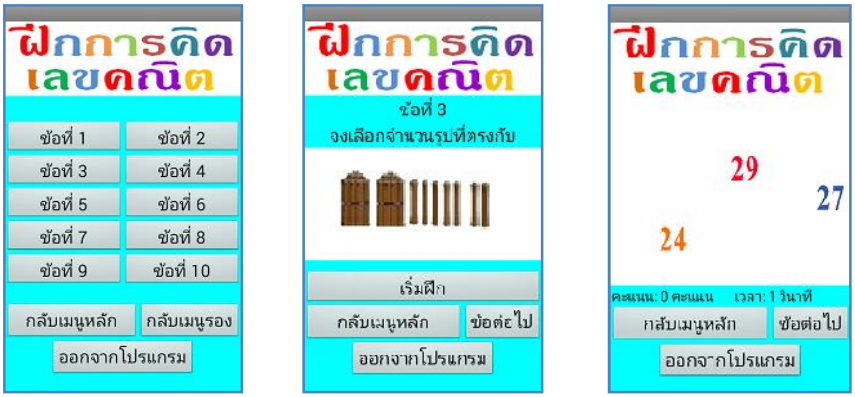
ถ้าเลือกเมนู ตัวอักษร -> ตัวเลข ประกอบด้วยแบบฝึกทั้งหมด 10 ข้อ เลือกทำทีละข้อ ให้ผู้ฝึกเลือกตัวเลขที่ตรงกับชื่อตัวเลขที่ให้ เมื่อผู้ฝึกอ่านคำที่ให้และนึกถึงตัวเลขที่ต้องเลือกได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเลือกเมนูฝึก ผู้ฝึกจะพบหน้าต่างที่มีตัวเลขวิ่งสลับไปมาให้เลือกตัวเลขให้ตรงกับตัวเลขที่จำไว้ทำทั้งสิ้น 10 ครั้ง เลือกตัวเลขถูกต้องได้ 1 คะแนน เปรียบเทียบกันด้วยเวลาใครทำได้เวลาน้อยเป็นผู้ชนะ จะพบหน้าจอ ดังภาพที่ 67

ภาพที่ 67 หน้าจอตัวอักษร -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 99

ถ้าเลือกเมนู จำนวน -> ตัวอักษร ประกอบด้วยแบบฝึกทั้งหมด 10 ข้อ เลือกทำทีละข้อ ให้ผู้ฝึกเลือกชื่อตัวเลขที่ตรงกับจำนวนที่ให้ เมื่อผู้ฝึกนับจำนวนที่ให้และนึกถึงชื่อตัวเลขที่ต้องเลือกได้แล้วขั้นตอนต่อไปจึงเลือกเมนูฝึก ผู้ฝึกจะพบหน้าต่างที่มีตัวเลขวิ่งสลับไปมาให้เลือกตัวเลขให้ตรงกับตัวเลขที่จำไว้ทำทั้งสิ้น 10 ครั้ง เลือกตัวเลขถูกต้องได้ 1 คะแนน เปรียบเทียบกันด้วยเวลาใครทำได้เวลาน้อยเป็นผู้ชนะ จะพบหน้าจอ ดังภาพที่ 68

ภาพที่ 68 หน้าจอจำนวน -> ตัวอักษร ไม่เกินเลข 99

ถ้าเลือกเมนู จำนวน -> ตัวเลข ประกอบด้วยแบบฝึกทั้งหมด 10 ข้อ เลือกทำทีละข้อ ให้ผู้ฝึกเลือกตัวเลขที่ตรงกับจำนวนที่ให้ เมื่อผู้ฝึกนับจำนวนที่ให้และนึกถึงตัวเลขที่ต้องเลือกได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเลือกเมนูฝึก ผู้ผู้ฝึกจะพบหน้าต่างที่มีตัวเลขวิ่งสลับไปมาให้เลือกตัวเลขให้ตรงกับตัวเลขที่จำไว้ทำทั้งสิ้น 10 ครั้ง เลือกตัวเลขถูกต้องได้ 1 คะแนน เปรียบเทียบกันด้วยเวลาใครทำได้เวลาน้อยเป็นผู้ชนะ จะพบหน้าจอ ดังภาพที่ 69



ภาพที่ 69 หน้าจอจำนวน -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 99

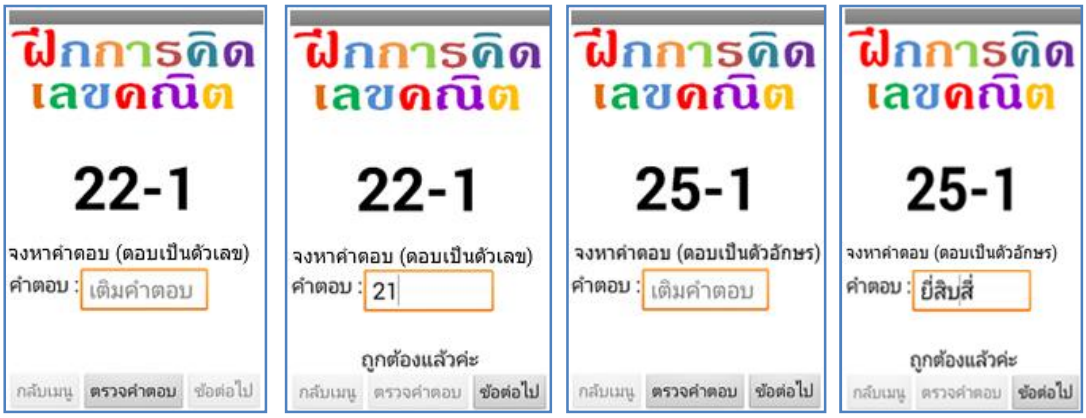
ถ้าเลือกกิจกรรม 12 - 14 เติมคำตอบ พบหน้าจอกิจกรรม 12 - 14 เติมคำตอบ ดังภาพที่ 70 ประกอบด้วย 4 เมนู คือ 1) กิจกรรม 12 การบวก 2) กิจกรรม 13 การลบ 3) กิจกรรม 14 การบวกและลบ และ 4) กลับเมนูก่อนหน้า มีรายละเอียดแต่ละกิจกรรมดังนี้

ภาพที่ 70 หน้าจอกิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 99

กิจกรรมที่ 12 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 เลือกกิจกรรม 12 การบวก พบหน้าจอ ที่มีโจทย์เป็นตัวเลขฮินดูอารบิกบวก ให้ผู้ฝึกคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เติมลงในช่องเติมคำตอบ ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก กับตอบเป็นตัวอักษร (ชื่อตัวเลข) เติมคำตอบเสร็จให้เลือกตรวจคำตอบ ถ้าตอบผิดให้ลบแล้วเขียนคำตอบใหม่ ดังภาพที่ 71

ภาพที่ 71 หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 12 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99

กิจกรรมที่ 13 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 เลือกกิจกรรม 13 การลบ พบหน้าจอที่มีโจทย์เป็นตัวเลขฮินดูอารบิกลบกัน ให้ผู้ฝึกคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เติมลงในช่องเติมคำตอบ ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก กับตอบเป็นตัวอักษร (ชื่อตัวเลข) เติมคำตอบเสร็จให้เลือกตรวจคำตอบ ถ้าตอบผิดให้ลบแล้วเขียนคำตอบใหม่ ดังภาพที่ 72



ภาพที่ 72 หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 13 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99

กิจกรรมที่ 14 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 เลือกกิจกรรม 14 การบวกลบ พบหน้าจอที่มีโจทย์เป็นตัวเลขฮินดูอารบิก ให้ผู้ฝึกคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เติมลงในช่องเติมคำตอบ ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก กับตอบเป็นตัวอักษร (ชื่อตัวเลข) เติมคำตอบเสร็จให้เลือกตรวจคำตอบ ถ้าตอบผิดให้ลบแล้วเขียนคำตอบใหม่ ดังภาพที่ 73

ภาพที่ 73 ข้อคำถามกิจกรรม 14 บวกลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99

กิจกรรมที่ 15 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 ให้คล่องเลือกเมนูกิจกรรม 15 เลือกคำตอบ พบหน้าจอกิจกรรม 15 เลือกคำตอบ ดังภาพที่ 74 ผู้ฝึกพร้อมเลือกเมนูเริ่มฝึก พบหน้าจอที่มีโจทย์เป็นตัวเลขฮินดูอารบิก ให้ผู้ฝึกคำนวณ เมื่อได้คำตอบให้เลือกคำตอบจาก 3 ตัวเลือก เมื่อเลือกคำตอบแล้วโจทย์ข้อต่อไปจะขึ้นที่หน้าจอ จบแบบฝึกหน้าจอจะขึ้น “จบแบบฝึก กดคะแนน” เลือกเมนูคะแนน ปรากฏคะแนนที่ทำแบบฝึกถูก ดังภาพที่ 75

ภาพที่ 74 หน้าจอกิจหน้ากิจกรรม 15 เลือกคำตอบ

ภาพที่ 75 หน้าจอข้อคำถามกิจกรรม 15 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 ให้คล่อง

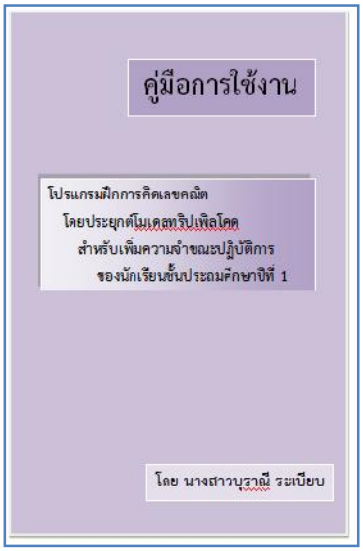
5) ทดสอบหลังฝึก เลือกเมนูทดสอบหลังฝึก เข้าสู่หน้าจอทดสอบหลังฝึก เมื่อพร้อมเลือกเมนูเริ่มทดสอบ พบหน้าจอโจทย์ ให้เติมคำตอบเป็นตัวเลข แล้วเลือกข้อต่อไป พบหน้าจอโจทย์ข้อต่อไปจนครบ 30 ข้อ ปรากฏคะแนนที่ได้ เลือกเมนูกลับเมนูเพื่อกลับไปที่หน้าจอเมนูหลักของโปรแกรม ดังภาพที่ 76

ภาพที่ 76 หน้าจอเมนูทดสอบหลังฝึก

6) ออกจากโปรแกรมเลือกเมนูนี้เพื่อออกจากโปรแกรมกลับสู่หน้าจอหลักของกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์

1.3 ผลการจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

ผลการจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น ดังภาพที่ 77 คู่มือประกอบด้วย คำชี้แจงข้อควรปฏิบัติในการใช้โปรแกรม กลุ่มเป้าหมายที่ใช้โปรแกรมและกิจกรรม 15 กิจกรรม แต่ละกิจกรรม ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ กำหนดเวลา และขั้นตอนการฝึกกิจกรรม (รายละเอียดคู่มือการใช้งานโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น แสดงใน ภาคผนวก จ)



ภาพที่ 77 หน้าปกคู่มือการใช้งานโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1ดังนี้

2.1 ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นในด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1 ด้านการดำเนินการตามขั้นตอนของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ กำหนดเวลา ขั้นตอนการทำกิจกรรม และการประเมินผลกิจกรรมความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับเนื้อหา กิจกรรมความน่าสนใจ ส่งเสริมให้นักเรียนกระตือรือร้นในการฝึกกิจกรรมความสามารถปฏิบัติได้ง่ายกิจกรรมความเหมาะสมกับระยะเวลา กิจกรรมเรียงลำดับจากง่ายไปสู่ยาก ความเป็นไปได้ในการปฏิบัติกิจกรรม และกิจกรรมเหมาะสมกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2.1.2 ด้านการออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย ตัวอักษร (ขนาดตัวอักษร รูปแบบตัวอักษร ชนิดของตัวอักษร สีของตัวอักษร) ภาพสื่อความหมาย สี (ความชัดเจนของตัวอักษร ตัวเลขและภาพและความสวยงาม สบายตา ดึงดูดความสนใจ)

2.1.3 ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย ใช้งานง่ายและสะดวก ความเหมาะสมกับการใช้งานและความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา

2.1.4 ด้านภาพรวมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมภาษาที่ใช้อ่านแล้วเข้าใจง่ายภาพประกอบชัดเจนและภาพประกอบเหมาะสม

2.1.5 คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ประกอบด้วย ใช้งานง่ายและสะดวกมีความเหมาะสมกับการใช้งานและความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา

ผลการพิจารณาความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยผู้เชี่ยวชาญสรุป ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ

ด้านที่ประเมิน	*M*	*SD*	ระดับความเหมาะสม
การดำเนินการตามขั้นตอนของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	4.63	0.51	มากที่สุด
การออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	4.29	0.55	มาก
ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	4.33	0.38	มาก
ภาพรวมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	4.25	0.29	มาก
คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	4.33	0.38	มาก
สรุปผลโดยรวม	4.37	0.42	มาก

จากตารางที่ 14 ปรากฏว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1แสดงให้เห็นว่ามีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมาก (*M* = 4.37) แสดงว่า โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด เหมาะสมกับการฝึกนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2.2 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งาน

การประเมินแสดงว่าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น เหมาะสมกับการฝึกนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1กับทดลองใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตกับนักเรียน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2557 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) ให้นักเรียนแต่ละคนทดลองใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นบนอุปกรณ์กระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ กำหนดระยะเวลาทั้งสิ้น 15 วัน วันละ 2 ชั่วโมง แล้วประเมิน ปรากฏว่า โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น เหมาะสมกับการฝึกนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับการฝึกนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยผู้ใช้งาน

ด้านที่ประเมิน	*M*	*SD*	ระดับความเหมาะสม
ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	4.22	0.38	มาก
ภาพรวมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	4.11	0.19	มาก
คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	4.30	0.48	มาก
สรุปผลโดยรวม	4.21	0.35	มาก

จากตารางที่ 15 ปรากฏว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น เหมาะสมกับการฝึกนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยผู้ใช้งานแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (M = 4.21)

จากผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานปรากฏว่าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากสำหรับใช้ฝึกนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 แสดงว่า โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด มีความเหมาะสมระดับมากสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งสอดคล้องสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

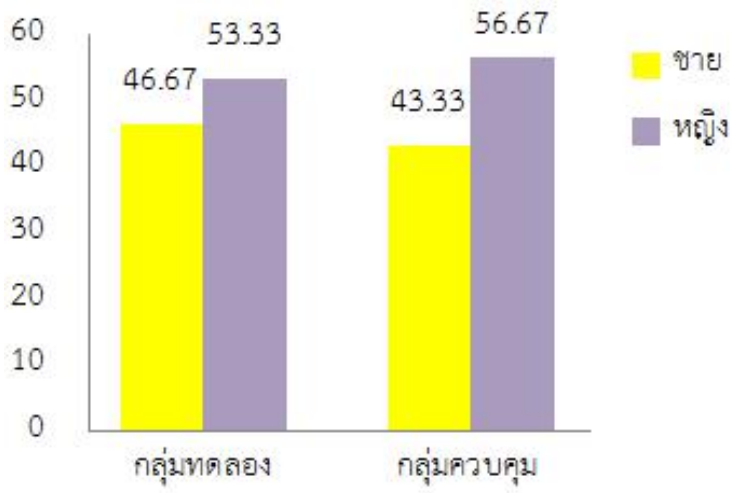
ตอนที่ 2 ผลของการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นไปใช้ สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

1. ผลการวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 70 คน เป็นกลุ่มทดลอง 35 คน และกลุ่มควบคุม 35 คน เมื่อทำการทดลองนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างปฏิบัติกิจกรรมไม่ครบตามกิจกรรมที่กำหนด จึงเหลือกลุ่มทดลอง 30 คน และกลุ่มควบคุม 30 คน รายละเอียด ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ

