รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการศึกษาเชิงจิตประสาทวิทยาและการพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

พีร วงศ์อุปราช

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ Sci 131/2561
สัญญาเลขที่ 54/2560

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการการศึกษาเชิงจิตประสาทวิทยาและการพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

พีร วงศ์อุปราช
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 54/2560

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 54/2560).

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาเพื่อประเมินนักเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษาตอนต้นที่มีความเสี่ยงภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแต่ละตัวแปรของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นระหว่างกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 เทียบกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแต่ละตัวของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นระหว่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กลุ่มเสี่ยงฯ กับปกติ และเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแต่ละตัวของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นระหว่างนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มเสี่ยงฯ กับปกติ

การวิจัยนี้ประกอบไปด้วยช่วงศึกษานำร่องและทดสอบเครื่องมือจำนวน 2 ครั้ง และสุดท้ายได้ชุดแบบคัดกรองฯ ที่ประกอบไปด้วยแบบคัดกรองย่อยจำนวน 6 แบบ แบ่งเป็น 9 แบบย่อย ดังต่อไปนี้ เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก เส้นจำนวน เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลขหนึ่งและสองหลัก ตัวเลขสลับสี และบวกลบตัวเลขในใจ โดยห้าแบบคัดกรองย่อยแรกสะท้อนระบบตัวเลขโดยตรง ส่วนอีกสี่แบบคัดกรองย่อยที่เหลือสะท้อนระบบช่วยเหลือ นอกจากนี้แบบคัดกรองมาตรฐานผลรวมชุดตัวเลขถูกนำมาใช้ทดสอบความตรงของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นและใช้จำแนกเด็กที่มีความเสี่ยงฯ กลุ่มตัวอย่างนักเรียนจำนวน 500 คน (238 คนจากชั้นอนุบาลปีที่ 3 และ 267 คนจากชั้นประถมศึกษาปีที่ 1) มาจากโรงเรียนของรัฐจำนวน 12 แห่งในจังหวัดชลบุรี ความเที่ยงของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นวิเคราะห์ด้วยความสอดคล้องภายใน ส่วนความตรงของแบบคัดกรองฯ วิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและโมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ และ MANOVA ใช้วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม

ผลการวิจัย พบว่าแบบคัดกรองที่พัฒนาขึ้นมีค่าความเที่ยงอยู่ในระดับดีมากจนถึงดีเยี่ยม และความตรงอยู่ในระดับยอมรับได้ นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบคัดกรองระหว่างนักเรียนสองระดับชั้นครอบคลุมทั้งระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือ พบว่านักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ได้คะแนนต่ำกว่านักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ทุกแบบคัดกรองย่อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ 3 กลุ่มเสี่ยงฯ และปกติ พบว่านักเรียนกลุ่มเสี่ยงได้คะแนนต่ำกว่านักเรียนปกติแทบทุกแบบคัดกรองย่อย ยกเว้นเส้นจำนวน ซึ่งสามารถตีความถึงพัฒนาการล่าช้าของทั้งสองระบบในนักเรียนกลุ่มเสี่ยงนี้ เช่นเดียวกัน นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มเสี่ยงมีคะแนนต่ำกว่านักเรียนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกด้านของแบบคัดกรองย่อยของระบบตัวเลขโดยตรง และเพียงแบบคัดกรองย่อยเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลขหนึ่งและสองหลักของระบบช่วยเหลือ สะท้อนถึงพัฒนาการล่าช้าในระบบตัวเลขโดยตรงเป็นหลัก และบางส่วนของระบบช่วยเหลือ

.

คำสำคัญ: แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา ภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือ

Abstract

The current study aimed to (i) develop a cognitive-based screening tool for detecting MLD in kindergarten and elementary school students, (ii) compare the scores derived from the developed screening tool for both numerical core and auxiliary systems between Anuban 3 and Prathom 1 students, (iii) compare the score derived from the developed screening tool for both systems between Anuban 3 students at risk of MLD and a comparable group of healthy students, and (iv) compare the score derived from the developed screening tool for both system between Prathom 1 student at risk of MLC and a comparable group of healthy students.

The two phases of pilot studies were conducted in order to test the developed screening tool and finally the six cognitive-based screening tools were devised. These tools were divided into nine subscales, that is, Dot/Dot comparison, Dot/Number comparison, Number comparison: Single digit, Number comparison: Double digit, Mental number line, Inhibition Stroop: Single digit, Inhibition Stroop: Double digit, Numerical shifting, and Numerical updating. The first five subscales indexed the numerical core system and the last four subscales represented the auxiliary system. In addition, the number sets test was used to validate the developed screening tool and to detect children at risk of MLD. A sample consisted of 500 students in total (238 for Anuban 3 and 267 for Prathom 1) from 12 public schools in Chonburi province. Internal consistency was examined for the subscales' reliability. Confirmatory factor analysis and multi-group structural equation modeling were used to test the construct and concurrent validity of the scales. MANOVA was used to test the score differences between- and within-group comparisons.

The main results revealed that the developed screening tool had very good to excellent levels of subscales' reliability and had acceptable levels of subscales' validity. The Anuban 3 students had significantly low scores than those of the Prathom 1 students on all subscales covering both cognitive systems. The Anuban 3 students at risk of MLD clearly showed the significant lower scores than those of healthy students on most subscales suggesting the delay for the cognitive systems, except the mental number line. Likewise, The Prathom 1 students had the significant lower scores than those of healthy students on all subscales of the numerical core system and only inhibition Stroop subscales of the auxiliary system signaling the delay for the numerical core system and a part of the auxiliary system.

Keywords: A cognitive-based screening tool, Mathematical learning disability, the numerical core and auxiliary systems.

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญเรื่อง ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 6

1.4 สมมติฐานของการวิจัย 7

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

1.6 กรอบแนวคิดของการวิจัย 8

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ 11

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

2.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ 13

2.2 แบบคัดกรองความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในไทยและต่างประเทศ 33

3 วิธีดำเนินการวิจัย 38

3.1 การทดสอบนำร่องและทดลองใช้แบบคัดกรองฯ ครั้งที่ 1 39

3.2 ผลการทดลองใช้แบบคัดกรอง (ค่าเฉลี่ย ความเที่ยง และความตรง) ครั้งที่ 1 44

3.3 การนำเสนอผลการวิเคราะห์แบบคัดกรองฯ ครั้งที่ 1 ต่อผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน 48

3.4 การศึกษานำร่องและทดลองใช้แบบคัดกรองฯ (ปรับใหม่) ครั้งที่ 2 51

3.5 ผลการทดลองใช้แบบคัดกรอง (ค่าเฉลี่ย ความเที่ยง และความตรง (ปรับใหม่)) ครั้งที่ 2 56

สารบัญเรื่อง (Table of Contents) (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	3.6 การพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล	62
4	ผลการวิจัย	65
	4.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกับตัวอย่างและสถิติพื้นฐาน	65
	4.2 ผลการทดสอบความเที่ยงของแบบคัดกรองฯ	70
	4.3 ผลการทดสอบความตรงของแบบคัดกรองฯ	87
	4.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ในด้านระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือ ระหว่างและภายในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	76
5	สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	81
	5.1 สรุปผลการวิจัย	81
	5.2 อภิปรายผลการวิจัย	83
	5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะนำสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป	87
6	ผลผลิต	89
บรรณานุกรม		90
ภาคผนวก		105
	ชุดแบบคัดกรองเน้นเน้นกระบวนการทางปัญญาสำหรับประเมินเด็กกลุ่มเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์	106
	เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา	128
	ประวัตินักวิจัยพร้อมหน่วยงานต้นสังกัด	129

สารบัญตาราง (List of tables)

ตารางที่ หน้า

2-1 งานวิจัยที่ระบุความชุกของภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในต่างประเทศ..... 17

2-2 ลักษณะเฉพาะของผู้ที่มีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จำแนกตามอาการที่พบในชีวิตประจำวันและในห้องเรียน (Drew, 2015)..... 22

3-1 ค่าความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย จากการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือครั้งที่ 1 (n = 62)..... 45

3-2 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบคัดกรองต่างๆ กับคะแนนจากแบบคัดกรองผลรวมตัวเลขและสัญลักษณ์ จากการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือครั้งที่ 1..... 46

3-3 ค่าความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย จากการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือครั้งที่ 2 (n = 30)..... 57

3-4 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบคัดกรองต่างๆ กับคะแนนจากแบบคัดกรองผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข) (แบบคัดกรองที่ 6) จากการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือครั้งที่ 2 (n = 30)..... 57

3-5 แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาเพื่อคัดกรองเด็กที่มีความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์..... 61

4-1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้จำแนกตามระดับชั้น (อ.3 และ ป.1) ด้านย่อยของแบบคัดกรองฯ ($n_{อ.3}$=238/ $n_{ป.1}$ =267 / $N_{ทั้งหมด}$=505) และแบบคัดกรองมาตรฐานชุดตัวเลข..... 67

4-2 ค่าความเที่ยงของแบบคัดกรองฯ แบ่งตามตัวแปรย่อยของระบบตัวเลขโดยตรง ระบบช่วยเหลือ และแบบคัดกรองมาตรฐานชุดตัวเลขจำแนกตามระดับชั้นและภาพรวม..... 69

4-3 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของแต่ละแบบคัดกรองจำแนกตามระบบและกับตัวแปรของแบบคัดกรองมาตรฐาน (N=505)..... 71

4-4 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของแต่ละแบบคัดกรองจำแนกตามระบบและกับตัวแปรของแบบคัดกรองมาตรฐาน แบ่งตามระดับชั้น ($n_{อ.3}$= 238 กับ $n_{ป.1}$= 267)..... 72

4-5 โมเดลพื้นฐานเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1..... 75

สารบัญตาราง (List of tables)

ตารางที่		หน้า
4-6	คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรต่างๆ ในแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นจากนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1 จำแนกเป็นกลุ่มนักเรียนปกติและกลุ่มเสี่ยงฯ.....	77
4-7	ผลการเปรียบเทียบระหว่างระดับชั้น (อ.3 กับ ป.1) จำแนกตามคะแนนของตัวแปรตามจากแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น	77
4-8	ผลการเปรียบเทียบระหว่างระดับกลุ่ม (ปกติ กับ กลุ่มเสี่ยงฯ) นักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 จำแนกตามคะแนนของตัวแปรตามจากแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น	78
4-9	ผลการเปรียบเทียบระหว่างระดับกลุ่ม (ปกติ กับ กลุ่มเสี่ยงฯ) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำแนกตามคะแนนของตัวแปรตามจากแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น.....	79
5-1	ค่า AUC ของนักเรียนทั้งสองระดับชั้น (รวม) นักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1.....	87

สารบัญภาพ (List of illustrations)

ภาพที่		หน้า
1-1	กรอบแนวคิดของการวิจัยในการพัฒนาแบบคัดกรองฯ.....	10
1-2	กรอบแนวคิดสำหรับการทดสอบความตรงชนิด Concurrent validity ของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นกับแบบคัดกรองฯ มาตรฐาน.....	11
2-1	โมเดลความบกพร่องแบบเฉพาะเจาะจงด้านจำนวน (ข้อความดัดแปลงจากโมเดล Triple-code model for numerical cognition ของ Dehaene ในปี 1992 และภาพประกอบชื่อ “Human brain” ดัดแปลงจากผู้แต่ง Injurymap เป็นภาพปลอดลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไข CC BY 4.0).....	28
2-2	โมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (ภาพประกอบชื่อ “Human brain” ดัดแปลงจากผู้แต่ง Injurymap เป็นภาพปลอดลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไข CC BY 4.0).....	29
2-3	ส่วนบริหารจัดการสมองและทักษะทางคณิตศาสตร์ (ภาพประกอบดัดแปลงจากบทความวิจัยเรื่อง “Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency ” โดย Lucy Cragg & Camilla Gilmore ปี 2014 จากวารสาร Trends in Neuroscience and Education เล่มที่ 3 ฉบับที่ 2 หน้าที่ 63-68 เป็นภาพปลอดลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไข CC BY 4.0).....	31
2-4	โมเดลพัฒนาการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข 4 ขั้น (Four-step-developmental model of numerical cognition) (ภาพประกอบมาจากบทความปริทัศน์เรื่อง “Number development and developmental dyscalculia” โดย Michael G. Von Aster & Ruth S. Shalev ปี 2007 จากวารสาร Developmetnal Medicine & Child Neurology ซึ่งผู้เขียนได้รับอนุญาตให้ใช้ภาพอย่างถูกกฎหมายจากสำนักพิมพ์ John Wiley and Sons หมายเลขใบอนุญาต 4615111135765).....	33
2-5	ตัวอย่างข้อคำถามของแบบคัดกรองเพื่อประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ “The Number Sets Test (NST)”.....	35
2-6	ตัวอย่างข้อคำถามของแบบคัดกรองเพื่อประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ “SYmbolic Magnitude Processing (SYMP Test)”..	36

สารบัญภาพ (List of illustrations)

ภาพที่		หน้า
3-1	การพัฒนาแบบคัดกรองฯ และทดสอบนำร่องเครื่องมือช่วงที่ 1.....	39
3-2	ข้อคำถามจากเกมเปรียบเทียบตัวเลขหลักเดียว (ซ้าย) และสองหลัก (ขวา).....	41
3-3	ข้อคำถามจากเกมเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลขหลักเดียว (ซ้าย) และสองหลัก (ขวา).....	41
3-4	ข้อคำถามจากแบบคัดกรองฯ ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข) ชุดตัวเลข “3” (ซ้าย) “5” (กลาง) และ “9” (ขวา).....	43
3-5	ลำดับการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือวิจัยครั้งที่ 1 และ 2.....	51
3-6	ข้อคำถามจากแบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหลักเดียว (ซ้าย) และสองหลัก (ขวา).....	52
3-7	ข้อคำถามจากแบบคัดกรองเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (บน) และสองหลัก (ล่าง).....	53
3-8	ข้อคำถามจากแบบคัดกรองเส้นจำนวน.....	41
3-9	ข้อคำถามจากแบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลขหลักเดียว (ซ้าย) และสองหลัก (ขวา).....	54
3-10	ข้อคำถามจากแบบคัดกรองตัวเลขสลับสีเงื่อนไขตัวเลขสีแดงและดำ.....	55
3-11	ข้อคำถามจากสัญลักษณ์และรูปทรงชุดตัวเลข “3” (ซ้าย) “5” (กลาง) และ “9” (ขวา).....	55
3-12	ข้อคำถามจากแบบคัดกรองบวกลบตัวเลขในใจ.....	56
4-1	โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความสัมพันธ์ระหว่างระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือและค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor loading) แบบมาตรฐาน (Standardized estimates) ของแต่ละตัวแปร (ตัวชี้วัด) ของแต่ละระบบ.....	70
4-2	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรระบบตัวเลขโดยตรง ระบบช่วยเหลือ และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด (N=500).....	73
4-3	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรระบบตัวเลขโดยตรง ระบบช่วยเหลือ และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 (n=238) และนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 (n=267).....	74

สารบัญภาพ (List of illustrations)

ภาพที่ หน้า

5-1 แผนผังแสดงแนวทางการใช้แบบคัดกรองฯ เพื่อประเมินความเสี่ยงภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1..... 86

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย (List of Abbreviations)

ADHD	Attention deficit hyperactivity disorder
AGFI	Adjusted Goodness of Fit Index
ANS	Approximate number system
AUC	Area under the ROC Curve
CFA	Confirmatory Factor Analysis
CFI	Comparative fit index
DD	Dot/Dot comparison
df	Degree of freedom
DfES	Department for Education and Skills
DLPFC	Dorsolateral prefrontal cortex
DN	Dot/Number comparison
DRE-3	Diagnostischer Rechentest für 3.Klassen
DRT-3	Diagnostic Rhyme Test – 3rd version
DSM	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders
EF	Executive function
ENS	Exact number system
ERPs	Event-related potentials
GFI	Goodness-of-Fit Index
ICD	International Classification of Diseases
IN1	Inhibition Stroop: Single digit
IN2	Inhibition Stroop: Double digit
IPS	Intraparietal sulcus
KUS-SI	Kasetsart University School – Faculty of Medicine Siriraj Hospital
LD	Learning Disability
LINUS	Literacy and Numeracy Screening
MANOVA	Multivariate analysis of variance
MDI+	The Malaysian Dyscalculia Instrument Plus
MLD	Mathematical learning difficulties
NC1	Number comparison: Single digit
NC2	Number comparison: Double digit

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย (List of Abbreviations) (ต่อ)

NS5	Number sets 5
NS9	Number sets 9
NST	Number sets test
O-NET	Ordinary National Educational Test
PAE	Percent absolute error
PISA	Programme for International Student Assessment
PSPL	Posterior superior parietal lobe
RMSEA	Root Mean-Square Error of Approximation
SEM	Structural Equation Modeling
SMG	Supramarginal gyrus
SH	Numerical shifting
SYMP	SYmbolic Magnitude Processing
TCM	Triple-code model of numerical cognition
UP	Numerical updating
VLPFC	Ventrolateral prefrontal cortices
WISC	Wechsler Intelligence Scale for Children

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ทักษะการคำนวณหรือคณิตศาสตร์ (Arithmetic skills) มีความสำคัญเป็นอย่างมาก กล่าวคือเป็นส่วนหนึ่งของวิชาพื้นฐานในห้องเรียน การใช้ชีวิตประจำวัน (Brankaer, Ghesquière, & De Smedt, 2016) เป็นพื้นฐานสำคัญของการคิดวิเคราะห์ การแก้ไขปัญหา และการใช้เหตุผล (Geary, 2010) ความสามารถทางคณิตศาสตร์ยังสัมพันธ์กับรายได้และสถานภาพทางสังคมในอนาคตอีกด้วย โดยผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่าทักษะทางคณิตศาสตร์เมื่ออายุ 7 ขวบสามารถทำนายเศรษฐานะทางสังคมในวัยผู้ใหญ่ (อายุ 42 ปี) ได้ หลังควบคุมปัจจัยด้านเศรษฐานะทางสังคมของครอบครัวเมื่อแรกเกิดแล้ว (Ritchie & Bates, 2013) นอกจากนี้งานวิจัยยังพบอีกด้วยว่าเด็กที่สอบได้คะแนนวิชาคณิตศาสตร์รั้งท้าย มีแนวโน้มว่าจะได้คะแนนรั้งท้ายไปโดยตลอด (Shalev, Manor, & Gross-Tsur, 2005) ถึงแม้ทักษะการคำนวณหรือคณิตศาสตร์จะมีความจำเป็นและได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานของรัฐในระดับนโยบายอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามข้อมูลจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) ได้รายงานถึงปัญหาของการศึกษาและผลการทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยที่ลดต่ำลงตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา สุนีย์ คล้ายนิล (2015) ระบุว่าเมื่อพิจารณาจากตัวชี้วัดหลายตัวที่แสดงถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยพบว่า จำนวนนักเรียนไทยที่รู้เรื่องคณิตศาสตร์ถึงระดับพื้นฐานมีเพียงร้อยละ 25 (TIMSS, 2011) และจำนวนนักเรียนไทยอายุ 15 ปีที่รู้เรื่องคณิตศาสตร์ระดับพื้นฐานเทียบเท่านานาชาติน้อยกว่าร้อยละ 50 (PISA, 2009) เมื่อเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนไทยที่รู้เรื่องคณิตศาสตร์ระดับพื้นฐานย้อนหลังตั้งแต่ปี 1995 จนถึงปี 2011 พบว่าลดลงจาก 69% เหลือเพียง 28% เท่านั้น

ล่าสุด สสวท ได้สรุปผลการประเมินคุณภาพระบบการศึกษาของประเทศไทยร่วมกับประเทศอื่นที่เข้าร่วมโครงการ Program for International Student Assessment หรือ PISA ประจำปี 2015 (สสวท, 2559) พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ Organization for Economic Co-Operation and Development หรือ OECD มากกว่าหนึ่งระดับ หรือเมื่อเรียงลำดับคะแนนที่ได้แล้วจัดอยู่ลำดับที่ 54 จากทั้งหมด 70 ประเทศ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับปัญหาที่พบในผลการทดสอบระดับชาติหรือ O-NET ที่พบว่านักเรียนไทยสอบได้คะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ต่ำมาก กล่าวคือ ในปี 2010 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถสอบได้คะแนนเฉลี่ยเพียงร้อยละ 24 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถสอบได้คะแนนเฉลี่ยเพียงร้อยละ 14 เท่านั้น ซึ่งผลการทดสอบ O-NET ในแต่ละระดับชั้นชี้ให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ยังเป็นปัญหาที่น่ากังวลในระดับประเทศ

เมื่อทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ปัญหานี้สามารถแบ่งที่มาออกได้เป็นหลายสาเหตุ ยกตัวอย่างเช่น (1) หลักสูตรไม่เหมาะสมและผู้สอนไม่มีประสิทธิภาพ (Butterworth, 2005) (2) ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Math anxiety) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อผลการ

เรียนและเจตคติต่อการคิดคำนวณ (Hembree, 1990; Ma, 1999) โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากปัญหานี้เกิดขึ้นกับผู้เรียนในระดับปฐมวัยจะส่งผลต่อเจตคติทางลบต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าเมื่อเกิดขึ้นกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมหลายเท่าตัว (Şad, KIŞ, Demir, & Özer, 2016) (3) เศรษฐานะทางสังคม (Socio-economic status) (McConney & Perry, 2010; Wang, Li, & Li, 2014) ซึ่งพบว่ามีผลอย่างมากต่อการประสบความสำเร็จทางการเรียนคณิตศาสตร์ในสังคมไทย (Pitiyanuwat & Campbell, 1994) และ (4) ความบกพร่องของกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการคิดคำนวณของผู้เรียนเอง (Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, & Numtee, 2007; Geary, Hoard, Nugent, & Bailey, 2012) ถึงแม้ว่าปัญหาในเรื่องหลักสูตร บุคลากร และเอกสารประกอบการสอนได้รับความสนใจจากนักวิจัย และนักการศึกษาในวงกว้าง รวมถึงได้กำหนดแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นรูปธรรม (สสวท, 2017) การศึกษาที่มุ่งกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาตร์กลับพบน้อยมาก ซึ่งสวนทางกับจำนวนเด็กกลุ่มนี้ที่มีจำนวนกว่าสองแสนคนหรือเฉลี่ย 15.60 คน ต่อโรงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกปี (สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ, 2016) รวมถึงประเด็นปัญหาเรื่องแบบคัดกรองบุคคลที่มีความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของไทย (ประถมศึกษา) ที่ใช้อย่างแพร่หลายทั้ง 2 แบบ ได้แก่ แบบคัดกรองบุคคลที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ของกระทรวงศึกษาธิการ (2011) และ แบบคัดกรองนักเรียนที่มีภาวะสมาธิสั้น บกพร่องทางการเรียนรู้ และออทิซึม (KUS-SI Rating Scales: ADHD/LD/Autism: PDDs) (ดารณี อุทัยรัตนกิจ และคณะ, 2006) ต่างก็เป็นแบบคัดกรองซึ่งให้ครูเป็นผู้ประเมินพฤติกรรมภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งอาจขาดความเฉพาะเจาะจงในการระบุถึงสาเหตุของปัญหาที่ผู้เรียนแต่ละคนมีอยู่

Butterworth (2005) เสนอแนะว่าปัญหาหนึ่งของแบบคัดกรองหรือแบบประเมินภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ คือ มุ่งดูที่ผลสัมฤทธิ์ของแบบประเมินที่ใช้ว่าได้คะแนนต่ำกว่าเด็กปกติหรือเข้าเกณฑ์กลุ่มเสี่ยงหรือไม่ ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์รูปแบบต่างๆ แต่ขาดความเข้าใจธรรมชาติของความบกพร่องนี้ ไม่สามารถระบุได้ว่าสาเหตุของการเรียนรู้ที่บกพร่องนั้นคืออะไร เนื่องจากคะแนนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำมีสาเหตุที่หลากหลาย เช่น เด็กขาดเรียนวิชาคณิตศาสตร์บ่อยครั้งจึงตามเพื่อนไม่ทัน ครูผู้สอนขาดทักษะในการอธิบาย หลักสูตรไม่เหมาะสม หรือความบกพร่องของกระบวนการทางปัญญา (Cognitive processes) ด้านการคิดคำนวณ โดยเฉพาะในประเด็นสุดท้ายถือเป็นประเด็นที่ควรต้องให้ความสำคัญ Gross-Tsur, Manor, and Shalev (1996) กล่าวว่า ความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ถือเป็นความผิดปกติทางปัญญา (Cognitive disorder) ที่กระทบต่อความสามารถในการเรียนรู้ด้านการคิดคำนวณในเด็กที่มีสุขภาพและระดับเชาวน์ปัญญาปกติ เช่นเดียวกับ พระราชบัญญัติ Individuals with Disabilities Education Improvement Act (IDEIA) ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งให้ความสำคัญกับการประเมินกระบวนการทางปัญญาระดับพื้นฐานของเด็กกลุ่มนี้ ระบุถึงภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ หมายถึง ความผิดปกติหนึ่งหรือมากกว่าของกระบวนการพื้นฐานทางจิตวิทยาซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจหรือในการใช้ภาษา การพูดหรือการเขียน โดยอาจแสดงออกในลักษณะความไม่สามารถฟัง คิด พูด อ่าน เขียน สะกด หรือคิดคำนวณได้อย่างปกติสมบูรณ์ (IDEIA 2004) (Wright, 2004) นอกจากนี้การมุ่งศึกษากระบวนการทางปัญญายังเป็น

ประโยชน์อย่างมากในเรื่องการระบุถึงจุดอ่อนและจุดแข็งที่เฉพาะเจาะจงของเด็กที่มีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ (Geary, 2007; Silver et al., 2008)

นอกจากความบกพร่องในระดับกระบวนการทางปัญญา (Cognitive processing level) ความบกพร่องในระดับสมอง (Brain processing level) ถือเป็นตัวชี้วัดสำคัญถึงความผิดปกติที่พบในเด็กกลุ่มนี้ โดยมีงานวิจัยหลายชิ้นที่พิจารณาจากหลักฐานภาพถ่ายสมอง (Brain imaging) พบว่าสมองของเด็กที่มีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ทำงานแตกต่างจากเด็กปกติ (Peters & De Smedt, 2018) กล่าวคือ พื้นที่สมองที่อาจเกี่ยวข้องกับการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ พื้นที่สมองกลีบหน้า (ตำแหน่ง Dorsolateral prefrontal cortex: DLPFC และตำแหน่ง Ventrolateral prefrontal cortices: VLPFC) ตำแหน่ง Hippocampus พื้นที่สมองกลีบข้าง (ตำแหน่ง Posterior superior parietal lobe: PSPL ตำแหน่ง Intraparietal sulcus: IPS ตำแหน่ง Supramarginal gyrus: SMG ตำแหน่ง Angular gyrus และตำแหน่ง Fusiform gyrus) และพื้นที่สมองกลีบขมับและกลีบท้ายทอย ณ ตำแหน่ง Fusiform gyrus โดยพื้นที่สมองเหล่านี้ประสานกันเป็นเครือข่ายในการประมวลผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เมื่อพิจารณาในแง่ของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่สมองตำแหน่งต่างๆ ดังที่กล่าวมานี้ว่ามีความแตกต่างกันระหว่างเด็กปกติกับเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์หรือไม่ งานวิจัยหลายชิ้นพบว่าเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์มีกิจกรรม ณ พื้นที่สมองที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขต่ำกว่าเด็กปกติ โดยเฉพาะเมื่อต้องทำโจทย์คณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน (Berteletti, Prado, & Booth, 2014)

คลื่นไฟฟ้าสมองเป็นอีกหนึ่งตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biomarker) ที่สะท้อนกิจกรรมทางสมองได้อย่างละเอียดและแม่นยำ โดยผลการวิจัยในเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาตร์ พบว่า คลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-related potentials) หรือ ERPs ณ เวลาที่ 300 มิลลิวินาที หรือเรียกว่า “P300” ตรงตำแหน่งสมองกลีบข้างและกลีบหน้ามีความแตกต่างกันระหว่างเด็กที่มีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับเด็กที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง โดยเด็กกลุ่มหลังมีค่าแอมพลิจูด (Amplitude) ของ P300 สูงกว่าสะท้อนถึงความสามารถในการดึงข้อมูลหรือเข้าถึงระบบที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขที่มีประสิทธิภาพมากกว่าในเด็กกลุ่มนี้ รวมถึง P200 ที่สะท้อนถึงความสามารถในการจดจำเพียงชั่วครู่ กลับพบว่ามีความโด่งที่ต่ำกว่าในเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Gómez-Velázquez, Berumen, & González-Garrido, 2015; Proverbio & Carminati, 2019) นอกจากนี้ งานวิจัยหลายชิ้นพบว่าเด็กที่มีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ประมวลผลข้อมูลตัวเลขต่างจากเด็กปกติ โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาจากช่วงเวลาตั้งแต่ 400 มิลลิวินาทีเป็นต้นไป หรือเรียกว่าคลื่นปรากฏช้า (Slow wave) ความแตกต่างของ Slow wave ระหว่างเด็กสองกลุ่มสะท้อนถึงความล้าช้าหรือความไม่มีประสิทธิภาพของส่วนบริหารจัดการสมอง (Executive function) และการลงรหัสข้อมูลตัวเลข (Digital memory encoding) (Soltész & Szűcs, 2009; Soltész, Szűcs, Dékány, Márkus, & Csépe, 2007; Wang, Qin, Chang, & Zhu, 2015)

เมื่อกล่าวถึงกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขแล้ว งานวิจัยหลายชิ้นมุ่งศึกษาพัฒนาการของการเรียนรู้ระบบตัวเลขของเด็ก ซึ่งพบว่าเด็กเริ่มเรียนรู้โดยการพัฒนาระบบตัวเลขอย่างประมาณ