เพศ	กลุ่มทดลอง (n = 30)		กลุ่มควบคุม (n = 30)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	14	46.67	13	43.33
หญิง	16	53.33	17	56.67



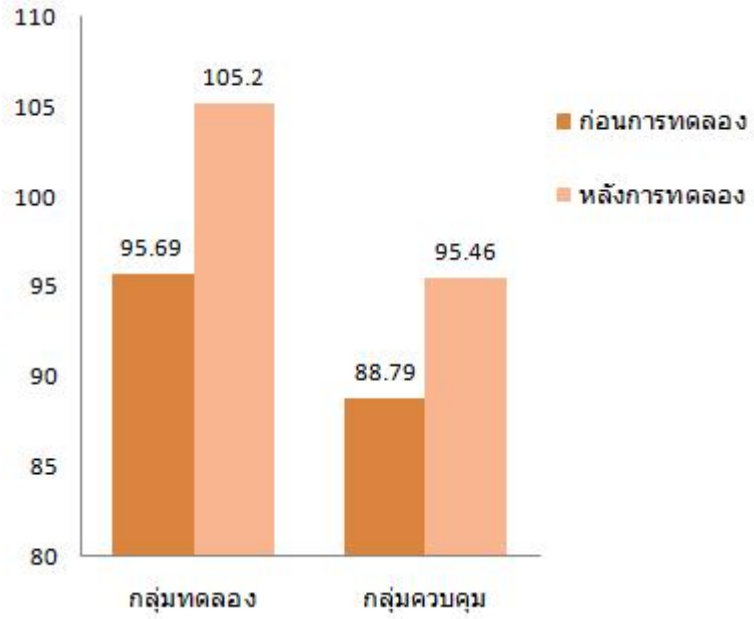
ภาพที่ 78 ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ

จากตารางที่ 16 และภาพที่ 78 ปรากฏว่า กลุ่มทดลองเป็นเพศหญิงร้อยละ 53.33 และเพศชายร้อยละ 46.67 ส่วนกลุ่มควบคุมเป็นเพศหญิงร้อยละ 56.67 และเพศชายร้อยละ 43.33 เมื่อพิจารณากลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีเพศหญิงมากกว่าเพศชาย

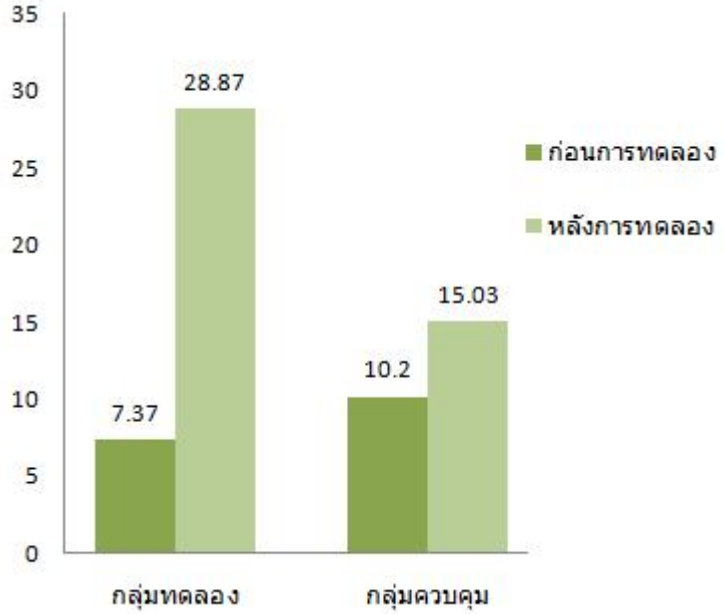
ตารางที่ 17 คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจำแนกตามเงื่อนไขการทดลอง

เงื่อนไขการทดสอบ	กลุ่มทดลอง				กลุ่มควบคุม			
	Max	*Min*	*M*	*SD*	*Max*	*Min*	*M*	*SD*
ความจำขณะทำงาน								
ก่อนการทดลอง	98.17	92.5	95.69	1.47	95.98	84.62	88.79	3.04
หลังการทดลอง	107.92	102.42	105.20	1.68	98	92.83	95.46	1.06
ความสามารถด้านเลขคณิต								
ก่อนการทดลอง	10	6	7.37	1.10	14	5	10.20	2.38
หลังการทดลอง	30	27	28.87	1.00	17	13	15.03	1.09

นำค่าเฉลี่ยความจำขณะทำงานและค่าเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมานำเสนอเป็นกราฟแท่งเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองจำแนกตามเงื่อนไขการทดสอบ ดังภาพที่ 68 และ 69



ภาพที่ 79 ค่าเฉลี่ยคะแนนความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม



ภาพที่ 80 ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากตารางที่ 17 ภาพที่ 79 และ ภาพที่ 80 สามารถแยกพิจารณา ความจำขณะทำงาน และความสามารถด้านเลขคณิต หลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังนี้

ความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น

เมื่อทำแบบประเมินความจำขณะทำงาน ได้คะแนนมากที่สุด 107.92 คะแนน และได้คะแนนน้อยที่สุด 102.58 คะแนน โดยเฉลี่ยแล้วกลุ่มทดลองสามารถทำแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติได้คะแนน 105.08 คะแนนและกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ทำแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ ได้คะแนนมากที่สุด 98.17 คะแนน และได้คะแนนน้อยที่สุด 92.50 คะแนน โดยเฉลี่ยแล้วกลุ่มควบคุมสามารถทำแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติได้คะแนน 95.69 คะแนน

ความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น เมื่อทำแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต ได้คะแนนมากที่สุด 30 คะแนน และได้คะแนนน้อยที่สุด 27 คะแนน โดยเฉลี่ยแล้วกลุ่มทดลองสามารถทำแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิตได้คะแนน 28.87 คะแนนและกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ทำทำแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต ได้คะแนนมากที่สุด 17 คะแนน และได้คะแนนน้อยที่สุด 13 คะแนน โดยเฉลี่ยแล้วกลุ่มควบคุมสามารถทำทำแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต ได้คะแนน 15.03 คะแนน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความจำขณะทำงานและค่าเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิต ปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น ทำแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติและแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต ได้คะแนนมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึก

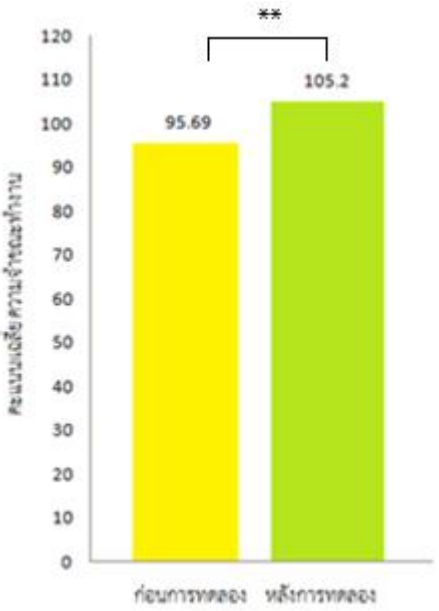
2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังรับการฝึก ดังตารางที่ 18 และภาพที่ 81

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก

การทดสอบ	*n*	*M*	*SD*	*t*	*p*
ก่อนรับการฝึก	30	95.69	1.47	-26.58**	.00
หลังรับการฝึก	30	105.20	1.68		

***p*<.01



ภาพที่ 81 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก

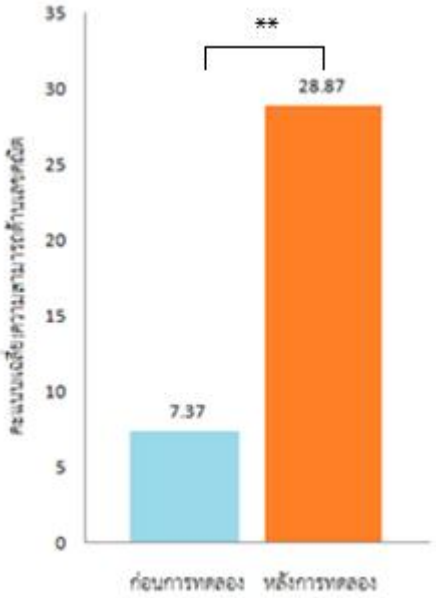
จากตารางที่ 18 และภาพที่ 81 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังรับการฝึก ปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นหลังรับการฝึกสูงกว่าก่อนรับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.1

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังรับการฝึก ดังตารางที่ 19 และภาพที่ 82

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก

การทดสอบ	*n*	*M*	*SD*	*t*	*p*
ก่อนรับการฝึก	30	7.37	1.10	-70.25**	.00
หลังรับการฝึก	30	28.87	1.00		

**$p<.01$



ภาพที่ 82 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก

จากตารางที่ 19 และภาพที่ 82 ผลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังรับการฝึก ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นหลังรับการฝึกสูงกว่าก่อนรับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิต ของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนฝึกซึ่งสอดคล้องสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.1

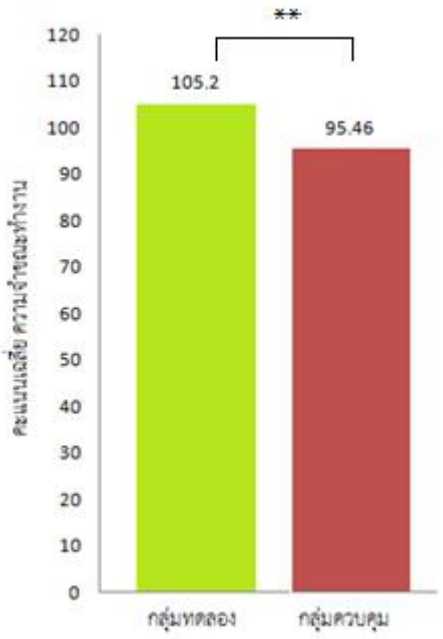
3. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก ดังตารางที่ 20 และภาพที่ 83

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก

การทดสอบ	*n*	*M*	*SD*	*t*	*p*	*ES*
กลุ่มทดลอง	30	105.20	1.68	26.83**	.00	0.96
กลุ่มควบคุม	30	95.46	1.06			

***p*<.01



ภาพที่ 83 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก

จากตารางที่ 20 และภาพที่ 83 ผลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานระหว่างกลุ่มทดลองที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึก ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีขนาดอิทธิพล เท่ากับ 0.95 อยู่ในระดับมาก แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงาน และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกซึ่งสอดคล้องสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.2

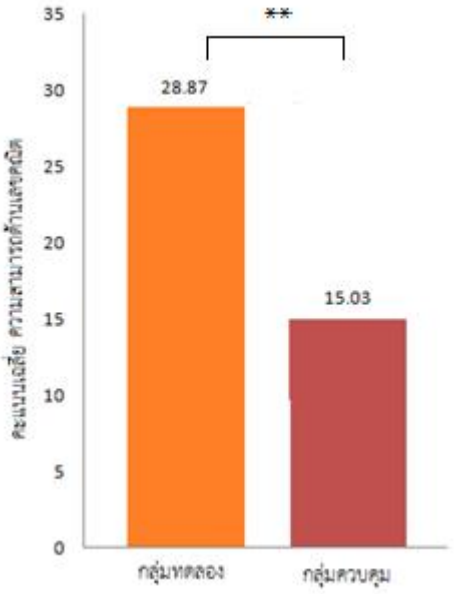
ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก ดังตารางที่ 21

และภาพที่ 84

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก

การทดสอบ	*n*	*M*	*SD*	*t*	*p*	*ES*
กลุ่มทดลอง	30	28.87	1.00	50.83**	.00	0.99
กลุ่มควบคุม	30	15.03	1.09			

**$p < .01$



ภาพที่ 84 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก

จากตารางที่ 21 และภาพที่ 84 ผลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก ปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีขนาดอิทธิพล เท่ากับ 0.99 อยู่ในระดับมาก แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกซึ่งสอดคล้องสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.2

4. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นแสดงดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น

ตัวแปร	ความจำขณะทำงาน	ความสามารถด้านเลขคณิต	*ES*
ความจำขณะทำงาน	1.00	.94**	1.00
ความสามารถด้านเลขคณิต		1.00	

**$p < .01$

จากตารางที่ 22 เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น ปรากฏว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Product - Moment Correlation Coefficient) มีค่าเท่ากับ .94 นั่นคือความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับความสามารถด้านเลขคณิตในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีขนาดอิทธิพล เท่ากับ 1.00 อยู่ในระดับมาก แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิต ซึ่งสอดคล้องสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.3

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 นำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบ้านมะขาม (สาครมะขามราษฎร์) จังหวัดจันทบุรี สุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจำนวนกลุ่มละ 30 คน มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด วัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and Posttest Control Group Design) ตัวแปรที่ศึกษา มีดังนี้ ตัวแปรต้น ได้แก่ การเพิ่มความจำขณะทำงาน แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดและการเรียนตามปกติ ตัวแปรตาม ได้แก่ ความจำขณะทำงานวัดจากการทำแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ (Automated Working Memory Assessment: AWMA) และความสามารถด้านเลขคณิต ประเมินจากคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตจากการทำแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิตเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินความจำขณะทำงานอย่างอัตโนมัติ และแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต วิเคราะห์ข้อมูลสถิติ ด้วยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบที (*t*– test)

ผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ลักษณะของกลุ่มทดลองที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต จำนวน 30 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 53.33 และเพศชาย ร้อยละ 46.67 ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกและเรียนตามปกติ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 56.67 และเพศชาย ร้อยละ 43.33 กลุ่มตัวอย่างทุกคนมีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือก สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

1.1 การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 สร้างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MIT App Inventor เป็นเครื่องมือในการสร้างแอปพลิเคชั่น ที่พัฒนาโดยบริษัท Google และ MIT ติดตั้งบนกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet) ระบบปฏิบัติการ Android 4.2 แบ่งโครงสร้างของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย ตัวเลขไม่เกินเลข 9 ตัวเลขไม่เกินเลข 19 และตัวเลขไม่เกินเลข 99 โดยแยกเป็นกิจกรรม จากการวิเคราะห์สาระสำคัญของแนวคิดและทฤษฎีความจำขณะทำงาน โมเดลทริปเพิลโคด และหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 15 กิจกรรม แบ่งเป็น 6 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 กิจกรรมที่ 1จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 9 กิจกรรมที่ 6 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 19 และกิจกรรมที่ 11 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 99 กลุ่มที่ 2 กิจกรรมที่ 2 บวกเลขด้วยจำนวนไม่เกินเลข 9 และกิจกรรมที่ 7 บวกเลขด้วยจำนวนไม่เกินเลข 19 กลุ่มที่ 3 กิจกรรมที่ 3 ลบเลขด้วยจำนวนไม่เกินเลข 9 และกิจกรรมที่ 8 ลบเลขด้วยจำนวนไม่เกินเลข 19 กลุ่มที่ 4 กิจกรรมที่ 4 บวกลบเลขด้วยจำนวนไม่เกินเลข 9 และกิจกรรมที่ 9 บวกลบเลขด้วยจำนวนไม่เกินเลข 19 กลุ่มที่ 5 กิจกรรมที่ 12 บวกเลขด้วยตัวเลขไม่เกินเลข 99 กิจกรรมที่ 13 ลบเลขด้วยตัวเลขไม่เกินเลข 99 และกิจกรรมที่ 14 บวกลบเลขด้วยตัวเลขไม่เกินเลข 99 และกลุ่มที่ 6 กิจกรรมที่ 5 บวกและลบตัวเลขไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง กิจกรรมที่ 10 บวกและลบตัวเลขไม่เกินเลข 19 ให้คล่อง และกิจกรรมที่ 15 บวกและลบตัวเลขไม่เกินเลข 99 ให้คล่อง เข้าสู่โปรแกรมโดยเลือกจากไอคอน