(Approximate number system: ANS) ขึ้นก่อนระบบอื่น โดย ANS สะท้อนถึงความสามารถในการบอกความแตกต่างของจำนวนสองกลุ่มได้ว่ากลุ่มใดมีจำนวนของวัตถุ เสียง หรือเหตุการณ์มากกว่าโดยไม่จำเป็นต้องแจงนับ (Halberda & Feigenson, 2008) เป็นความสามารถแยกแยะจำนวนได้โดยประมาณ โดยความแม่นยำในการจำแนกจำนวนจะเพิ่มขึ้นตามช่วงวัย และความแม่นยำในการจำแนกจำนวนของระบบ ANS นี้ สัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในอนาคตอีกด้วย (Szkudlarek & Brannon, 2017) ต่อมาความเข้าใจในการแทนค่าจำนวนของวัตถุ (Non-symbolic) เป็นสัญลักษณ์ของเด็กเริ่มพัฒนาขึ้น ทำให้เด็กแทนค่าจำนวนของวัตถุในเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic) หรือรู้จักใช้เลขอารบิกได้ (Symbolic number representation) ก่อนที่จะสามารถระบุความแตกต่างระหว่างจำนวนหรือตัวเลขได้อย่างชัดเจนในภายหลัง รวมถึงบอกความมากน้อยของตัวเลข (Analogous magnitude representation) เรียกระบบตัวเลขที่พัฒนาขึ้นในภายหลังนี้ว่าระบบตัวเลขอย่างแม่นยำ (Exact number system: ENS) (Libertus, Odic, Feigenson, & Halberda, 2016) โดยที่งานวิจัยหลายชิ้นต่างพบว่าเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์มีระบบ ANS และ ENS ที่ไม่มีประสิทธิภาพ (Noël & Rousselle, 2011; Skagerlund & Träff, 2014)

นอกเหนือจากกระบวนการทางปัญญาและพื้นที่สมองที่เกี่ยวข้องกับ “ระบบตัวเลขโดยตรง (Numerical core system)” หรือเป็นระบบเฉพาะเจาะจง (Domain-specific approach) ทั้ง ANS และ EMS ดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว การเข้าใจตัวเลขหรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการทางปัญญาที่ช่วยสนับสนุนหรืออาจเรียกว่า “ระบบช่วยเหลือ (Auxiliary system)” หรือเป็นระบบทั่วไป (Domain-general approach) ซึ่งในต่างประเทศเริ่มมีงานวิจัยที่มุ่งศึกษาประเด็นนี้และพบว่าเด็กที่พบภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ มีความบกพร่องในการประมวลผลด้านรับสัมผัส (Sensory gating) ทำให้ไม่สามารถคัดกรองข้อมูลที่ผ่านอวัยวะรับสัมผัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Davies, Chang, & Gavin, 2009) ความสามารถในการจำขณะคิด (Working memory capacity) บกพร่อง โดยเฉพาะด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial sketchpad) (Denes Szucs, Devine, Soltesz, Nobes, & Gabriel, 2013) ทำให้ไม่สามารถจดจำ เชื่อมโยง วิเคราะห์โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และคิดคำนวณได้ในเวลาเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องแก้ปัญหาโจทย์ที่ซับซ้อนและมีเนื้อความยาว (David, 2012; Menon, 2016; Phonapichat, Wongwanich, & Sujiva, 2014) รวมถึงการประมวลผลข้อมูลที่เป็นตัวเลขช้า (Processing speed) (Geary et al., 2007; Geary et al., 2012) เมื่อเทียบกับเด็กปกติ เด็กที่มีภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์มักจะไม่สามารถนับเลขได้อย่างถูกต้อง เรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับจำนวนช้า ไม่สามารถดึงข้อมูลเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จดจำไว้ในความจำระยะยาวออกมาใช้ได้ (Long-term memory) (Geary, Bailey, & Hoard, 2009) เครียด กระสับกระส่าย ไม่มีสมาธิขณะทำโจทย์คณิตศาสตร์ (วีระพงษ์ แสง-ชูโต และนัฐจิรา บุศย์ดี, 2015) รวมถึงใช้กลยุทธแบบไม่สมวัย (Immature strategies) หรือไม่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น การนับมือ และมีปัญหาในการเปรียบเทียบความมากน้อยของตัวเลข (Numerical magnitude) (Butterworth, 1999, 2005) เช่น เด็กใช้เวลานานในการตัดสินใจว่าเลข 9 มีค่ามากกว่าเลข 2 มากกว่า เลข 9 มีค่ามากกว่าเลข 8 (Numerical distant effect) เป็นต้น

ความบกพร่องของส่วนบริหารจัดการสมอง (Executive function) หรือ EF (Cragg & Gilmore, 2014) ถือเป็นตัวแปรพื้นฐานที่สำคัญในระบบช่วยเหลือ โดยมีความจำเป็นสำหรับการคิดคำนวณตัวเลขต่างๆ ซึ่ง EF ในที่นี้ประกอบด้วยตัวแปรย่อย ได้แก่ ความสามารถในการยับยั้ง (Inhibition) สิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับเป้าหมาย ความสามารถในการสลับเปลี่ยนความใส่ใจ (Shifting) ไปยังกิจกรรมต่างๆ ที่ทำเพื่อบรรลุเป้าหมาย และความสามารถในการปรับข้อมูลในความจำขณะคิดให้เป็นปัจจุบัน (Updating) (Miyake & Friedman, 2012; Miyake et al., 2000) งานวิจัยหลายชิ้นพบข้อมูลที่สอดคล้องกันว่า EF มีส่วนสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการคิดคำนวณตัวเลขในช่วงวัยเด็กเล็กจนถึงวัยรุ่น (Cragg, Keeble, Richardson, Roome, & Gilmore, 2017; Prager, Sera, & Carlson, 2016; Schmitt, Geldhof, Purpura, Duncan, & McClelland, 2017) ความบกพร่องโดยเฉพาะในส่วน Updating ส่งผลให้เด็กมีพัฒนาการทางตัวเลขล่าช้า (Morgan et al., 2019) เช่นเดียวกับ Inhibition ที่มีส่วนสำคัญในการส่งเสริมหรือลดทอนความเข้าใจตัวเลข (Number sense) (Fuhs & McNeil, 2013) ทักษะทางคณิตศาสตร์เริ่มแรก (Keller & Libertus, 2015; Ng, Tamis-LeMonda, Yoshikawa, & Sze, 2015) รวมถึง Shifting ก็พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในเด็ก โดยพิจารณาจากหลักฐานการวิจัยแบบอภิวิเคราะห์ (Yeniad, Malda, Mesman, van Ijzendoorn, & Pieper, 2013)

สอดคล้องกับผลการวิจัยที่อิงหลักฐานจากภาพถ่ายสมอง ซึ่งพบว่าการพิจารณาความบกพร่องทางคณิตศาสตร์อาจพิจารณาจาก 2 มิติ มิติที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข (Number) และมิติที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณตัวเลข (Calculation) ซึ่งมิติที่สองจำเป็นต้องอาศัยทั้งระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือในแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Arsalidou, Pawliw-Levac, Sadeghi, & Pascual-Leone, 2018) กล่าวคือ พื้นที่สมองที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข หรือระบบตัวเลขโดยตรง ได้แก่ บริเวณกลีบข้างและกลีบหน้า อย่างไรก็ตามหากกิจกรรมนั้นเกี่ยวข้องกับการคำนวณแล้ว ตำแหน่งสมองส่วน Insula ส่วน Claustrum และส่วน Cingulate gyrus จะเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งสมองตำแหน่งเหล่านี้ โดยเฉพาะ Insula จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการคำนวณตัวเลข เพราะเด็กต้องอาศัยแรงจูงใจภายใน อารมณ์ และความใส่ใจซึ่งเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนในการประมวลผลเพื่อบรรลุเป้าหมาย เช่นเดียวกับ Arsalidou and Taylor (2011) ที่พบว่าเมื่อต้องคำนวณตัวเลข สมอง ณ ตำแหน่ง LPFC จะทำงานมากขึ้น ซึ่งการทำงานเพิ่มขึ้นนี้เกี่ยวข้องกับระบบช่วยเหลือ ได้แก่ การดึงความจำขณะคิด ส่วนบริหารจัดการของสมอง และความใส่ใจมาใช้นั่นเอง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาสำหรับประเมินเด็กกลุ่มเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในเด็กนักเรียนระดับชั้นอนุบาลและประถมศึกษาตอนต้น เนื่องด้วยความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์มักตรวจพบในช่วงวัยนี้ (Geary & Hoard, 2005) อย่างไรก็ตามแบบคัดกรองที่ใช้ในประเทศไทยปัจจุบันมักจะตรวจพบเมื่อความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนมี ต่ำกว่าผลการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับชั้นนั้นเท่านั้น ซึ่งอาจล่าช้าเกินไป หากต้องรอจนถึงวัยที่เริ่มเรียนเลขแล้วพิจารณาจากผลการสอบถึงรู้ว่ามีความผิดปกติ โดยข้อมูลจากงานวิจัยต่างสอดคล้องกันว่ามนุษย์มีแนวโน้มที่จะเข้าใจตัวเลข ความมากน้อย ระบบจำนวนเบื้องต้น ตั้งแต่เป็นทารกวัย 6 เดือน แล้วค่อยๆ พัฒนาความแม่นยำ ความคล่องแคล่วในการคำนวณเพิ่มขึ้นตามวัย (Cicchini, Anobile, & Burr, 2016;

Izard, Sann, Spelke, & Streri, 2009; Starr, Libertus, & Brannon, 2013) เมื่อเป็นเช่นนี้ ความผิดปกติในการเรียนรู้เกิดขึ้นอาจสามารถคัดกรองกลุ่มเสี่ยงได้ตั้งแต่ระยะเริ่มแรก และการศึกษาในเด็กทั้งสองระดับชั้นอาจทำให้เห็นพัฒนาการของกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงวัยอีกด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวมานี้ การคัดกรองโดยมุ่งที่การประเมินกระบวนการทางปัญญาด้านคณิตศาสตร์ทั้งสองระบบ กล่าวคือ ระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือได้ตั้งแต่ช่วงก่อนเริ่มเรียนวิชาด้านการคำนวณเบื้องต้นในระดับอนุบาลจนถึงประถมศึกษาตอนต้นซึ่งยังไม่พบว่ามีแบบคัดกรองใดในต่างประเทศหรือในประเทศไทยวัดได้อย่างครอบคลุมและเฉพาะเจาะจงเช่นนี้ รวมถึงสามารถคัดกรองเด็กกลุ่มเสี่ยงฯ ได้ตั้งแต่ช่วงก่อนวัยเรียน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้อาจเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของกลุ่มเสี่ยงฯ ในเชิงลึกและวางแผนส่งต่อเพื่อประเมินในขั้นต่อไปโดยทีมวิชาชีพจิตเวช การวางแนวทางบำบัดรักษา การให้ความช่วยเหลือในด้านอื่นๆ และการออกแบบการเรียนการสอนด้วยวิธีการที่เหมาะสมในเด็กกลุ่มเสี่ยงที่จะมีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาสำหรับประเมินความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในนักเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษาตอนต้น

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลตัวเลขและการคำนวณระหว่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลกับชั้นประถมศึกษาตอนต้น

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของกระบวนการทางปัญญาระหว่างนักเรียนระดับอนุบาลที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับนักเรียนระดับอนุบาลปกติ

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของกระบวนการทางปัญญาระหว่างนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนต้นที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนต้นปกติ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาครอบคลุมทั้งประชากร และเนื้อหาโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.3.1 ขอบเขตด้านประชากร

นักเรียนระดับอนุบาลและระดับประถมศึกษาตอนต้นในจังหวัดชลบุรีสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประจำปีการศึกษา 2561 จำนวน 5,856 คน (อนุบาล) และ 8,772 คน (ประถมศึกษาตอนต้น) รวมทั้งหมด 14,628 คน (ข้อมูลสถิติด้านการศึกษา, 2561)

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การวิจัยนี้กำหนดขอบเขตด้านเนื้อหาโดยมุ่งวิเคราะห์กระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลตัวเลขและการคำนวณทั้ง 2 ระบบ ได้แก่ (1) ระบบตัวเลขโดยตรง ทั้ง ANS (ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของจำนวนจุด ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของจำนวนจุด ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของตัวเลขบนเส้นจำนวน) และ ENS (ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของจำนวนจุดและตัวเลข ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของตัวเลขหนึ่งหลักและสองหลัก) และ (2) ระบบช่วยเหลือที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ได้แก่ ส่วนบริหารจัดการสมอง ซึ่งแบ่งออกได้เป็นความสามารถ 3 ด้านย่อย ได้แก่ 2.1) ด้านความสามารถในการยับยั้ง (Inhibition) 2.2) ด้านความสามารถในการสลับเปลี่ยนความใส่ใจ (Shifting) และ 2.3) ด้านความสามารถในการปรับข้อมูลในความจำขณะคิดให้เป็นปัจจุบัน (Updating)

1.4 สมมุติฐานของการวิจัย

1.4.1 แบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นในนักเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษาตอนต้นมีความตรงและความเที่ยงในระดับดี

1.4.2 กระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลตัวเลขและการคำนวณทั้งระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือของนักเรียนระดับอนุบาลกับประถมศึกษาตอนต้นมีความแตกต่างกัน โดยนักเรียนระดับอนุบาลมีคะแนนที่ได้จากระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือน้อยกว่าคะแนนของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนต้น

1.4.3 กระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลตัวเลขและการคำนวณทั้งระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือของนักเรียนระดับอนุบาลที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ กับนักเรียนระดับอนุบาลปกติมีความแตกต่างกัน โดยนักเรียนระดับอนุบาลที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ มีคะแนนที่ได้จากระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือน้อยกว่าคะแนนของนักเรียนระดับอนุบาลปกติ

1.4.4 กระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลตัวเลขและการคำนวณทั้งระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนต้นที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ กับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนต้นปกติมีความแตกต่างกัน โดยนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนต้นที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ มีคะแนนที่ได้จากระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือน้อยกว่าคะแนนของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนต้นปกติ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับเด็กที่มีภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ทั้งในระดับความผิดปกติของกระบวนการทางปัญญาเชิงลึก และพัฒนาการทางด้านตัวเลขและการคำนวณจากเด็กระดับอนุบาลสู่ระดับประถมศึกษาตอนต้น

1.5.2 งานวิจัยนี้จะถูกเผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ ซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ในการแลกเปลี่ยนและพัฒนาทฤษฎีเกี่ยวกับสาเหตุ ลักษณะเฉพาะของความบกพร่องฯ แนวทางการประเมิน การคัดกรอง และการวางแผนการรักษาต่อไป

1.5.3 งานวิจัยนี้เมื่อเสร็จสิ้นจะได้แบบคัดกรองเพื่อใช้ประเมินภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษาตอนต้น ซึ่งจะเป็นแบบคัดกรองกลุ่มเสี่ยงเพื่อประโยชน์ในการจัดการศึกษา เพื่อส่งต่อสำหรับการประเมินอย่างละเอียด และเพื่อการวางแผนการบำบัดรักษา

1.5.4 เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น แบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นจะถูกนำไปปรับปรุงเพื่อยื่นขอจดสิทธิบัตรต่อไป

1.6 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในกลุ่มเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ บนพื้นฐานทางทฤษฎีกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการประมวลตัวเลขและการคำนวณโดยอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ กล่าวคือ ภาวะสันนิษฐาน (Construct) ของแบบคัดกรองที่จะพัฒนาขึ้นสามารถออกเป็น 2 ระบบที่สัมพันธ์กัน ได้แก่

1. ระบบตัวเลขโดยตรง (Numerical core system) ที่สามารถแบ่งย่อยได้เป็นระบบตัวเลขอย่างประมาณ หรือ ANS ประกอบได้ด้วย 2 ตัวชี้วัด ได้แก่

1.1 ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของจำนวนจุด หรือ Dot/Dot comparison

1.2 ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของตัวเลขบนเส้นจำนวน (Mental number line) และระบบตัวเลขอย่างแม่นยำ หรือ ENS ประกอบด้วย 3 ตัวชี้วัด ได้แก่

1.2.1 ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของจำนวนจุดและตัวเลข หรือ Dot/Number comparison

1.2.2 ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของตัวเลขหนึ่งหลักและสองหลัก หรือ Number comparison 1 (Single digit) และ

1.2.3 ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของตัวเลขสองหลัก หรือ Number comparison 2 (Double digits)

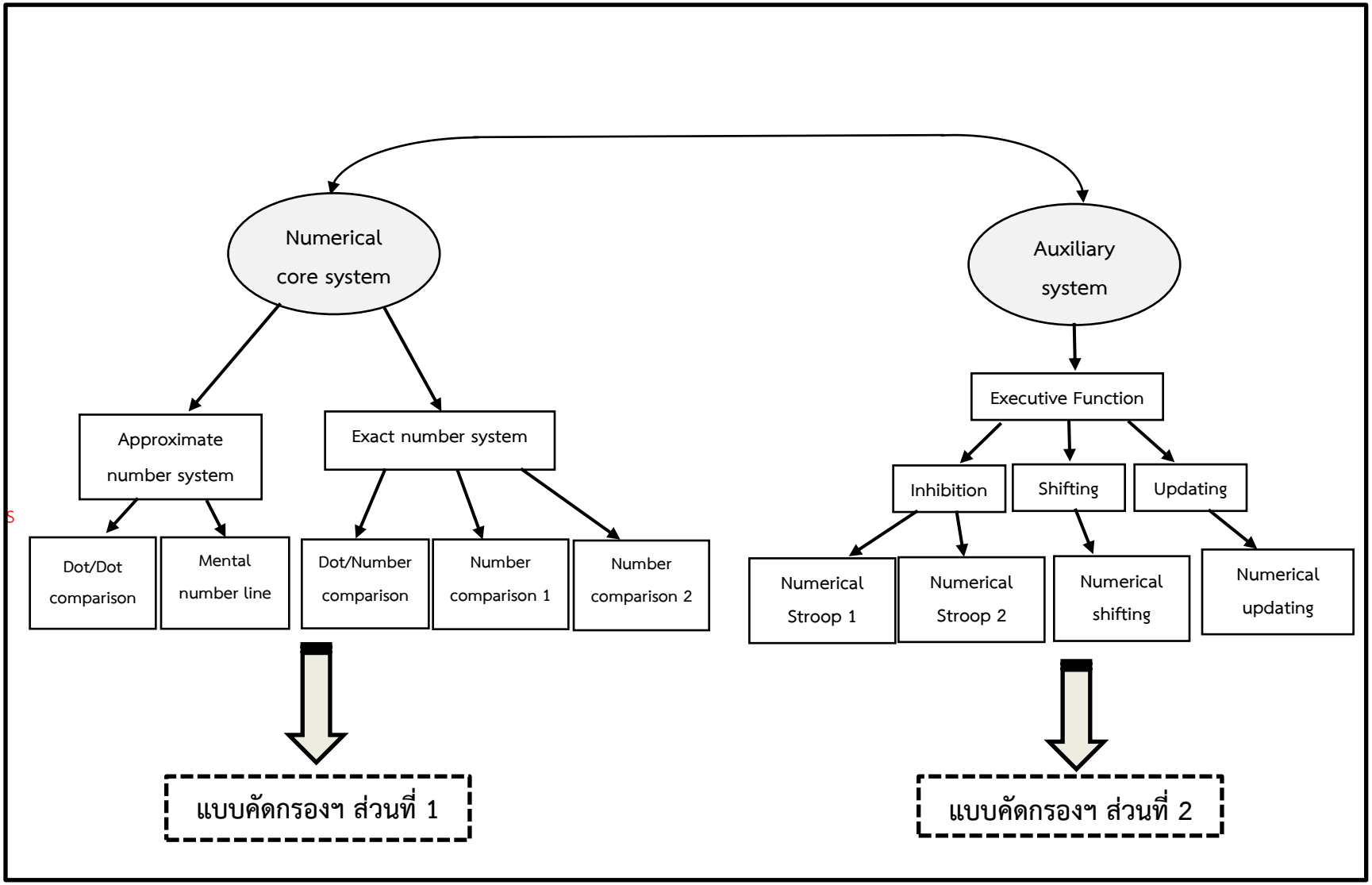
2. ระบบช่วยเหลือ (Auxiliary system) ได้แก่ ส่วนบริหารจัดการสมอง ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ด้านย่อย 4 ตัวชี้วัดที่จะช่วยประมวลผลขณะคำนวณตัวเลข ได้แก่

2.1 ด้านการยับยั้ง (Inhibition) ประกอบไปด้วย 2 ตัวชี้วัด คือ Numerical Stroop task 1 (Single digit) และ Numerical Stroop task 2 (Double digit)

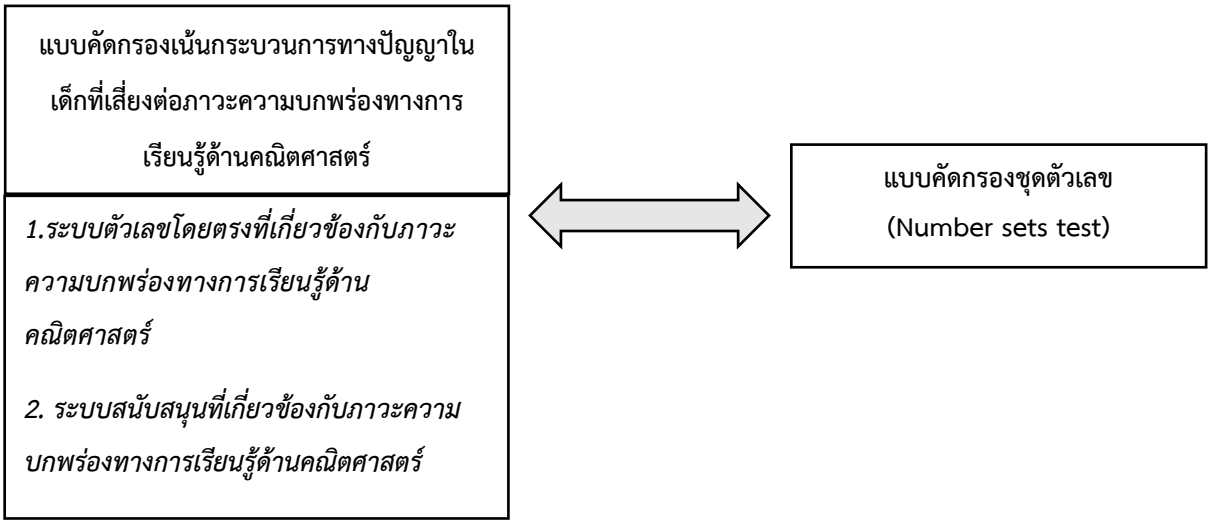
2.2 ด้านการสลับเปลี่ยนความใส่ใจ (Shifting) ประกอบไปด้วย 1 ตัวชี้วัด คือ Numberical shifting task และ

2.3 ด้านการปรับข้อมูลในความจำขณะคิดให้เป็นปัจจุบัน (Updating) ประกอบไปด้วย 1 ตัวชี้วัด คือ Numerical updating task

พิจารณารายละเอียดจาก**แผนภาพที่ 1.1** และเมื่อได้แบบคัดกรองที่พัฒนาขึ้น คะแนนจากแบบคัดกรองฯ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับคะแนนที่ได้จากแบบคัดกรองภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์มาตรฐาน ซึ่งได้แก่แบบทดสอบชุดตัวเลข (Number sets test) (Geary, 2011; Geary, Bailey, & Hoard, 2009) พิจารณาจาก**แผนภาพที่ 1.2**



แผนภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดของการวิจัยในการพัฒนาแบบคัดกรองฯ



แผนภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิดสำหรับการทดสอบความตรงชนิด Concurrent validity ของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นกับแบบคัดกรองฯ มาตรฐาน

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบสำหรับตรวจหาความเสี่ยงของภาวะความบกพร่องทางการเรียนรรู้ด้านคณิตศาสตร์โดยเน้นศึกษาระบบทางปัญญาที่สัมพันธ์กับตัวเลขและการคำนวณ 2 ระบบ ได้แก่ ระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือ

เด็กที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง นักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้คะแนนจากแบบคัดกรองมาตรฐานผลรวมชุดตัวเลขและสัญลักษณ์ 0 คะแนน

ระบบตัวเลขโดยตรง (Numerical core system) หมายถึง ส่วนหลักที่รับผิดชอบพัฒนาการการเข้าใจตัวเลขและการคำนวณ ซึ่งในการวิจัยนี้ประกอบไปด้วยระบบย่อย ได้แก่ ระบบตัวเลขอย่างประมาณ และอย่างแม่นยำ

ระบบตัวเลขอย่างประมาณ หมายถึง ส่วนย่อยที่รับผิดชอบในการบอกความแตกต่างอย่างคร่าวๆ ของจำนวนสองกลุ่มได้ว่ากลุ่มใดมีจำนวนของวัตถุ เสียง หรือเหตุการณ์มากกว่าโดยไม่จำเป็นต้องแจงนับ ซึ่งวัดได้จากแบบคัดกรองเปรียบเทียบความมากน้อยของจำนวนจุด และแบบคัดกรองเส้นจำนวน

ระบบตัวเลขอย่างแม่นยำ หมายถึง ส่วนย่อยที่รับผิดชอบในการประมวลผลข้อมูลตัวเลขอย่างแม่นยำโดยการแจงนับ และมีการใช้คำพูดแทนตัวเลข (Number words) รวมถึงการคำนวณเลขต่างๆ ซึ่งวัดได้จากแบบคัด

กรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข แบบคัดกรองตัวเลขสลับสี และแบบคัดกรองบวกลบตัวเลขในใจ

ระบบช่วยเหลือ หมายถึง ส่วนหลักที่รับผิดชอบในการส่งเสริมหรือสนับสนุนพัฒนาการการเข้าใจตัวเลขและการคำนวณ ซึ่งในการวิจัยนี้ระบบช่วยเหลือ ได้แก่ ส่วนบริหารจัดการสมอง

ส่วนบริหารจัดการสมอง หมายถึง ความสามารถในการบริหารจัดการความใส่ใจเพื่อบรรลุเป้าหมาย โดยแบ่งความสามารถในการบริหารจัดการออกเป็น 3 ด้านย่อยที่จะช่วยประมวลผลขณะทำความเข้าใจหรือคำนวณตัวเลข ได้แก่ ด้านการยับยั้ง (Inhibition) วัดได้จากแบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข ด้านการสลับเปลี่ยนความใส่ใจ (Shifting) วัดได้จากแบบคัดกรองตัวเลขสลับสี และด้านการปรับข้อมูลในความจำขณะคิดให้เป็นปัจจุบัน (Updating) วัดได้จากแบบคัดกรองบวกลบตัวเลขในใจ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาแบบคัดกรองภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในเด็กกลุ่มเสี่ยงทั้งในระดับอนุบาลและประถมศึกษาตอนต้น นอกจากนี้ยังมีวัตถุประสงค์รองเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ในเรื่องพัฒนาการทางการเรียนรู้ด้านตัวเลขและการคำนวณในเด็กนักเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษาตอนต้นอีกด้วย ดังนั้นเพื่อประกอบความเข้าใจและขยายความกรอบแนวคิด รวมถึงที่มาของสมมติฐานการวิจัยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงนำเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 หัวข้อหลักและนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

2.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

2.1.1 ความหมายของภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

2.1.2 งานวิจัยเกี่ยวกับความชุกของความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

2.1.3 ลักษณะเฉพาะของผู้ที่มีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

2.1.4 แนวคิดหรือทฤษฎีทางปัญญาและงานวิจัยเกี่ยวกับความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

2.2 แบบคัดกรองความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในไทยและต่างประเทศ

2.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

2.1.1 ความหมายของภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical learning disability หรือ Dyscalculia) เป็นภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจงด้านการคิดคำนวณ ซึ่งมีลักษณะพหุมิติ (Multi-facetted) และมีคำศัพท์ที่ใช้เรียกความบกพร่องในการเรียนรู้ประเภทนี้อย่างหลากหลายอีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น “Developmental dyscalculia” “Arithmetic-related learning disabilities” “Arithmetical disability” “Arithmetic learning disability” “Mathematical disability” “Mathematics leaning disability” หรือ “Mathematical learning difficulty” เป็นต้น (Dénes Szucs & Goswami, 2013) นอกจากชื่อเรียกแล้วคำนิยามเป็นอีกปัญหาที่ยังเป็นที่ถกเถียง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีผู้นิยามความหมายของภาวะความบกพร่องนี้เอาไว้มากมายและยังไม่มีคำนิยามที่ได้รับการยอมรับในวงกว้าง (Shalev, Auerbach, Manor, & Gross-Tsur, 2000) อย่างไรก็ตาม นักวิจัยหลายท่านและองค์กรวิชาชีพที่เกี่ยวข้องต่างทำการศึกษาและให้คำนิยามและลักษณะของความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์เอาไว้ดังต่อไปนี้

Kosc (1974) กล่าวถึง ความบกพร่องในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์เอาไว้ว่า เป็นความผิดปกติที่ชัดเจนด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีที่มาจากกรรมพันธุ์ หรือความผิดปกติตั้งแต่กำเนิด ณ บางส่วนของสมองที่อาจเกี่ยวข้องโดยตรงกับวุฒิภาวะของความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมตามช่วงวัย โดยความผิดปกตินี้ไม่ได้เกิดขึ้นร่วมกับภาวะความเจ็บป่วยทางจิตอื่นๆ

American Psychiatric Association (1980) (DSM-III) กล่าวถึง ลักษณะผู้ที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ว่ามีทักษะด้านการคำนวณเมื่อวัดด้วยแบบวัดมาตรฐานแล้วพบว่าต่ำกว่าระดับที่คาดหวังทั้งๆ ที่ผ่านการเรียนหนังสือและมีสติปัญญาปกติ โดยความบกพร่องนี้ส่งผลกระทบต่อการประสบความสำเร็จทางการเรียนหรือการใช้ชีวิตประจำวันซึ่งต้องอาศัยทักษะการคิดคำนวณ นอกจากนี้ความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นต้องไม่ได้มีสาเหตุมาจากความผิดปกติในการมองเห็นหรือการได้ยิน หรือเป็นโรคทางระบบประสาท

World Health Organization (ICD-10) (1992) กล่าวถึง ความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์เอาไว้ว่าเป็นความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องในทักษะการคิดคำนวณที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งไม่ชัดเจนหรือสามารถถูกจัดอยู่ในกลุ่มปัญญาอ่อนได้ หรือไม่ได้เกิดจากปัญหาไม่ได้ผ่านการเรียนหนังสือในโรงเรียนมาก่อน ความบกพร่องที่พบสะท้อนถึงการขาดทักษะความเข้าใจในการคิดคำนวณเบื้องต้นไม่ว่าจะเป็น การบวก การลบ การคูณ และการหาร (มากกว่ากรณีที่เป็นทักษะด้านคณิตศาสตร์ขั้นสูงที่มีลักษณะเป็นนามธรรม เช่น พีชคณิต ตรีโกณมิติ เรขาคณิต หรือแคลคูลัส)

ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของเด็กต่ำกว่าระดับที่คาดหวังอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับเด็กคนอื่นในช่วงวัย ระดับสติปัญญา และระดับชั้นเรียนเดียวกัน นอกจากนี้เมื่อทดสอบทักษะการอ่านและการสะกดคำเด็กที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์จะได้คะแนนในระดับปกติ สุดท้ายความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ไม่ควรเกิดขึ้นจากปัญหาการขาดเรียนหรือการเข้าเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่สม่ำเสมอ ผลโดยตรงจากความบกพร่องทางการมองเห็น การได้ยิน การทำงานของระบบประสาทบกพร่อง หรือเกิดจากปัญหาทางจิตผิดปกติ ในการวินิจฉัยโรคนี้จำเป็นต้องแยกออกมาจากโรค “acaluculia (รหัส R48.8 ในตำรา ICD-10)” เนื่องจากโรค acalculia มีลักษณะการดำเนินโรคที่ต่างจากความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในแง่ที่ว่าโรค acalculia มีทักษะทางคณิตศาสตร์ในระดับปกติมาก่อน ก่อนที่จะสูญเสียความสามารถนี้ในภายหลัง

American Psychiatric Association (1994) (DSM-IV) กล่าวว่า เด็กที่มีภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์เมื่อวัดด้วยแบบวัดมาตรฐานเป็นรายบุคคลแล้วพบว่าความสามารถน้อยกว่าที่คาดหวังอย่างมากเมื่อเทียบกับเด็กคนอื่นในวัย ระดับสติปัญญา และการศึกษาเดียวกัน และความบกพร่องนี้กระทบต่อผลการเรียนหรือการใช้ชีวิตประจำวัน

Sharma (1997) กล่าวว่า เด็กที่มีภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์มีลักษณะขาดความสามารถในการสร้างกรอบความคิด (Conceptualize) ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวน ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน และผลลัพธ์ของการคิดคำนวณ (การคาดเดาคำตอบจากโจทย์เลขก่อนที่จะเริ่มคำนวณจริง)

Department for Education and Skills (DfES) (2001) กล่าวว่า นักเรียนกลุ่มนี้มีปัญหาในการพัฒนาทักษะด้านคณิตศาสตร์ นักเรียนอาจมีปัญหาในการทำความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนเบื้องต้น ขาดการหยั่งรู้แนวคิดเกี่ยวกับจำนวนและมีปัญหาในการเรียนรู้ทั้งในแง่ข้อเท็จจริงและกระบวนการด้านในการคิดคำนวณ

Shalev and Gross-Tsur (2001) กล่าวว่า เด็กกลุ่มนี้มีปัญหาในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์และไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ตามวัยทั้งๆ ที่มีระดับสติปัญญาปกติ มีโอกาสทางการศึกษา มีความมั่นคงทางอารมณ์ (Emotional stability) และมีแรงจูงใจในการเรียน

Learning Disabilities Association of Minnesota (LDAM) (2005) เด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์อาจมีปัญหาในการวิเคราะห์และการคำนวณ การระบุรูปแบบตัวเลข ความเข้าใจแนวคิดและภาษาทางคณิตศาสตร์ การรู้จักวิธีและเข้าใจกฎข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ (Mathematical facts) ยิ่งไปกว่านั้นเด็กกลุ่มนี้ยังอาจมีความบกพร่องในเรื่องทักษะการแก้ไขปัญหาและความเข้าใจในแนวคิดที่สื่อถึงเรื่องมิติสัมพันธ์

American Psychiatric Association (2013) (DSM-V) กล่าวว่า เด็กกลุ่มนี้มีปัญหาในการแก้โจทย์เลขหรือการทำความเข้าใจระบบจำนวน สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ หรือแม้แต่การคำนวณเลขขั้นพื้นฐาน ซึ่งปัญหาความบกพร่องในการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นไม่สัมพันธ์กับอายุ โอกาสทางการศึกษา หรือความสามารถทางสติปัญญา นอกจากนี้ปัญหาที่พบยังกระทบอย่างมากต่อผลการเรียน หรือการดำเนินชีวิตประจำวันที่ต้องอาศัยทักษะการคิดคำนวณ

World Health Organization (ICD-11) (In press) กล่าวถึงเด็กที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ว่ามีความยากลำบากชัดเจนและยาวนานในการเรียนรู้ทักษะทางวิชาการที่สัมพันธ์กับด้านคณิตศาสตร์หรือการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวน การจดจำข้อมูลหรือกฎทางคณิตศาสตร์ ความแม่นยำความคล่องแคล่วในการคิดเลข และความสามารถในการชี้แจงอธิบายเหตุผลที่มา ที่ไปของคำตอบ เด็กที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์จะมีผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับอายุ และระดับสติปัญญากับเด็กช่วงวัยเดียวกัน โดยความบกพร่องนี้ส่งผลอย่างมากต่อการเรียนหรือการทำงาน ความผิดปกติในการเรียนรู้นี้จะพบได้เมื่อเริ่มเรียนหนังสือโดยที่สาเหตุของความผิดปกติไม่ได้มาจากความบกพร่องทางสติปัญญา อวัยวะรับสัมผัส (ตาหรือหู) ความผิดปกติทางระบบประสาท ไร้การศึกษา ความผิดปกติด้านภาษา รูปแบบการเรียนการสอน หรือปัญหาด้านจิตสังคม

2.1.2 งานวิจัยเกี่ยวกับความชุกของภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ถึงแม้จะมีการศึกษาความชุกของภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในประเทศไทยเพียงเรื่องเดียวและพบว่ามีประมาณร้อยละ 6.6 (ภาสุรี แสงศุภวานิช และคณะ, 2011) ซึ่งตัวเลขนี้สอดคล้องกับความชุกของเด็กกลุ่มนี้ในต่างประเทศที่พบว่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.46 ถึง 10 อย่างไรก็ตามความแตกต่างอาจขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกและวิธีคัดกรอง ซึ่งพบว่างานวิจัยแต่ละเรื่องใช้แบบประเมินหรือแบบคัดกรองที่แตกต่างกัน รายละเอียดดัง**ตารางที่ 2.1**

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่ระบุความชุกของภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในต่างประเทศ

ผู้แต่ง	ปี	ศัพท์ที่ใช้	เกณฑ์จำแนก	กลุ่มตัวอย่าง	วิธีการคัดกรอง	ความชุก
Ramaa	1990	Dyscalculia	สมาคมแอลดีแห่งประเทศแคนาดา (1996)	8-11 ปี	แบบประเมิน Arithmetic Diagnostic Test for Primary School Children	6.0%
Lewis, Hitch & Walker	1994	Special arithmetic difficulties	ไม่ชัดเจน	เด็กในประเทศอังกฤษ	คะแนนวิชาคำนวณ < 85 คะแนนมาตรฐาน และคะแนนแบบวัด NVIQ > 90 คะแนนมาตรฐาน	3.6%
Gross-Tur, Manor, & Shalev	1996	Developmental dyscalculia	DSM-III	เด็กอายุ 9-12 ปี จำนวน 3029 คนในประเทศอิสราเอล	• คะแนนคณิตศาสตร์น้อยกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 และคะแนนคณิตศาสตร์น้อยกว่าสองชั้นปี • คะแนนการอ่าน การเขียน และการสะกดมากกว่า 80 คะแนนมาตรฐาน • อาการยาวนานกว่า 1 ปี	6.5%
Ostad	1998	Math disabled	ไม่ชัดเจน	เด็กในประเทศนอร์เวย์	ลงทะเบียนสำหรับรับการช่วยเหลือกรณีพิเศษในระยะยาว	10.9%

ผู้แต่ง	ปี	ศัพท์ที่ใช้	เกณฑ์จำแนก	กลุ่มตัวอย่าง	วิธีการคัดกรอง	ความชุก
Hein	2000	Specific disorder of arithmetical skills	ICD-10	เด็กอายุ 8-11 ปี จำนวน 1882 ในประเทศเยอรมนี	คะแนนจากแบบวัด DRE 3 และแบบวัด DRT 3 ทดสอบการสะกดคำ	6.6%
Ramaa และ Gowramma	2002	Dyscalculia	สมาคมแอลดีแห่งประเทศแคนาดา (1996)	เด็กอายุ 8-11 ปีในประเทศอินเดีย	● ด้านการแพทย์ (คะแนนการได้ยินและการมองต่ำ) ● ด้านอารมณ์ (คะแนนจากแบบสอบถามต่ำ) ● ด้านการศึกษา (ขาดเรียน) ● ด้านแรงจูงใจ (ได้คะแนนจากแบบวัดแรงจูงใจในการประสบความสำเร็จทางการเรียนปานกลาง) ● ด้านการช่วยเหลือ (ได้รับการสอนพิเศษจากที่โรงเรียนและที่บ้าน) ● คะแนนเชาวน์ปัญญาจากแบบวัด Raven matrices มากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 25	5.5%

ผู้แต่ง	ปี	ศัพท์ที่ใช้	เกณฑ์จำแนก	กลุ่มตัวอย่าง	วิธีการคัดกรอง	ความชุก
					• คะแนนคณิตศาสตร์น้อยกว่าสองชั้นปี	
Mazzocco และ Myers	2003	Mathematics disability	ได้คะแนนคณิตศาสตร์น้อยเมื่อเทียบกับกลุ่มเด็กในระดับอายุเดียวกันและสิ่งแวดล้อมทางการศึกษาคล้ายกัน	เด็กอายุ 7-8 ปีในประเทศสหรัฐอเมริกา	• คะแนนจากแบบวัด MT น้อยกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 17 • คะแนนเชาวน์ปัญญามากกว่า 80 คะแนนมาตรฐาน • อาการยาวนานกว่า 2 ปี	9.6%
Desoete, Roeyers, และ De Clercq	2004	Mathematics learning disability (MLD) และ Mathematics learning problems (MLP)	DSM-IV	เด็กชั้นประถมศึกษาปีที่สองถึงสี่ ในประเทศเบลเยี่ยม	• คะแนนคณิตศาสตร์น้อยกว่า -2 SD จากเกณฑ์ปกติ (MLD) • คะแนนคณิตศาสตร์น้อยกว่า -1 SD จากเกณฑ์ปกติ (MLP) • ประเมินโดยครู	3-8%
ภาสุรี แสงสุภวานิช และคณะ	2011	LD-Mathematics	DSM-IV-TR และ ICD-10	เด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษา 1 ถึง 6 ของไทยจากทั้งหมด 353 โรงเรียน	แบบคัดกรอง KUS-SI	6.6%

ผู้แต่ง	ปี	ศัพท์ที่ใช้	เกณฑ์จำแนก	กลุ่มตัวอย่าง	วิธีการคัดกรอง	ความชุก
Talepasand และ Vahed	2012	Mathematic disability	ไม่ชัดเจน	เด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาจำนวน 432 คน ในประเทศอิหร่าน	• แบบทดสอบเชาว์ปัญญา • แบบวัดปัญหาด้านการมองเห็นและการเคลื่อนไหว • แบบวัดปัญหาด้านการได้ยิน • แบบวัดปัญหาด้านพฤติกรรม • แบบวัดความบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ (Iranian Key-math achievement test)	0.46%
Jovanović และคณะ	2013	Dyscalculia	ไม่ชัดเจน	เด็กนักเรียนอายุ 9-10 ปี จำนวน 1,424 คน ในประเทศเซอร์เบีย	แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์	9.9%
Bastos, Cecato, Martins, Grecca และ Pierini	2016	Developmental dyscalculia	ไม่ชัดเจน	เด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 2,893 คนในประเทศบราซิล	แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์	7.8%
Keong, Pang, Eng และ Keong	2016	Dyscalculia	Literacy and Numeracy	เด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาอายุระหว่าง	แบบวัด The Malaysian Dyscalculia Instrument Plus (MDI+)	3.47% สำหรับเด็กชาย

ผู้แต่ง	ปี	ศัพท์ที่ใช้	เกณฑ์จำแนก	กลุ่มตัวอย่าง	วิธีการคัดกรอง	ความชุก
			Screening (LINUS)	7 ถึง 9 ปี ในประเทศมาเลเซีย		และ 4.38% สำหรับเด็กหญิง

2.1.3 ลักษณะเฉพาะของผู้ที่มีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

นอกจากความหมายและเกณฑ์การจำแนกผู้ที่มีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ตามหัวข้อ 2.1.1 แล้ว ลักษณะเฉพาะหรืออาการผิดปกติที่พบในคนกลุ่มนี้ยังส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิต การเรียน และการทำงานในหลายๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นความสับสนเกี่ยวกับระยะทาง ทิศทาง ตำแหน่ง การใช้อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข การทอนเงินหรือใช้เงินเพื่อจับจ่ายใช้สอย การทำกิจกรรมที่ต้องทำตามลำดับขั้น ขาดทักษะการคิดเชิงตรรกะรวมถึงการคิดประมวลผลช้า และมีความเครียด ความวิตกกังวลสูง เป็นต้น รายละเอียดที่เฉพาะเจาะจงในประเด็นต่างๆ พิจารณาได้จาก**ตารางที่ 2.2**

ตารางที่ 2.2 ลักษณะเฉพาะของผู้ที่มีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จำแนกตามอาการที่พบในชีวิตประจำวันและในห้องเรียน (Drew, 2015)

ลักษณะเฉพาะ	คำอธิบายเพิ่มเติม
ความเป็นนามธรรม (Abstractness)	มีความลำบากเมื่อให้คิดโดยการแปลงเรื่องที่เป็นเชิงรูปธรรมไปเป็นนามธรรม
การคิดคำนวณ (Calculations)	■ ไม่เข้าใจหลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ เช่น อาจทราบว่า 5+3=8 แต่ไม่เข้าใจว่า 3+5=8 ได้เช่นกัน ■ มีความลำบากไม่เข้าใจกฎหรือข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์หากถูกสอนด้วยวิธีการดั้งเดิมโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการนับเลข ■ มีปัญหาการเรียงลำดับตัวเลข ■ มีปัญหาในการคิดเลข ■ ขาดความมั่นใจถึงแม้จะคิดเลขได้คำตอบถูกต้อง
เครื่องคำเลข (Calculators)	■ มีปัญหาการทดเลข การยืม บางครั้งอาจพูดคำตอบได้ถูกต้องแต่กดปุ่มเครื่องคิดเลขไม่ตรงกับคำตอบที่พูด ■ มีความลำบากในการใช้เครื่องคิดเลข
ความจดจ่อ (Concentration)	ไม่สามารถจดจ่อกับกิจกรรมที่ต้องใช้ใช้สมาธิต่อเนื่องพร้อมกันหลายกิจกรรมได้
การนับเลข (Counting)	■ อาจสามารถนับเลขได้บ้าง แต่จะเริ่มมีปัญหาเมื่อต้องย้อนลำดับกลับไปมา โดยเฉพาะเลขสองและสามหลัก ■ การนับเลขอาศัยการนับมือเป็นหลักไม่เข้าใจหลักการของพันธะตัวเลข (Number bonds) ■ นับเลขด้วยมือต่อเนื่องไม่ได้ (Lose track)
เลขทศนิยม (Decimals)	■ เข้าใจเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องค่าประจำหลักเลข

ลักษณะเฉพาะ	คำอธิบายเพิ่มเติม
	■ ไม่เข้าใจเรื่องเลขทศนิยม ■ ไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องตัวเลขที่ไม่เป็นจำนวนเต็ม (Non-integer)
ทิศทางและตำแหน่ง (Direction and orientation)	■ ขาดความเข้าใจเรื่องตำแหน่งทำให้ไม่สามารถเข้าใจทิศทางได้ ■ ลำบากในการอ่านแผนที่ทำให้ต้องหมุนแผนที่ไปตามทิศทางต่างๆ เพื่อให้เข้าใจ ■ อาจสับสนระหว่างซ้ายหรือขวาทำให้หลงทางได้ง่ายๆ
การคาดคะแนน (Estimating)	มีปัญหาในการกะประมาณหรือให้คำตอบโดยประมาณ เช่น ตอบไม่ได้ว่าจะได้รับเงินทอนเท่าไหร่เวลาจับจ่ายใช้สอยในชีวิตจริง
กฎเกณฑ์ (Formulae)	■ สามารถเรียนรู้วิธีการคำนวณเลขด้วยการท่องจำ แต่กลับไม่เข้าใจไม่สามารถถ่ายโอนความรู้ไปยังโจทย์ปัญหาใหม่ได้ ■ อ่านโจทย์เลขที่เป็นประโยคแล้วไม่เข้าใจ ไม่สามารถตอบได้ว่าโจทย์ต้องการให้ทำอะไร
เกมและดนตรี (Games and music)	■ ไม่สามารถทำตามคำแนะนำหรือกฎกติกาในเกมกีฬาได้ ■ ไม่สามารถติดตามคะแนนหรือผู้เล่นระหว่างแข่งกีฬาหรือเล่มเกม เช่น ไพ่ และเกมกระดาน ■ มีปัญหาในการอ่านโน๊ตเพลงและเรียนรู้แนวคิดทางดนตรี
ตีความผลลัพธ์ (Interpreting results)	■ มีความลำบากในการตีความผลลัพธ์จากข้อมูล ■ มีความลำบากในการอ่านค่าจากกราฟและแผนภูมิต่าง
การวัดค่า (Measures)	มีปัญหาในเรื่องความคิดรวบยอด เช่น เรื่องความเร็ว (หน่วยเป็นกิโลเมตร ต่อชั่วโมง) หรือ อุณหภูมิที่มีหน่วยการวัดแตกต่างกัน
ความทรงจำ (Memory)	■ อาจมีปัญหาในเรื่องการนึกถึงใบหน้าเพราะการจะระลึกได้ต้องอาศัยความสามารถในการจดจำรูปแบบเชิงสัญลักษณ์ต่างๆ มากมาย ■ มีปัญหาในการจดจำชื่อ หรือทั้งชื่อและใบหน้า ■ อาจจำชื่อที่คล้ายคลึงกันสลับกัน เช่น มีตัวอักษรขึ้นต้นชื่อเหมือนกันก็ทำให้ลำบากในการจดจำ
การคิดเลขในใจ (Mental arithmetic)	■ มีปัญหาในการคิดเลขในใจ ■ มีความลำบากเมื่อต้องคิดเลขในใจหรือจินตภาพ
เงิน (Money)	■ มีปัญหาที่เกี่ยวกับการใช้เงิน เช่น จัดการกับเงินในบัญชี การจ่ายเงินและรับเงินทอน และการให้ทิป ■ ไม่สามารถวางแผนทางการเงินได้

ลักษณะเฉพาะ	คำอธิบายเพิ่มเติม
	■ มีความลำบากในการประมาณราคาสินค้าในตะกร้าช๊อปปิ้งที่ตนเองเลือกซื้อ หรือไม่รู้ว่าจะได้เงินทอนเท่าไหร่
ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับจำนวน (Number facts)	■ ไม่สามารถจดจำข้อเท็จจริงเกี่ยวกับจำนวนเบื้องต้นได้ เช่น เรื่องพันธะตัวเลข (Number bonds) ■ มีความลำบากในการเรียนรู้ตารางแม่สูตรคูณ ■ มีความลำบากในการจดจำ และกดหมายเลขโทรศัพท์ ■ มีปัญหาในการระลึกถึงชื่อ และวันที่
หลักจำนวน (Numerosity)	■ มีความลำบากในการทำความเข้าใจแนวคิดเรื่องจำนวนบวก (Positive number) ว่าเป็นตัวแสดงถึงลำดับ และค่าขนาดของตัวเลขได้ ■ มีปัญหาเรื่องการเรียงลำดับจำนวน (ยกตัวอย่างเช่น จากน้อยไปมาก) ■ มีปัญหาเรื่องความเข้าใจเกี่ยวกับค่าขนาดของตัวเลข (จำนวนใดมีค่ามากกว่าระหว่าง -10 หรือ 100) ■ ขาดตรรกะไม่สามารถระลึกได้ว่าคำตอบไม่สมเหตุสมผล ■ มีปัญหาในการประมาณวัดขนาดหรือระยะ (ยกตัวอย่างเช่น ไม่แน่ใจว่าของสิ่งหนึ่งไกลจากตัวเอง 10 หรือ 20 เมตร)
การอ่านและการเขียนจำนวน	■ มีปัญหาทั่วไปเกี่ยวกับการอ่านและการเขียนจำนวน (แม้แต่การคัดลอก) ■ เลขศูนย์สามารถสร้างปัญหาความสับสนได้ ■ มีปัญหาไม่เข้าใจคำว่าสิบ ร้อย และพันมีความสัมพันธ์กับตัวเลข 10 100 และ 1000 ■ มีปัญหาในการทำความเข้าใจจำนวนแบบตัวอักษรมากกว่าจำนวนแบบตัวเลข (สิบ หรือ 10)
ขั้นตอนลำดับ (Sequential steps)	■ มีปัญหาในการอ่านจำนวนตัวเลขกลับหลัง การลบเลข เป็นต้น ■ มีปัญหาในการจัดระบบข้อมูลที่มีรายละเอียด ■ มีปัญหาเมื่อต้องทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยการคิดเป็นลำดับ และต้องทำตามขั้นตอนโดยเฉพาะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
คิดประมวลผลช้า (Slow processing)	มีปัญหาคิดเลขได้ช้า

ลักษณะเฉพาะ	คำอธิบายเพิ่มเติม
ความเครียดและวิตกกังวล (Stress and anxiety)	■ มีความเขียนและเหนื่อยล้าสูง ■ วิตกกังวลและฉุนเฉียวบ่อยครั้ง
ประมาณกลุ่มจำนวน (Subitising)	ไม่สามารถประมาณกลุ่มจำนวนของสิ่งของที่อยู่เป็นกลุ่มมากกว่า 6 ชิ้นได้ จะทราบว่ามีจำนวนเท่าไหร่ต้องอาศัยการชี้นับเป็นหลัก
สัญลักษณ์ (Symbols)	■ ไม่สามารถบอกสัญลักษณ์หรือเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ได้ ■ มีความลำบากในการจดจำสัญลักษณ์หลักทางคณิตศาสตร์ได้ เช่น บวก ลบ คูณ และหาร
เวลา (Time)	■ มีปัญหาในการอ่านตารางเวลา และการวางแผนตามกำหนดการ ■ มีปัญหาเมื่อต้องบอกเวลาบนหน้าปัดเข็มนาฬิกา ■ มีปัญหาในการจดจำเวลานัดหมาย ■ มีปัญหาในการตีความนาฬิกาบอกเวลาแบบ 24 ชั่วโมง ■ มีปัญหาในการทำความเข้าใจเรื่องเวลา ■ ไม่สามารถบอกได้ว่าเวลาผ่านไปนานเท่าใด บางครั้งช้าหรือเร็วเกินไป

2.1.4 แนวคิดหรือทฤษฎีทางปัญญาและงานวิจัยเกี่ยวกับภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ถึงแม้นักวิจัยที่ศึกษาภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ยังเห็นไม่ตรงกันถึงสาเหตุของความผิดปกติในด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์นี้ อย่างไรก็ตามนักวิจัยส่วนมากต่างยอมรับว่าสาเหตุเกิดจากความบกพร่องในระบบประสาท ก่อนที่จะส่งผลถึงการทำงานของกระบวนการทางปัญญา แล้วต่อมาส่งผลต่อความความผิดปกติที่สังเกตุได้จากการให้ทำแบบทดสอบ หรือการถูกประเมินโดยครู เมื่อพิจารณาจากงานวิจัยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันสามารถแบ่งแนวคิดหรือทฤษฎีที่พยายามอธิบายสาเหตุของความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์เป็น 3 แนวคิดหรือทฤษฎีหลัก โดยมีรายละเอียดของแต่ละแนวคิดหรือทฤษฎีดังต่อไปนี้

2.1.4.1 โมเดลความบกพร่องด้านตัวเลขโดยตรง (Numerical core deficit model)

Butterworth (1999) อ้างว่าทั้งในมนุษย์และสัตว์ต่างมีกระบวนการทางปัญญาระบบหนึ่งซึ่งติดตัวมาตั้งแต่กำเนิดถูกเรียกว่า “หน่วยจำนวน (Number module)” ซึ่งทำให้เราสามารถระลึกรู้ถึงหลักการด้านจำนวนได้ ยกตัวอย่างเช่น เรารู้ว่าวัตถุต่างๆ ที่อยู่ตรงหน้ามีจำนวนมากน้อยเท่าใด เป็นต้น โดยที่หน่วยจำนวนนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบย่อย ได้แก่ 1) ระบบปัจเจกคู่ขนาน (Parallel Individuation System, PIS) ซึ่งถูกใช้สำหรับประมาณกลุ่มจำนวนที่มีปริมาณน้อยๆ กล่าวคือ เราสามารถประมาณได้ว่ากลุ่มวัตถุ

ตรงหน้ามีจำนวนสักเท่าไหร่ โดยไม่ต้องชี้นิ้วนับ ซึ่งในคนปกติสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ และด้วยความมั่นใจเมื่อจำนวนวัตถุที่อยู่ตรงหน้ามีจำนวนไม่เกิน 3 ชิ้นในเด็กทารก และไม่เกิน 4 ชิ้นในผู้ใหญ่ (Butterworth, 1999) และ 2) ระบบตัวเลขอย่างประมาณ (Approximate Number System, ANS) ซึ่งความแม่นยำไม่เหมือนระบบ PIS โดยระบบนี้จะถูกใช้สำหรับประมาณขนาดของกลุ่มจำนวนขนาดใหญ่มากกว่า 4 ชิ้น โดยใช้เพื่อเปรียบเทียบว่ากลุ่มใดมีขนาดมากกว่ากัน ยกตัวอย่างเช่น ในวัยผู้ใหญ่สามารถประมาณขนาดความแตกต่างของจำนวนในแต่ละกลุ่มได้แม่นยำ 15% หรือ ผู้ใหญ่ทั่วไปสามารถแยกได้ว่ากลุ่มที่มีจำนวน 100 ชิ้นแตกต่างจากกลุ่มที่มีจำนวน 115 ชิ้นด้วยตาเปล่าโดยไม่ต้องนับ (Sousa, 2010) โดยที่ระบบ ANS สัมพันธ์กับการทำงานของสมองส่วน Intraparietal sulcus (IPS) (Piazza, Izard, Pinel, Le Bihan, & Dehaene, 2004)

ต่อมา ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การประมวลผลข้อมูลตัวเลขของเด็กจนถึงผู้ใหญ่สามารถแบ่งออกได้เป็นอีก 2 ระบบ ได้แก่ ระบบตัวเลขอย่างประมาณ หรือ ANS ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว และระบบตัวเลขอย่างแม่นยำ (Exact number system, ENS) กล่าวคือ ระบบ ANS จะถูกใช้เมื่อต้องการประมวลผลข้อมูลตัวเลขอย่างรวดเร็ว ประมาณจำนวนอย่างคร่าวๆ โดยที่ไม่ต้องแจงนับ ส่วนระบบ ENS อาจถูกนำมาใช้เมื่อต้องการประมวลผลข้อมูลตัวเลขอย่างแม่นยำโดยการแจงนับ และมีการใช้คำพูดแทนตัวเลข (Number words) อีกด้วย ซึ่งระบบนี้มีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน (Dehaene, Dehaene-Lambertz, & Cohen, 1998) การที่มนุษย์มีความสามารถในการประมาณตัวเลข หรือมีระบบ ANS ติดตัวมาตั้งแต่กำเนิด (Izard, Sann, Spelke, & Streri, 2009) รวมถึงพบความสามารถนี้ในสัตว์ต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น

- ปลา (Agrillo, Piffer, & Bisazza, 2010; Dadda, Piffer, Agrillo, & Bisazza, 2009)
- หนู (Meck, Church, & Gibbon, 1985) กบ (Lucon-Xiccato, Gatto, & Bisazza, 2018)
- วัว (Bogale, Aoyama, & Sugita, 2014; Bogale, Kamata, Mioko, & Sugita, 2011)
- ปลาวาฬ และปลาโลมา (Abramson, Hernández-Lloreda, Call, & Colmenares, 2013)
- ลิงประเภทต่างๆ (Beran, Parrish, & Evans, 2015)
- ผึ้ง (Gross et al., 2009) เป็นต้น

ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ว่าระบบตัวเลขอย่างประมาณ หรือ ระบบ ANS นี้ไม่ได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับภาษา หรือต้องอาศัยความเข้าใจเชิงสัญลักษณ์ต่างๆ (Libertus et al., 2016) ในทางตรงกันข้าม ระบบตัวเลขอย่างแม่นยำ พบในมนุษย์เท่านั้น และความสามารถนี้จะค่อยๆ พัฒนาขึ้นในแต่ละปี เมื่อเด็กเรียนรู้การใช้คำพูดแทนตัวเลข ซึ่งหมายความว่าระบบนี้อาจต้องอาศัยภาษา โดยมีงานวิจัยที่พบว่าชุมชนที่ไม่มีการใช้คำหรือคำพูดสำหรับนับจำนวน ปรากฏว่าคนที่อยู่ในชุมชนนั้นขาดแนวคิดเรื่องจำนวนขนาดใหญ่ที่ชัดเจน

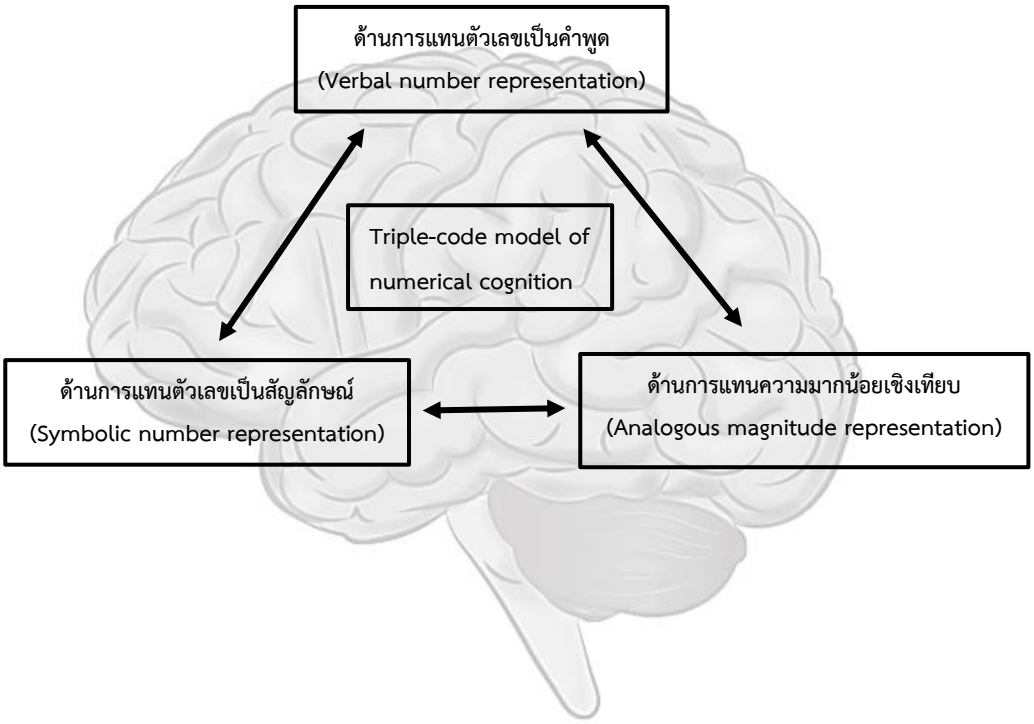
(Spaepen, Coppola, Spelke, Carey, & Goldin-Meadow, 2011) ถึงแม้ว่าระบบ ANS จะมีประโยชน์แต่กลับขาดความแม่นยำในการสื่อถึงจำนวนขนาดใหญ่อย่างชัดเจน ยกตัวอย่างเช่น จำนวน 50 ต่างจากจำนวน 49 และ 51 อย่างไร อย่างไรก็ตามถึงแม้ทั้งสองระบบจะมีความแตกต่าง แต่สุดท้ายแล้วเด็กจะเรียนรู้แล้วเกิดพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงระบบตัวเลขทั้งสอง (Lyons, Ansari, & Beilock, 2012) ด้วยข้อค้นพบเหล่านี้ Dehaene (1992) จึงได้นำเสนอโมเดลทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลตัวเลขขึ้น โดยนำแนวคิดเรื่องระบบ ANS ซึ่งเป็นระบบอัตโนมัติบนพื้นฐานของการแยกแยะ แจกแจงวัตถุหรือไม่ใช่วัตถุก็ตาม (Non-symbolic) โดยประมาณการ ส่วนระบบ ENS ถือเป็นระบบในการแจกแจงจำนวนได้อย่างแม่นยำ มีลักษณะการแปลงข้อมูลจำนวนเป็นตัวเลขอารบิก หรือคำหรือคำพูดแทนจำนวน สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์มาพัฒนาเป็น โมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสามสำหรับกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข (Triple-code model of numerical cognition) หรือ TCM

Dehaene (1992, 1999) อ้างว่าความเข้าใจคณิตศาสตร์ไม่ได้เกิดจากระบบใดระบบหนึ่งดังที่ Butterworth (1999) กล่าวอ้าง โดย Deheane เสนอว่าจำนวนสามารถแสดงออกได้ใน 3 ลักษณะหรือสามระบบสัญลักษณ์ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ระบบสัญลักษณ์ทั้ง 3 ต่างสัมพันธ์กัน ซึ่งเรียกรวมๆ ว่า “ความเข้าใจตัวเลข (Number sense)” ซึ่งความเข้าใจตัวเลขนี้จะรับผิดชอบประมวลผลข้อมูล 3 ด้านย่อย ได้แก่

(1) ด้านการแทนจำนวนเป็นคำพูด (Verbal number representation) (ยกตัวอย่างเช่น แทนจำนวนด้วยคำพูด “สอง”) ระบบสัญลักษณ์นี้เดิมเรียกว่า “Auditory verbal word frame” เป็นส่วนหนึ่งของระบบ ENS

(2) ด้านการแทนจำนวนเป็นตัวเลข (Symbolic number representation) (ยกตัวอย่างเช่น แทนจำนวนด้วยตัวเลขอารบิก “2”) หรือแต่เดิมเรียกว่า “Visual arabic number form” ถือว่าจำเป็นอย่างมากในการประมวลผลข้อมูลตัวเลขหลายหลัก (Multi-digit operations) เลขคู่หรือคี่ เป็นส่วนหนึ่งของระบบ ENS เช่นกัน และ

(3) ด้านการแทนความมากน้อยเชิงเทียบ (Analogous magnitude representation) (ยกตัวอย่างเช่น เส้นจำนวน) ถือเป็นระบบเริ่มแรกในการทำความเข้าใจแนวคิดเรื่องจำนวน หรือ Preverbal ก่อนที่จะพัฒนาเป็นระบบสัญลักษณ์ (1) และ (2) ระบบสัญลักษณ์นี้ถือเป็นส่วนหนึ่งของระบบ ANS เหมาะสำหรับการประมาณ คะเนจำนวนของสิ่งต่างๆ ดัง**แผนภาพที่ 2.1**



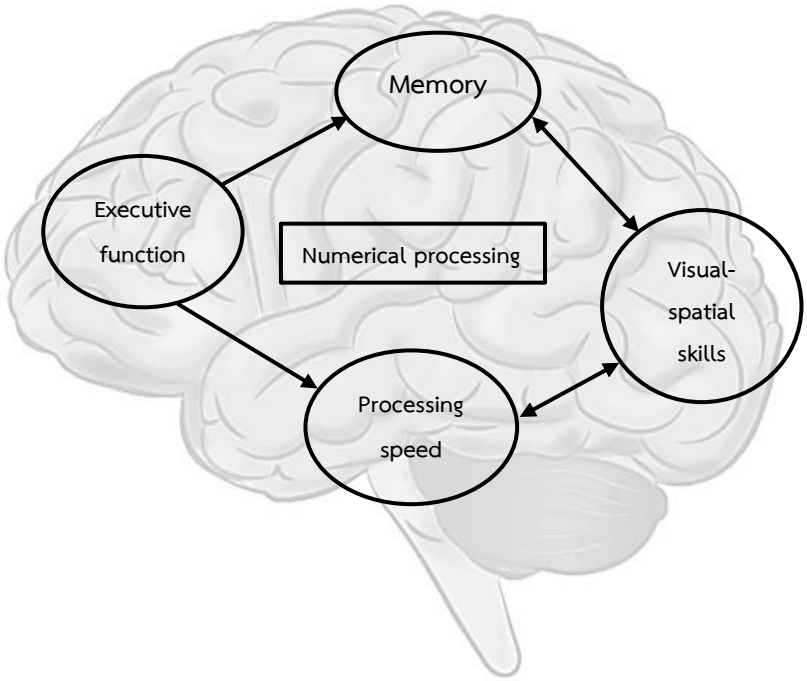
แผนภาพที่ 2.1 โมเดลความบกพร่องแบบเฉพาะเจาะจงด้านจำนวน (ข้อความดัดแปลงจากโมเดล Triple-code model for numerical cognition ของ Dehaene ในปี 1992 และภาพประกอบชื่อ “Human brain” ดัดแปลงจากผู้แต่ง Injurymap เป็นภาพปลอดลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไข CC BY 4.0)

เมื่อพิจารณาถึงโมเดลนี้โดยละเอียด พบว่าระบบทางปัญญาทั้ง 3 ด้านเป็นระบบที่มีลักษณะเฉพาะแต่เชื่อมโยงกันในการประมวลผลจำนวน และคำนวณเลข โดยที่แต่ละกระบวนการจะถูกกระตุ้นจากกิจกรรมที่เฉพาะเจาะจง (von Aster, 2000) ถึงแม้ว่าทั้ง 3 ด้านจะสัมพันธ์กับการทำงานของสมองแต่ละตำแหน่งแยกจากกัน โดยด้านการแทนตัวเลขเป็นคำพูดจะเชื่อมโยงกับสมองฝั่งซ้าย ส่วนด้านการแทนจำนวนเป็นตัวเลขจะสัมพันธ์กับสมองฝั่งขวา บริเวณของสมองเหล่านี้อาจไม่เกี่ยวข้องกับการจัดกระทำทางตัวเลข แต่สามารถใช้เพื่อการประมวลผลกิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้อีกด้วย ซึ่งคำกล่าวนี้แย้งกับข้อค้นพบที่อ้างว่าสมองในส่วน IPS เกี่ยวข้องโดยตรงกับตัวเลข ความบกพร่องในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ตามโมเดลนี้จึงสามารถเกิดขึ้นได้เพราะเป็นผลมาจากหลายปัจจัย โดยอาจมาจากหนึ่ง หรือ มากกว่าหนึ่งกระบวนการทางปัญญาที่บกพร่อง (ด้านการแทนจำนวนเป็นคำพูดด้านการแทนจำนวนเป็นตัวเลข หรือด้านการแทนความมากน้อยเชิงเทียบ) หรือมาจากปัญหาที่เชื่อมโยงกับระบบโครงข่ายประสาทที่แตกต่างกัน (Wilson & Dehaene, 2007)

2.1.4.2 โมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (Domain-general deficit model)

โมเดลทางปัญญานี้สันนิษฐานว่าความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ไม่ได้มีสาเหตุมาจากประเด็นรากฐานที่สัมพันธ์กับความเข้าใจตัวเลข (Number sense) แต่อย่างใด แต่เกิดจากระบบสนับสนุนหรือ

ระบบช่วยเหลือ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางปัญญาโดยรวมที่ใช้จัดกระทำตัวเลขต่างๆ นั้นบกพร่อง (Geary, 2004; Rourke & Conway, 1997; von Aster, 2000) ยกตัวอย่างเช่น ความจำระยะยาว (Long-term memory) ความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล(Processing speed) ส่วนบริหารจัดการสมอง (Executive function) ความจำขณะคิด (Working memory) ความจำอาศัยความหมาย (Semantic memory) ทักษะด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visual spatial skills) ความใส่ใจ (Attention span) การประมวลผลด้านรับสัมผัส (Sensory gating) หรือการใช้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logical reasoning) (Swanson & Jerman, 2006) ดัง**แผนภาพที่ 2.2**



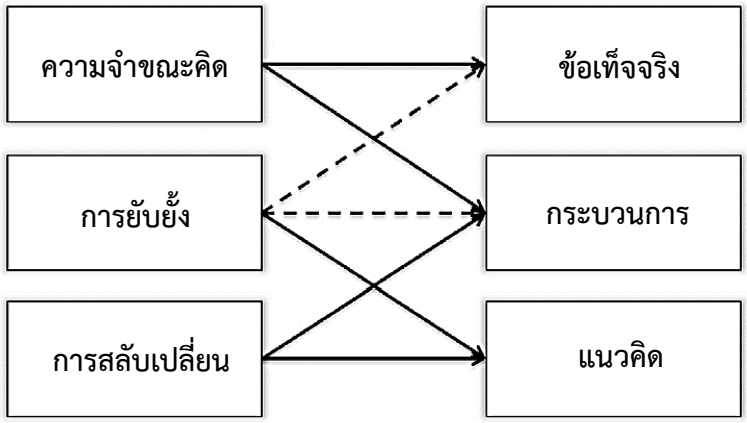
แผนภาพที่ 2.2 โมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (ภาพประกอบชื่อ “Human brain” ดัดแปลงจากผู้แต่ง Injurymap เป็นภาพปลอดลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไข CC BY 4.0)

งานวิจัยหลายชิ้นพบผลการวิจัยที่สอดคล้องกันว่าส่วนบริหารจัดการสมอง เป็นตัวแปรที่สำคัญและพบว่าส่งผลโดยตรงต่อพัฒนาการการเรียนรู้จำนวน และคำนวณตัวเลข (Cragg et al., 2017; Houdé, Rossi, Lubin, & Joliot, 2010; Prager et al., 2016; Schmitt et al., 2017) โดยองค์ประกอบต่างๆ ของส่วนบริหารจัดการสมอง ได้แก่ 1) ด้านการยับยั้ง หรือ Inhibition 2) ด้านการสลับเปลี่ยนความใส่ใจ หรือ Shifting และ 3) ด้านการปรับข้อมูลในความจำขณะคิดให้เป็นปัจจุบัน หรือ Updating มีส่วนสำคัญในการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสต์ในวันหน้า (Miyake et al., 2000) กล่าวคือ ด้านการยับยั้งมีส่วนสำคัญในการกันข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง หรือการตอบสนองที่ไม่ต้องการออกไป ขณะที่เด็กกำลังพยายามแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านการ

สลับเปลี่ยนความใส่ใจ สะท้อนถึงความสามารถในการยืดหยุ่นความคิดให้เหมาะสมกับสถานการณ์หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เด็กกำลังครุ่นคิดอยู่ ณ ขณะนั้น และด้านการปรับข้อมูลในความจำณะคิดให้เป็นปัจจุบันเป็นหัวใจในการเฝ้าสังเกตข้อมูลที่เข้ามาในกระบวนการคิดแล้วอาจมีการจัดกระทำข้อมูลนั้น (หากไม่เกี่ยวข้อง) ปรับเปลี่ยน ปรับปรุง ข้อมูลให้ทันสมัย

โดยสามารถยกตัวอย่างทักษะการบริหารจัดการสมองที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบของความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อประกอบความเข้าใจได้ดังนี้ เริ่มจากความจำขณะคิด ทักษะนี้อาจจำเป็นในทุกช่วงวัย โดยเฉพาะสำหรับองค์ประกอบของความรู้ทางคณิตศาสตร์ในด้าน “ข้อเท็จจริง” กล่าวคือ ทักษะด้านความจำขณะคิดมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ข้อเท็จจริงใหม่เข้ามา เมื่อเด็กได้เรียนรู้ข้อเท็จจริงใหม่ เช่น การคูณเลข ที่ต่อยอดมาจากการบวกเลข ความจำขณะคิดถูกใช้เชื่อมโยงการบวกเลข ที่เด็กเรียนรู้อยู่แต่เดิมแล้วเก็บไว้ในความจำระยะยาวมาผนวกกับข้อเท็จจริงใหม่ซึ่งก็คือ การคูณเลข ดังนั้นความรู้ทางคณิตศาสตร์จึงมีลำดับต่อเนื่องโดยอาศัยความจำขณะคิดเป็นตัวเชื่อมโยง ต่อมาในด้าน “กระบวนการ” กล่าวคือ ทักษะด้านความจำขณะคิดจำเป็นในการคงข้อมูลในหัวขณะที่ต้องจัดกระทำข้อมูลที่ต่อเนื่องจนกว่าจะได้คำตอบในท้ายที่สุด เช่น การคูณเลขหลายหลัก เด็กจำเป็นต้องทราบกระบวนการแล้วคงข้อมูลที่คาดว่าจะเป็นคำตอบนั้นไว้ในหัวก่อนที่จะดำเนินการบวกเลขรวมผลจนเสร็จกระบวนการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการคูณเลขในท้ายที่สุด

ทักษะด้านการยับยั้งจำเป็นสำหรับเด็กเล็กเพื่อยับยั้งความคิดที่จะดึงวิธีหรือกลยุทธ์ที่ไม่สมวัยหรือไม่ค่อยมีประสิทธิภาพมาใช้ เมื่อเด็กต้องเรียนรู้ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การนับมือหรือค่อยๆ บวกทีละตัว แทนที่จะใช้วิธีการบวกหรือการคูณที่มีประสิทธิภาพมากกว่าในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้การยับยั้งยังจำเป็นเพื่อยับยั้ง “กระบวนการ” หรือ “แนวคิด” วิธีคิดที่ไม่น่าจะเกี่ยวข้อง ซึ่งอาจนำมาซึ่งคำตอบที่ไม่ถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น หากเด็กถูกถามว่า 3 คูณ 3 เท่ากับเท่าใด เด็กต้องยับยั้งวิธีคิดหรือคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้คำตอบเท่ากับ 9 ไม่ใช่ 6 โดยเฉพาะหลังจากเพิ่งเรียนรู้เรื่องการบวกเลขมา นอกจากนี้ หากพิจารณาจากตัวอย่างที่กล่าวถึงการยับยั้ง จะเห็นได้ว่าเด็กจำเป็นต้องอาศัยทักษะด้านการสลับเปลี่ยนความใส่ใจ เพื่อหา “กระบวนการ” ที่เหมาะสมหรือมีประสิทธิภาพกว่าเดิมเมื่อต้องแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน เช่นกันเดียวกับด้าน “แนวคิด” ที่ทักษะด้านการสลับเปลี่ยนความใส่ใจผนวกกับทักษะด้านยับยั้งส่งเสริมให้เด็กสามารถเรียนรู้ “แนวคิด” ใหม่ได้ (Cragg & Gilmore, 2014) และสุดท้ายเมื่อพิจารณาในภาพรวมจะเห็นว่าส่วนการบริหารจัดการสมองเป็นทักษะที่สำคัญในการตั้งต้น บริหารจัดการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในท้ายที่สุด โดยอาศัยกลไกทักษะย่อยทั้ง 3 ด้านในการเรียนรู้ ข้อเท็จจริง กระบวนการ และแนวคิดด้านคณิตศาสตร์ ดัง**แผนภาพที่ 2.3**



แผนภาพที่ 2.3 ส่วนบริหารจัดการสมองและทักษะทางคณิตศาสตร์ (ภาพประกอบดัดแปลงจากบทความวิจัย เรื่อง “Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency” โดย Lucy Cragg & Camilla Gilmore ปี 2014 จากวารสาร Trends in Neuroscience and Education เล่มที่ 3 ฉบับที่ 2 หน้าที่ 63-68 เป็นภาพปลอดลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไข CC BY 4.0)

ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าความบกพร่องที่เกิดจากส่วนบริหารจัดการสมอง อาจส่งผลต่อความสามารถทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในเด็ก ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยหลายชิ้นที่พบว่าเด็กที่มีความบกพร่องด้านความจำขณะคิดซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของส่วนบริหารจัดการสมองส่งผลต่อผลการเรียนในระยะยาวอย่างชัดเจนโดยเฉพาะในวิชาคณิตศาสตร์ เช่นเดียวกับความบกพร่องด้านการยับยั้งและการสลับเปลี่ยนความใส่ใจที่พบว่าทำให้เด็กเพิ่มโอกาสเสี่ยงที่จะมีปัญหาด้านการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เช่นเดียวกัน (Morgan et al., 2019; Ribner, Willoughby, Blair, & Family Life Project Key, 2017) โดยเด็กที่มีส่วนบริหารจัดการสมองที่ดีตั้งแต่เยาว์วัย (Early EF) เด็กเหล่านี้จะมีปัจจัยเสริมทำให้เขาสามารถเรียนคณิตศาสตร์ได้ทันกลุ่มเพื่อนที่เรียนได้ดีกว่า (Abreu-Mendoza, Chamorro, Garcia-Barrera, & Matute, 2018)

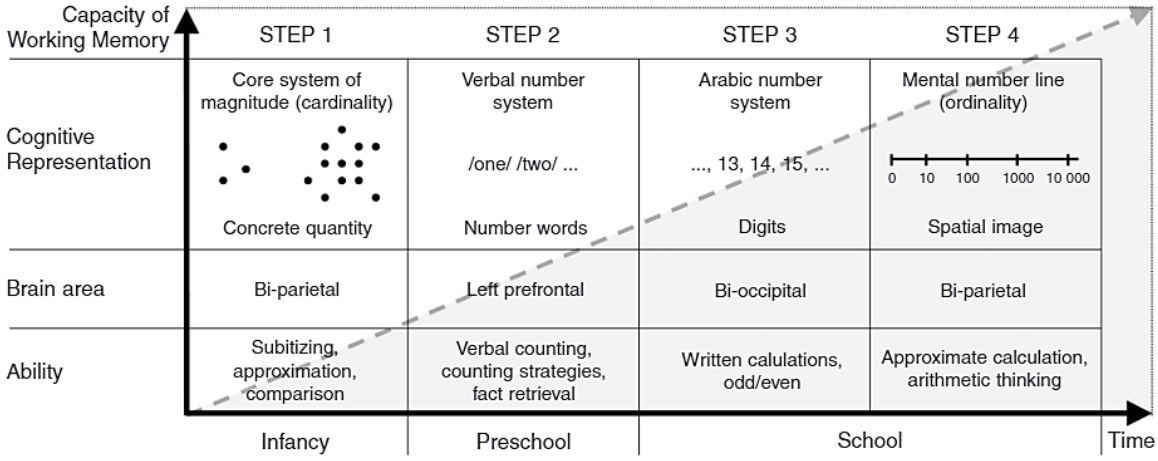
เมื่อพิจารณาจากแนวคิดทฤษฎีเหล่านี้ ทักษะทางตัวเลขหรือคณิตศาสตร์ของเด็กที่มีความเสี่ยงภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ยังคงปกติ แต่ปัญหาเกิดจากการเข้าถึง หรือการประมวลผลอย่างถูกต้องไม่สามารถทำได้ เพราะกระบวนการที่ควบคุมทักษะอยู่ (over-arching processes) มีปัญหา ข้อเสนอของทฤษฎีนี้ไม่ขัดแย้งกับทฤษฎีอื่นๆ มีเพียงประเด็นเรื่องสาเหตุของความบกพร่องในระดับต้นตอเท่านั้นที่มองต่างมุม การที่ตัวทฤษฎีจะสอดคล้องกับความเป็นจริงหรือถูกต้องตามหลักการ ความบกพร่องที่สังเกตุได้ภายนอกต่างๆ ต้องไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้บุคคลเกิดความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ เช่นเดียวกับ

สาเหตุของความบกพร่องต้องไม่ใช่อาการที่เกิดขึ้นร่วมกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ภาวะเสียการอ่านรู้ความ (Dyslexia) หรือ ความวิตกกังวลต่อการเรียนคณิตศาสตร์ (Mathematical anxiety)

กล่าวโดยสรุป ถึงแม้ในต่างประเทศจะเริ่มศึกษาภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์จากหลายแนวคิด แต่อาจกล่าวได้ว่าเป็นเพียงแค่ระดับเริ่มต้นซึ่งยังเต็มไปด้วยข้อถกเถียงถึงสาเหตุที่แท้จริง งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาในระดับความแตกต่างระหว่างเด็กปกติและเด็กเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยมีกรอบแนวคิดที่มุ่งวิเคราะห์ทั้งระดับความบกพร่องแกนด้านจำนวนโดยตรง และระดับความบกพร่องทั่วไป ซึ่งการนำโมเดลทั้งสองมาร่วมกันอธิบายความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่างพบว่าทั้งสองโมเดลสามารถทำนายความสามารถหรือความบกพร่องทางคณิตศาสตร์และการอ่านได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Abreu-Mendoza et al., 2018; Chu, vanMarle, & Geary, 2016) สอดคล้องกับแนวคิดของ Von Aster and Shalev (2007) ซึ่งนำเสนอโมเดลเชิงบูรณาการระหว่างพัฒนาการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับจำนวนของเด็กตั้งแต่ทารกจนถึงเริ่มเรียนคณิตศาสตร์ในโรงเรียน โดยให้ความสำคัญทั้งระบบตัวเลขโดยตรงและระบบสนับสนุน (โดยเฉพาะความจำขณะคิด ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของส่วนบริหารจัดการสมอง) รวมถึงพื้นที่สมองที่เกี่ยวข้อง เรียกโมเดลนี้ว่า “โมเดลพัฒนาการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข 4 ขั้น (Four-step-developmental model of numerical cognition)”

ซึ่งเมื่อกล่าวในรายละเอียด พัฒนาการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขนี้มีประโยชน์ในการทำนายความผิดปกติทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ได้ โดยที่ในขั้นตอนที่หนึ่ง (Step 1) ถือเป็นขั้นแรกสุดของพัฒนาการสะท้อนถึงความสามารถของระบบตัวเลขโดยตรงที่เรามีติดตัวมาแต่กำเนิดร่วมกับสัตว์หรือแมลงชนิดต่างๆ ความสามารถนี้ทำให้เราทราบถึงความแตกต่างของจำนวนวัตถุที่ปรากฏ จำนวนเหตุการณ์ หรือแม้แต่จำนวนเสียงที่ได้ยินว่าจำนวนหรือกลุ่มใดมีมากน้อยกว่ากันในเชิงเปรียบเทียบอย่างคร่าวๆ ถือเป็นช่วงพัฒนาความเข้าใจพื้นฐานทางจำนวน โดยพื้นที่สมองที่เกี่ยวข้องได้แก่สมองกลีบหลังทั้งสองซีก (Bi-parietal) พัฒนาการทางปัญญาฯ ขั้นต่อมา คือ ขั้นตอนที่สอง (Step 2) ถือเป็นขั้นต่อเนื่องจากพัฒนาการขั้นแรกซึ่งเด็กต้องเรียนรู้การเชื่อมโยงระหว่างจำนวนวัตถุหรือจำนวนกับภาษาพูดและเขียน รวมถึงสัญลักษณ์เลขอารบิกในขั้นตอนที่สาม (Step 3) พัฒนาการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขที่ชัดเจนของขั้นตอนที่สองและสาม ได้แก่ ความสามารถในการนับเลข เข้าใจวิธีการนับเลขแบบต่างๆ และจดจำลำดับได้ ก่อนที่จะสามารถเขียนแสดงการคำนวณเบื้องต้น และเข้าใจเลขคู่เลขคี่ ซึ่งพัฒนาการทางปัญญาฯ ทั้งสองขั้นนี้ต้องอาศัยการทำงานของพื้นที่สมองกลีบหน้าฝั่งซ้ายและกลีบท้ายทอยทั้งสองซีก และสุดท้ายเมื่อพัฒนาการทางปัญญาฯ ขั้นตอนที่สองและสามเป็นไปได้ด้วยดี เด็กจะพัฒนาไปสู่ขั้นตอนที่สี่ (Step 4) ถือเป็นขั้นที่เด็กมีความพร้อมในด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และเด็กจะมีความเข้าใจเรื่องความมากมายของตัวเลขเป็นลำดับ (Ordinality) โดยสมองกลีบหลังทั้งสองซีกจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับพัฒนาการทางปัญญาฯ ขั้นที่สี่นี้ และประเด็นสำคัญ คือ พัฒนาการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขนี้จะสัมพันธ์กับพัฒนาการของสมรรถนะของความจำขณะคิด กล่าวคือ ยิ่งเด็กมีพัฒนาการทางปัญญาฯ สูงขึ้น เด็กจำเป็นต้องอาศัยความจำขณะคิดมากขึ้นไปด้วย (แถบสีเทาใต้เส้น) ดัง

แผนภาพที่ 2.4 ซึ่งหากมีความผิดปกติในขั้นตอนใดของพัฒนาการทางปัญญาฯ ย่อมส่งผลต่อความสามารถทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ของเด็ก



แผนภาพที่ 2.4 โมเดลพัฒนาการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข 4 ขั้น (Four-step-developmental model of numerical cognition) (ภาพประกอบมาจากบทความปริทัศน์เรื่อง “Number development and developmental dyscalculia” โดย Michael G. Von Aster & Ruth S. Shalev ปี 2007 จากวารสาร Developmetnal Medicine & Child Neurology ซึ่งผู้เขียนได้รับอนุญาตให้ใช้ภาพอย่างถูกกฎหมายจากสำนักพิมพ์ John Wiley and Sons หมายเลขใบอนุญาต 4615111135765)

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยบางชิ้นพบว่าระบบตัวเลขโดยตรงและมิติสัมพันธ์เท่านั้นที่สัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ แต่กลับไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างส่วนบริหารจัดการสมองและความสามารถทางคณิตศาสตร์แต่อย่างใด (Hawes, Moss, Caswell, Seo, & Ansari, 2019) ดังนั้นงานวิจัยนี้จะใช้ทั้งสองโมเดลทางปัญญาเป็นกรอบในการออกแบบแบบคัดกรองในกลุ่มเด็กระดับอนุบาลและประถมศึกษาตอนต้นที่มีเสี่ยงภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ต่อไป โดยนอกจากจะได้แบบคัดกรองฯ ที่สร้างขึ้นจากทฤษฎีแล้ว ยังจะได้ข้อค้นพบที่อาจเป็นประโยชน์ต่อวงการวิชาการที่เกี่ยวข้องที่ต่างมุ่งทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทางปัญญาที่สัมพันธ์กับความบกพร่องหรือความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์

2.2 แบบคัดกรองภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในไทยและต่างประเทศ

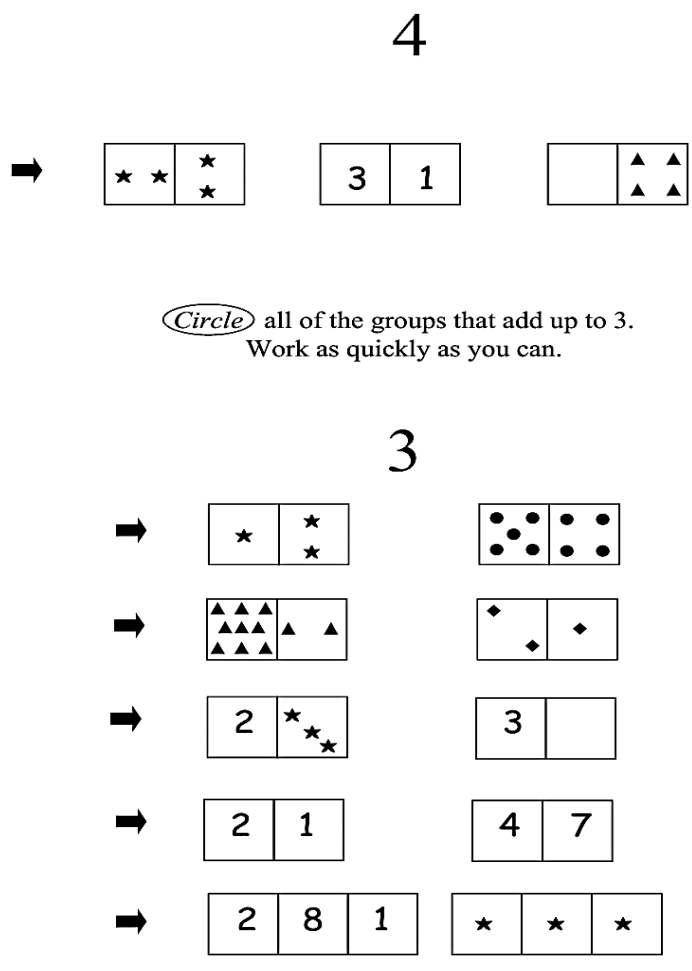
งานวิจัยในปัจจุบันพบถึงความเป็นไปได้ว่ามนุษย์มีแนวโน้มที่จะเข้าใจหลักการพื้นฐานทางตัวเลขและการคำนวณตั้งแต่เป็นทารกอายุเพียง 6 เดือน (Starr et al., 2013) ความสามารถนี้สะท้อนถึงระบบตัวเลขโดยตรงด้านจำนวนที่เริ่มพัฒนาตั้งแต่ช่วงต้นของชีวิต อย่างไรก็ตามการคัดกรองกลุ่มเสี่ยงที่จะมีภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์มักตรวจพบเมื่อเด็กอยู่ในวัยเรียนแล้ว กล่าวคือ เมื่อเด็กที่มีความบกพร่องเรียนวิชาคณิตศาสตร์แต่กลับได้คะแนนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของเพื่อนในชั้นเรียนหลายระดับ ซึ่งปัญหานี้สะท้อนถึงลักษณะแบบคัดกรองที่อาศัยการสังเกตุพฤติกรรม หรือผลการเรียนของเด็กนักเรียนเป็นหลัก ยกตัวอย่างเช่น แบบคัดกรองบุคคลที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการคำนวณของกระทรวงศึกษาธิการ แบบคัดกรองนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยมีครูผู้สอน หรือครูประจำชั้นอย่างน้อย 2 คนเป็นคนประเมิน