1.2 การจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ประกอบด้วย คำชี้แจง ข้อควรปฏิบัติในการใช้โปรแกรม กลุ่มเป้าหมายที่ใช้โปรแกรม และกิจกรรม 15 กิจกรรม แต่ละกิจกรรมประกอบด้วย วัตถุประสงค์ กำหนดเวลา และขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1.3 การประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ก่อนนำโปรแกรมไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีผลการประเมิน ดังนี้

1.3.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยพิจารณาจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น โดยรวมมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.37)

1.3.2 ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยพิจารณาจากความคิดเห็นของผู้ใช้งาน แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมระดับมาก (M = 4.21)

2. ผลของการนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนกับหลังฝึก ปรากฏว่า กลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตสูงกว่าก่อนฝึกโดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยการทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานและแบบวัดความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตเพิ่มขึ้นหลังได้รับฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น

2.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก ปรากฏว่า กลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึก โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานและคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึก

2.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น ปรากฏว่า กลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นมีความจำขณะทำงานความสัมพันธ์กับความสามารถด้านเลขคณิต โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานกับคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านเลขคณิต ในทิศทางบวก

อภิปรายผลการวิจัย

1. โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมาก เนื่องจากโปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีการกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน ความยากง่ายของกิจกรรมที่ทำมีการเรียงจากง่ายไปยาก และระยะเวลาที่ทำกิจกรรมก็มีความเหมาะสมไม่น้อยหรือมากจนเกินไป และในส่วนของการออกแบบโปรแกรม มีการใช้สี ขนาด และชนิดของตัวอักษร ที่มีความสวยงาม เห็นได้ชัด และสามารถดึงดูดให้นักเรียนมีความสนใจที่ฝึกใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น นอกจากนี้ขั้นตอนวิธีการใช้งานของโปรแกรมได้ระบุอย่างชัดเจนและมีลำดับขั้นตอนในการฝึก ซึ่งส่งผลให้โปรแกรมเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ มีความเหมาะสมที่จะนำไปฝึกการเพิ่มความจำปฏิบัติการในนักเรียนได้

2. คะแนนเฉลี่ยการทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานและแบบวัดความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มตัวอย่างที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ฝึกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 แสดงว่า โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ส่งผลให้กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกมีความจำขณะทำงานเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้กลุ่มทดลองมีความสามารถด้านเลขคณิตสูงขึ้นเช่นกันซึ่งทั้ง 15 กิจกรรม การคำนวณคณิตศาสตร์ในโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลำดับขั้นตอนในการฝึกจากระดับง่ายไปจนถึงระดับยาก โดยโจทย์มีความซับซ้อนมากขึ้น และมีการจำกัดเวลาในการตอบ ซึ่งส่งผลให้นักเรียน ต้องมีการใช้กระบวนการทางความคิดที่สูงขึ้นและซับซ้อนมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ต้องมีการทดเลขคิดในใจ โดยสอดคล้องกับการทดลองของ Dahlin, Nyberg, Backman, and Neely (2008) ได้ศึกษาความจำขณะทำงานในผู้ใหญ่ตอนต้นและผู้ใหญ่ตอนปลาย ด้วยการฝึกโดยใช้คอมพิวเตอร์ฝึกความจำขณะทำงานแบบฝึกการจำตัวอักษรที่มีการเปลี่ยนแปลงสี จำนวน และการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและเส้นทางของตัวอักษรใช้เวลาฝึก 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 45 – 60 นาที ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้รับการทดสอบโดยภาพถ่ายรังสีแม่เหล็ก ก่อนและหลังการฝึก เพื่อสร้างภาพการทำงานของสมอง ผลการวิจัยพบว่าผู้ใหญ่ตอนต้นและผู้ใหญ่ตอนปลายในกลุ่มทดลองมีความจำขณะทำงานสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยระดับการทำงานของกิจกรรมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองขั้นสูง ตามค่าความยากง่ายของกิจกรรมที่ฝึก

3. คะแนนเฉลี่ยการทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานและแบบวัดความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มตัวอย่างที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ฝึกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 แสดงว่าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ส่งผลให้กลุ่มทดลองหลังรับการฝึกมีความจำขณะทำงานเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องการวิจัยของ Lee and Ko (2007) ที่ศึกษาผลของการฝึกความจำขณะทำงานโดยใช้ลูกคิดคิดเลขในใจ ในเด็กที่มีอายุเฉลี่ย 12 ปี 6 เดือน และใช้เวลาฝึก 1 ชั่วโมง 30 นาที สัปดาห์ละ 2 ครั้งผลการทดลองพบว่า

กลุ่มทดลองที่ฝึกเลขคณิตคิดในใจด้วยลูกคิด มีความสามารถในการเก็บข้อมูลด้านภาพและมิติสัมพันธ์ส่งผลให้มีความจำปฏิบัติการที่สูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมนอกจากนี้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดยังส่งผลให้กลุ่มทดลองมีความสามารถด้านเลขคณิตดีกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้สามารถช่วยให้นักเรียนเก่งคณิตศาสตร์มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการเรียนคณิตศาสตร์ตามปกติในห้องเรียน

4. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Product - Moment Correlation Coefficient) ระหว่างความจำขณะทำงานและความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นมีค่าเท่ากับ .94 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 แสดงว่าความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับความสามารถด้านเลขคณิตในทิศบวก ซึ่งสอดคล้องการวิจัยของ Swanson et al. (2004) ที่ศึกษาความจำขณะทำงานและการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง เป็นตัวทำนายการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ในเด็กที่มีอายุแตกต่างกันพบว่าความจำขณะทำงานช่วยในการแก้ปัญหาการแทนปัญหาความรู้มีผลต่อสติปัญญา การอ่านและทักษะคณิตศาสตร์ ความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหาเป็นตัวทำนายที่สำคัญของการเปลี่ยนแปลงในช่วงอายุในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และทักษะการอ่านมีการทำงานที่อิสระ เด็กที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์จะมีความจำขณะทำงานที่ดีด้วย ทำให้สนับสนุนผลการวิจัยความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับความสามารถด้านเลขคณิตในทิศทางเดียวกันซึ่งส่งผลให้โปรแกรมเลขคณิต โดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่พัฒนาขึ้นนี้ มีความเหมาะสมที่จะนำไปฝึกการเพิ่มความจำขณะทำงานในนักเรียนได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูและบุคลากรทางการศึกษา อาจนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดไปติดตั้งบนกระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ของโรงเรียนหรือของนักเรียนสำหรับใช้เป็นทางเลือกในการจัดกิจกรรม “ลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้” ส่วนผู้ปกครองสามารถนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด ไปฝึกให้กับลูกที่บ้านสำหรับเพิ่มความสามารถด้านเลขคณิตและความจำขณะทำงานซึ่งเป็นพื้นฐานที่ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ดีขึ้น

2. ผู้บริหารสถาบันการศึกษาและสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสามารถนำผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด ไปใช้กำหนดนโยบายในการจัดการศึกษากับสถานศึกษาในสังกัด เพื่อเป็นเครื่องมือหรือนวัตกรรมในการเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1. โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด ที่พัฒนาขึ้นได้กำหนดโจทย์ที่ตายตัว อาจพัฒนาให้มีการสุ่มตัวเลขเพื่อทำให้โจทย์เลขคณิตมีความหลากหลาย ผู้ฝึกจะได้เกิดความหลากหลาย สามารถฝึกได้หลาย ๆ รอบ ไม่เกิดความจำเจ สนุกสนานกับกิจกรรมมากขึ้น

2. โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด ที่พัฒนาขึ้นมีเนื้อหาเฉพาะนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 อาจพัฒนาเนื้อหาเลขคณิตเป็นระดับช่วงชั้น เพิ่มการคูณและการหารโดยแบ่งเป็น 4 ช่วงชั้น คือ ช่วงชั้นที่ 1 ตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 3 ช่วงชั้นที่ 2 ตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 - 6 ช่วงชั้นที่ 3 คือระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (มัธยมศึกษาปีที่ 1 - 3) และช่วงชั้นที่ 4 คือระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6) เพื่อให้ผู้ฝึกใช้โปรแกรมได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้ผู้ฝึกได้พัฒนาความสามารถด้านเลขคณิตและความจำขณะทำงานอย่างต่อเนื่อง

3. โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด ที่พัฒนาขึ้นมีรูปแบบการทำงานที่เป็นระบบปิด (Offline) อาจพัฒนาเป็นรูปแบบที่สื่อสารบนเครือข่ายระบบเปิด (Online) เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนที่มีความสนใจสามารถนำโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดบรรจุลง (Download) กระดานชนวนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำให้สามารถมีการตอบโต้บนเครือข่ายออนไลน์ เพื่อทราบปัญหาและดำเนินการแก้ไขได้รวดเร็ว อีกทั้งช่วยให้ผู้ฝึกได้ข้อมูลที่มีความทันสมัยตลอดเวลา

4. งานวิจัยนี้ใช้เวลาในฝึกกิจกรรมทั้งสิ้น 5 สัปดาห์อาจทำวิจัยด้วยการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฝึกกิจกรรม อาจเพิ่มระยะเวลาในการฝึกกิจกรรมให้นานขึ้น ใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งเพิ่มขึ้นหรือลดลงในการประเมินผลได้ประเมิน1 ครั้ง หลังการทดลองเสร็จ อาจมีการประเมินผลซ้ำหลังการทดลอง 1 เดือน และ 3 เดือน เพื่อตรวจสอบความคงทนของผลการฝึก เพื่อนำมาปรับใช้ในฝึกได้อย่างเหมาะสมส่วนการประเมินการเพิ่มของความจำขณะทำงานประเมินโดยภาพรวม อาจประเมินความจำขณะทำงานที่เพิ่มขึ้นแยกเป็นองค์ประกอบและกลุ่มตัวอย่างที่ฝึกเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่มีความจำขณะทำงานเป็นปกติ อาจศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนในระดับชั้นต่าง ๆ หรือนักเรียนที่มีความบกพร่องของความจำขณะทำงาน

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

พีร วงศ์อุปราชและรังสิรัศม์ วงศ์อุปราช. (2556). 39 ปีของแบบจำลองความจำปฏิบัติการ: งานวิจัยและการประยุกต์. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, *10*(2), 1 - 16.

Alamolhodaei, H. (2002). Students' cognitive style and mathematical problem solving. *Research in Mathematical Education, 6*(1), 171 - 182.

Alamolhodaei, H. (2009). A working memory model applied to mathematical word problem Solving. *Asia Pacific Education*, *10*, 183 –192.

Alloway , T. P. (2006). How does working memory work in the classroom?. *Educational Research and Reviews*, (4), 134 – 139.

Alloway, T. P. (2007). Working memory, reading and mathematical skills in children with developmental coordination disorder. *Journal of Experimental Child Psychology*, *96*, 20 – 36.

Alloway, T. P. (2007). *Automated working memory assessment*. London, England: Pearson Assessment.

Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Willis, C., & Adams, A. M. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *87*, 85 –106.

Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C. (2011). The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences*, *21*, 133 – 137.

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

Aydin, K., Ucar, A., Oguz, K. K., Okur, O. O., Agayev, A., Unal, Z., Yilmaz, S., & Ozturk, C., (2007). Increased gray matter density in the parietal cortex of mathematicians: a voxel-based morphometry study. *Journal of Neuroradiol*, *28*, 1859–1864.

Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *Journal of Experimental Psychology*, *49*, 5 – 28.

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory?. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 417– 423.

Baddeley, A. (2002). Is Working Memory Still Working?. *European Psychologist, 7*(8), 5 - 97.

Baddeley, A., Eysenck, M. W., & Anderson, M. (2009). *Memory.* New York: Psychology Press.

Baddeley, A., & Hitch, G. J. (1974). *Working memory.* New York: Academic Press.

Baddeley, A., Kopelman, M. D., & Wilson, B. A. (2004). *The Essential Handbook of Memory Disorders for Clinicians*: John Wiley & Sons.

Bayliss, D. M., Jarrold, C., Baddeley, A. D., & Leigh, E. (2005). Differential constraints on the working memory and reading abilities of individuals with learning difficulties and typically developing children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *92*, 76 – 99.

Barrouillet, P., Mignon, M., & Thevenot, C. (2008). Strategies in subtraction problem solving in children. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*, 233 – 251.

Beteleva, T. G., & Sinitsyn, S. V. (2008). Event Related Potentials at Different Stages of the Operation of Visual Working Memory. *Human Physiology, 34*(3), 265 –274.

Beteleva, T. G., Sinitsyn, S. V., & Farber, D. A. (2009). Age - Related Specificity of the Processing of Visual Information in the System of Working Memory. *Human Physiology, 35*(6), 672–683.

Bruckner, L. J., & Bond, G. L. (1955). *The Diagnostic and Treatment of Learning Difficulties.* New York: Appleton Century Crofts.

Caviola, S., Mammarella, I. C., Cornoldi, C., & Lucangeli, D. (2012). The involvement of working memory in children's exact and approximate mental addition. *Journal of Experimental Child Psychology, 112*(2), 141-160. doi:10.1016/j.jecp.2012.02.005

Campbell, J. I. D., & Xue, Q. (2001). Cognitive Arithmetic Across Cultures. *Journal of Experimental Psychology, 13*(2), 299-315.

Campbell, Jamie I. D. (2005). *Handbook of mathematical cognition*. New York: Psychology Press.

Canobi, K.H. (2004). Individual differences in children's addition and subtraction knowledge. *Cognitive Development, 19*, 81–93.

Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (1994). Working memory and retrieval: A source dependent inhibition model. *Journal of Experimental Psychology, 12*(3), 354 – 373.

Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, & Engle, R. W. (2005). Working memory span task: A methodological review and user's guide. *Psychonomic Bulletin and Review, 12*(5), 769 – 786.

Cowan, N. (2005). *Working memory capacity.* New York: Psychology Press.

Dahlin, E., Nyberg, L., Backman, L., & Stigsdotter - Neely, A., (2008). Plasticity of executive functioning in young and old adults: Immediate training gains, transfer, and long-term maintenance. *Psychology and Aging*, *23*, 720–730.

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

Dash, P. K., Moore, A. N., Kobori, N., & Runya, J. D. (2007). Molecular activity underlying working memory. *Learning & Memory, 14*,554 – 563.

Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*(1–2), 1–42.

Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press .

Dehaene, S., & Akhavein, R. (1995). Attention, automaticity, and levels of representation in number processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 21*(2), 314–326.

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

Dehn, M. J. (2008). *Working memory and academic learning assessment and intervention.* U.S.A.: John Wiley & Sons, Inc.

Delazer, M., Domahs, F., Lochy, A., Karner, E., Benke, T., &Poewe, W. (2004). Number processing and basal ganglia dysfunction: A single case study. *Neuropsychologia, 42*(8), 1050-1062. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.009

Farber, D. A., Farber, Beteleva, T. G., & Ignat'eva, I. S. (2004). Functional Organization of the Brain during the Operation of Working Memory. *Human Physiology, 30*(2), 129–136.

Farber, D. A., & Sinitsyn, S. V. (2009). Functional Organization of Working Memory in Seven - to Eight-Year-Old Children. *Human Physiology, 35*, 131–141.

Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A. M., et al. (2006). The cognitive correlates of third-grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, *98*, 29–43. doi:10.1037/0022-0663.98.1.29.

Gathercole, S. E., & Alloway, T. P. (2007). *Understanding Working Memory A Classroom Guide*. London: Harcourt Assessment.

Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., & DeSoto, M. C. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology, 88*, 121–151.

Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, H. D. (2013). Adolescents' functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge. *PLoS ONE*, *8*, e54651. doi:10.1371/journal.pone.0054651.

Gisselgard, J., Petersson, K. M., & Ingvar, M. (2004).The irrelevant speech effect and working memory load. *NeuroImage, 22*, 1107 – 1116.

Goldstein, E. B. (2008). *Cognitive Psychology Connecting Mind, Research, and Everyday Experience.* U.S.A.: Thomson Wadsworth.

Goldstein, E. B. (2010). *Cognitive Psychology*. Canada: Wadsworth.

Gomarus, H. K., Althaus, M., Wijers, A. A., & Minderaa, R. B. (2006).The effects of memory load and stimulus relevance on the EEG during a visual selective memory search task: An ERP and ERD/ERS study. *ClinNeurophysiol*, (117), 871 – 884.

Gunderson, E. A., Ramirez, G., Beilock, S. L., & Levine, S. C. (2012). The relation between spatial skill and early number knowledge: The role of the linear number line. *Developmental Psychology*, *48*, 1229 – 1241. doi:10.1037/a0027433.

Hambrick, D. Z., & Engle, R. W. (2003). The role of working memory in problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, (87), 85 - 106.

Holmes, V. M., & McGregor, J. (2007). Rote memory and arithmetic fact processing. *Memory Cognition, 35*(8), 2041 - 2051.

Hubber, P. J., Gilmore, C., & Cragg, L. (2014). The roles of the central executive and visuospatial storage in mental arithmetic: A comparison across strategies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 67*(5), 936 - 954. doi:10.1080/17470218.2013.838590

Imbo, I., & Lefevre, J. A. (2010).The role of phonological and visual working memory in complex arithmetic for Chinese - and Canadian - educated adults. *Memory & Cognition, 38*(2), 176 - 185.

Imbo, I., & Vandierendonck, A. (2008). Effects of problem size, operation, and working memory span on simple arithmetic strategies: differences between children and adults?. *Psychological Research*, (72), 331 – 346.

Klein, E., Suchan, J., Moeller, K., Karnath, H. O., Knops, A., Wood, G., & Willmes, K. (2016). Considering structural connectivity in the triple code model of numerical cognition: differential connectivity for magnitude processing and arithmetic facts. *Brain Structure & Function, 221*(2), 979 - 995. doi:10.1007/s00429-014-0951-1

Lee, K. M., & Kang, S. Y. (2002). Arithmetic operation and working memory: Differential suppression in dual tasks. *Cognition, 83*(3), B63-B68.doi:Pii S0010-77(02)00010-0

Lee,Y., Lu, M., & Ko, H. (2007). Effects of skill training on working memory capacity. *Learing and Intruction, 17*, 336 – 344.

Lemaire, P., & Callies, S. (2009). Children's strategies in complex arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 49 – 65.

Lefevre, J. A., Shanahant, T., & Destefano, D. (2004).The tie effect in simple arithmetic: An access-based account. *Memory and Cognition, 32*(6), 1019 - 1031.

Mayringer, H., & Wimmer, H. (2000). Pseudo name learning by German-speaking children with dyslexia: Evidence for a phonological learning deficit. *Journal of Experimental Child Psychology, 75,* 116 – 133.

McEvoy, L. K., Smith, M. E., & Gevins, A. (1998). Dynamic cortical networks of verbal and spatial working memory: Effects of memory load and task practice, *CerebCortex*, *8,* 563 – 574.

McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2010). *Research in Education*: *Evidence-based inquiry*. (7th ed.). New Jersey: Pearson Education, Inc.

Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., & Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, (20), 101 – 109.

Miyake, A., & Shah, P. (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. London: Cambridge University Press.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, AH., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal lobe" task: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, (41), 49 – 100.

Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2005). A comparison of updating processes in children good or poor in arithmetic word problem-solving. *Learning and Individual Differences*, (15), 257 – 269.

Peters, G., Smedt, D. B., Torbeyns, J. & Verschaffel, L. (2010). Adults' use of subtraction by addition. *Acta Psychologica*, (135), 323 – 329.

Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology, 91*,137 – 157.

Redick, T. S., Shipstead, Z., Wiemers, E. A., Melby-Lervag, M., & Hulme, C. (2015). What's Working in Working Memory Training? An Educational Perspective. *Educational Psychology Review, 27*(4), 617 - 633. doi:10.1007/s10648-015-9314-6

Seigneuric, A., Ehrlich, M. F., Oakhill, J. V., & Yuill, N. M. (2000). Working memory resources and children reading comprehension. *Reading and Writing, 13*, 81–103.

Simmons, F. R., Willis, C., & Adams, A. M. (2012). Different components of working memory have different relationships with different mathematical skills. *Journal of Experimental Child Psychology, 111*(2), 139 - 155. doi:10.1016/j.jecp.2011.08.011

Smedt, B. D., Grabner, R. H., & Studer, B. (2009).Oscillatory EEG correlates of arithmetic strategy use in addition and subtraction. *Experimental Brain Research, 195*, 635 – 642.

Smedt, B. D., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquire, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 186 - 201.

Smedt, B. D., Holloway, I. D., & Ansari, D. (2011). Effects of problem size and arithmetic operation on brain activation during calculation in children with varying levels of arithmetical fluency. *Neuro Image, 57,* 771 – 781.

Studera, P, Wanglera, S, Diruf, M. S., Kratza, O, Moll, G. H. & Heinricha, H. (2010). ERP effects of methylphenidate and working memory load in healthy adults during a serial visual working memory task. *Neuroscience Letters, 482*, 172 - 176.

Sousa, D. A. (2006). *How the brain learns*. California: Corwin Press.

Swanson, H. L. (2003). Age-related differences in learning disabled and skilled readers' working memory. *Journal of Experimental Child Psychology, 85*, 1 - 31.

Swanson, H. L., Ashbaker, M. H., & Lee, C. (1996). Learning disabled readers working memory as a function of processing demands. *Journal of Experimental Child Psychology, 61*, 242 – 275.

Swanson, H. L. (2004). Working memory and phonological processing as predictors of children’s mathematical problem solving at different ages. *Memory and Cognition, 32*, 648 – 661.

Swanson, H. L. (2006). Cross - sectional and incremental changes in working memory and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology, 98*, 265 - 281.

Swanson, H. L., Jerman, O. & Zheng, X. (2008). Growth in Working Memory and Mathematical Problem Solving in Children at Risk and Not at Risk for Serious Math Difficulties. *Journal of Educational Psychology, 100*(2), 343 – 379.

Swanson, H. L., & Howell, M. (2001). Working memory, short - term memory, and speech rate as predictors of children's reading performance at different ages. *Journal of Educational Psychology, 9*3, 720 - 734.

Swanson, H. L., & Sachse, L. (2001).Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology, 79*, 294 - 321.

Swanson, H. L., Saez, L., Gerber, M., & Leafstedt, J. (2004). Literacy and cognitive functioning in bilingual and nonbilingual children at or not at risk for reading disabilities. *Journal of Education Psychology, 96*, 3 - 18.

Swanson, H. L., & Frankenberger, M. B. (2004). The Relationship between Working Memory and Mathematical Problem Solving in Children at Risk and Not at Risk for Serious Math Difficulties. *Journal of Educational Psychology, 96*, 471 – 491.

Traff, U., & Passolunghi, M. C. (2015). Mathematical skills in children with dyslexia. *Learning and Individual Differences, 40*, 108-114. doi:10.1016/j.lindif.2015.03.024

Träff, U. (2013). The contribution of general cognitive abilities and number abilities to different aspects of mathematics in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *116*, 139 – 156. doi:10.1016/j.jecp.2013.04.007.

Trbovich, P. L., & LeFevre, J. A. (2003). Phonological and visual working memory in mental addition. *Memory and Cognition, 31*, 738 – 745.

Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2015). Verbal and visual-spatial working memory and mathematical ability in different domains throughout primary school. *Memory & Cognition, 43*(3), 367 - 378. doi:10.3758/s13421-014-0480-4

Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: A meta–analysis. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience, 3*(4), 255 - 274.

Zhang, X., Koponen, T., Räsänen, P., Aunola, K., Lerkkanen, M.-K., & Nurmi, J.-E. (2014). Linguistic and spatial skills predict early arithmetic development via counting sequence knowledge. *Child Development*, *128*, 1091 – 1107. http://dx.doi.org/10.1111/cdev.12173>.

Zhang, X., & Lin, D. (2015). Pathways to arithmetic: The role of visual-spatial and language skills in written arithmetic, arithmetic word problems, and nonsymbolic arithmetic. *Contemporary Educational Psychology, 41*, 188 - 197. doi:10.1016/j.cedpsych.2015.01.005

Zhou, X., Chen, C., Dong , Q., Zhang, H., Zhou, R., Zhao, H., Chen, C., Qiao, S., Jiang, T., & Guo, Y. (2006).Event-related potentials of single-digit addition, subtraction, and multiplication. *Neuropsychologia, 44*, 2500 – 2507.

Zhou, X., Chen, C., Qiao, S., Chen, C., Chen, L., Lu, N., & Dong, Q. (2009).Event-related potentials for simple arithmetic in Arabic digits and Chinese number words: a study of the mental representation of arithmetic facts through notation and operation effects. *Brain Research*, (1302), 212 – 224.

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

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต

การตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยผู้เชี่ยวชาญ

โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. การดำเนินการตามขั้นตอนโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต					
1.1 วัตถุประสงค์ กำหนดเวลา ขั้นตอนการทำกิจกรรม และการประเมินผลกิจกรรม	4	5	4	4.33	มาก
1.2 ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับเนื้อหา	5	5	5	5	มากที่สุด
1.3 กิจกรรมน่าสนใจ ส่งเสริมให้นักเรียนกระตือรือร้นในการฝึก	5	5	4	4.67	มากที่สุด
1.4 กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้ง่าย	4	5	4	4.33	มาก
1.5 กิจกรรมความเหมาะสมกับระยะเวลา	5	5	3	4.33	มาก
1.6 กิจกรรมเรียงลำดับจากง่ายไปสู่ยาก	5	5	4	4.67	มากที่สุด
1.7 ความเป็นไปได้ในการปฏิบัติกิจกรรม	5	5	4	4.67	มากที่สุด
1.8 กิจกรรมเหมาะสมกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	5	5	5	5	มากที่สุด
2. การออกแบบโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต					
2.1 ตัวอักษร					
2.1.1 ขนาดตัวอักษร	4	5	4	4.33	มาก
2.1.2 รูปแบบตัวอักษร	5	5	4	4.67	มากที่สุด
2.1.3 ชนิดของตัวอักษร	5	4	4	4.33	มาก
2.1.4 สีของตัวอักษร	5	4	3	4	มาก
2.2 ภาพสื่อความหมาย	5	4	4	4.33	มาก

การตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต (ต่อ)

โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
2.3 สี					
2.3.1 ความชัดเจนของตัวอักษร ตัวเลขและภาพ	4	4	4	4	มาก
2.3.2 ความสวยงาม สบายตา ดึงดูดความสนใจ	5	4	4	4.33	มาก
3. ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต					
3.1 ใช้งานง่ายและสะดวก	4	5	4	4.33	มาก
3.2 ความเหมาะสมกับการใช้งาน	5	5	4	4.67	มากที่สุด
3.3 ความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา	4	4	4	4	มาก
4. ภาพรวมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต					
4.1 ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรม	5	5	5	5	มากที่สุด
4.2 ภาษาที่ใช้อ่านแล้วเข้าใจง่าย	4	5	4	4.33	มาก
4.3 ภาพประกอบชัดเจน	4	3	4	3.67	มาก
4.4 ภาพประกอบที่เหมาะสม	4	4	4	4	มาก
5. คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต					
5.1 ใช้งานง่ายและสะดวก	4	5	4	4.33	มาก
5.2 ความเหมาะสมกับการใช้งาน	5	5	4	4.67	มากที่สุด
5.3 ความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา	4	4	4	4	มาก

การตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต โดยผู้ใช้งาน

	โปรแกรมการฝึกการคิดเลขคณิต	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
1.	ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมการฝึกการคิดเลขคณิต		
	1.1 ใช้งานง่ายและสะดวก	4.33	มาก
	1.2 ความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.33	มาก
	1.3 ความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา	4	มาก
2.	ภาพรวมของโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต		
	2.1 ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรม	4.33	มาก
	2.2 ภาษาที่ใช้อ่านแล้วเข้าใจง่าย	4.33	มาก
	2.3 ภาพประกอบชัดเจน	4	มาก
	2.4 ภาพประกอบเหมาะสม	4	มาก
3.	คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต		
	3.1 ใช้งานง่ายและสะดวก	4.33	มาก
	3.2 ความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.33	มาก
	3.3 ความสัมพันธ์ของภาพประกอบกับเนื้อหา	4	มาก

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และ
ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต

คนที่	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9	ข้อที่ 10
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
16	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
17	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
18	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
19	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
22	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
23	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
24	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
25	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
27	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าความยาก (p)	0.83	0.73	0.77	0.77	0.70	0.90	0.70	0.73	0.77	0.73
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.33	0.40	0.33	0.47	0.47	0.20	0.47	0.53	0.47	0.53
ผลการประเมิน	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้

เกณฑ์พิจารณาค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 – 1.00

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต

คนที่	ข้อที่ 11	ข้อที่ 12	ข้อที่ 13	ข้อที่ 14	ข้อที่ 15	ข้อที่ 16	ข้อที่ 17	ข้อที่ 18	ข้อที่ 19	ข้อที่ 20
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
9	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
10	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
11	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
15	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1
16	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
17	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
21	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1
22	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1
23	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
24	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
25	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
26	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
27	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
28	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
29	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
30	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
ค่าความยาก (p)	0.77	0.73	0.83	0.90	0.77	0.73	0.77	0.70	0.77	0.73
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.33	0.40	0.20	0.20	-0.20	0.27	0.47	0.07	0.47	0.00
ผลการประเมิน	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้

เกณฑ์พิจารณาค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 – 1.00

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต

คนที่	ข้อที่ 21	ข้อที่ 22	ข้อที่ 23	ข้อที่ 24	ข้อที่ 25	ข้อที่ 26	ข้อที่ 27	ข้อที่ 28	ข้อที่ 29	ข้อที่ 30
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
3	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
6	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
7	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
9	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
10	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
12	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
13	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
14	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
15	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
16	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
17	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
18	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
19	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0
20	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1
21	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
22	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
23	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
24	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1
25	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
26	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
27	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
28	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
29	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
30	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0
ค่าความยาก (p)	0.70	0.57	0.63	0.83	0.70	0.57	0.77	0.63	0.73	0.73
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.33	0.07	0.33	0.20	0.20	0.87	0.07	0.33	0.27	0.40
ผลการประเมิน	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้

เกณฑ์พิจารณาค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 – 1.00

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต

คนที่	ข้อที่ 31	ข้อที่ 32	ข้อที่ 33	ข้อที่ 34	ข้อที่ 35	ข้อที่ 36	ข้อที่ 37	ข้อที่ 38	ข้อที่ 39	ข้อที่ 40
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
12	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0
13	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0
14	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
17	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
18	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
19	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1
20	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
21	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
22	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
23	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
24	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
25	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
26	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
27	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
28	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
29	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
30	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
ค่าความยาก (p)	0.57	0.70	0.57	0.70	0.63	0.73	0.77	0.53	0.53	0.70
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.87	0.20	0.87	0.20	0.33	0.27	0.33	0.93	0.93	0.20
ผลการประเมิน	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้

เกณฑ์พิจารณาค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 – 1.00

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต ทั้งฉบับ

หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยวิธี Cronbach's Alpha เฉพาะข้อที่มีคุณภาพ จำนวน 30 ข้อ ได้ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ เท่ากับ 0.93 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป spss ได้ผลดังนี้