รายละเอียดข้อคำถามเฉพาะด้านการคำนวณ ได้แก่ *นับเลขเรียงลำดับ นับเพิ่ม นับลดไม่ได้ / ยากลำบากในการบวก, ลบ จำนวนจริง / ยากลำบากในการใช้เทคนิคการนับจำนวนเพิ่มทีละ 2, 5, 10, 100 / ยากลำบากในการประมาณจำนวนค่า / ยากลำบากในการเปรียบเทียบ มากกว่า น้อยกว่า / แก้โจทย์ปัญหาง่ายๆ ไม่ได้ / สับสนไม่เข้าใจเรื่องเวลา ทิศทาง / บอกความหมาย หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ได้ / เขียนตัวเลขกลับ เช่น 5 ร หรือ 6 9 เป็นต้น โดยหากผู้ประเมินตอบว่าใช่ 6 ข้อขึ้นไป ถือว่าเด็กอาจมีแนวโน้มที่จะเป็นบุคคลที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคำนวณ*

นอกจากแบบคัดกรองของกระทรวงศึกษาธิการแล้ว ดารณี และคณะ (2006) ได้พัฒนาแบบคัดกรองนักเรียนที่มีภาวะสมาธิสั้น บกพร่องทางการเรียนรู้ และออทิซึม (KUS-SI Rating Scale: ADHD/LD/Autism - PDDs) โดยลักษณะเป็นแบบประเมินพฤติกรรมโดยครูผู้สอนรายวิชาด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ ใช้สำหรับคัดกรองนักเรียนที่มีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (LD-Mathematics Disorder) ซึ่งพฤติกรรมเป้าหมายที่ถูกสังเกตุ ได้แก่ *ไม่รู้ค่าของตัวเลขในหลักต่างๆ ของจำนวน / คิดเลขช้า / กระสับกระส่าย หงุดหงิด ไม่มั่นใจ หรือเครียดขณะทำเลข / ตีโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่ออก / สับสน ไม่เข้าใจเรื่องการยืม การทด / คิดเลขตกๆ หล่นๆ / คิดเลขในใจง่ายๆ ไม่ได้ / บวกลบจำนวนโดยเริ่มคิดคำนวณจากตัวเลขในหลักทางซ้ายไปขวา / ไม่เข้าใจเรื่องเวลา ดูนาฬิกาไม่เป็น / สะเพร่าในการคิดคำนวณ หรือการทำแบบฝึกหัด / สับสน ไม่เข้าใจสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น >,<,=,≠ / จำสูตรคูณไม่ได้ / เขียนตัวเลขในจำนวนกลับกัน เช่น 69 เป็น 96 / ไม่เข้าใจหลักการทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ หรือ คูณ หาร และสูตรต่างๆ / เรียงลำดับจำนวนจากน้อยไปมากหรือจากมากไปน้อยไม่ได้ / ไม่เข้าใจวิธีการชั่ง ตวง วัด / ไม่สามารถนำสูตรคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้ / ไม่สามารถประมาณคำตอบได้ / ตรวจสอบคำตอบไม่เป็น / ความสามารถในการคิดคำนวณต่ำกว่าเกณฑ์ชั้นเรียนมาก*

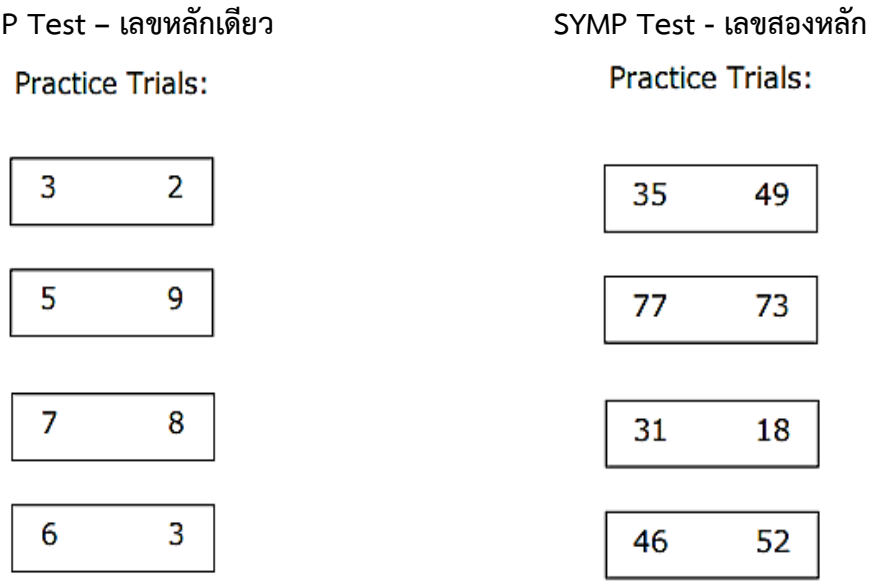
เมื่อทบทวนงานวิจัยในต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบคัดกรองเพื่อใช้ประเมินความเสี่ยงของผู้ที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ พบว่าแบบคัดกรองที่ถูกพัฒนาขึ้นมุ่งเน้นวัดที่กระบวนการทางปัญญาสะท้อนความบกพร่องแกนด้านจำนวนหรือระบบตัวเลขโดยตรง (รายละเอียดพิจารณาจากหัวข้อ 2.1.4.1) โดยให้เด็กเป็นผู้ตอบแบบคัดกรองวัตถุประสงค์เพื่อวัดความบกพร่องด้านจำนวนตัวเลขโดยตรง

ยกตัวอย่างเช่น The Number Sets Test (NST) (Geary et al., 2009) เป็นแบบคัดกรองเพื่อประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในเด็กประถมศึกษา โดยออกแบบให้ใช้เขียนตอบ (Paper-and-Pencil) เด็กสามารถทำแบบคัดกรองนี้เป็นกลุ่มได้ สามารถประเมินความบกพร่องได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำ กล่าวคือ สามารถจำแนกเด็กที่มีความบกพร่องได้ถูกต้องสัดส่วน 2 คนจากทั้งหมด 3 คน และจำแนกเด็กที่ไม่มีความบกพร่องได้ถูกต้องสัดส่วน 9 คนจากทั้งหมด 10 คน นอกจากนี้ความไวของแบบคัดกรอง (Sensitivity measure) ยังสัมพันธ์กับการประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับชั้นอนุบาล (r = 0.58, p<0.01) ประถมศึกษาปีที่ 1 (r = 0.50, p<0.01) 2 (r = 0.50, p<0.01) และ 3 (r = 0.49, p<0.01) ตามลำดับ ตัวแบบคัดกรองประกอบด้วยตัวเลขอารบิก รูปทรงประเภทต่างๆ หลายจำนวน โดยเด็กที่สามารถตอบแบบคัดกรองได้ถูกต้อง ต้องสามารถเข้าใจหลักการเบื้องต้นด้านจำนวน ตัวอย่างแบบคัดกรองดัง**แผนภาพที่ 2.5**



แผนภาพที่ 2.5 ตัวอย่างข้อคำถามของแบบคัดกรองเพื่อประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ “The Number Sets Test (NST)”

เช่นเดียวกับแบบคัดกรอง SYmbolic Magnitude Processing (SYMP Test) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Brankaer et al. (2016) แบบคัดกรอง SYMP Test นี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินเด็กชั้นประถมศึกษากลุ่มเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่มีความรวดเร็ว และแม่นยำ แบบคัดกรองมีลักษณะเป็นแบบเขียนตอบ สามารถคัดกรองพร้อมกันเป็นกลุ่มใหญ่ (Large-scale research) ลักษณะของแบบคัดกรองประกอบด้วยตัวเลขอารบิกสองจำนวนเทียบกัน ผู้ตอบจำเป็นต้องตอบว่าจำนวนด้านซ้ายหรือขวามีค่ามากกว่ากันให้เร็วที่สุด (ตัวอย่างแบบคัดกรอง SYMP Test ดัง**แผนภาพที่ 2.6**) ผลการวิจัยในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่กว่า 1,600 คน ครอบคลุมเด็กนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา 1 ถึง 6 พบว่า แบบคัดกรองมีค่าความเที่ยงชนิดทดสอบซ้ำ (Test-retest) ในระดับที่ยอมรับได้ทั้งชุดเลขหลักเดียว (r = 0.71) และเลขสองหลัก (r = 0.74) ตามลำดับ



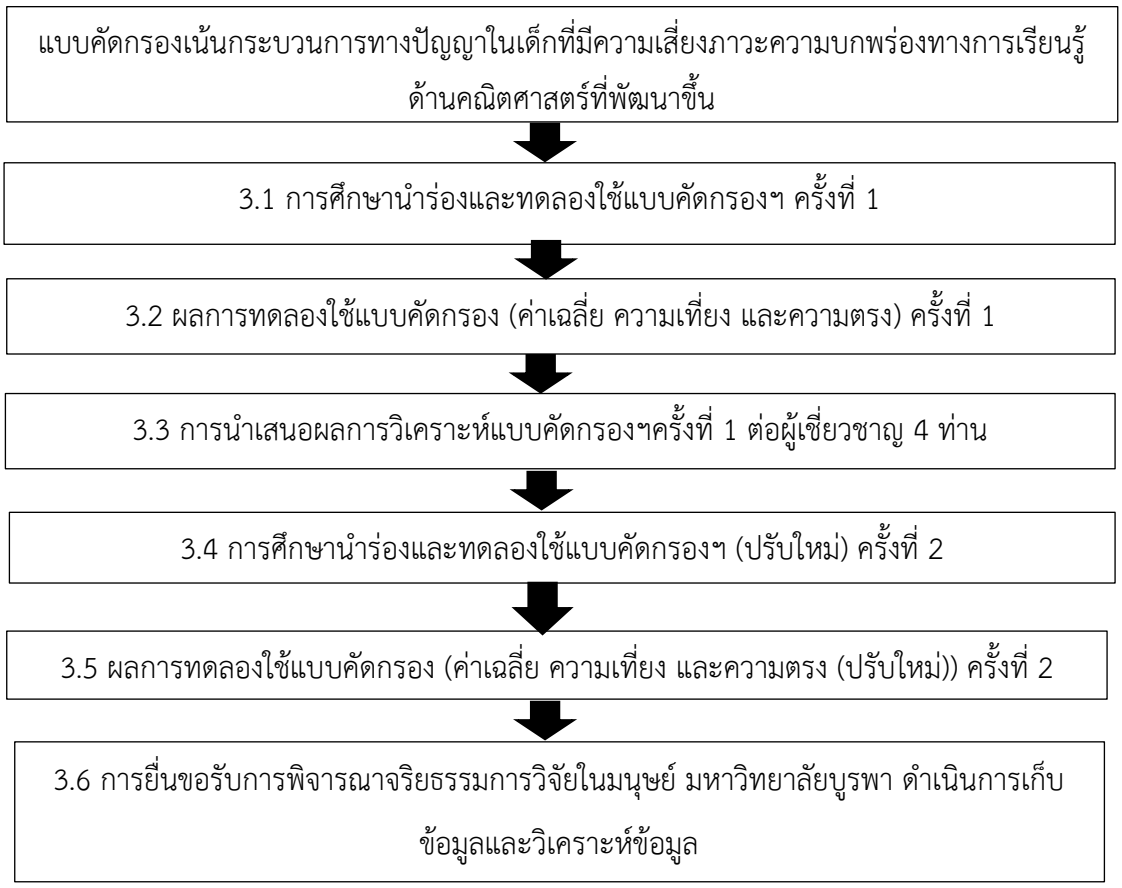
แผนภาพที่ 2.6 ตัวอย่างข้อคำถามของแบบคัดกรองเพื่อประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ “SYmbolic Magnitude Processing (SYMP Test)”

กล่าวโดยสรุปสำหรับประเด็นเรื่องข้อจำกัดของแบบคัดกรองภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในปัจจุบัน คือ ความไม่ชัดเจนในเชิงทฤษฎีว่าสาเหตุความบกพร่องของเด็กเกิดจากปัจจัยใด เช่น เกิดจากระบบแกนที่เกี่ยวข้องกับภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (PIS, ANS, ENS, ด้านการแทนจำนวนเป็นคำพูดด้านการแทนจำนวนเป็นตัวเลข และด้านการแทนความมากน้อยเชิงเทียบ) หรือระบบช่วยเหลือสนับสนุนทั่วไปที่ทำให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ขึ้นกันแน่ หรือเกิดจากความบกพร่องของทั้งสองระบบพร้อมกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ กล่าวคือ ระยะแรก คือ ระยะพัฒนาและศึกษานำร่องแบบคัดกรอง และระยะสอง คือ การนำข้อมูลจากการศึกษาในระยะแรกมาพัฒนา

แบบคัดกรองฯ เน้นกระบวนการทางปัญญาที่มีความสะดวกในการใช้ สามารถประเมินกลุ่มเสี่ยงฯ ได้อย่างรวดเร็ว และมีความแม่นยำ (ความไวและความจำเพาะ) ในระดับที่ยอมรับได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยการศึกษา 2 ช่วงหลัก ได้แก่ ช่วงที่หนึ่ง จะเกี่ยวข้องกับการศึกษาองค์ความรู้เกี่ยวกับความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นอนุบาลและระดับประถมศึกษาตอนต้น แล้วนำมาแนวคิดทฤษฎีที่ได้มาสร้างเป็นกรอบแนวคิดแล้วพัฒนาแบบคัดกรองฯ และทดสอบนำร่องครั้งที่ 1 ก่อนที่จะนำเสนอผลการทดสอบนำร่องแก่ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่าน แล้วทดสอบนำร่องเครื่องมือครั้งที่ 2 หลังจากนั้นจึงนำแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นพร้อมผลการทดสอบนำร่องทั้ง 2 ครั้งเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับช่วงที่สอง หลังจากโครงการวิจัยได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยบูรพาเป็นที่เรียบร้อย ผู้วิจัยนำแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบความสัมพันธ์กับแบบคัดกรองฯ มาตรฐานในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (500 คน) ทดสอบความตรงและความเที่ยง และเปรียบเทียบคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนที่ได้จากแต่ละด้าน (ระบบ) ของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น ระหว่างนักเรียนชั้นอนุบาลและประถมศึกษาตอนต้น ระหว่างนักเรียนชั้นอนุบาลที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับนักเรียนชั้นอนุบาลปกติ และระหว่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้นที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปกติ พิจารณาลำดับหัวข้อของการพัฒนาแบบคัดกรองฯ ช่วงที่ 1 ตาม**แผนภาพที่ 3.1**



แผนภาพที่ 3.1 การพัฒนาแบบคัดกรองฯ และทดสอบนำร่องเครื่องมือช่วงที่ 1

ช่วงที่หนึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบนำร่องและทดลองใช้แบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ การทดสอบนำร่องและทดลองใช้แบบคัดกรองฯ ครั้งที่หนึ่งกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 2 และ 3 ณ โรงเรียนบ้านประตง จังหวัดจันทบุรี (ขั้นตอนที่หนึ่ง) วิเคราะห์ผลการทดลองใช้แบบคัดกรอง (ขั้นตอนที่สอง) แล้วนำผลการวิเคราะห์ที่ได้นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ (ขั้นตอนที่สาม) เพื่อนำข้อเสนอแนะที่ได้มาปรับปรุงแบบคัดกรองฯ หลังจากปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้วจึงนำแบบคัดกรองฯ ที่ปรับปรุงแล้วไปทดสอบครั้งที่ 2 (ขั้นตอนที่สี่) กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 โรงเรียนบ้านหนองเสือช้าง จังหวัดชลบุรี ต่อมาจึงนำผลการวิเคราะห์จากการทดสอบนำร่องและทดลองใช้แบบคัดกรองครั้งที่สองมาปรับปรุงอีกครั้ง (ขั้นตอนที่ห้า) ก่อนที่นำแบบคัดกรองฯ พร้อมกับข้อมูลประกอบเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (ขั้นตอนที่หก) เพื่อเก็บข้อมูลจริงกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นอนุบาลและประถมศึกษาในจังหวัดชลบุรีในท้ายที่สุด สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลของช่วงที่ 1 สถิติพื้นฐานที่ใช้ได้แก่ จำนวน ร้อยละ คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS version 24 และสถิติวิเคราะห์ที่ใช้ ได้แก่ Pearson’s correlation coefficients เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นกับแบบคัดกรองความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์มาตรฐาน

ช่วงที่สองทดสอบค่าการวัดทางจิตวิทยา (Psychometric properties) ของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น และเปรียบเทียบคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นระหว่างกลุ่มต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว การศึกษาช่วงที่สองเป็นการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 500 คนจากโรงเรียนทั้งหมด 10 โรงเรียน สำรอง 2 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนวอนนภาศัพท์ โรงเรียนบ้านสันติคาม โรงเรียนบ้านหนองเขิน โรงเรียนวัดหนองบอนแดง โรงเรียนบ้านคลองตะเคียน โรงเรียนแสนสุขศึกษา โรงเรียนบ้านเขาดิน โรงเรียนวัดผาสุการาม โรงเรียนบ้านเกาะโพธิ์ โรงเรียนอนุบาล 3 (อุ่นอุปถัมภ์) โรงเรียนนาป่ามโนรถ (สำรอง) และโรงเรียนอนุบาลวัดอู่ตะเภา (สำรอง) โดยมีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) การวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งทีมเก็บรวบรวมข้อมูล เป็น 5 ทีม ตามกลุ่มโรงเรียน กลุ่มละ 2 คน รวมจำนวนผู้เก็บรวมรวมข้อมูล 10 คน ซึ่งแต่ละทีม จะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทีมละ 2 โรงเรียน แต่ละทีมใช้เวลาในการเก็บรวมรวมข้อมูลทั้งหมด 10 วัน ตาม สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐานจะนำเสนอในหัวข้อที่ 3.6

3.1 การทดสอบนำร่องและทดลองใช้แบบคัดกรองฯ ครั้งที่ 1

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษานำร่องและทดลองใช้แบบคัดกรองฯ ครั้งที่ 1 กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 2 และ 3 จำนวน 62 คน ณ โรงเรียนบ้านประตง จังหวัดจันทบุรี โดยมีเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกดังต่อไปนี้

(1) อายุ: 7 ถึง 9 ขวบ

(2) เพศ: ทั้งสองเพศ

(3) สุขภาพ: สุขภาพแข็งแรง

<u>เกณฑ์คัดเข้า</u>

(1) ได้รับการยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยจากบิดามารดา/ผู้ปกครอง/ผู้อนุบาล

(2) เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 2 และ 3 อายุระหว่าง 7 ถึง 9 ขวบ ณ วันที่ตกลงเข้าร่วมโครงการวิจัย

(3) ไม่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ได้แก่ โรคระบบกล้ามเนื้อที่กระทบต่อการเคลื่อนไหวของมือประเภทต่างๆ

(4) ไม่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น ได้แก่ โรคตาบอดสี

(5) ไม่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการได้ยิน ได้แก่ หูหนวก (ประเมินจากแบบคัดกรองของสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน)

(6) เป็นนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาอยู่ในระดับปกติ (ประเมินจากแบบคัดกรองของสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน)

<u>เกณฑ์คัดออก</u>

(1) ไม่ได้รับการยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยจากบิดามารดา/ผู้ปกครอง/ผู้อนุบาล

(2) เป็นนักเรียนที่มีโรคประจำตัว ได้แก่ โรคระบบกล้ามเนื้อที่กระทบต่อการเคลื่อนไหวของมือ โรคตาบอดสี และโรคหูหนวก

ส่วนรายละเอียดของกลุ่มตัวอย่าง แบบคัดกรองฯ ที่ใช้ มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

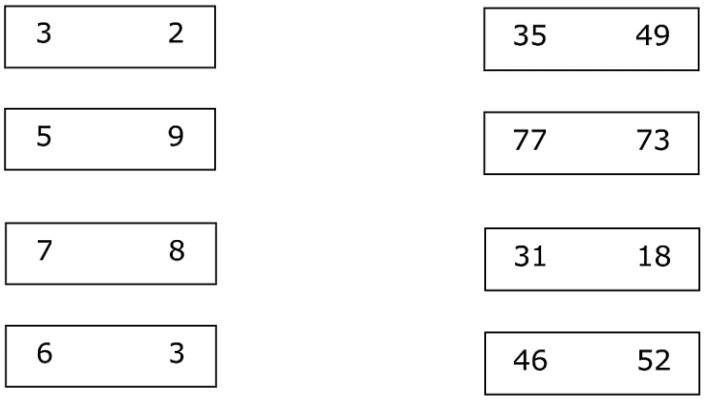
3.1.1. ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง (ครั้งที่ 1)

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 2 และ 3 โรงเรียนบ้านประตง (ศูนย์อนุบาลอำเภอสอยดาว) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี เขต 2 จำนวน 20 20 และ 22 คน ตามลำดับ โดยแบ่งเป็นเพศชายและหญิงจำนวน 31 เท่ากัน ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้แบบคัดกรองฯ มีจำนวนทั้งหมด 62 คน

3.1.2 แบบคัดกรองฯ ที่ใช้ (ครั้งที่ 1)

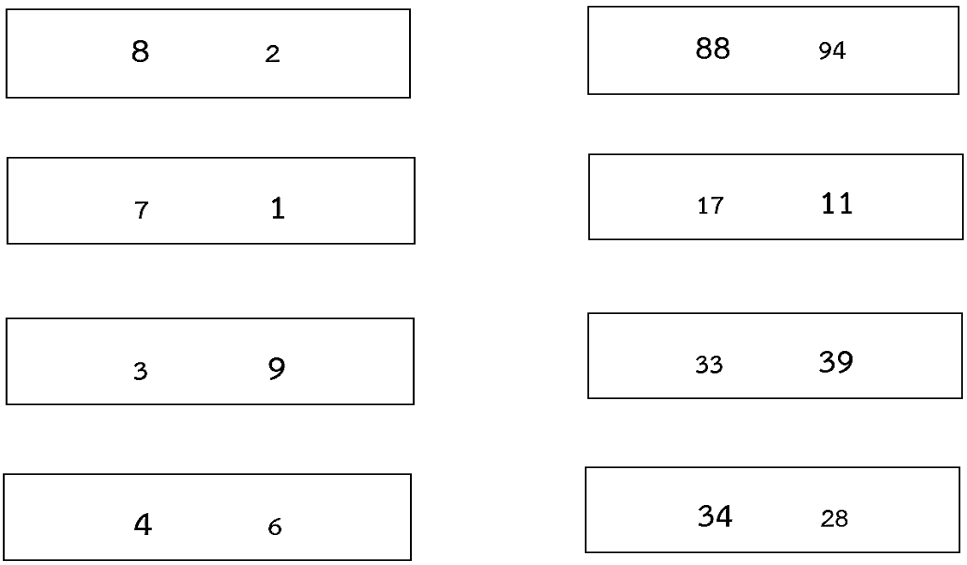
3.1.2.1 แบบคัดกรองที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก เป็นแบบกระดาษและดินสอ (Paper-and-pencil test) โดยแบ่งออกเป็น 3 กิจกรรมหรือเกมย่อย ได้แก่ (1) แบบทดสอบ (เกม) ที่ 1 เปรียบเทียบขนาดตัวเลข นำมาจากแบบทดสอบ SYmbolic Magnitude Processing (SYMP Test) (Brankaer,

Ghesquière, & De Smedt, 2017) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งหมด 120 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขหลักเดียว จำนวน 60 ข้อ และตอนที่ 2 เปรียบเทียบตัวเลขสองหลัก จำนวน 60 ข้อ พิจารณาตัวอย่างข้อคำถามได้จาก**แผนภาพที่ 3.2**



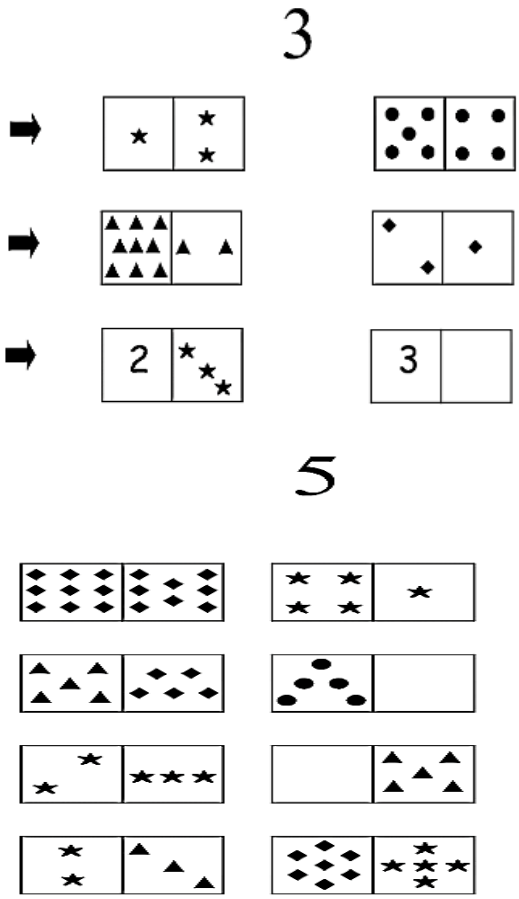
แผนภาพที่ 3.2 ข้อคำถามจากเกมเปรียบเทียบตัวเลขหลักเดียว (ซ้าย) และสองหลัก (ขวา)

3.1.2.2 แบบคัดกรองฯ ที่ 2 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Numerical Stroop task) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งหมด 60 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลขหลักเดียว จำนวน 30 ข้อ (แบ่งออกเป็นระยะห่างระหว่างตัวเลข 2 ค่า 4 ค่า และ 6 ค่า อย่างละ 10 ข้อ) และตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลขสองหลัก จำนวน 30 ข้อ (แบ่งออกเป็นระยะห่างระหว่างตัวเลข 2 ค่า 4 ค่า และ 6 ค่า อย่างละ 10 ข้อ) พิจารณาตัวอย่างข้อคำถามได้จาก**แผนภาพที่ 3.3**

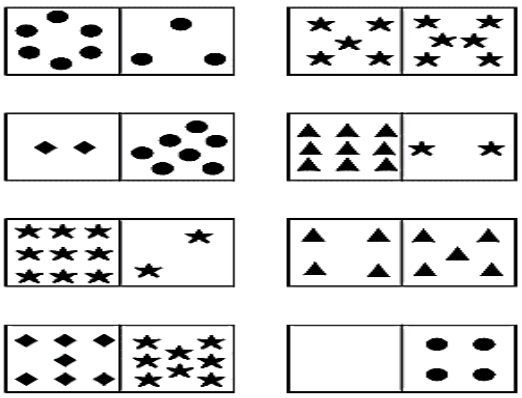


แผนภาพที่ 3.3 ข้อคำถามจากเกมเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลขหลักเดียว (ซ้าย) และสองหลัก (ขวา)

3.1.2.3 แบบคัดกรองฯ ที่ 3 ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข) (Symbolic and non-symbolic) นำมาจากแบบคัดกรองชุดตัวเลข หรือ Number sets test (Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, & Numtee, 2007) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งหมด 37 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 ชุดตัวเลข “3” จำนวน 5 ข้อ ตอนที่ 2 ชุดตัวเลข “5” จำนวน 16 ข้อ และตอนที่ 3 ชุดตัวเลข “9” จำนวน 16 ข้อ พิจารณาตัวอย่างข้อคำถามได้จาก**แผนภาพที่ 3.4**



9



แผนภาพที่ 3.4 ข้อคำถามจากแบบคัดกรองฯ ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข) ชุดตัวเลข “3” (ซ้าย) “5” (กลาง) และ “9” (ขวา)

3.2 ผลการทดลองใช้แบบคัดกรอง (ค่าเฉลี่ย ความเที่ยง และความตรง) ครั้งที่ 1

ข้อมูลจาก**ตารางที่ 3.1** และ **3.2** แสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาโดยรวมหรือทั้งฉบับแล้ว แบบคัดกรองฯ ทั้งสามมีค่าความเที่ยงอยู่ในระดับสูงจนถึงสูงมาก ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในรายละเอียดของแบบคัดกรองฯ ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์รายด้าน พบว่ามีค่าความเที่ยงอยู่ในระดับตั้งแต่ค่อนข้างต่ำจนถึงปานกลาง ดังนั้นเมื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างควรวิเคราะห์ในภาพรวมมากกว่าวิเคราะห์เป็นรายด้าน

สำหรับผลการวิเคราห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (แบบคัดกรองฯ ที่ 1) แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (แบบคัดกรองฯ ที่ 2) กับแบบคัดกรองผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข)(แบบคัดกรองฯ ที่ 3) พบว่า ทั้งแบบคัดกรองฯ ที่ 1 และ 2 ต่างสัมพันธ์กับแบบคัดกรองฯ ที่ 3 ทางบวกระดับต่ำถึงปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อจำแนกผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์รายตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรระดับชั้น และตัวแปรเพศ พบว่า แบบคัดกรองฯ ที่ 1 และ 2 ต่างก็สัมพันธ์ทางบวกกับแบบคัดกรองฯ ที่ 3 ในระดับปานกลางจนถึงระดับค่อนข้างมากเฉพาะนักเรียนระดับชั้น ป.1 และ ป.3 ส่วนตัวแปรเพศ พบว่า แบบคัดกรองฯ ที่ 1 และ 2 ต่างสัมพันธ์ทางบวกกับแบบคัดกรองฯ ที่ 3 ในระดับปานกลางจนถึงระดับมากโดยเฉพาะในเพศหญิง

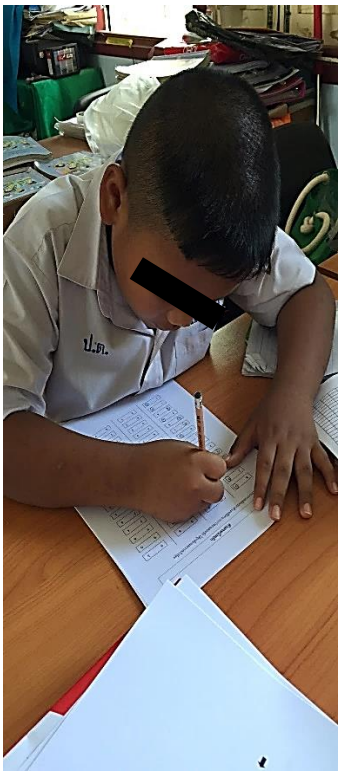
ตารางที่ 3.1 ค่าความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย จากการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือครั้งที่ 1 (n = 62)