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.927	30

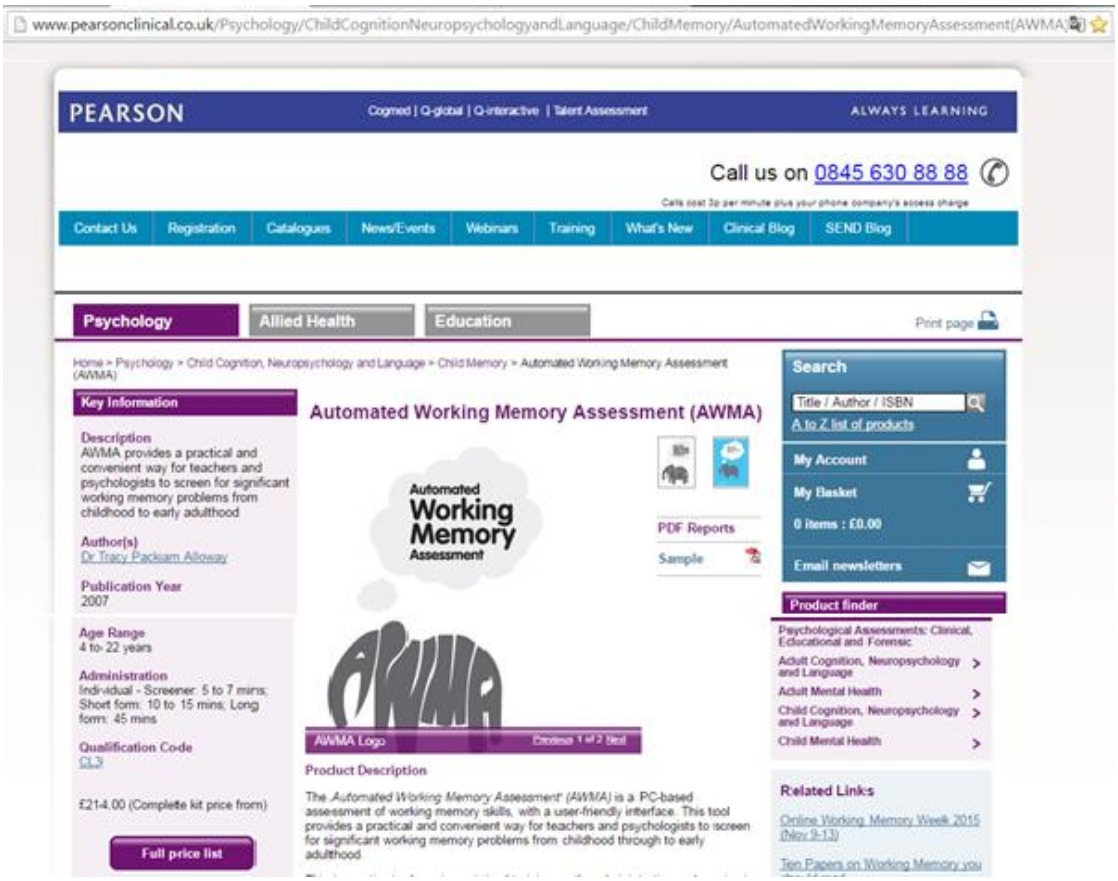
ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแบบประเมินความจำขณะทำงานอย่างอัตโนมัติ

(Automated Working Memory Assessment: AWMA)

ตัวอย่างแบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ
(Automated Working Memory Assessment: AWMA)

แบบประเมินความจำขณะทำงานอัตโนมัติ เป็นแบบประเมินที่เป็นมาตรฐาน ทดสอบผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ของ Dr Tracy Packiam Alloway ปี ค.ศ. 2007 ที่ติดต่อ Pearson Assessment, Halley Court, Jordan Hill, Oxford, OX2 8EJ, United Kingdom สั่งจากเว็บไซต์ www.prarsonclinical.co.uk ดังภาพ



ประกอบด้วย 12 แบบทดสอบ ดังนี้

แบบทดสอบที่ 1 การระลึกได้เกี่ยวกับตัวเลข (Digit Recall)

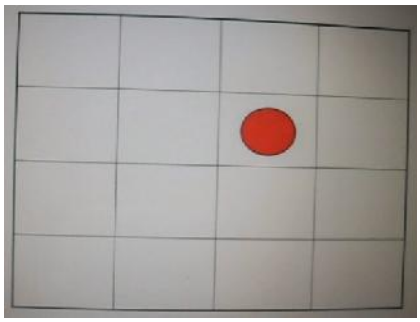
ผู้ทดสอบได้รับฟังตัวเลขตามลำดับ เมื่อสิ้นเสียงให้ผู้ทดสอบทวนตัวเลขเหล่านั้นอีกครั้งตามลำดับที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง ตัวเลข 7 จำนวน เสียงตัวเลข 2 9 1 5 3 7 6 ผู้ทดสอบทวนตัวเลข 2 9 1 5 3 7 6

แบบทดสอบที่ 2 จุดบนตารางจัตุรัส (Dot Matrix)

ผู้ทดสอบจะเห็นจุดสีแดงในชุดตารางเมตริกซ์ 4×4 มีเวลากำหนด 4 วินาที จากนั้นผู้เข้าทดสอบต้องจำตำแหน่งที่ถูกต้องบนหน้าจอคอมพิวเตอร์แล้วชี้ตำแหน่งจุดสีแดงที่ปรากฏ

ตัวอย่าง จุดสีแดง 1 จุด

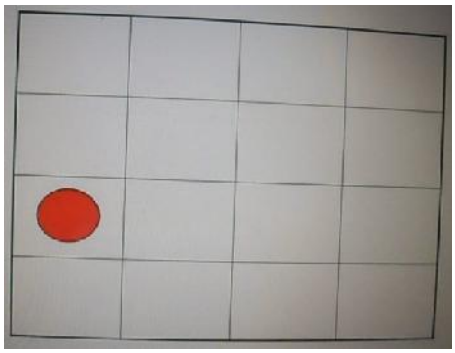


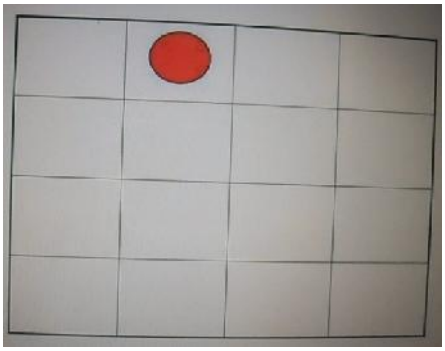
จุดสีแดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ผู้ทดสอบชี้ตำแหน่งจุดสีแดงที่ปรากฏ

เฉลยคำตอบ

ตัวอย่าง จุดสีแดง 2 จุด





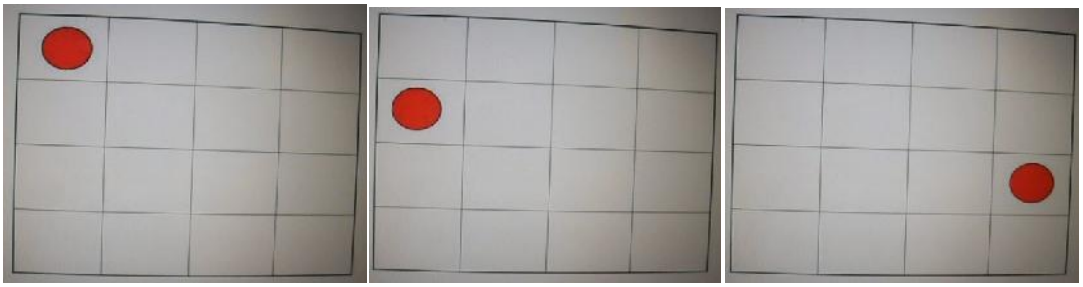
จุดสีแดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ผู้ทดสอบชี้ตำแหน่งจุดสีแดงที่
ปรากฏ

เฉลยคำตอบ

ตัวอย่าง จุดสีแดง 3 จุด

จุดสีแดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์



จุดสีแดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ผู้ทดสอบชี้ตำแหน่งจุดสีแดงที่

ปรากฏ

เฉลยคำตอบ

แบบทดสอบที่ 3 การระลึกได้เกี่ยวกับการฟัง (Listening Recall)

ผู้ทดสอบรับฟังประโยคแล้วตอบว่าประโยคที่รับฟังถูกหรือผิดตามความเป็นจริง แล้วให้จำคำสุดท้ายของประโยคที่ได้ยินตามลำดับที่ถูกต้อง

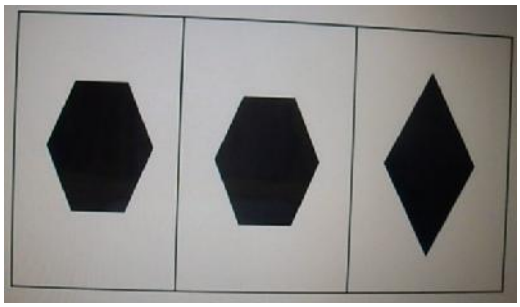
ตัวอย่าง 2 ประโยค

เสียง	ตอบ	ทวน
กล้วยปลูกในน้ำ	ผิด	
ดอกไม้มีกลิ่นหอม	ถูก	น้ำ, หอม

แบบทดสอบที่ 4 แยกสิ่งที่ต่างออกไป (Odd – One - Out)

ผู้ทดสอบต้องมองรูปทรง 2 รูปทรงในแถวของกล่องหลาย ๆ ใบแล้วระบุรูปร่างที่แตกต่างให้จำตำแหน่งรูปร่างที่แตกต่างตามลำดับอย่างถูกต้อง

ตัวอย่าง จำตำแหน่งรูปร่างที่แตกต่าง 1 รูป

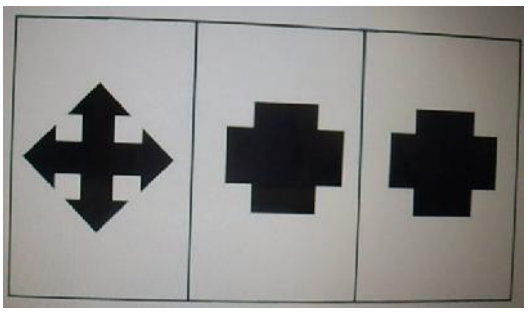


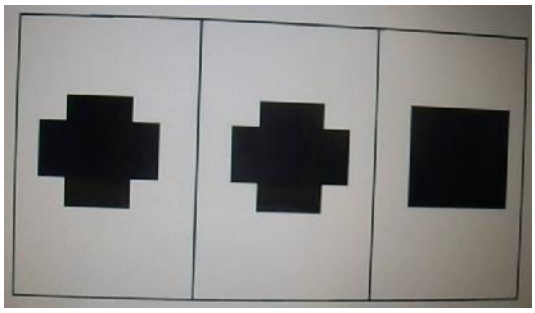
จำตำแหน่งรูปร่างที่แตกต่าง บนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ผู้ทดสอบชี้ตำแหน่งรูปร่างที่แตกต่าง

เฉลยคำตอบ

ตัวอย่าง จำตำแหน่งรูปร่างที่แตกต่าง 2 รูป





จำตำแหน่งรูปร่างที่แตกต่าง บนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ผู้ทดสอบชี้ตำแหน่งรูปร่างที่แตกต่าง

เฉลยคำตอบ

แบบทดสอบที่ 5 การระลึกได้เกี่ยวกับคำที่มีความหมาย (Word Recall)

ผู้ทดสอบได้ยินคำที่มีความหมาย ให้ผู้เข้าทดสอบทวนคำตามลำดับที่ถูกต้อง

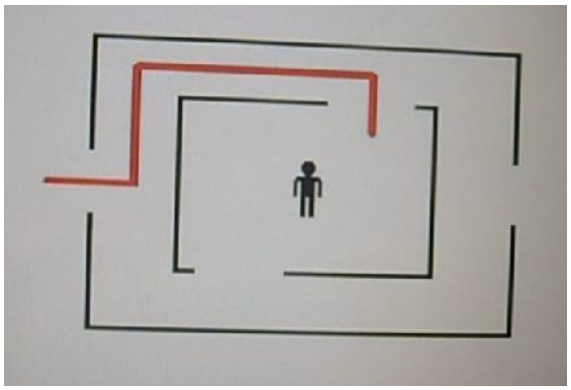
ตัวอย่าง ฟังคำ 3 คำ

ฟัง			ทวน		
ดื่ม	โต๊ะ	รถบัส	ดื่ม	โต๊ะ	รถบัส

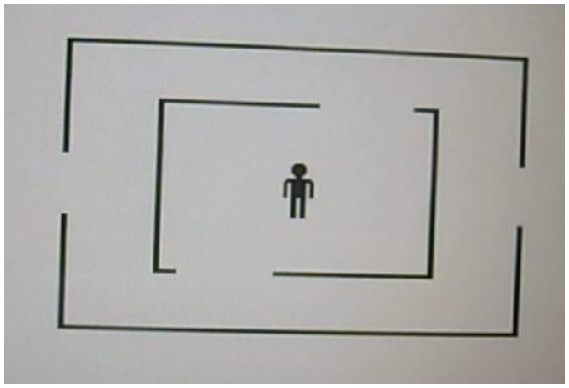
แบบทดสอบที่ 6 ความจำเขาวงกต (Mazes Memory)

ผู้ทดสอบเห็นเส้นทางสีแดงที่คนในเขาวงกตเดิน ผู้ทดสอบตอบโดยใช้นิ้วมือลากเส้นทางที่เห็นภายใน 3 วินาที

ตัวอย่าง เส้นทางการเดินของคนในเขาวงกต



ผู้ทดสอบจำเส้นทางที่คนในเขาวงกตเดิน

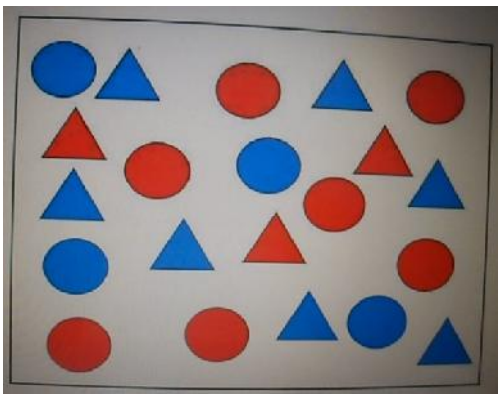


ผู้ทดสอบตอบเส้นทางที่คนในเขาวงกตเดิน

แบบทดสอบที่ 7 การระลึกได้เกี่ยวกับการนับ (Counting Recall)