แบบคัดกรอง	จำนวนข้อ	ค่าความเที่ยง (α)	การตีความ
1) แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก ทั้งฉบับ	120	0.97	สูงมาก
1.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	60	0.96	สูงมาก
1.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขสองหลัก)	60	0.93	สูงมาก
2) แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข ทั้งฉบับ	60	0.91	สูงมาก
2.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	30	0.83	สูง
2.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขสองหลัก)	30	0.87	สูง
3) แบบคัดกรองผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข)ทั้งฉบับ	37	0.84	สูง
3.1 แบบคัดกรองผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข)รายด้าน (จำนวนเท่ากับสาม)	5	0.60	ค่อนข้างต่ำ
3.2 แบบคัดกรองผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข)รายด้าน (จำนวนเท่ากับห้า)	16	0.78	ปานกลาง
3.3 แบบคัดกรองผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข)รายด้าน (จำนวนเท่ากับเก้า)	16	0.65	ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบคัดกรองต่างๆ กับคะแนนจากแบบคัดกรองผลรวมตัวเลขและสัญลักษณ์ จากการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือครั้งที่ 1

ตัวแปร	*r*
1) แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก ทั้งฉบับ	0.43**
1.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	0.33**
1.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.50**
2) แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข ทั้งฉบับ	0.46**
2.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	0.35**
2.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.45**
จำแนกตามระดับชั้น	
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 (n=20)	
1) แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก ทั้งฉบับ	0.56**
1.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	0.50**
1.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.61**
2) แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข ทั้งฉบับ	0.66**
2.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	0.51*
2.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.64**
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 (n=20)	
1) แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก ทั้งฉบับ	0.35^{ns}
1.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	0.37^{ns}
1.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.25^{ns}
2) แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข ทั้งฉบับ	0.21^{ns}
2.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	0.37^{ns}
2.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.05^{ns}
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 (n=22)	
1) แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก ทั้งฉบับ	0.36^{ns}
1.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	-0.10^{ns}
1.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.76**
2) แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข ทั้งฉบับ	0.44**
2.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	-0.01^{ns}
2.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.69**
จำแนกตามเพศ	

ตัวแปร	*r*
เพศชาย (n=31)	
1) แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก ทั้งฉบับ	0.30^{ns}
1.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	0.15^{ns}
1.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.40*
2) แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข ทั้งฉบับ	0.09^{ns}
2.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	0.02^{ns}
2.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.13^{ns}
เพศหญิง (n=31)	
1) แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก ทั้งฉบับ	0.53**
1.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	0.71**
1.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.63**
2) แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข ทั้งฉบับ	0.80**
2.1 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขหนึ่งหลัก)	0.79**
2.2 แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข รายด้าน (เลขสองหลัก)	0.77**



ภาพประกอบการทดสอบเครื่องมือวิจัยครั้งที่ 1 ณ โรงเรียนบ้านประตง จังหวัดจันทบุรี

3.3 การนำเสนอผลการวิเคราะห์แบบคัดกรองฯ ครั้งที่ 1 ต่อผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการทดลองใช้แบบคัดกรองฯ ครั้งที่ 1 และสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญในสาขา Cognitive neuroscience ด้าน Developmental Psychology และด้าน Developmental cognitive neuroscience ณ มหาวิทยาลัย University of Oxford ประเทศสหราชอาณาจักร และ ณ มหาวิทยาลัย University of Graz ประเทศออสเตรียโดยตรง ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำวิจัยเรื่อง Numerical cognition เป็นอย่างมาก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 ศาสตราจารย์ ดร. Roi Cohen Kadosh ภาควิชาจิตวิทยาการทดลอง มหาวิทยาลัย Oxford University ประเทศสหราชอาณาจักร

- แบบคัดกรองมีความเหมาะสมทั้งภาพและตัวเลข แต่ควรมีระบบการให้คะแนน และรูปแบบการตอบที่คล้ายคลึงกัน เพื่อลดความแตกต่างที่อาจเกิดจาก Platform ที่ต่างกันแทนที่จะเป็นความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ต่างกัน
- แบบคัดกรองที่พัฒนาควรทดสอบความตรงเชิงโครงสร้างร่วมกับแบบคัดกรองฯ มาตรฐาน ซึ่งที่อังกฤษใช้แบบวัด Math problem solving subscale และหรือ Numerical operations subscale ของ Weschler Individual Achievement Test เป็นหลัก
- แบบคัดกรองควรกำหนดระยะเวลาในการทำแต่ละข้อและแต่ละชุด โดยคำนึงถึงความซับซ้อนของข้อคำถามแต่ละข้อและของแต่ละชุดเป็นหลัก
- ข้อมูลที่ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับกลไกทางประสาทวิทยาศาสตร์ของเด็กที่มีความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่นำมาเสนอนี้ กอรปกับข้อมูลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารชั้นนำต่างๆ ในปัจจุบันมีความชัดเจนและเพียงพอที่จะนำไปพัฒนาแบบคัดกรองได้เลย ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทำการทดลองที่ 1 เพื่อวัดคลื่นไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างเด็กปกติและเด็กที่มีความบกพร่องทางคณิตศาสตร์อีก
- ประเด็นเรื่องกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยควรเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ยังไม่ได้เข้าเรียนในระดับประถมศึกษาด้วย เพื่อสามารถเปรียบเทียบผลของการเริ่มเรียนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาตอนต้น และยังไม่ได้เรียนคณิตศาสตร์ในระดับปฐมวัย (อนุบาล)
- เห็นควรเพิ่มกิจกรรม Mental number line ลงในแบบคัดกรองฯ เพราะเป็นกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพในการคัดแยกเด็กปกติกับเด็กที่มีความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี
- เห็นควรวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการตอบหรือการตอบผิดของกลุ่มตัวอย่างในเชิงลึกจากคะแนนที่ได้ของแต่ละกิจกรรม เพื่อให้เข้าใจธรรมชาติกระบวนคิดของเด็กที่มีความบกพร่องทางคณิตศาสตร์

3.3.2 Dr. Francesco Sella ภาควิชาจิตวิทยาการทดลอง มหาวิทยาลัย Oxford University ประเทศ สหราชอาณาจักร

- แบบคัดกรองที่พัฒนาขึ้นดูมีความเหมาะสม หากต้องออกแบบให้มีลักษณะเป็น Paper-based test ควรคำนึงถึงขนาดของภาพและตัวอักษร เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กเล็ก
- แบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น ควรมีการกำหนดเวลา โดยคำนวณจากเวลาที่ควรใช้ในแต่ละข้อ เพื่อนำมากำหนดเวลาที่ใช้โดยรวม เมื่อต้องทำแบบคัดกรองฯ นี้เป็นกลุ่ม
- แบบคัดกรองฯ มีความแตกต่างจากแบบประเมิน ดังนั้นผู้วิจัยควรออกแบบให้แบบคัดกรองมีความกระชับ สามารถเสร็จกระบวนการคัดกรองได้ภายใน 10-15 นาที โดยหากผู้ถูกคัดกรองได้คะแนนต่ำถึงค่อยนำมาทำแบบประเมินที่มีความละเอียดมากกว่า
- แบบวัดมาตรฐานที่จะใช้สำหรับการทดสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ควรเป็นแบบทดสอบที่มีการแปลและมีการพัฒนาเกณฑ์มาตรฐานเป็นที่เรียบร้อยสำหรับคนไทย เช่น แบบทดสอบ The *Wechsler Intelligence Scale for Children: WISC*-III – Third edition โดยเลือกใช้ subscale ที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถด้านคณิตศาสตร์ ‘Arithmetic subscale’
- เนื่องด้วยงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาในกลุ่มเด็กที่มีความเสี่ยงความบกพร่องด้านคณิตศาสตร์ ดังนั้นควรศึกษาในเด็กที่อายุน้อยจะมีประโยชน์ในการนำไปใช้มากกว่า ยกตัวอย่างเช่น ในกลุ่มเด็กอนุบาลเป็นต้น
- ผู้วิจัยควรมีการทดสอบความรวดเร็วของกล้ามเนื้อมัดเล็ก (Motor speed) ก่อนให้เด็กทำแบบคัดกรอง เนื่องจากบางครั้งเด็กทำคะแนนได้ไม่ดี ตอบช้า เพราะกล้ามเนื้อมัดเล็กมีปัญหา มิใช่เพราะความบกพร่องทางด้านคณิตศาสตร์แต่อย่างใด
- สำหรับเกณฑ์การวิจัยฉัยความผิดปกติทางการเรียนรู้ด้านตัวเลข อาจพิจารณาได้จากหลายๆ เกณฑ์ ยกตัวอย่างเช่น เด็กที่มีคะแนนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย 2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในงานวิจัยส่วนมาก หรือต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในงานวิจัยบางชิ้นและไม่มีภาวะสมาธิสั้นและความผิดปกติทางการเรียนรู้ด้านการอ่าน รวมถึงมีระดับสติปัญญาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

3.3.3 ศาสตราจารย์ ดร. Anja Ischebeck สถาบันจิตวิทยา มหาวิทยาลัย University of Graz ประเทศออสเตรีย

- ด้วยข้อจำกัดของแบบคัดกรองฯ ที่ต้องเป็นแบบ paper-and-pencil test รูปแบบถือว่าเหมาะสม แต่ในรายละเอียดของแบบคัดกรองแต่ละกิจกรรมค่อนข้างยาว ซึ่งไม่น่าจะทำเสร็จภายใน 15 นาที
- กิจกรรมของแบบคัดกรองฯ ต้องมีความชัดเจนและมีทฤษฎีสนับสนุนมากกว่านี้ ถึงแม้แต่ละกิจกรรมของแบบคัดกรองฯ จะแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มระบบตัวเลขโดยตรง และกลุ่มระบบช่วยเหลือ แต่ควรพิจารณาจัดกลุ่มย่อยภายในแต่ละกลุ่มให้มีระบบมากขึ้น เช่น กลุ่มระบบความบกพร่องด้านตัวเลขโดยตรง อาจแบ่งกลุ่มกิจกรรมให้สอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการ 4 ขั้นของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (A four-step development model of number acquisition) หรือทฤษฎี Triple-code model ของ Dehaene เป็นต้น ส่วนกลุ่มระบบช่วยเหลือ อาจแบ่งกลุ่มกิจกรรมให้สอดคล้องกับทฤษฎี Multidimensional

model of executive function ของ Miyake และคณะ ซึ่งเมื่อสามารถแบ่งได้ดังนี้จะสามารถลดความซ้ำซ้อน วิเคราะห์ และอภิปรายผลได้ชัดเจนมากขึ้น

- ควรศึกษาในกลุ่มเด็กนักเรียนชั้นอนุบาล โดยนอกจากจะได้ข้อมูลที่สอดคล้องกับนิยามของกลุ่มเสี่ยงแล้ว ยังสามารถติดตามพัฒนาการด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ในระยะยาวได้อีกด้วย
- กรอบแนวคิดในการสร้างแบบคัดกรองของงานวิจัยนี้ ถือได้ว่ามีความทันสมัย และสอดคล้องกับข้อมูลงานวิจัยในปัจจุบัน
- ข้อคำถามที่มีลักษณะเป็นแบบ Non-symbolic เช่น รูปดาว รูปสี่เหลี่ยม รูปสามเหลี่ยม และรูปวงกลม ควรมีเหตุผลสนับสนุนการนำรูปแบบต่างๆ มาใช้ ควรพิจารณาใช้ non-canonical dot pattern หรือ canonical dot pattern เป็นต้น
- เมื่อไม่สามารถวัดระยะเวลาการตอบสนองของแต่ละคนต่อแต่ละข้อคำถามได้ ควรมีการจับเวลาให้สอดคล้องกับจำนวนข้อคำถาม และความซับซ้อนของข้อคำถามนั้น
- ควรพัฒนากิจกรรมในแบบคัดกรองฯ เพิ่มอีก 1 กิจกรรม เพื่อวัด Working memory ของกลุ่มตัวอย่าง เพราะงานวิจัยหลายชิ้นสนับสนุนความบกพร่องของกระบวนการ updating ของ working memory ในกลุ่มเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

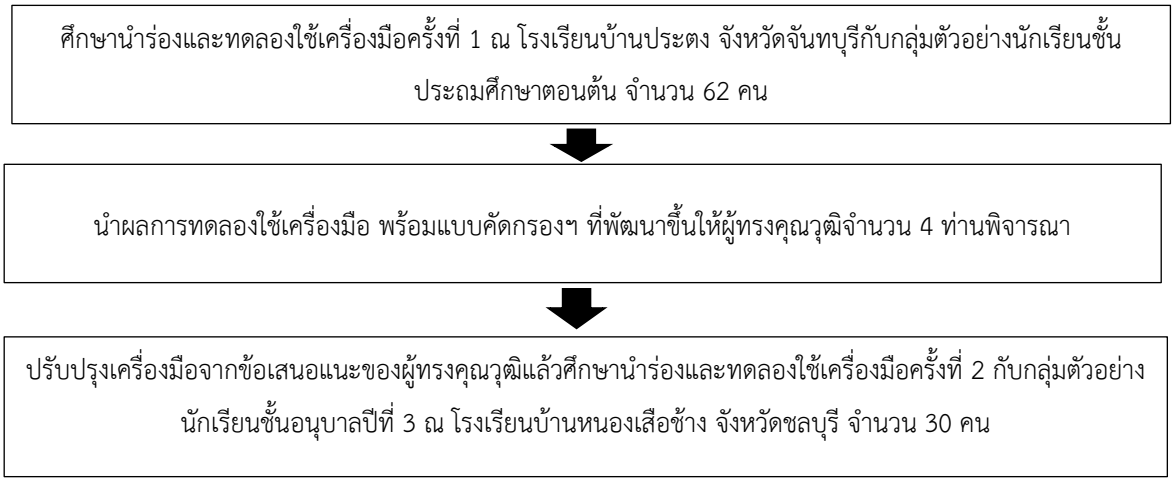
3.3.4 ศาสตราจารย์ ดร. Karin Landerl สถาบันจิตวิทยา มหาวิทยาลัย University of Graz ประเทศออสเตรีย

- กรอบแนวคิดในการสร้างแบบคัดกรองฯ ของงานวิจัยนี้ มีความเหมาะสมและเป็นเรื่องใหม่
- กิจกรรมแต่ละกิจกรรมของแบบคัดกรองฯ มีงานวิจัยสนับสนุน สามารถนำมาต่อยอดเป็นแบบคัดกรองได้
- ควรศึกษาในกลุ่มตัวอย่างเด็กประถมศึกษาตอนต้น เพราะสามารถปฏิบัติตามคำสั่งได้ดีกว่า และน่าจะสามารถเข้าใจกิจกรรมทดสอบได้มากกว่า
- กิจกรรมของแบบคัดกรองจำเป็นต้องจับเวลา เช่น 1-2 นาทีต่อ 1 กิจกรรม เพื่อทำให้แยกเด็กเก่งกับเด็กอ่อนออกมาได้
- งานวิจัยนี้ควรใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ เพื่อพัฒนาเกณฑ์มาตรฐาน จุดตัดคะแนน ค่า Sensitivity และ Specificity
- งานวิจัยนี้ควรพิจารณาต่อยอดเป็นแบบคัดกรองผ่าน application มือถือด้วย เพื่อสะดวกในการนำไปใช้ในอนาคต
- ควรพิจารณาวางแผนเก็บข้อมูลในลักษณะงานวิจัยระยะยาวเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของความสามารถทางคณิตศาสตร์เมื่อเวลาผ่านไป 3 หรือ 5 ปี เป็นต้น

- กิจกรรม Mental number line ควรกำหนดจำนวนข้อให้เหมาะสมเพื่อให้กิจกรรมมีค่าความเที่ยงสูง และกิจกรรม Numerical updating task ควรพิจารณาวิธีการตอบของกลุ่มตัวอย่างว่าจะให้เขียนลงในกระดาษ หรือมีคำตอบให้เลือกตอบ และหาวิธีทดสอบค่าความเที่ยงของกิจกรรมด้วย

3.4 การศึกษานำร่องและทดลองใช้แบบคัดกรองฯ (ปรับใหม่) ครั้งที่ 2

ต่อมาผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือครั้งที่ 1 นี้แก่ผู้ทรงคุณวุฒิ ณ ต่างประเทศจำนวน 4 ท่าน เมื่อได้ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 4 ท่านแล้ว ผู้วิจัยจึงนำข้อเสนอแนะที่ได้ผนวกกับผลการศึกษานำร่องและทดลองใช้แบบคัดกรองครั้งที่ 1 ไปออกแบบแบบคัดกรองฯ เพิ่มอีกจำนวน 4 แบบ รวมทั้งหมด 6 แบบเพื่อให้ครอบคลุมตามทฤษฎีและสอดคล้องกับกรอบแนวคิดการวิจัยมากยิ่งขึ้น รวมถึงการขยายขอบเขตการคัดกรองในด้านประชากรให้ครอบคลุมเด็กปฐมวัยเพื่อเพิ่มประโยชน์ในเชิงป้องกันและการตรวจพบปัญหาเรื่องความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ตั้งแต่เนิ่นๆ และสุดท้ายนำแบบคัดกรองฯ ทั้ง 6 แบบคัดกรองฯ นี้ไปศึกษานำร่องและทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นอนุบาล 3 จำนวน 30 คน ณ โรงเรียนบ้านหนองเสือช้าง จังหวัดชลบุรี โดยขั้นตอนการศึกษานำร่องและทดสอบเครื่องมือของงานวิจัยนี้มีลำดับดัง**แผนภาพที่ 3.5**



แผนภาพที่ 3.5 ลำดับการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือวิจัยครั้งที่ 1 และ 2

3.4.1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 จำนวน 30 คน โรงเรียนบ้านหนองเสือช้าง จังหวัดชลบุรี โดยแบ่งเป็นเพศชาย 12 คน และหญิงจำนวน 18 คน ซึ่งมีเกณฑ์การคัดและออกดังนี้

(1) อายุ: 5 ถึง 6 ขวบ

(2) เพศ: ทั้งสองเพศ

(3) สุขภาพ: สุขภาพแข็งแรง

<u>เกณฑ์คัดเข้า</u>

(4) ได้รับการยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยจากบิดามารดา/ผู้ปกครอง/ผู้อนุบาล

(5) เป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 อายุระหว่าง 5 ถึง 6 ขวบ ณ วันที่ตกลงเข้าร่วมโครงการวิจัย

(6) ไม่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ได้แก่ โรคระบบกล้ามเนื้อที่กระทบต่อการเคลื่อนไหวของมือประเภทต่างๆ

(7) ไม่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น ได้แก่ โรคตาบอดสี

(8) ไม่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการได้ยิน ได้แก่ หูหนวก (ประเมินจากแบบคัดกรองของสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน)

(9) เป็นนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาอยู่ในระดับปกติ (ประเมินจากแบบคัดกรองของสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน)

<u>เกณฑ์คัดออก</u>

(10)ไม่ได้รับการยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยจากบิดามารดา/ผู้ปกครอง/ผู้อนุบาล

(11) เป็นนักเรียนที่มีโรคประจำตัว ได้แก่ โรคระบบกล้ามเนื้อที่กระทบต่อการเคลื่อนไหวของมือ โรคตาบอดสี และโรคหูหนวก

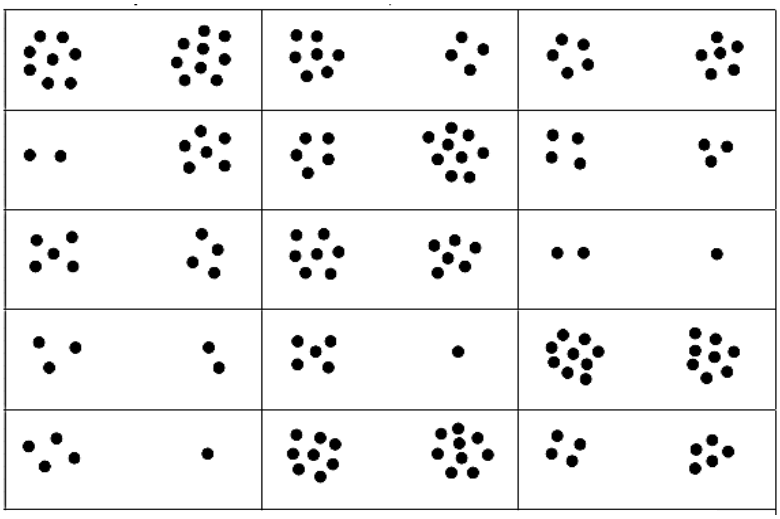
3.4.2 แบบคัดกรองฯ เป็นแบบกระดาษและดินสอ (Paper-and-pencil test) โดยแบ่งออกเป็น 7 แบบคัดกรองฯ หรือเกมย่อย ได้แก่

3.4.2.1. แบบคัดกรองที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number comparisons: Single and Double digits) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งหมด 120 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขหลักเดียว จำนวน 60 ข้อ มีกำหนดเวลา 2 นาที และตอนที่ 2 เปรียบเทียบตัวเลขสองหลัก จำนวน 60 ข้อ มีกำหนดเวลา 3 นาที พิจารณาตัวอย่างข้อคำถามได้จาก**แผนภาพที่ 3.6**

3 2	35 49
5 9	77 73
7 8	31 18
6 3	46 52

แผนภาพที่ 3.6 ข้อคำถามจากแบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหลักเดียว (ซ้าย) และสองหลัก (ขวา)

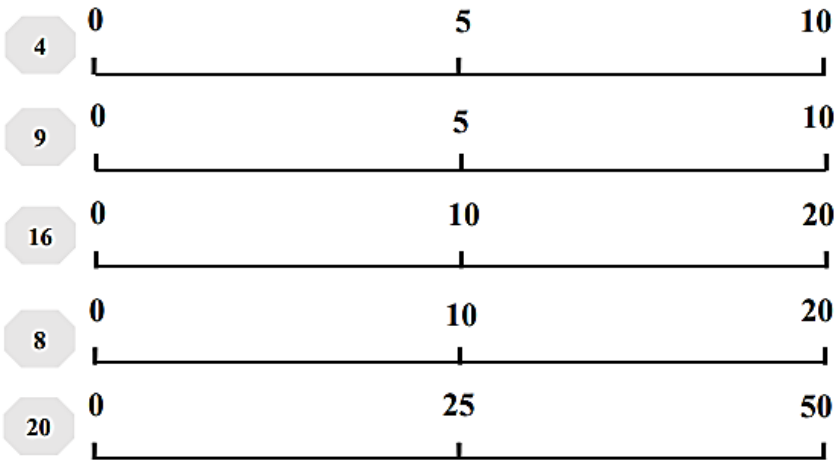
3.4.2.2. แบบคัดกรองที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (Dot/Dot and Dot/Number comparisons) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งหมด 60 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความมากน้อยของจำนวนจุด จำนวน 30 ข้อ (จุดมีตั้งแต่ 1 จุด จนถึง 9 จุด) มีกำหนดเวลา 2 นาที 30 วินาที และตอนที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนจุดกับตัวเลข จำนวน 30 ข้อ (จุดมีตั้งแต่ 1 จุดจนถึง 9 จุด ส่วนตัวเลขมีค่าตั้งแต่ 1 จนถึง 9) โดยกำหนดเวลา 2 นาที 30 วินาที พิจารณาตัวอย่างข้อคำถามได้จาก**แผนภาพที่ 3.7**



	1		6		7
	6		4		5
	8		5		3
	4		7		6
	6		3		2

แผนภาพที่ 3.7 ข้อคำถามจากแบบคัดกรองเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (บน) และสองหลัก (ล่าง)

3.4.2.3. แบบคัดกรองที่ 3 เส้นจำนวน (Mental number line) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งหมด 12 ข้อ โดยนักเรียนต้องประมาณตำแหน่งของจำนวนที่กำหนดโดยนำไปเทียบกับเส้นจำนวนที่แสดงในแต่ละข้อ ซึ่งมีกำหนดเวลา 5 นาที พิจารณาตัวอย่างข้อคำถามได้จาก**แผนภาพที่ 3.8**



แผนภาพที่ 3.8 ข้อคำถามจากแบบคัดกรองเส้นจำนวน

3.4.2.4. แบบคัดกรองที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Numerical Stroop) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งหมด 60 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลขหลักเดียว จำนวน 30 ข้อ (แบ่งออกเป็นระยะห่างระหว่างตัวเลข 2 ค่า 4 ค่า และ 6 ค่า อย่างละ 10 ข้อ) มีกำหนดเวลา 2 นาที และตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลขสองหลัก จำนวน 30 ข้อ (แบ่งออกเป็นระยะห่างระหว่างตัวเลข 2 ค่า 4 ค่า และ 6 ค่า อย่างละ 10 ข้อ) มีกำหนดเวลา 3 นาที พิจารณาตัวอย่างข้อคำถามได้จาก **แผนภาพที่ 3.9**

1 7	2 6	3 5
3 9	1 5	9 7
8 2	6 2	2 4
9 3	8 4	1 3

13 19	43 39	42 44
31 25	64 68	89 91
64 70	19 15	20 22
43 37	78 74	18 16

แผนภาพที่ 3.9 ข้อคำถามจากแบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลขหลักเดียว (ซ้าย) และสองหลัก (ขวา)

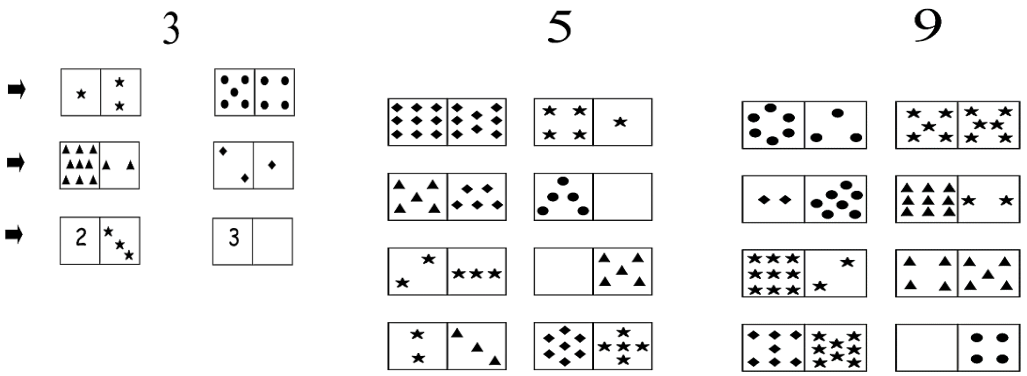
3.4.2.5. แบบคัดกรองที่ 5 ตัวเลขสลับสี (Numerical shifting) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งหมด 35 ข้อ โดยแบ่งเป็น 2 เงื่อนไขสำคัญ กล่าวคือ เงื่อนไขตัวเลขสีแดงต้องวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่า

มากว่า 5 และเงื่อนไขตัวเลขสีดำต้องวงกลมล้อมรอบตัวเลขคี่ มีกำหนดเวลา 3 นาที พิจารณาตัวอย่างข้อคำถามได้จาก**แผนภาพที่ 3.10**

2	6	3	2	7	4
9	3	7	8	2	3
1	8	4	1	5	2
2	5	6	9	1	6
3	6	2	7	4	8

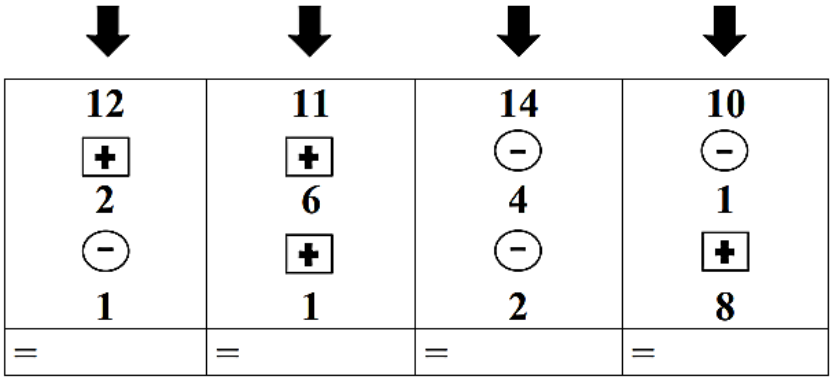
แผนภาพที่ 3.10 ข้อคำถามจากแบบคัดกรองตัวเลขสลับสีเงื่อนไขตัวเลขสีแดงและดำ

3.4.2.6. แบบคัดกรอง ที่ 6 ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข) (Symbolic and non-symbolic Addition) นำมาจากแบบคัดกรองชุดตัวเลข หรือ Number sets test (Geary et al., 2007) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งหมด 37 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 ชุดตัวเลข “3” จำนวน 5 ข้อ ตอนที่ 2 ชุดตัวเลข “5” จำนวน 16 ข้อ และตอนที่ 3 ชุดตัวเลข “9” จำนวน 16 ข้อ มีเวลากำหนด 2 นาที สำหรับชุดตัวเลข “5” และ 3 นาทีสำหรับชุดตัวเลข “9” พิจารณาตัวอย่างข้อคำถามได้จาก**แผนภาพที่ 11**



แผนภาพที่ 3.11 ข้อคำถามจากสัญลักษณ์และรูปทรงชุดตัวเลข “3” (ซ้าย) “5” (กลาง) และ “9” (ขวา)

3.4.2.7. แบบคัดกรองที่ 7 บวกลบตัวเลขในใจ (Numerical updating) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งหมด 20 ข้อ โดยนักเรียนต้องจดจำและบวกลบตัวเลขในใจ ห้ามทดเลขบนกระดาษ มีกำหนดเวลา 5 นาที พิจารณาตัวอย่างข้อคำถามได้จาก**แผนภาพที่ 3.12**



แผนภาพที่ 3.12 ข้อคำถามจากแบบคัดกรองบวกลบตัวเลขในใจ

3.5 ผลการทดลองใช้แบบคัดกรอง (ค่าเฉลี่ย ความเที่ยง และความตรง (ปรับใหม่)) ครั้งที่ 2

ข้อมูลจาก**ตารางที่ 3.3** แสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาโดยรวมหรือทั้งฉบับแล้ว แบบคัดกรองฯ ทั้งหกมีค่าความเที่ยงอยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง อย่างไรก็มีเพียงแบบคัดกรองเส้นจำนวนที่ไม่สามารถคำนวนหาค่าความเที่ยงได้ เนื่องด้วยเกณฑ์การคิดคะแนนที่ไม่เหมาะกับสถิติทดสอบ

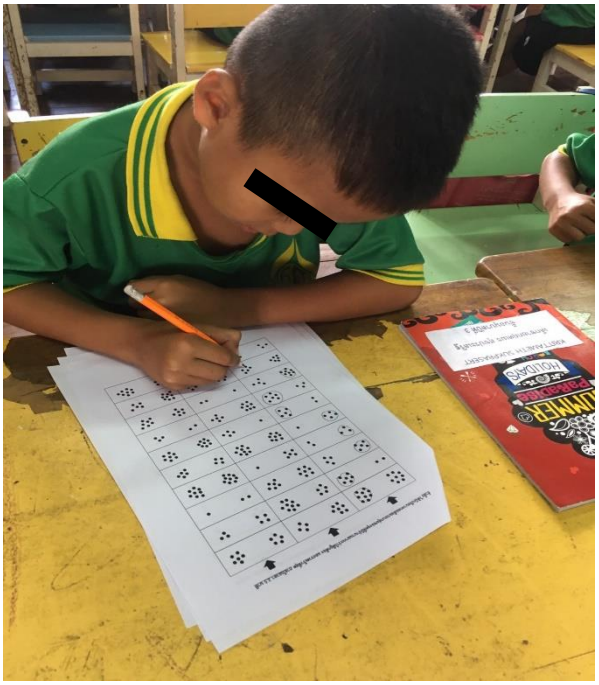
สำหรับผลการวิเคราห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ทั้งเจ็ด พบว่า แบบคัดกรองที่ 1 2 4 และ 7 ต่างก็สัมพันธ์กับคะแนนจากแบบคัดกรองที่ 6 (ตัวแปรตามของการวิจัย) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ที่ 3 และ 5 ไม่พบว่าสัมพันธ์กับคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ที่ 6 ซึ่งอาจเนื่องมาจากขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานำร่องและทดลองใช้มีขนาดเล็ก แต่เมื่อพิจารณาจากทิศทางความสัมพันธ์ของแบบคัดกรองฯ ทั้งหมดพบว่ามีทิศทางความสัมพันธ์สอดคล้องกับกรอบแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาแบบคัดกรองฯ ของงานวิจัยนี้

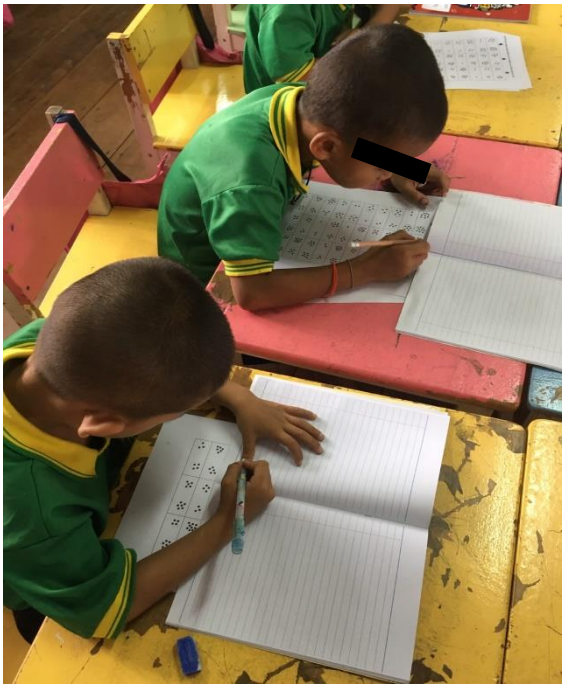
ตารางที่ 3.3 ค่าความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย จากการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือครั้งที่ 2 (n = 30)

แบบคัดกรอง	จำนวนข้อ	ค่าความเที่ยง (α)	การตีความ
แบบคัดกรองที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก	120	0.99	สูงมาก
แบบคัดกรองที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข	60	0.98	สูงมาก
แบบคัดกรองที่ 3 เส้นจำนวน	12	-	-
แบบคัดกรองที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข	60	0.97	สูงมาก
แบบคัดกรองที่ 5 ตัวเลขสลับสี	35	0.96	สูงมาก
แบบคัดกรองที่ 6 ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข)	37	0.90	สูงมาก
แบบคัดกรองที่ 7 บวกลบตัวเลขในใจ	20	0.97	สูงมาก

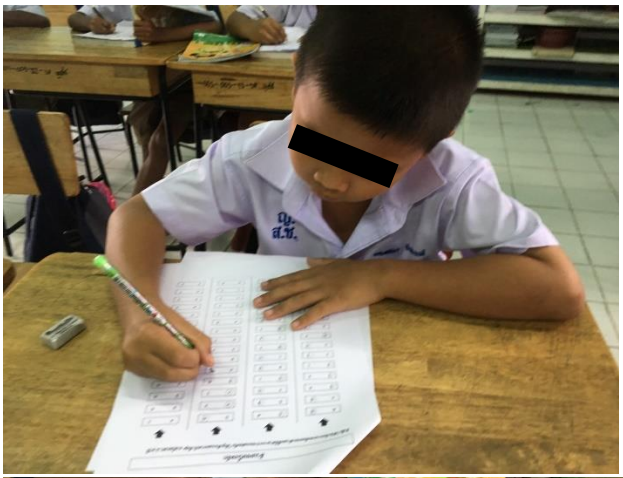
ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบคัดกรองต่างๆ กับคะแนนจากแบบคัดกรองผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข) (แบบคัดกรองที่ 6) จากการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือครั้งที่ 2 (n = 30)

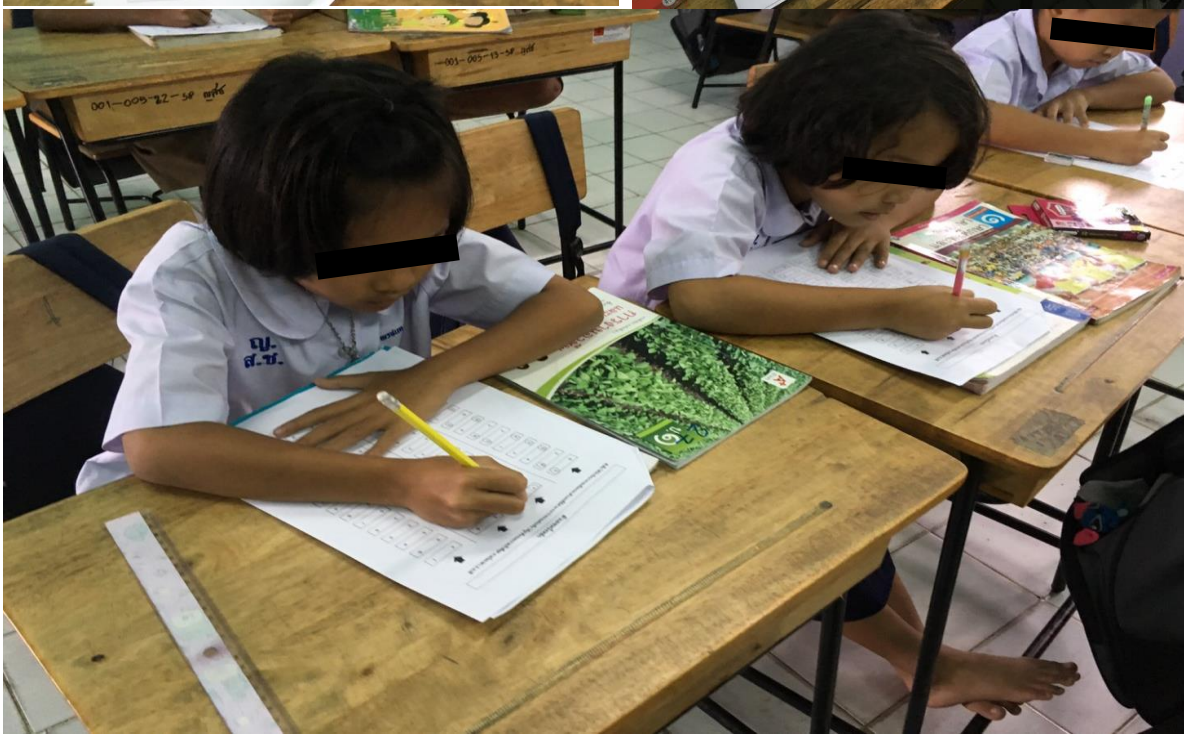
ตัวแปร	*r*
แบบคัดกรองที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก	0.58**
แบบคัดกรองที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข	0.57**
แบบคัดกรองที่ 3 เส้นจำนวน	0.32^{ns}
แบบคัดกรองที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข	0.41**
แบบคัดกรองที่ 5 ตัวเลขสลับสี	0.31^{ns}
แบบคัดกรองที่ 6 ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข)	0.63**





Summer





ภาพประกอบการทดสอบเครื่องมือวิจัยครั้งที่ 2 ณ โรงเรียนบ้านหนองเสือช้าง จังหวัดชลบุรี

สรุปลักษณะเฉพาะของแบบคัดกรองฯ เพื่อใช้ในการคัดกรองเด็กที่มีความเสี่ยงภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ดัง**ตารางที่ 3.5**

ตารางที่ 3.5 แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาเพื่อคัดกรองเด็กที่มีความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ชื่อแบบคัดกรองฯ	จำนวนตอนและข้อ	ลักษณะทั่วไป	เวลาที่กำหนดให้
แบบคัดกรองที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก	ตอนที่ 1 (ตัวเลขหนึ่งหลัก) 60 ข้อ ตอนที่ 2 (ตัวเลขสองหลัก) 60 ข้อ	ขาวดำ	2 นาที (ตอนที่ 1) 3 นาที (ตอนที่ 2) **เวลารวม 5 นาที**
แบบคัดกรองที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข	ตอนที่ 1 (จุด) 30 ข้อ ตอนที่ 2 (จุดและตัวเลข) 30 ข้อ	ขาวดำ	2.5 นาที (ตอนที่ 1) 2.5 นาที (ตอนที่ 2) **เวลารวม 5 นาที**
แบบคัดกรองที่ 3 เส้นจำนวน	12 ข้อ	ขาวดำ	**เวลารวม 5 นาที**
แบบคัดกรองที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข	ตอนที่ 1 (ตัวเลขหนึ่งหลัก) 30 ข้อ ตอนที่ 2 (ตัวเลขสองหลัก) 30 ข้อ	ขาวดำ	2 นาที (ตอนที่ 1) 3 นาที (ตอนที่ 2) **เวลารวม 5 นาที**
แบบคัดกรองที่ 5 ตัวเลขสลับสี	35 ข้อ	ขาวดำ/สีแดง	**เวลารวม 3 นาที**
แบบคัดกรองที่ 6 ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข)	ตอนที่ 1 (ผลรวมเท่ากับ 5) 16 ข้อ ตอนที่ 2 (ผลรวมเท่ากับ 9) 16 ข้อ	ขาวดำ	2 นาที (ตอนที่ 1) 3 นาที (ตอนที่ 2) **เวลารวม 5 นาที**
แบบคัดกรองที่ 7 บวกลบตัวเลขในใจ	20 ข้อ	ขาวดำ	**เวลารวม 5 นาที**
			เวลารวมทั้งหมด 33 นาที

3.6 การพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 การพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา

โครงการวิจัยได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (รหัสโครงการ Sci 131/2561) จาก คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา (เลขหนังสือ ศธ 6200/01533)

3.6.2 การเก็บข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากรนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดชลบุรีสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประจำปีการศึกษา 2561 จำนวน 3,096 คน คือ 500 คน ซึ่งมีที่มาจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม STATA version IC15 รายละเอียดของค่าพารามิเตอร์มีดังต่อไปนี้

สำหรับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กำหนดค่า Alpha เท่ากับ 0.05 ค่า Power เท่ากับ 0.80 ค่า Delta เท่ากับ 0.51 ค่า R^2 เท่ากับ 0.34 (Geary, Bailey, and Hoard, 2009) จำนวนค่า covariate ที่ต้องการทดสอบ เท่ากับ 122 ดังนั้นต้องเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนี้จำนวนอย่างน้อย 185 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กำหนดค่า Alpha เท่ากับ 0.05 ค่า Power เท่ากับ 0.80 ค่า Delta เท่ากับ 0.33 ค่า R^2 เท่ากับ 0.25 (Geary, Bailey, and Hoard, 2009) จำนวนค่า covariate ที่ต้องการทดสอบ เท่ากับ 122 ดังนั้นต้องเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนี้จำนวนอย่างน้อย 225 คน และเมื่อพิจารณาจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ระดับชั้นแล้ว งานวิจัยนี้จะต้องเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 410 คน อย่างไรก็ตามหากต้องพิจารณาถึงข้อมูลขาดหาย และข้อมูลไม่ถูกต้องที่อาจจะพบได้ในเด็กกลุ่มนี้ งานวิจัยนี้จึงวางแผนเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนทั้งหมด 500 คน

สำหรับกระบวนการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างจำนวน 500 คนนั้น กลุ่มตัวอย่างจะได้มาจากกระบวนการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage sampling) เพื่อให้ได้โรงเรียนทั้งหมด 12 โรงเรียน ซึ่งเมื่อดำเนินการสุ่มอย่างง่ายแล้ว (Simple random sampling) โรงเรียนที่ถูกเลือก ได้แก่ โรงเรียนวอนนภาศัพท์ โรงเรียนบ้านสันติคาม โรงเรียนบ้านหนองเขิน โรงเรียนวัดหนองบอนแดง โรงเรียนบ้านคลองตะเคียน โรงเรียนแสนสุขศึกษา โรงเรียนบ้านเขาดิน โรงเรียนวัดผาสุการาม โรงเรียนบ้านเกาะโพธิ์ โรงเรียนอนุบาล 3 (องุ่นอุปถัมภ์) โรงเรียนนาป่ามโนรถ และโรงเรียนอนุบาลวัดอู่ตะเภา ต่อมาคือกระบวนการสุ่มเพื่อให้ได้ห้องที่เป็นตัวแทน กระบวนการสุ่มอย่างง่ายถูกนำมาใช้อีกครั้ง การวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบ่งทีมเก็บรวบรวมข้อมูล เป็น 5 ทีม ตามกลุ่มโรงเรียน กลุ่มละ 2 คน รวมจำนวนผู้เก็บรวมรวมข้อมูล 10 คน ซึ่งแต่ละทีม จะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทีมละ 2 โรงเรียน โดยใช้เวลาในการเก็บรวมรวมข้อมูลทั้งหมด 10 วัน โดยเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้

(1) อายุ: 5 ถึง 7 ขวบ

(2) เพศ: ทั้งสองเพศ

(3) สุขภาพ: สุขภาพแข็งแรง

<u>เกณฑ์คัดเข้า</u>

(4) ได้รับการยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยจากบิดามารดา/ผู้ปกครอง/ผู้อนุบาล

(5) เป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1 อายุระหว่าง 5 ถึง 7 ขวบ ณ วันที่ตกลงเข้าร่วมโครงการวิจัย

(6) ไม่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ได้แก่ โรคระบบกล้ามเนื้อที่กระทบต่อการเคลื่อนไหวของมือประเภทต่างๆ

(7) ไม่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น ได้แก่ โรคตาบอดสี

(8) ไม่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการได้ยิน ได้แก่ หูหนวก (ประเมินจากแบบคัดกรองของสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน)

(9) เป็นนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาอยู่ในระดับปกติ (ประเมินจากแบบคัดกรองของสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน)

<u>เกณฑ์คัดออก</u>

(10) ไม่ได้รับการยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยจากบิดามารดา/ผู้ปกครอง/ผู้อนุบาล

(11) เป็นนักเรียนที่มีโรคประจำตัว ได้แก่ โรคระบบกล้ามเนื้อที่กระทบต่อการเคลื่อนไหวของมือ โรคตาบอดสี และโรคหูหนวก

(12) อายุน้อยกว่า 5 ขวบ และมากกว่า 8 ขวบ ณ วันที่ตกลงเข้าร่วมโครงการวิจัย

ผู้วิจัยกำกับกระบวนการเก็บข้อมูลของทีมวิจัยให้สอดคล้องกันทั้งในประเด็นเรื่องช่วงเวลาการเก็บข้อมูล วิธีการชี้แจงแก่กลุ่มตัวอย่างนักเรียน วิธีการจับเวลา วิธีการตอบคำถามกลุ่มตัวอย่าง วิธีการเก็บรวบรวมเครื่องมือการวิจัยหลังจากกลุ่มตัวอย่างทำแบบคัดกรองฯ ทั้ง 7 แบบเสร็จสิ้น วิธีการติดต่อผู้วิจัยหากมีข้อเสนอแนะหรือข้อร้องเรียนเกี่ยวกับการเก็บข้อมูลวิจัย โดยเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทั้งหมดต่อคน หลังจากที่ได้นำร่องและทดลองใช้เครื่องมือเป็นที่เรียบร้อย เท่ากับ 40 นาที เป็นเวลาที่กำหนดให้สำหรับทำแบบคัดกรองฯ ทั้ง 7 แบบ รวม 33 นาที

กลุ่มตัวอย่างนักเรียน จำนวนรวม 500 คนจะมาจากโรงเรียนทั้งหมด 12 โรงเรียนในจังหวัดชลบุรี ได้แก่ โรงเรียนวอนนภาศัพท์ จำนวน 50 คน (ผู้ประสานงาน คือ ผอ.พลธาวิน วัชรทรธำรงค์) โรงเรียนบ้านสันติคาม จำนวน 60 คน (ผู้ประสานงาน คือ ครูพงษ์เทพ สุขทนารักษ์) โรงเรียนบ้านหนองเขิน จำนวน 25 คน (ผู้ประสานงาน คือ ครูศิวพร ออมอด) โรงเรียนวัดหนองบอนแดง จำนวน 20 คน (ผู้ประสานงาน คือ ครูสงกรานต์ นันทวัฒนานุกูล) โรงเรียนบ้านคลองตะเคียน จำนวน 30 คน (ผู้ประสานงาน คือ ครูนพพร มาลัย) โรงเรียนแสนสุขศึกษา จำนวน 50 คน (ผู้ประสานงาน คือ ครูสรินยา บัวโทน) โรงเรียนบ้านเขาดิน จำนวน 100 คน (ผู้ประสานงาน คือ ครูณรงค์เดช ทองทวี) โรงเรียนวัดผาสุการาม จำนวน 40 คน (ผู้ประสานงาน คือ ครูสุจินดา ลีลาเชี่ยวชาญกุล) โรงเรียนบ้านเกาะโพธิ์ จำนวน 100 คน (ผู้ประสานงาน คือ ครูทิพวรรณ ศรีส่วย) โรงเรียน

อนุบาล 3 (องุ่นอุปถัมภ์) จำนวน 25 คน (ผู้ประสานงาน คือ ครูอรอุมา สิริปัญญาณ) โรงเรียนนาป่ามโนรถและโรงเรียนอนุบาลวัดอู่ตะเภา

3.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐานที่ใช้ได้แก่ จำนวน ร้อยละ คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบงมาตรฐาน โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS version 24 และสถิติวิเคราะห์ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ได้แก่

3.6.3.1 การทดสอบความเที่ยงของแบบคัดกรองฯ ด้วยค่าความสอดคล้องภายใน (Internal consistency) แบบ Cronbach's Alpha โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS version 24 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.70 ขึ้นไป ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Tavakol & Dennick, 2011)

3.6.3.2 การทดสอบความตรงของแบบคัดกรองฯ โดยการทดสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) ด้วยการทดสอบการวิเคราะห์ปัจจัยแบบยืนยัน (Confirmatory factor analysis: CFA) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม AMOS version 25 และการทดสอบความตรงแบบ Concurrent validity ด้วยการทดสอบโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation modeling: SEM) และโมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (Multigroup SEM) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละด้าน (องค์ประกอบ) ของระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นกับแบบคัดกรองความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์มาตรฐาน (แบบคัดกรองชุดตัวเลข) โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม AMOS version 25 สำหรับค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Goodness of fit indices) ทั้งของ CFA และ SEM พิจารณาจากค่าความน่าจะเป็นของ Chi-square มากกว่า .05 ค่า RMSEA น้อยกว่า .05 ค่า CFI มากกว่า .90 ค่า AGFI มากกว่า .90 และค่า GFI มากกว่า .90

3.6.3.3 การทดสอบความแตกต่างของระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือระหว่างกลุ่มต่างๆ ดังต่อไปนี้ ด้วยสถิติทดสอบ (MANOVA) และค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 24

3.6.3.3.1 เปรียบเทียบระหว่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

3.6.3.3.2 เปรียบเทียบระหว่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์และนักเรียนปกติ และ

3.6.3.3.3 เปรียบเทียบระหว่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับนักเรียนปกติ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาสำหรับประเมินความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในนักเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษาตอนต้น และเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น ทั้งระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือระหว่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ที่มีความเสี่ยงภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ปกติ และสุดท้าย เปรียบเทียบระหว่างนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่มีความเสี่ยงภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ปกติ

เนื้อหาในบทที่ 4 ขอนำเสนอผลการวิจัยโดยแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกับตัวอย่างและสถิติพื้นฐาน

4.2 ผลการทดสอบความเที่ยงของแบบคัดกรองฯ

4.3 ผลการทดสอบความตรงของแบบคัดกรองฯ

4.3.1 ผลการทดสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์ความตรงเชิงยืนยัน

4.3.2 ผลการทดสอบความตรงแบบ Concurrent validity ระหว่างแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นกับแบบคัดกรองมาตรฐานผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข)

4.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ในด้านระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือระหว่างและภายในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ดังต่อไปนี้

4.4.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ในด้านระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือระหว่างกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

4.4.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ในด้านระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือภายในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ที่มีความเสี่ยงภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ปกติ

4.4.3 ผลการเปรียบเทียบภายในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่มีความเสี่ยงภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ปกติ

4.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกับตัวอย่างและสถิติพื้นฐาน

ข้อมูลจาก**ตารางที่ 4.1** แสดงให้เห็นว่าตัวแปรต่างๆ ของระบบตัวเลขโดยตรง ประกอบด้วยแต่ละด้านของแบบคัดกรองฯ กล่าวคือ ด้านระบบตัวเลขโดยตรง ได้แก่ Dot/Dot comparision (DD), Dot/Number comparison (DN), Mental number line: Percent absoulate error (PAE), Number comparison: Single digit (NC1) และ Number comparison: Double digit (NC2) และด้านระบบช่วยเหลือ ได้แก่

Inhibition Stroop: Single digit (IN1), Inhibition Strrop: Double digit (IN2), Numerical shifting (SH) และ Numberical updating (UP) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 (อ.3) และประถมศึกษาปีที่ 1 (ป.1) พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียน อ.3 ต่ำกว่านักเรียน ป.1 ในทุกตัวแปรของทั้งสองระบบ รวมถึงของแบบคัดกรองมาตรฐานชุดตัวเลขที่พบว่านักเรียน อ.3 ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยกว่านักเรียน ป.1 เช่นเดียวกัน สำหรับตัวแปร PAE ซึ่งสะท้อนถึงร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ คะแนนยิ่งสูงสามารถตีความได้ว่ามีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าตัวเลขสูงตามไปด้วย โดยข้อมูลจาก**ตารางที่ 4.1** แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียน อ.3 สูงกว่าของนักเรียน ป.1 สำหรับการแจกแจงของคะแนนจากทั้งระบบในภาพรวม พบว่าค่าความเบ้และความโด่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ ซึ่งสามารถตีความได้ว่าข้อมูลที่ได้จากทุกตัวแปรในภาพรวมมีการแจงแจงแบบโค้งปกติ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้จำแนกตามระดับชั้น (อ.3 และ ป.1) ด้านย่อยของแบบคัดกรองฯ ($n_{อ.3}$=238/ $n_{ป.1}$ =267 / $N_{ทั้งหมด}$=505) และแบบคัดกรองมาตรฐานชุดตัวเลข

ตัวแปร	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด			คะแนนเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)			ความเบ้			ความโด่ง		
	อ.3	ป.1	ทั้งหมด	อ.3	ป.1	ทั้งหมด	อ.3	ป.1	ทั้งหมด	อ.3	ป.1	ทั้งหมด
ระบบตัวเลขโดยตรง												
DD	0-30	0-30	0-30	18.84 (10.12)	25.24 (6.87)	22.23 (9.13)	-0.49	-1.71	-1.05	-1.15	2.52	-0.11
DN	0-30	0-30	0-30	17.36 (9.68)	23.23 (9.13)	20.46 (9.83)	-0.28	-1.26	-0.71	-1.13	0.39	-0.80
PAE	1.5-55	0-44.6	0-100	19.37 (8.21)	15.96 (8.38)	17.57 (8.46)	1.03	0.66	0.76	2.59	0.67	1.51
NC1	0-60	0-60	0-60	28.31 (20.69)	48.12 (16.29)	38.78 (20.96)	0.27	-1.45	-0.51	-1.26	1.21	-1.18
NC2	0-60	0-60	0-60	21.31 (17.01)	35.32 (19.10)	28.71 (19.43)	0.90	-0.28	0.24	0.08	-1.02	-1.12
ระบบช่วยเหลือ												
IN1	0-30	0-30	0-30	22.12 (10.46)	27.58 (6.56)	25.01 (9.03)	-0.97	-3.02	-1.69	-0.60	8.43	1.43
IN2	0-30	0-30	0-30	17.22 (8.35)	23.72 (7.64)	20.66 (8.61)	-0.32	-1.39	-0.74	-0.56	1.31	-0.34
SH	0-35	0-35	0-35	17.52 (9.82)	23.92 (8.85)	20.90 (9.84)	-0.17	-1.12	-0.60	-0.95	0.86	-0.56
UP	0-20	0-20	0-20	2.46 (4.02)	7.61 (6.23)	5.18 (5.89)	2.65	0.42	1.07	6.83	-1.10	-0.14
แบบคัดกรองมาตรฐานชุดตัวเลข												
NS5	0-16	0-16	0-16	2.43 (3.66)	7.83 (5.30)	5.29 (5.33)	1.88	-0.05	0.64	3.21	5.39	-0.98
NS9	0-15	0-16	0-16	1.99 (2.93)	6.15 (5.08)	4.19 (4.69)	2.19	0.41	1.04	-1.32	-1.12	-0.11

4.2 ผลการทดสอบความเที่ยงของแบบคัดกรองฯ

ข้อมูลจาก**ตารางที่ 4.2** แสดงให้เห็นว่าค่าความเที่ยงของแบบคัดกรองฯ จำแนกตามตัวแปรของแต่ละระบบอยู่ในระดับสูงมาก และมีค่าความเที่ยงใกล้เคียงกันทั้งกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1 มีเพียงแบบคัดกรองที่ 6 ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ ตัวแปร NS9 เท่านั้นที่ค่าความเที่ยงอยู่ในระดับสูงในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3

ตารางที่ 4.2 ค่าความเที่ยงของแบบคัดกรองฯ แบ่งตามตัวแปรย่อยของระบบตัวเลขโดยตรง ระบบช่วยเหลือ และแบบคัดกรองมาตรฐานชุดตัวเลขจำแนกตามระดับชั้นและภาพรวม

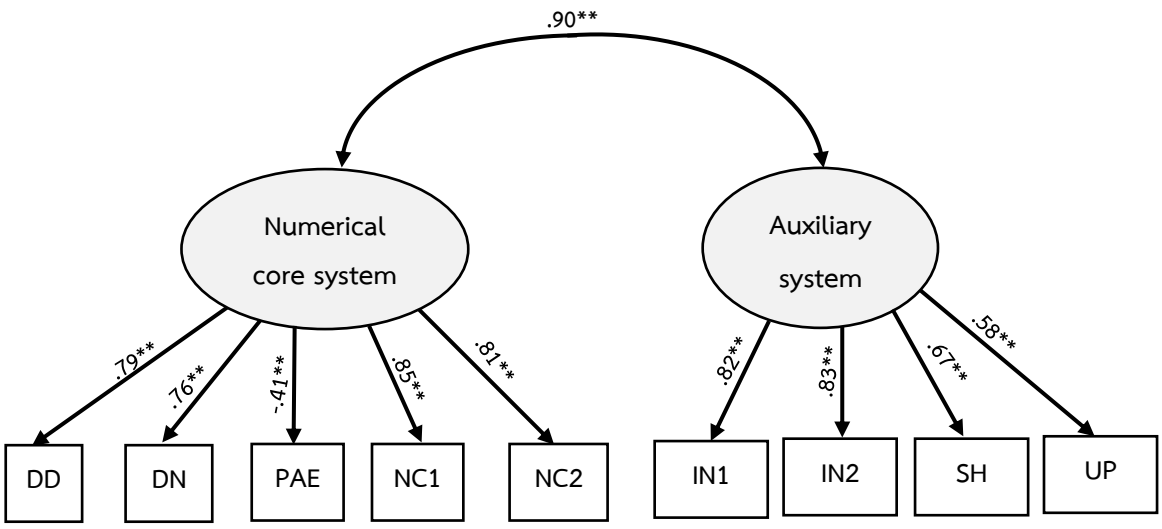
ตัวแปรย่อยของแต่ละแบบคัดกรอง		จำนวนข้อ	ค่าความเที่ยง (α)			การตีความ		
ตัวแปร	แบบคัดกรอง		อ.3	ป.1	รวม	อ.3	ป.1	รวม
ระบบตัวเลขโดยตรง								
Dot/Dot comparison (DD)	แบบคัดกรองที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข	30	.97	.95	.97	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก
Dot/Number comparison (DN)	แบบคัดกรองที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข	30	.96	.97	.97	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก
Percent absolute error (PAE)	แบบคัดกรองที่ 3 เส้นจำนวน	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Number comparison: Single digit (NC1)	แบบคัดกรองที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งหลัก	60	.99	.98	.99	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก
Number comparison: Double digit (NC2)	แบบคัดกรองที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขสองหลัก	60	.97	.98	.98	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก
ระบบช่วยเหลือ								
Inhibition Stroop: Single digit (IN1)	แบบคัดกรองที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข: หนึ่งหลัก	30	.98	.98	.98	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก
Inhibition Stroop: Double digit (IN2)	แบบคัดกรองที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข: สองหลัก	30	.93	.95	.95	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก
Numerical shifting (SH)	แบบคัดกรองที่ 5 ตัวเลขสลับสี	35	.94	.92	.94	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก
Numerical updating (UP)	แบบคัดกรองที่ 7 บวกลบตัวเลขในใจ	20	.93	.94	.95	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก
แบบคัดกรองมาตรฐานชุดตัวเลข[1]								
Number sets 5 (NS5)	แบบคัดกรองที่ 6 ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์	16	.91	.92	.94	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก
Number sets 9 (NS9)	แบบคัดกรองที่ 6 ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์	16	.86	.92	.92	สูง	สูงมาก	สูงมาก

หมายเหตุ [1]คำนวณเฉพาะชุดตัวเลข 5 และ 9

4.3 ผลการทดสอบความตรงของแบบคัดกรองฯ

4.3.1 ผลการทดสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์ความตรงเชิงยืนยัน (N=505)

ข้อมูลจากแผนภาพที่ **4.1** แสดงให้เห็นว่าโมเดลและข้อมูลเชิงประจักษ์สอดคล้องกันเมื่อพิจารณาจากทุกค่าดัชนี (Goodness of fit indicies) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากค่าน้ำหนักปัจจัยของแต่ละตัวชี้วัดพบว่า แต่ละตัวชี้วัดต่างก็สัมพันธ์กับตัวแปรแฝง (ระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกตัว รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงทั้งสอง ซึ่งพบว่าสัมพันธ์กันทางบวกในระดับมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นมีความตรงเชิงโครงสร้าง



หมายเหตุ Chi-square = 28.79, *df* = 18, *p* = .05; RMSEA = .03; GFI = .99; AGFI = .97; CFI = 1.00

แผนภาพที่ 4.1 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความสัมพันธ์ระหว่างระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือและค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor loading) แบบมาตรฐาน (Standardized estimates) ของแต่ละตัวแปร (ตัวชี้วัด) ของแต่ละระบบ

4.3.2 ผลการทดสอบความตรงแบบ Concurrent validity ระหว่างแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นกับแบบคัดกรองมาตรฐานผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข)

4.3.2.1 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแต่ละด้านย่อยของแบบคัดกรองฯ จากนักเรียนทั้งหมดจำนวน 505 คน จากนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 จำนวน 238 คน และจากนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 267 คน

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ของแต่ละแบบคัดกรอง พบว่า โดยรวมแล้วตัวแปรแต่ละตัวมีความสัมพันธ์ทางบวกและลบระหว่างกันในระดับต่ำจนถึงปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่ำที่สุดได้แก่ ความสัมพันธ์ทางลบระหว่างตัวแปร PAE กับ SH (-.24) และสูงที่สุดได้แก่ความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างตัวแปร IN1 กับ IN2 (.69) นอกจากนี้ตัวแปรของแบบคัดกรองที่พัฒนาขึ้นที่สัมพันธ์กับตัวแปรของแบบคัดกรองมาตรฐานน้อยที่สุด ได้แก่ IN1 กับ NS9 (.34) และมากที่สุด ได้แก่ NC1 กับ NS5 (.59) ดังนั้นค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ปรากฏจึงไม่พบว่ามีปัญหา Multicollinearity โดยมีความเหมาะสมในการทดสอบโมเดลสมการโครงสร้างต่อไป รายละเอียดพิจารณาจาก**ตารางที่ 4.3**

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของแต่ละแบบคัดกรองจำแนกตามระบบและกับตัวแปรของแบบคัดกรองมาตรฐาน (N=505)

ตัวแปร	DD	DN	NC1	NC2	PAE	IN1	IN2	SH	UP	NS5	NS9
ระบบตัวเลขโดยตรง										**แบบคัดกรองมาตรฐาน**	
DD										.45**	.40**
DN	.61**									.41**	.49**
NC1	.68**	.65**								.59**	.52**
NC2	.51**	.62**	.66**							.50**	.56**
PAE	-.26**	-.30**	-.37**	-.36**						-.42**	-.39**
ระบบช่วยเหลือ										**แบบคัดกรองมาตรฐาน**	
IN1	.62**	.53**	.64**	.44**	-.25**					.41**	.34**
IN2	.56**	.53**	.64**	.62**	-.32**	.69**				.50**	.47**
SH	.47**	.50**	.55**	.53**	-.24**	.53**	.53**			.43**	.46**
UP	.42**	.40**	.54**	.54**	-.44**	.33**	.49**	.39**		.57**	.57**

หมายเหตุ *p<.05, **p<.001.