ผู้ทดสอบนับจำนวนวงกลมสีแดงหรือสามเหลี่ยมสีน้ำเงิน ให้จำจำนวนตามลำดับ

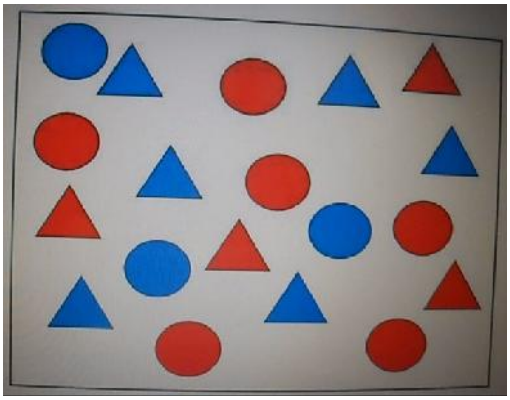
ตัวอย่าง นับ 1 ครั้ง

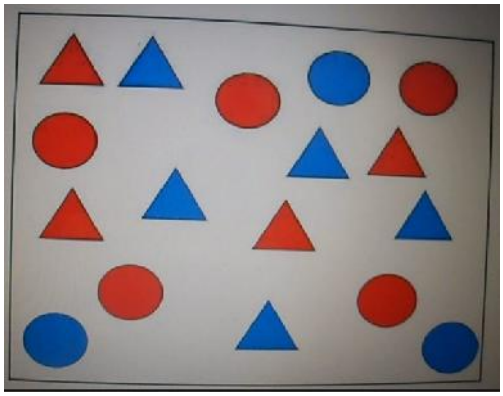


นับวงกลมสีแดงหรือสามเหลี่ยมสีน้ำเงิน

เฉลยคำตอบ 7

ตัวอย่าง นับ 2 ครั้ง



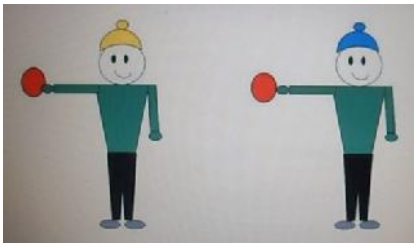
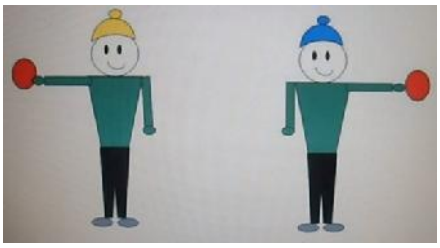
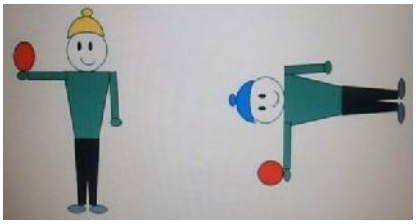
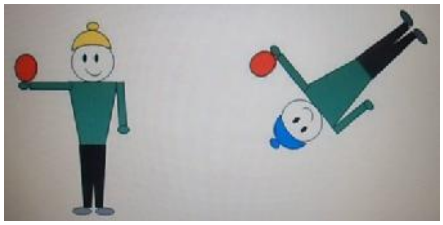


นับวงกลมสีแดงหรือสามเหลี่ยมสีน้ำเงิน

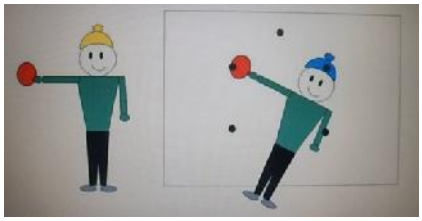
เฉลยคำตอบ 6 5

แบบทดสอบที่ 8 นายเอ็กซ์ (Mr. X)

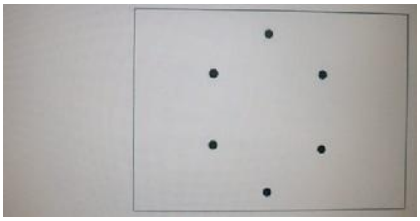
ผู้ทดสอบเห็นรูปภาพนายเอ็กซ์เป็นตัวการ์ตูน 2 ตัว ที่คนหนึ่งสวมหมวกสีฟ้า อีกคนสวมหมวกสีเหลืองถือลูกบอลในตำแหน่งต่าง ๆ สุดท้ายของแบบทดสอบต้องจำลูกบอลที่ถือโดยนายเอ็กซ์ที่สวมหมวกสีฟ้า ให้ชี้ที่รูปภาพ มี 8 ทิศทาง ความซับซ้อนเกิดจากการหมุนนายเอ็กซ์ที่สวมหมวกสีฟ้า มี 4 ลักษณะ ดังนี้

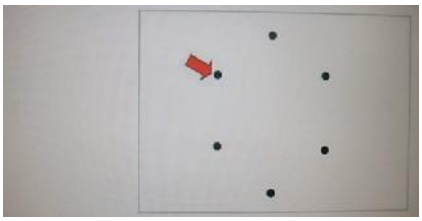
ตัวอย่าง



ผู้ทดสอบจำตำแหน่งลูกบอลในมือนายเอ็กซ์ที่สวมหมวกสีฟ้า



ผู้ทดสอบชี้ตำแหน่ง



เฉลยคำตอบ

แบบทดสอบที่ 9 การระลึกได้เกี่ยวกับคำที่ไม่มีความหมาย (Nonword Recall)

ผู้ทดสอบได้ยินคำที่ไม่มีความหมาย ให้ผู้เข้าทดสอบทวนคำตามลำดับที่ถูกต้อง

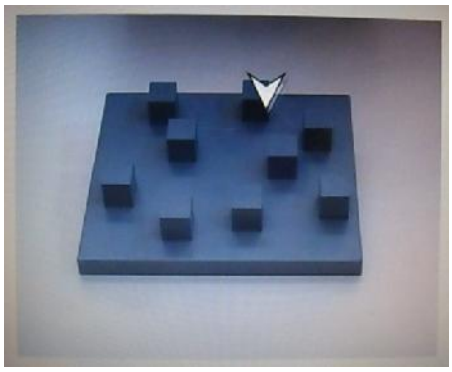
ตัวอย่าง ฟังคำ 3 คำ

ฟัง	ทวน
โนบ จิช แกม	โนบ จิช แกม

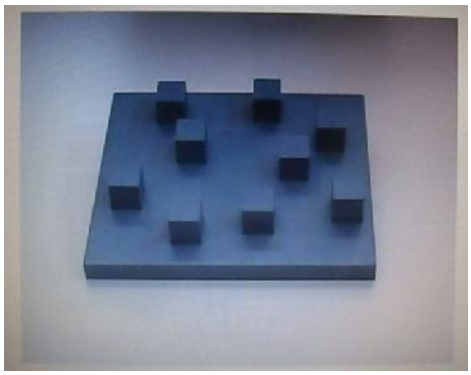
แบบทดสอบที่ 10 การระลึกได้เกี่ยวกับลูกบาศก์ (Block Recall)

ผู้ทดสอบเห็นลูกบาศก์ทั้งหมด 9 ลูก มีลูกศรเลื่อนมายังตำแหน่งที่กำหนด ผู้เข้าทดสอบจำตำแหน่งแล้วชี้ที่ลูกบาศก์ให้ถูกต้องตามลำดับ

ตัวอย่าง 1 ตำแหน่ง

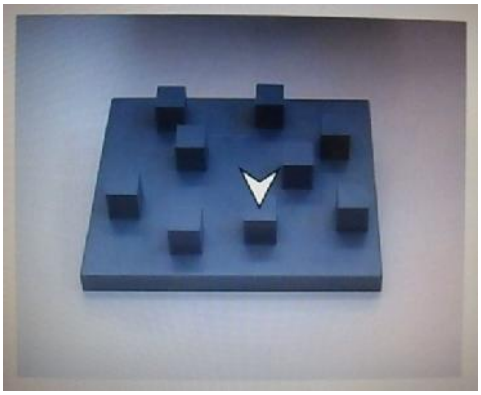


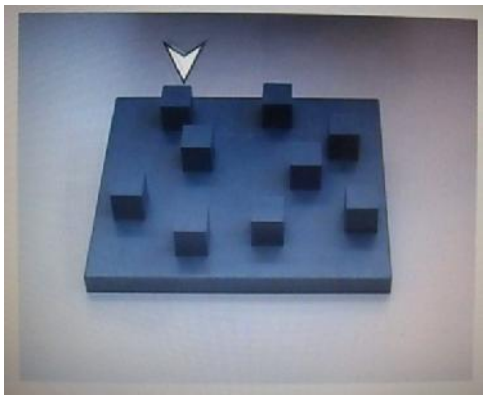
ผู้ทดสอบจำตำแหน่งลูกบาศก์ที่ลูกศรชี้



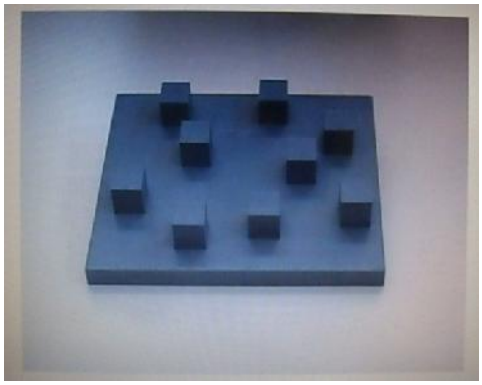
ผู้ทดสอบชี้ตำแหน่ง

ตัวอย่าง 2 ตำแหน่ง





ผู้ทดสอบจำตำแหน่งลูกบาศก์ที่ลูกศรชี้



ผู้ทดสอบชี้ตำแหน่ง

แบบทดสอบที่ 11 การระลึกได้เกี่ยวกับตัวเลขย้อนกลับ (Backwards Digit)

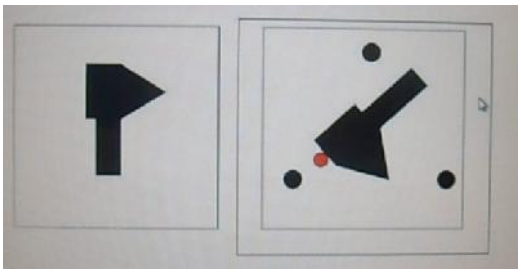
ผู้ทดสอบได้รับฟังตัวเลขตามลำดับ เมื่อสิ้นเสียงให้ผู้ทดสอบทวนตัวเลขเหล่านั้นอีกครั้งตามลำดับที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง ตัวเลข 4 จำนวน เสียงตัวเลข 3 9 2 5 ผู้ทดสอบทวนตัวเลข 5 2 9 3

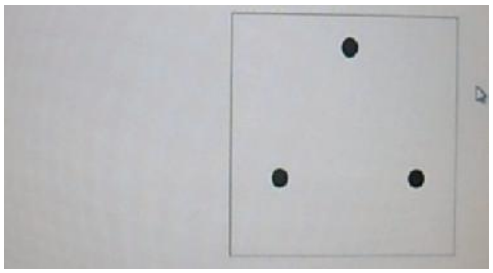
แบบทดสอบที่ 12 Spatial Span

ผู้ทดสอบต้องจำตำแหน่งจุดสีแดงจากวัตถุที่เห็น โดยชี้ไปที่ภาพที่กำหนดจุด 3 ตำแหน่ง

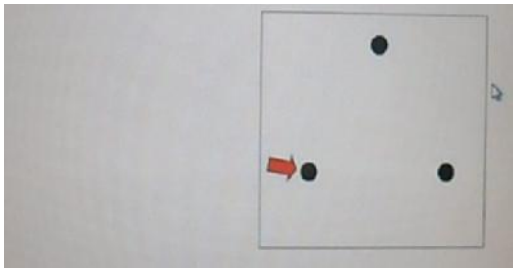
ตัวอย่าง 1 ตำแหน่ง



ผู้ทดสอบจำตำแหน่งจุดสีแดง

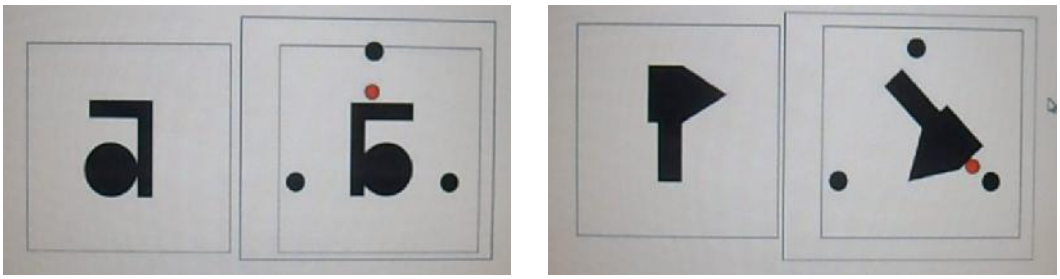


ผู้ทดสอบชี้ตำแหน่ง

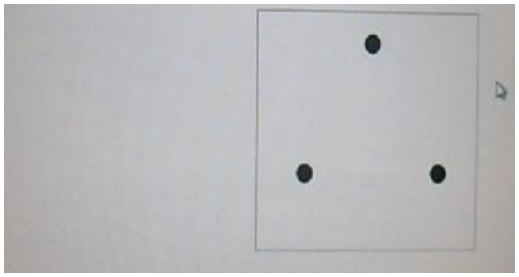


เฉลยคำตอบ

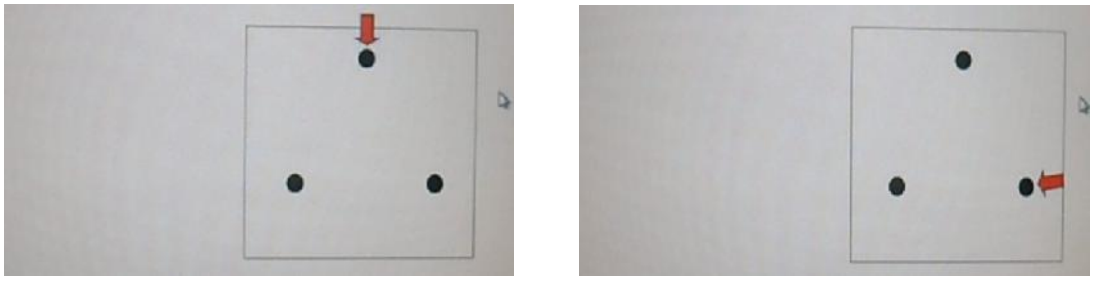
ตัวอย่าง 2 ตำแหน่ง



ผู้ทดสอบจำตำแหน่งจุดสีแดง



ผู้ทดสอบชี้ตำแหน่ง



เฉลยคำตอบ

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต

ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต

แบบทดสอบความสามารถด้านเลขคณิต มี 30 ข้อ เป็นแบบทดสอบชนิดเติมคำตอบในรูปแบบ Application ติดตั้งในโปรแกรมการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น เกณฑ์การให้คะแนน คือตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

ขั้นตอนการทำแบบทดสอบ

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 1
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกทดสอบก่อนฝึกหรือทดสอบหลังฝึก ภาพที่ 2
3. เลือกทดสอบก่อนฝึก เติมคำตอบลงในช่องเติมคำตอบ ภาพที่ 3
4. เลือกทดสอบหลังฝึก เติมคำตอบลงในช่องเติมคำตอบ ภาพที่ 4

ภาพที่ 1 หน้าจอต้อนรับเข้าเมนูหลัก

ภาพที่ 2 หน้าจอเมนูหลัก

ภาพที่ 3 หน้าจอแบบทดสอบเลขคณิตก่อนฝึกโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น

ภาพที่ 4 หน้าจอแบบทดสอบเลขคณิตหลังฝึกโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้น

ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด

คู่มือการใช้งาน

โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิต
โดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด
สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงาน
ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

โดย นางสาวบุราณี ระเบียบ

คู่มือการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด

คำชี้แจง

โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด พัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานและความสามารถด้านการคิดเลขคณิต

ข้อควรปฏิบัติในการใช้โปรแกรม

1. โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดประกอบด้วยวัตถุประสงค์ กำหนดเวลา ขั้นตอนการทำกิจกรรม และการประเมินผลของแต่ละกิจกรรม

2. วัตถุประสงค์หลักการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด คือ เพิ่มความจำขณะทำงาน ผู้ควบคุมการฝึกควรกระตุ้นให้ผู้รับการฝึกมีแรงจูงใจเกิดความสนใจ ความใส่ใจในการฝึกซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นการเพิ่มความจำขณะทำงาน วัตถุประสงค์รองคือความสามารถด้านการคิดเลขคณิต ผู้ฝึกควรให้คำแนะนำ สอดแทรกเทคนิคการคิดเลขคณิตกับผู้รับการฝึกในขณะทำกิจกรรมเพื่อให้ผู้รับการฝึกการคิดเลขคณิตพร้อมกับการทำงานของความจำขณะทำงาน

3. ในการฝึกกิจกรรมแต่ละกิจกรรมตามโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดจะกำหนดเวลาในการฝึก ในทางปฏิบัติจริงสามารถเพิ่มและลดเวลาได้เนื่องจากความสามารถในการฝึกของผู้รับการฝึกแต่ละคนไม่เท่ากัน

4. สิ่งควรปฏิบัติหลังจากฝึกกิจกรรมแต่ละกิจกรรมตามโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดแล้วต้องประเมินผลของแต่ละกิจกรรม บันทึกข้อผิดพลาด ข้อเสนอแนะในการทำกิจกรรมครั้งต่อไป

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

กิจกรรมที่ 1จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 9

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ชื่อเรียกตัวเลขได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคดในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิกและการแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษาโดยการสะกดชื่อตัวเลขพร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติ โดยให้นักเรียนใช้สายตาในการเลือกตัวเลขฮินดูอารบิกที่ตรงกับตัวหนังสือที่กำหนดให้ รวมถึงระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 1
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 1 – 5 ไม่เกินเลข 9 ภาพที่ 2
3. เลือกกิจกรรม 1 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร ภาพที่ 3
4. เลือก ตัวอักษร -> ตัวเลข เลือกทำทีละข้อ ตั้งแต่ข้อ 1 – 10 ภาพที่ 4
5. เลือก จำนวน -> ตัวอักษร เลือกทำทีละข้อ ตั้งแต่ข้อ 1 – 10 ภาพที่ 5
6. เลือก จำนวน -> ตัวเลข เลือกทำทีละข้อ ตั้งแต่ข้อ 1 – 10 ภาพที่ 6

ภาพที่ 1 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 2 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 3 กิจกรรม 1 – 5 ไม่เกินเลข 9

ภาพที่ 4 ตัวอักษร -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 9

ภาพที่ 5 จำนวน -> ตัวอักษร ไม่เกินเลข 9

ภาพที่ 6 จำนวน -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 9

กิจกรรมที่ 2 บวกเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้จำนวนได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคดในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษาโดยการนับจำนวนภาพที่เห็นแล้วเก็บไว้ในใจเพื่อนำไปบวกกับอีกจำนวนหนึ่งที่เห็นนับจำนวนภาพเพิ่มขึ้นจนเป็นคำตอบพร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ (ท่องว่าสองบวกสามเท่ากับห้า)

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และการประมวลผลเกี่ยวกับเสียงโดยให้นักเรียนใช้สายตานับจำนวนที่นำมาบวกกันให้ได้คำตอบที่คำนวณ ทำให้ระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย คำตอบที่ตอบมี 2 อย่าง ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก (การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก) และตัวอักษร (การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา)

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 7
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 1 – 5 ไม่เกินเลข 9 ภาพที่ 8
3. เลือกกิจกรรม 2 – 4 เติมคำตอบ ภาพที่ 9
4. เลือกกิจกรรม 2 ภาพที่ 10
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยการพิมพ์ตัวเลขหรือตัวอักษรภาพที่ 11

ภาพที่ 7 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 8 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 9 กิจกรรม 1 – 5 ไม่เกินเลข 9

ภาพที่ 10 กิจกรรม 2 บวกเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9

ภาพที่ 11 ข้อคำถามกิจกรรม 2 บวกเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9

กิจกรรมที่ 3 ลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้จำนวนได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคดในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษาโดยการนับจำนวนภาพที่เห็นแล้วเก็บไว้ในใจเพื่อนำไปลบกับอีกจำนวนหนึ่งที่เห็นโดยนับจำนวนภาพลดลงจนเป็นคำตอบพร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ (ท่องว่า สามลบสอง เท่ากับ หนึ่ง)

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง โดยให้นักเรียนใช้สายตานับจำนวนที่นำมาลบกันให้ได้คำตอบ ทำให้ระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย คำตอบที่ตอบมี 2 อย่าง ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก (การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก) และตัวอักษร (การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา)

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 12
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 1 – 5 ไม่เกินเลข 9 ภาพที่ 13
3. เลือกกิจกรรม 2 – 4 เติมคำตอบ ภาพที่ 14
4. เลือกกิจกรรม 3 ภาพที่ 15
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยการพิมพ์ตัวเลขหรือตัวอักษรภาพที่ 16

ภาพที่ 12 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 13 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 14 กิจกรรม 1 – 5 ไม่เกินเลข 9

ภาพที่ 15 กิจกรรม 3 ลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9

ภาพที่ 16 ข้อคำถามกิจกรรม 3 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9

กิจกรรมที่ 4 บวกลบเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 9

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้จำนวนได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคดในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษาโดยการนับจำนวนภาพที่เห็นแล้วเก็บไว้ในใจเพื่อนำไปบวกกับอีกจำนวนหนึ่งที่เห็นโดยนับจำนวนภาพเพิ่มขึ้นจนเป็นคำตอบพร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ (ท่องว่า สามบวกสอง เท่ากับ ห้า) สลับกับการฝึกการนับจำนวนภาพที่เห็นแล้วเก็บไว้ในใจเพื่อนำไปลบกับอีกจำนวนหนึ่งที่เห็นโดยนับจำนวนภาพลดลงจนเป็นคำตอบพร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ (ท่องว่า สามลบสอง เท่ากับ หนึ่ง) เพื่อให้สมองมีการทำงานสลับกันระหว่างการบวกและการลบ

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง โดยให้นักเรียนใช้สายตานับจำนวนที่นำมาลบกันให้ได้คำตอบ ทำให้ระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย คำตอบที่ตอบมี 2 อย่าง ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก (การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก) และตัวอักษร (การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา)

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

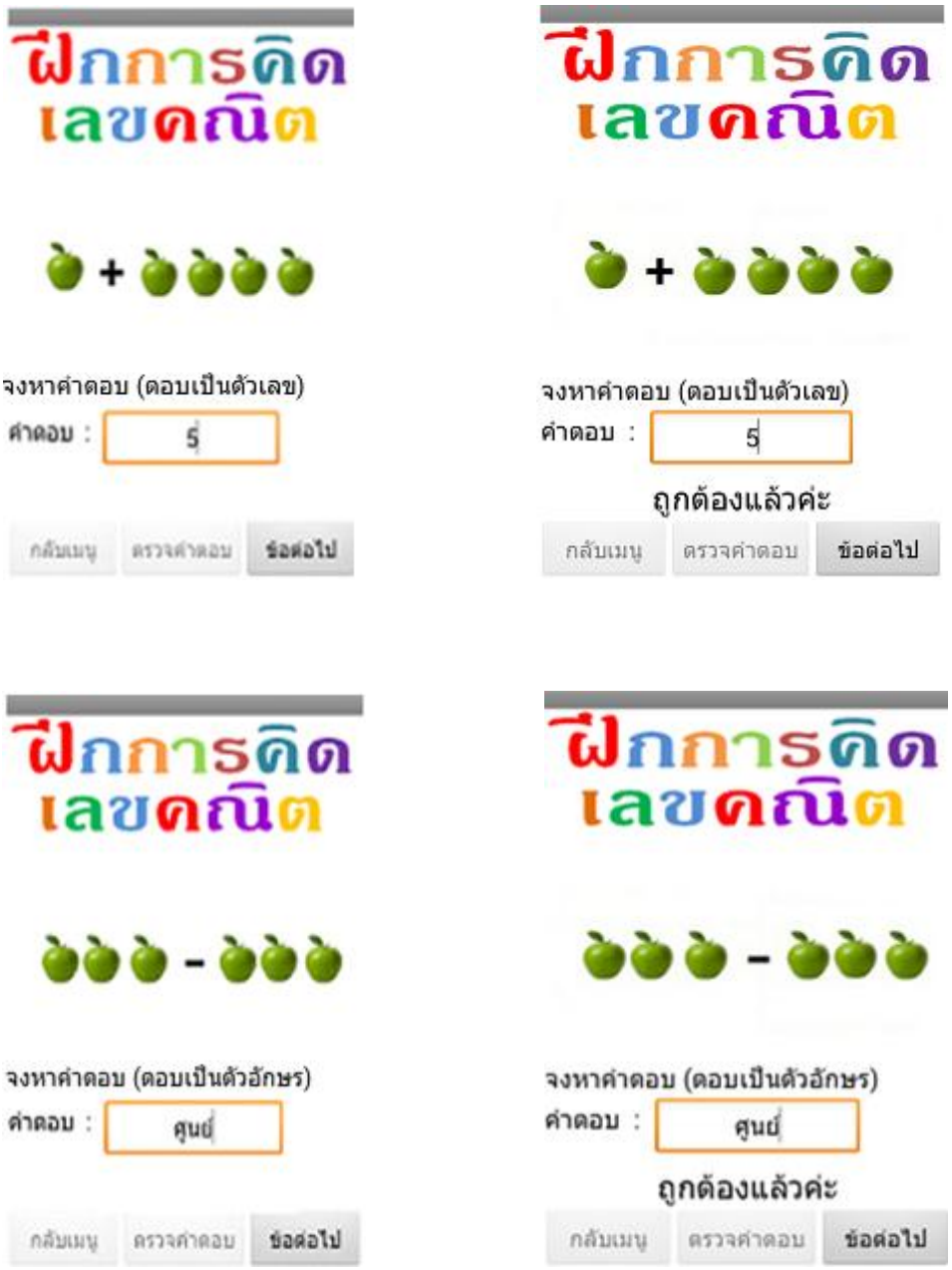
1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 17
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 1 – 5 ไม่เกินเลข 9 ภาพที่ 18
3. เลือกกิจกรรม 2 – 4 เติมคำตอบ ภาพที่ 19
4. เลือกกิจกรรม 4 ภาพที่ 20
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยการพิมพ์ตัวเลขหรือตัวอักษรภาพที่ 21

ภาพที่ 17 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 18 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 19 กิจกรรม 1 – 5 ไม่เกินเลข 9

ภาพที่ 20 กิจกรรม 4 บวกลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9



ภาพที่ 21 ข้อคำถามกิจกรรม 4 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9

กิจกรรมที่ 5 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนใช้ตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคด ในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิกได้
2. เพื่อให้นักเรียนฝึกบวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 ให้ถูกต้องและรวดเร็ว
3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และระบบเก็บจำด้านภาษาโดยให้นักเรียนใช้สายตาในการเลือกตัวเลขฮินดูอารบิกที่ตรงกับคำตอบที่คำนวณได้ รวมถึงระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานด้วยในขณะที่มีการบวกและลบเลข

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 22
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 1 – 5 ไม่เกินเลข 9 ภาพที่ 23
3. เลือกกิจกรรม 5 เลือกคำตอบ ภาพที่ 24
4. เข้ากิจกรรม 5 เริ่มกิจกรรม ภาพที่ 25
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยเลือกคำตอบที่กำหนดให้ภาพที่ 26

ภาพที่ 22 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 23 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 24 กิจกรรม 1 – 5 ไม่เกินเลข 9

ภาพที่ 25 กิจกรรม 5 เลือกคำตอบ

ภาพที่ 26 ข้อคำถามกิจกรรม 5 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 9 ให้คล่อง

กิจกรรมที่ 6 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 19

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ชื่อเรียกตัวเลขได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคดในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิกและการแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษา โดยการสะกดชื่อตัวเลขพร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติ โดยให้นักเรียนใช้สายตาในการเลือกตัวเลขฮินดูอารบิกที่ตรงกับตัวหนังสือที่กำหนดให้ รวมถึงระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง ทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 27
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19 ภาพที่ 28
3. เลือกกิจกรรม 6 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร ภาพที่ 29
4. เลือก ตัวอักษร -> ตัวเลข เลือกทำทีละข้อ ตั้งแต่ข้อ 1 – 10 ภาพที่ 30
5. เลือก จำนวน -> ตัวอักษร เลือกทำทีละข้อ ตั้งแต่ข้อ 1 – 10 ภาพที่ 31
6. เลือก จำนวน -> ตัวเลข เลือกทำทีละข้อ ตั้งแต่ข้อ 1 – 10 ภาพที่ 32

ภาพที่ 27 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 28 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 29 กิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19

ภาพที่ 30 ตัวอักษร -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 19

ภาพที่ 31 จำนวน -> ตัวอักษร ไม่เกินเลข 19

ภาพที่ 32 จำนวน -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 19

กิจกรรมที่ 7 บวกเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 19

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้จำนวนได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคดในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษา โดยการนับจำนวนภาพที่เห็นแล้วเก็บไว้ในใจ เพื่อนำไปบวกกับอีกจำนวนหนึ่งที่เห็นนับจำนวนภาพเพิ่มขึ้นจนเป็นคำตอบ พร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ (ท่องว่า สิบสองบวกสาม เท่ากับ สิบห้า)

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง โดยให้นักเรียนใช้สายตานับจำนวนที่นำมาบวกกันให้ได้คำตอบที่คำนวณ ทำให้ระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย คำตอบที่ตอบมี 2 อย่าง ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก (การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก) และตัวอักษร (การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา)

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 33
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19 ภาพที่ 34
3. เลือกกิจกรรม 7 – 9 เติมคำตอบ ภาพที่ 35
4. เลือกกิจกรรม 7 ภาพที่ 36
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยการพิมพ์ตัวเลขหรือตัวอักษร ภาพที่ 37

ภาพที่ 33 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 34 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 35 กิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19

ภาพที่ 36 กิจกรรม 7 บวกเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 19

ภาพที่ 37 ข้อคำถามกิจกรรม 7 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19

กิจกรรมที่ 8 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้จำนวนได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคดในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษาโดยการนับจำนวนภาพที่เห็นแล้วเก็บไว้ในใจเพื่อนำไปลบกับอีกจำนวนหนึ่งที่เห็นโดยนับจำนวนภาพลดลงจนเป็นคำตอบพร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ(ท่องว่าสามลบสองเท่ากับหนึ่ง)

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง โดยให้นักเรียนใช้สายตานับจำนวนที่นำมาบวกกันให้ได้คำตอบที่คำนวณ ทำให้ระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย คำตอบที่ตอบมี 2 อย่าง ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก (การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก) และตัวอักษร (การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา)

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 38
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19 ภาพที่ 39
3. เลือกกิจกรรม 7 – 9 เติมคำตอบ ภาพที่ 40
4. เลือกกิจกรรม 8 ภาพที่ 41
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยการพิมพ์ตัวเลขหรือตัวอักษร ภาพที่ 42

ภาพที่ 38 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 39 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 40 กิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19

ภาพที่ 41 กิจกรรม 8 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19

ภาพที่ 42 ข้อคำถามกิจกรรม 8 ลบเลขด้วยจำนวนไม่เกินเลข 19

กิจกรรมที่ 9 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้จำนวนได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคดในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษา โดยการนับจำนวนภาพที่เห็นแล้วเก็บไว้ในใจเพื่อนำไปบวกกับอีกจำนวนหนึ่งที่เห็น โดยนับจำนวนภาพเพิ่มขึ้นจนเป็นคำตอบพร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ (ท่องว่า สิบสามบวกสอง เท่ากับ สิบห้า) สลับกับการฝึกการนับจำนวนภาพที่เห็นแล้วเก็บไว้ในใจ เพื่อนำไปลบกับอีกจำนวนหนึ่งที่เห็น โดยนับจำนวนภาพลดลงจนเป็นคำตอบ พร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ (ท่องว่า สิบสามลบสอง เท่ากับ สิบเอ็ด) เพื่อให้สมองมีการทำงานสลับกันระหว่างการบวกและการลบ

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง โดยให้นักเรียนใช้สายตานับจำนวนที่นำมาลบกันให้ได้คำตอบ ทำให้ระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย คำตอบที่ตอบมี 2 อย่าง ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก (การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก) และตัวอักษร (การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา)

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 43
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19 ภาพที่ 44
3. เลือกกิจกรรม 7 – 9 เติมคำตอบ ภาพที่ 45
4. เลือกกิจกรรม 9 ภาพที่ 46
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยการพิมพ์ตัวเลขหรือตัวอักษร ภาพที่ 47

ภาพที่ 43 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 44 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 45 กิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19

ภาพที่ 46 กิจกรรม 9 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19

ภาพที่ 47 ข้อคำถามกิจกรรม 9 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19

กิจกรรมที่ 10 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 ให้คล่อง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนใช้ตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคด ในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิกได้
2. เพื่อให้นักเรียนฝึกการบวกและลบเลขด้วยตัวเลขไม่เกินเลข 19 ให้ถูกต้องและรวดเร็ว
3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และระบบเก็บจำด้านภาษาโดยให้นักเรียนใช้สายตาในการเลือกตัวเลขฮินดูอารบิกที่ตรงกับคำตอบที่คำนวณได้ รวมถึงระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานด้วยในขณะที่มีการบวกและลบเลข

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 48
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19 ภาพที่ 49
3. เลือกกิจกรรม 10 เลือกคำตอบ ภาพที่ 50
4. เข้ากิจกรรม 5 เริ่มกิจกรรม ภาพที่ 51
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยเลือกคำตอบที่กำหนดให้ ภาพที่ 52

ภาพที่ 48 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 49 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 50 กิจกรรม 6 – 10 ไม่เกินเลข 19

ภาพที่ 51 กิจกรรม 10 เลือกคำตอบ

ภาพที่ 52 ข้อคำถามกิจกรรม 10 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 19 ให้คล่อง

กิจกรรมที่ 11 จำนวน ตัวเลขฮินดูอารบิกและชื่อเรียกตัวเลขไม่เกินเลข 99

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ชื่อเรียกตัวเลขได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคดในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิกและการแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษา โดยการสะกดชื่อตัวเลขพร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติ โดยให้นักเรียนใช้สายตาในการเลือกตัวเลขฮินดูอารบิกที่ตรงกับตัวหนังสือที่กำหนดให้ รวมถึงระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 53
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 99 ภาพที่ 54
3. เลือกกิจกรรม 11 จำนวน ตัวเลข ตัวอักษร ภาพที่ 55
4. เลือก ตัวอักษร -> ตัวเลข เลือกทำทีละข้อ ตั้งแต่ข้อ 1 – 10 ภาพที่ 56
5. เลือก จำนวน -> ตัวอักษร เลือกทำทีละข้อ ตั้งแต่ข้อ 1 – 10 ภาพที่57
6. เลือก จำนวน -> ตัวเลข เลือกทำทีละข้อ ตั้งแต่ข้อ 1 – 10 ภาพที่ 58

ภาพที่ 53 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 54 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 55 กิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 99

ภาพที่ 56 ตัวอักษร -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 99

ภาพที่ 57 จำนวน -> ตัวอักษร ไม่เกินเลข 99

ภาพที่ 58 จำนวน -> ตัวเลข ไม่เกินเลข 99

กิจกรรมที่ 12 บวกเลขด้วยเลขไม่เกินเลข 99

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้จำนวนได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคด ในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษา โดยอ่านโจทย์ที่เป็นตัวตัวเลขฮินดูอารบิกเพื่อนำไปบวกกับอีกจำนวนหนึ่งแล้วนับจำนวนเพิ่มขึ้นจนเป็นคำตอบ พร้อมกับนึกถึงรูปภาพที่แทนจำนวนตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ (ท่องว่า ยี่สิบสองบวกสิบสาม เท่ากับ สามสิบห้า)

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง โดยให้นักเรียนใช้สายตานับจำนวนที่นำมาบวกกันให้ได้คำตอบที่คำนวณ ทำให้ระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย คำตอบที่ตอบมี 2 อย่าง ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก (การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก) และตัวอักษร (การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา)

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 59
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 19 ภาพที่ 60
3. เลือกกิจกรรม 12 – 14 เติมคำตอบ ภาพที่ 61
4. เลือกกิจกรรม 12 ภาพที่ 62
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยการพิมพ์ตัวเลขหรือตัวอักษร ภาพที่ 63

ภาพที่ 59 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 60 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 61 กิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 99

ภาพที่ 62 กิจกรรม 12 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99

ภาพที่ 63 ข้อคำถามกิจกรรม 12 บวกเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99

กิจกรรมที่ 13 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้จำนวนได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคดในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษา โดยอ่านโจทย์ที่เป็นตัวตัวเลขฮินดูอารบิกเพื่อนำไปลบกับอีกจำนวนหนึ่ง แล้วนับจำนวนลดลงจนเป็นคำตอบ พร้อมกับนึกถึงรูปภาพที่แทนจำนวนตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ (ท่องว่า ยี่สิบห้าลบสิบสาม เท่ากับ สิบสอง)

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง โดยให้นักเรียนใช้สายตานับจำนวนที่นำมาลบกันให้ได้คำตอบที่คำนวณ ทำให้ระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย คำตอบที่ตอบมี 2 อย่าง ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก (การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก) และตัวอักษร (การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา)

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 64
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 99 ภาพที่ 65
3. เลือกกิจกรรม 12 – 14 เติมคำตอบ ภาพที่ 66
4. เลือกกิจกรรม 13 ภาพที่ 67
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยการพิมพ์ตัวเลขหรือตัวอักษร ภาพที่ 68

ภาพที่ 64 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 65 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 66 กิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 99

ภาพที่ 67 กิจกรรม 13 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99

ภาพที่ 68 ข้อคำถามกิจกรรม 13 ลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99

กิจกรรมที่ 14 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้จำนวนได้ตรงกับตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคดในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก

2. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาษา โดยอ่านโจทย์ที่เป็นตัวตัวเลขฮินดูอารบิกแล้วเก็บไว้ในใจเพื่อนำไปบวกกับอีกจำนวนหนึ่งที่เห็น โดยนับเพิ่มขึ้นจนเป็นคำตอบพร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ (ท่องว่า สามสิบสามบวกสี่สิบสอง เท่ากับ เจ็ดสิบห้า) สลับกับการฝึกการนับจำนวนที่เห็นแล้วเก็บไว้ในใจ เพื่อนำไปลบกับอีกจำนวนหนึ่งที่เห็น โดยนับจำนวนลดลงจนเป็นคำตอบ พร้อมกับนึกถึงรูปภาพตัวเลขฮินดูอารบิกทำให้เกิดเสียงก้องในใจ (ท่องว่า ห้าสิบสามลบสิบสอง เท่ากับ สี่สิบเอ็ด) เพื่อให้สมองมีการทำงานสลับกันระหว่างการบวกและการลบ

3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และการประมวลผลเกี่ยวกับเสียง โดยให้นักเรียนใช้สายตานับจำนวนที่นำมาลบกันให้ได้คำตอบ ทำให้ระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานร่วมด้วย คำตอบที่ตอบมี 2 อย่าง ให้ตอบเป็นตัวเลขฮินดูอารบิก (การแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิก) และตัวอักษร (การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษา)

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 69
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 99 ภาพที่ 70
3. เลือกกิจกรรม 12 – 14 เติมคำตอบ ภาพที่ 71
4. เลือกกิจกรรม 14 ภาพที่ 72
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยการพิมพ์ตัวเลขหรือตัวอักษร ภาพที่ 73

ภาพที่ 69 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 70 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 71 กิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 99

ภาพที่ 72 กิจกรรม 14 บวกและลบเลข ไม่เกินเลข 99

ภาพที่ 73 ข้อคำถามกิจกรรม 14 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99

กิจกรรมที่ 15 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 ให้คล่อง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนใช้ตัวเลขฮินดูอารบิกตามโมเดลทริปเพิลโคด ในองค์ประกอบการแทนตัวเลขด้วยปริมาณ การแทนตัวเลขด้วยรหัสภาษาและการแทนตัวเลขด้วยตัวเลขฮินดูอารบิกได้
2. เพื่อให้นักเรียนฝึกการบวกและลบเลขด้วยตัวเลขไม่เกินเลข 99 ให้ถูกต้องและรวดเร็ว
3. เพื่อให้นักเรียนฝึกใช้ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และระบบเก็บจำด้านภาษาโดยให้นักเรียนใช้สายตาในการเลือกตัวเลขฮินดูอารบิกที่ตรงกับคำตอบที่คำนวณได้ รวมถึงระบบบริหารกลางและหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะก็ทำงานด้วยในขณะที่มีการบวกและลบเลข

กำหนดเวลา

กำหนดให้ใช้เวลาฝึกกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง ฝึก 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ทำพร้อมกันทั้งห้องจนครบ 10 ข้อ ในขณะฝึกนักเรียนต้องเขียนคำตอบในกระดาษกิจกรรมในแต่ละข้อ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนฝึกด้วยตนเอง โดยทั้ง 2 ครั้งมีผู้ควบคุมการฝึกและผู้ช่วยคอยแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ฝึกสนใจและให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการฝึกกิจกรรม

1. เข้าโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดที่หน้าต้อนรับ ภาพที่ 74
2. เข้าหน้าเมนูหลัก เลือกกิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 19 ภาพที่ 75
3. เลือกกิจกรรม 15 เลือกคำตอบ ภาพที่ 76
4. เข้ากิจกรรม 15 เริ่มกิจกรรม ภาพที่ 77
5. อ่านคำถามตอบคำถามด้วยเลือกคำตอบที่กำหนดให้ ภาพที่ 78

ภาพที่ 74 หน้าต้อนรับ

ภาพที่ 75 หน้าเมนูหลัก

ภาพที่ 76 กิจกรรม 11 – 15 ไม่เกินเลข 99

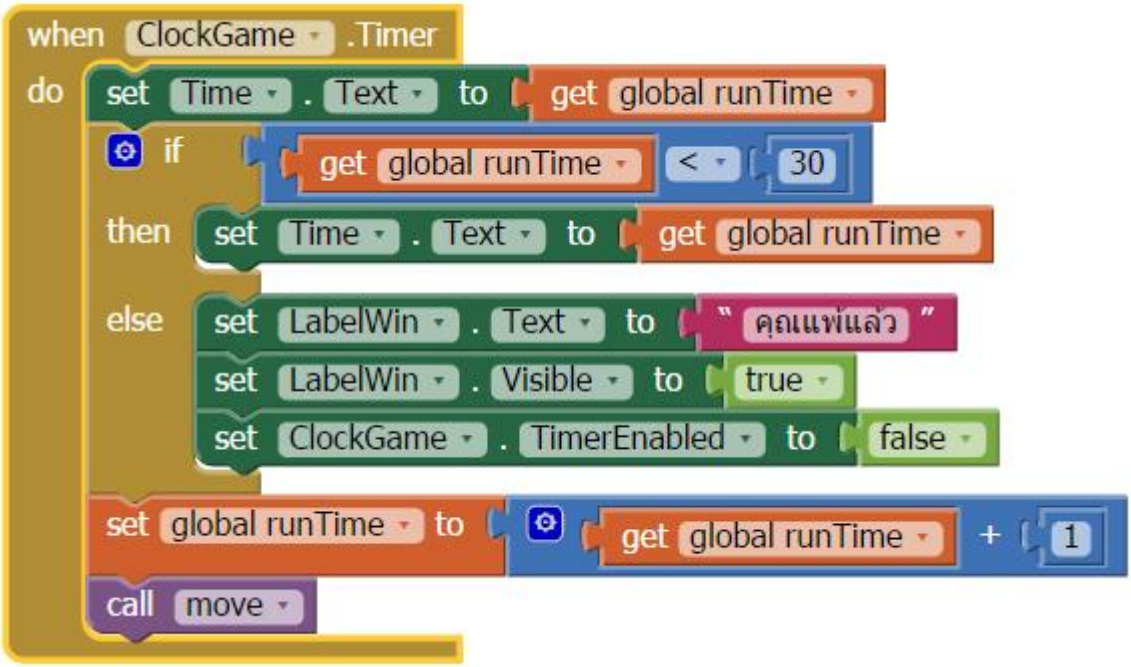
ภาพที่ 77 กิจกรรม 15 เลือกคำตอบ

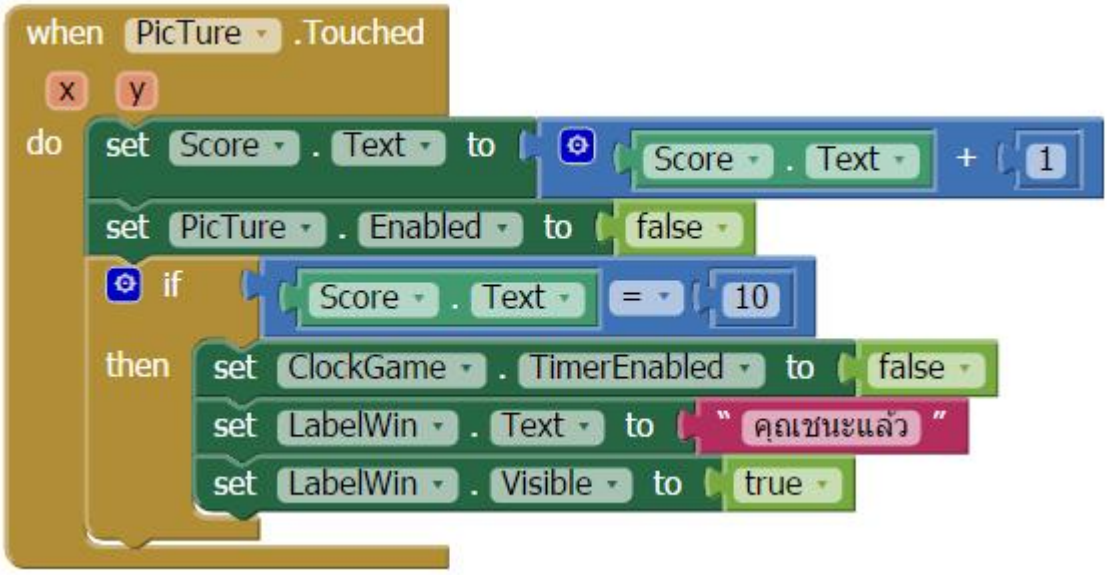
ภาพที่ 78 ข้อคำถามกิจกรรม 15 บวกและลบเลขด้วยเลข ไม่เกินเลข 99 ให้คล่อง

ภาคผนวก ฉ

คำสั่งโปรแกรม MIT App Inventor 2

ตัวอย่าง source code ของ MIT App Inventor 2
ในการสร้างโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด





ทุนอุดหนุนการวิจัย

พ.ศ. 2559 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2559

ผลงานวิจัย

บุราณี ระเบียบ และ สุชาดา กรเพชรปาณี. (2559). การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคด สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 14*(2), 102 – 113.

จาตุพักตร์ พากเพียร ปิยวรรณ ถนัดธนูศิลป์ บุราณี ระเบียบและ ปริญญา เรืองทิพย์. (2560). การสร้างแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจเชิงตัวเลขสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *ศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยทักษิณ, 17*(2) (inpress)

บุราณี ระเบียบ, ปิยวรรณ ถนัดธนูศิลป์, จาตุพักตร์ พากเพียร และ วาทิณี จิตรสำรวย. (2561). ผลการใช้โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1.*วิชาการศรีปทุมชลบุรี, 15*(2) (inpress)

วาทิณี จิตรสำรวย, ปิยวรรณ ถนัดธนูศิลป์, จาตุพักตร์ พากเพียร และ บุราณี ระเบียบ. (2561). การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเมินทักษะกระบวนการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียนของครูระดับประถมศึกษาแบบออนไลน์. *วิชาการศรีปทุมชลบุรี, 15*(2) (inpress)