ข้อมูลจาก**ตารางที่ 4.4** แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ของแต่ละแบบคัดกรอง พบว่า โดยรวมแล้วตัวแปรแต่ละตัวมีความสัมพันธ์ทางบวกและลบระหว่างกันในระดับต่ำจนถึงปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับทั้งกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1 ต่ำที่สุดได้แก่ ความสัมพันธ์ทางลบระหว่างตัวแปร PAE กับ SH (-.18) และสูงที่สุดได้แก่ความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างตัวแปร DD กับ DN (.74) สำหรับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และต่ำที่สุดได้แก่ความสัมพันธ์ทางลบระหว่างตัวแปร PAE กับ DD (-.20) และสูงที่สุดได้แก่ความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างตัวแปร IN1 กับ IN2 (.66) สำหรับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

นอกจากนี้ตัวแปรของแบบคัดกรองที่พัฒนาขึ้นที่สัมพันธ์กับตัวแปรของแบบคัดกรองมาตรฐานน้อยที่สุด ได้แก่ PAE กับ NS5 (-.31) และมากที่สุด ได้แก่ NC1 กับ NS5 (.56) สำหรับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และน้อยที่สุด ได้แก่ IN1 กับ NS9 (.21) และมากที่สุด ได้แก่ NC2 กับ NS9 (.54) สำหรับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เช่นเดียวกัน ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ปรากฏไม่พบว่าสัมพันธ์กันสูงมากจนอาจเกิดปัญหา Multicollinearity ดังนั้นตัวแปรเหล่านี้จึงมีความเหมาะสมในการทดสอบโมเดลสมการโครงสร้างต่อไป

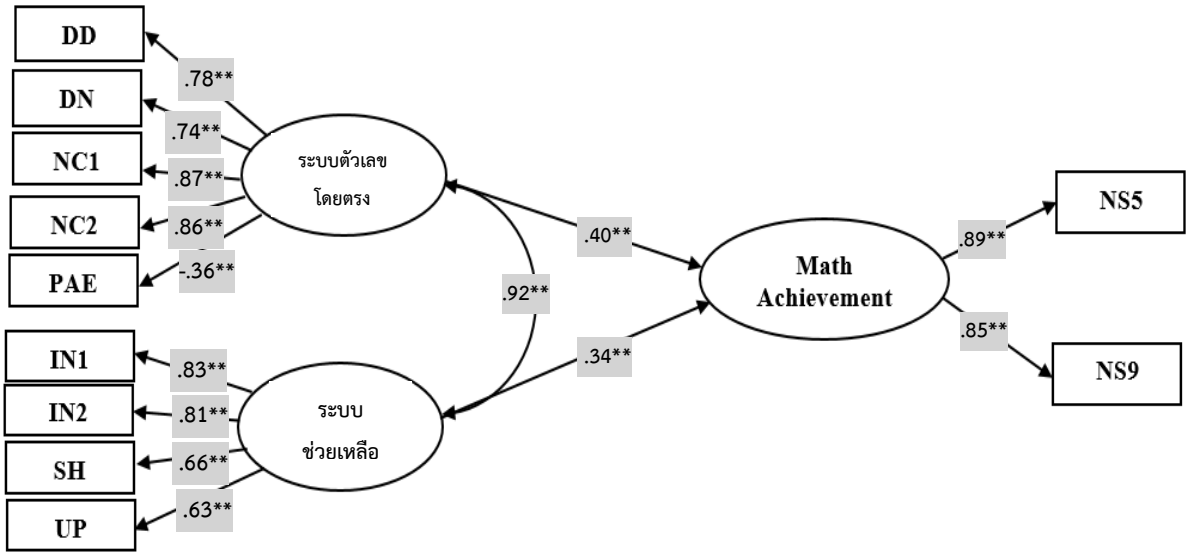
ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของแต่ละแบบคัดกรองจำแนกตามระบบและกับตัวแปรของแบบคัดกรองมาตรฐาน แบ่งตามระดับชั้น ($n_{อ.3}$= 238 กับ $n_{ป.1}$= 267)

ตัวแปร	DD	DN	NC1	NC2	PAE	IN1	IN2	SH	UP	NS5	NS9
ระบบตัวเลขโดยตรง											
DD		.35**	.53**	.32**	-.20**	.48**	.42**	.25**	.29**	.41**	.36**
DN	.74**		.53**	.56**	-.22**	.27**	.39**	.44**	.28**	.45**	.44**
NC1	.68**	.66**		.52**	-.28**	.52**	.58**	.36**	.45**	.56**	.45**
NC2	.56**	.60**	.68**		-.33**	.36**	.55**	.50**	.45**	.46**	.38**
PAE	-.22**	-.29**	-.36**	-.30**		-.21**	-.33**	-.20**	-.44**	-.31**	-.32**
ระบบช่วยเหลือ											
IN1	.62**	.65**	.64**	.42**	-.21**		.66**	.33**	.23**	.38**	.34**
IN2	.55**	.56**	.55**	.58**	-.20**	.67**		.42**	.39**	.39**	.41**
SH	.51**	.45**	.56**	.44**	-.18**	.60**	.51**		.29**	.48**	.36**
UP	.39**	.41**	.45**	.49**	-.35**	.30**	.42**	.34**		.47**	.52**
NS5	.32**	.24**	.42**	.36**	-.43**	.29**	.40**	.24**	.45**		.81**
NS9	.29**	.43**	.41**	.54**	-.37**	.21**	.37**	.42**	.45**	.64**	

หมายเหตุ *p<.05, **p<.001. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้านล่างแนวทแยง = นักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้านบนแนวทแยง = นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

4.3.2.2 การทดสอบความแตกต่างของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรระบบประมวลผลหลักที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข ระบบประมวลผลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข และภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ของนักเรียนทั้งหมด นักเรียนระดับอนุบาล และนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนต้น

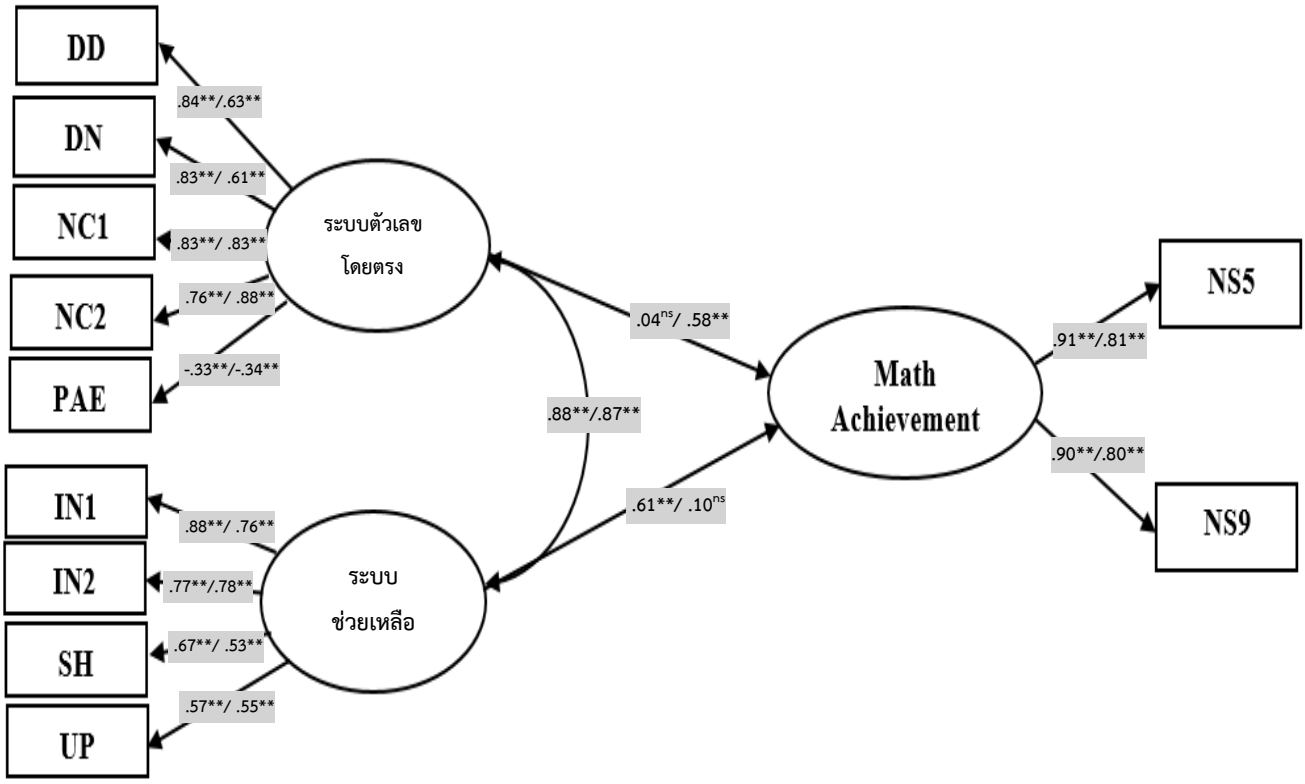
แผนภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าโมเดลตามสมมุติฐานการวิจัยสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีที่เกี่ยวข้อง (Chi-square = 62.76; RMSEA = .047; GFI = .98; AGFI = .95; CFI = .99) และ**แผนภาพที่ 4.2** ยังแสดงให้เห็นความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างสองระบบ กล่าวคือ ระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือ ยิ่งไปกว่านั้นทั้งสองระบบยังสัมพันธ์กับความสามารถทางคณิตศาสตร์ (Math achievement) ที่วัดจากแบบคัดกรองมาตรฐานชุดตัวเลขอีกด้วย โดยข้อมูลทั้งหมดมาจากทั้งนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 505 คน



แผนภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรระบบตัวเลขโดยตรง ระบบช่วยเหลือ และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด (N=500)

หมายเหตุ *p<.05, **p<.001; Chi-square = 62.76; RMSEA = .047; GFI = .98; AGFI = .95; CFI = .99

ข้อมูลจาก**แผนภาพที่ 4.3** แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือ ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองกลุ่มประชากร อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณารายกลุ่ม พบว่าระบบช่วยเหลือเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 แต่ระบบตัวเลขโดยตรงเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยความแตกต่างระหว่างความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในโมเดลของแต่ละกลุ่มประชากร สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ใน**ตารางที่ 4.5** ที่พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ระหว่างระบบ และทั้งสองระบบกับความสามารถทางคณิตศาสตร์นั้นแตกต่างกันระหว่างกลุ่มประชากร



แผนภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรระบบตัวเลขโดยตรง ระบบช่วยเหลือ และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 (n=238) และนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 (n=267)

หมายเหตุ *p<.05, **p<.001, ns = not significant.

ตารางที่ 4.5 โมเดลพื้นฐานเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1

โมเดล	Comparative model	χ^2	df	$\Delta\chi^2$	Δdf	Statistical significance	CFI	ΔCFI	GFI	ΔGFI
1. Configural model No equality constraints imposed	-	155.307	60	-	-	-	.975	-	.948	-
2. Measurement weights	2 vs 1	230.373	68	75.066	8	<.001	.940	.035	.922	.026
3. Structural weights	3 vs 1	246.493	70	109.67	10	<.001	.935	.040	.917	.031

กล่าวโดยสรุป เมื่อพิจารณาผลการทดสอบความตรงแบบ Concurrent validity โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นกับแบบคัดกรองชุดตัวเลข (แบบคัดกรองมาตรฐาน) พบว่าคะแนนจากทุกตัวแปรของทั้งระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นต่างสัมพันธ์กับคะแนนจากแบบคัดกรองชุดตัวเลขอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแบบคัดกรองที่พัฒนาขึ้นมีความตรงแบบ Concurrent validity

4.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ในด้านระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือ ระหว่างและภายในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

4.4.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ในด้านระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือระหว่างกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

ข้อมูลจาก**ตารางที่ 4.6** และ **4.7** แสดงให้เห็นว่านักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 มีคะแนนจากแบบคัดกรองต่ำกว่านักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในภาพรวมและรายตัวแปรย่อยของทั้งสองระบบ เช่นเดียวกันตัวแปร PAE ที่สะท้อนถึงร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของแบบคัดกรองเส้นจำนวน พบว่านักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 มีคะแนนความคลาดเคลื่อนฯ สูงกว่านักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยรายละเอียดจาก**ตาราง 4.7** แสดงให้เห็นเพิ่มเติมว่าความแตกต่างของคะแนนระหว่างชั้นเรียนโดยรวมถือว่าอยู่ในระดับมาก (.28) และเมื่อพิจารณารายตัวแปรย่อยพบว่านักเรียนทั้งสองระดับชั้นแตกต่างกันมากที่สุดที่ตัวแปร NC1 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับค่อนข้างมาก และแตกต่างกันน้อยที่สุดที่ตัวแปร PAE ถือว่าแตกต่างกันอยู่ในระดับน้อย (.04) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรต่างๆ ในแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นจากนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1 จำแนกเป็นกลุ่มนักเรียนปกติและกลุ่มเสี่ยงฯ

ตัวแปร	คะแนนเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)					
	นักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3			นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1		
	ปกติ (151 คน)	กลุ่มเสี่ยงฯ (87 คน)	รวม (238)	ปกติ (245 คน)	กลุ่มเสี่ยงฯ (22 คน)	รวม (267)
ระบบตัวเลขโดยตรง						
DD	21.17 (8.74)	14.80 (11.08)	18.84 (10.12)	25.69 (6.58)	20.32 (8.23)	25.24 (6.87)
DN	19.93 (8.47)	12.90 (10.07)	17.36 (9.68)	23.66 (8.92)	18.41 (10.26)	23.23 (9.13)
PAE	19.07 (8.26)	19.90 (8.14)	19.37 (8.21)	15.48 (8.22)	21.36 (8.40)	15.96 (8.38)
NC1	33.33 (19.58)	19.59 (19.74)	28.31 (20.69)	49.10 (15.47)	37.23 (21.11)	48.12 (16.29)
NC2	24.19 (16.78)	16.31 (16.32)	21.31 (17.01)	36.47 (19.09)	22.55 (14.24)	35.32 (19.10)
ระบบช่วยเหลือ						
IN1	24.69 (8.51)	17.66 (11.98)	22.12 (19.46)	27.88 (6.22)	24.27 (9.14)	27.58 (6.56)
IN2	19.07 (7.23)	14.01 (9.19)	17.22 (8.35)	24.04 (7.46)	20.18 (8.81)	23.72 (7.64)
SH	20.09 (8.58)	13.06 (10.26)	17.52 (9.82)	24.20 (8.77)	20.73 (9.31)	23.92 (8.85)
UP	2.95 (4.10)	1.61 (3.76)	2.46 (4.02)	7.82 (6.22)	5.23 (6.02)	7.61 (6.23)

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบระหว่างระดับชั้น (อ.3 กับ ป.1) จำแนกตามคะแนนของตัวแปรตามจากแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น

ตัวแปร		*F*(df)	*p*	ขนาดอิทธิพล (partial eta^2)
ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม			
ระดับชั้น	โดยรวม[1]	21.29(9)	<.01	.28
	DD	70.49(1)	<.01	.12
	DN	49.16(1)	<.01	.09
	PAE	21.25(1)	<.01	.04
	NC1	144.48(1)	<.01	.22
	NC2	75.03(1)	<.01	.13
	IN1	50.54(1)	<.01	.09
	IN2	83.35(1)	<.01	.14
	SH	59.38(1)	<.01	.11
	UP	118.35(1)	<.01	.19
	SH	70.49(1)	<.01	.12

ตัวแปร		*F*(df)	*p*	ขนาดอิทธิพล (partial eta^2)
ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม			
	UP	49.16(1)	<.01	.09

หมายเหตุ [1]Wilks' Lambda

4.4.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ในด้านระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือภายในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ที่มีความเสี่ยงภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ปกติ

ข้อมูลจาก**ตารางที่ 4.6** และ **4.8** แสดงให้เห็นว่านักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กลุ่มเสี่ยงฯ มีคะแนนจากแบบคัดกรองต่ำกว่านักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในภาพรวมและรายตัวแปรย่อยของทั้งสองระบบ อย่างไรก็ตามตัวแปร PAE ของนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ไม่แตกต่างกัน โดยรายละเอียดจาก**ตาราง 4.8** แสดงให้เห็นเพิ่มเติมว่าความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่ม (ปกติกับกลุ่มเสี่ยงฯ) โดยรวมถือว่าอยู่ในระดับปานกลาง (.18) และเมื่อพิจารณารายตัวแปรย่อยพบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันมากที่สุดที่ตัวแปร DN และ SH ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับปานกลาง และแตกต่างกันน้อยที่สุดที่ตัวแปร UP ถือว่าแตกต่างกันอยู่ในระดับน้อย (.04) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบระหว่างระดับกลุ่ม (ปกติ กับ กลุ่มเสี่ยงฯ) นักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 จำแนกตามคะแนนของตัวแปรตามจากแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น

ตัวแปร		*F*(df)	*p*	ขนาดอิทธิพล (partial eta^2)
ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม			
กลุ่ม	โดยรวม	5.59(9)	<.01	.18
	DD	23.94(1)	<.01	.09
	DN	33.05(1)	<.01	.12
	PAE	0.56(1)	.46	<.01
	NC1	27.04(1)	<.01	.10
	NC2	12.40(1)	<.01	.05
	IN1	27.78(1)	<.01	.11
	IN2	22.09(1)	<.01	.09
	SH	31.95(1)	<.01	.12
	UP	6.30(1)	.01	.03

หมายเหตุ [1]Wilks' Lambda

4.4.3 ผลการเปรียบเทียบภายในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่มีความเสี่ยงภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ปกติ

ข้อมูลจาก**ตารางที่ 4.6** และ **4.9** แสดงให้เห็นว่านักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มเสี่ยงฯ มีคะแนนจากแบบคัดกรองต่ำกว่านักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในภาพรวมและรายตัวแปรย่อยของทั้งสองระบบ ส่วนตัวแปร PAE ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มเสี่ยงมีคะแนนความคลาดเคลื่อนฯ มากกว่าคะแนนของนักเรียนระดับชั้นเดียวกันแต่ปกติ อย่างไรก็ตามตัวแปร SH และ UP ต่างก็ไม่พบว่ามีคะแนนแตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นนักเรียนกลุ่มเสี่ยงหรือปกติ โดยรายละเอียดจาก**ตาราง 4.9** ซึ่งแสดงให้เห็นเพิ่มเติมว่าความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่ม (ปกติกับกลุ่มเสี่ยงฯ) โดยรวมถือว่าอยู่ในระดับน้อย (.09) และเมื่อพิจารณารายตัวแปรย่อยพบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันมากที่สุดที่ตัวแปร DD ถือว่าอยู่ในระดับน้อย (.05) และแตกต่างกันน้อยที่สุดที่ตัวแปร IN1 ถือว่าแตกต่างกันอยู่ในระดับน้อย (.02) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบระหว่างระดับกลุ่ม (ปกติ กับ กลุ่มเสี่ยงฯ) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำแนกตามคะแนนของตัวแปรตามจากแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น

ตัวแปร		*F*(df)	*p*	**ขนาดอิทธิพล**
ตัวแปรต้น	**ตัวแปรตาม**			**(partial eta^2)**
กลุ่ม	**โดยรวม**	2.72(9)	<.01	.09
	DD	12.87	<.01	.05
	DN	6.83	<.01	.03
	PAE	10.30	<.01	.04
	NC1	11.13	<.01	.04
	NC2	11.13	<.01	.04
	IN1	6.21	.01	.02
	IN2	5.22	.02	.02
	SH	3.14	.08	.01
	UP	3.54	.06	.01

หมายเหตุ [1]Wilks' Lambda

กล่าวโดยสรุปผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ในด้านระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือ ระหว่างและภายในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 พบว่าโดยรวมแล้วนักเรียนทั้งสองระบบชั้นมีระบบตัวเลขโดยตรงและช่วยเหลือแตกต่างกันโดยนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ได้คะแนนมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มภายในระดับชั้นเดียวกัน พบว่านักเรียนกลุ่มเสี่ยงได้คะแนนทั้งสอบระบบต่ำกว่านักเรียนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ความแตกต่างอยู่ในระดับน้อยจนถึงปานกลาง

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการศึกษาเชิงจิตประสาทวิทยาและการพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบคัดกรองที่เน้นประเมินกระบวนการทางปัญญาทั้งระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดชลบุรี และทดสอบประสิทธิภาพของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นโดยเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแต่ละตัวแปรของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นระหว่างกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 เทียบกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแต่ละตัวของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นระหว่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กลุ่มเสี่ยงฯ กับปกติ และเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแต่ละตัวของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นระหว่างนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มเสี่ยงฯ กับปกติ

ผู้วิจัยพัฒนาแบบคัดกรองฯ ขึ้นโดยแบ่งโครงสร้างของแบบคัดกรองออกเป็น 2 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบตัวเลขโดยตรง ซึ่งแบ่งออกเป็นความสามารถทางตัวเลขด้านย่อยจำนวน 4 ด้านหลัก ประกอบไปด้วย ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของจำนวนจุด ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของจำนวนจุดและตัวเลข ด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของตัวเลขหนึ่งหลักและสองหลัก และด้านการเปรียบเทียบความมากน้อยของตัวเลขบนเส้นจำนวน และระบบช่วยเหลือ หรือสนับสนุนการประมวลผลข้อมูลตัวเลข ได้แก่ ส่วนบริหารจัดการสมอง ซึ่งแบ่งออกเป็นด้านย่อยจำนวน 3 ด้านหลัก ประกอบไปด้วย ด้านความสามารถในการยับยั้ง ด้านความสามารถในการสลับเปลี่ยนความใส่ใจ และ ด้านความสามารถในการปรับข้อมูลในความจำขณะคิดให้เป็นปัจจุบัน

สุดท้ายได้แบบคัดกรองฯ จำนวน 7 แบบ กำหนดระยะเวลาในการทำทั้งหมด 33 นาที ได้แก่

(1) แบบคัดกรองที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก ซึ่งแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนละ 60 ข้อ รวมเป็น 130 ข้อ กำหนดเวลาในการทำ 5 นาที

(2) แบบคัดกรองที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนละ 30 ข้อ รวมเป็น 60 ข้อ กำหนดเวลาในการทำ 5 นาที

(3) แบบคัดกรองที่ 3 เส้นจำนวน จำนวน 12 ข้อ กำหนดเวลาในการทำ 5 นาที

(4) แบบคัดกรองที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนละ 30 ข้อ รวมเป็น 60 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำ 5 นาที

(5) แบบคัดกรองที่ 5 ตัวเลขสลับสี จำนวน 35 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำ 3 นาที

(6) แบบคัดกรองที่ 6 ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ (ชุดตัวเลข) แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนละ 16 ข้อ รวมเป็น 32 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำ 5 นาที

(7) แบบคัดกรองที่ 7 บวกลบตัวเลขในใจ จำนวน 20 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำ 5 นาที

แบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นนี้ผ่านการศึกษานำร่องและทดลองใช้เครื่องมือสองครั้ง โดยครั้งที่ 1 ณ โรงเรียนบ้านประตง (ศูนย์อนุบาล อำเภอสอยดาว) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 2 และ 3 จำนวนทั้งหมด 62 คน ซึ่งผลการวิเคราะห์พบค่าความเที่ยงโดยรวมอยู่ในระดับสูงมาก และค่าความตรงแบบ Concurrent validity กับแบบคัดกรองมาตรฐาน (ผลรวมตัวเลขและสัญลักษณ์) โดยผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความตรงฯ อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำจนถึงปานกลาง ต่อมาผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ต่อผู้เชี่ยวชาญในต่างประเทศจำนวน 4 ท่าน ก่อนที่จะพัฒนาแบบคัดกรองเพิ่มจากเดิม 3 แบบ เป็น 7 แบบในการศึกษานำร่องและทดลองใช้ครั้งที่ 2 ณ โรงเรียนบ้านหนองเสือช้าง จังหวัดชลบุรี จำนวน 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ซึ่งผลการวิเคราะห์พบค่าความเที่ยงโดยรวมอยู่ในระดับสูงมาก และค่าความตรงแบบ Concurrent validity กับแบบคัดกรองมาตรฐาน (ผลรวมตัวเลขและสัญลักษณ์) โดยผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความตรงฯ อยู่ในระดับต่ำจนถึงปานกลาง

หลังจากได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการพิจาณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 จำนวน คน และนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน คน รวมทั้งหมด 500 คนจากโรงเรียนในจังหวัดชลบุรีจำนวน 12 โรง ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงและความตรง พบว่า ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยค่า Cronbach’s Alpha อยู่ในระดับสูงและสูงมาก ส่วนความตรงเชิงโครงสร้างของแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องระหว่างโมเดลและข้อมูลเชิงประจักษ์ เช่นเดียวกันความตรงแบบ Concurrent valdiity ซึ่งพบว่าแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นสัมพันธ์กับแบบคัดกรองมาตรฐานโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับปานกลาง โดยขนาดความสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับระดับการศึกษา

ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 6 แบบระหว่างนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กับประถมศึกษาปีที่ 1 พบว่านักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ได้คะแนนต่ำกว่านักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในทุกตัวแปรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หรือต่ำกว่าทั้งสองระบบของกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขและการคำนวณ โดยเฉพาะความสามารถในการเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งหลัก (Number comparision: Single digit หรือ NC1) ซึ่งนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ได้คะแนนต่ำกว่านักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบภายในระดับชั้นเดียวกันระหว่างนักเรียนกลุ่มเสี่ยงกับปกติ ผลการวิเคราะห์พบว่านักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กลุ่มเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ได้คะแนนต่ำกว่ากลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกือบทุกตัวแปร ยกเว้นตัวแปร PAE ที่พบว่านักเรียนฯ ทั้งสองกลุ่มมีความ

คลาดเคลื่อนในการประมาณค่าตัวเลขไม่แตกต่างกัน สุดท้ายเมื่อเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มเสี่ยงฯ กับปกติ พบว่า นักเรียนกลุ่มเสี่ยงฯ ได้คะแนนต่ำกว่ากลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเป็นส่วนมาก ยกเว้นตัวแปร SH และ UP ของระบบช่วยเหลือที่พบว่าทั้งสองกลุ่มได้คะแนนไม่แตกต่างกัน

กล่าวโดยสรุป ผลการวิจัยสนับสนุนสมมติฐานทั้ง 4 ข้อของการวิจัย โดยชุดแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยงและความตรง ตัวแปรทั้งสองระบบของแบบคัดกรองฯ สามารถจำแนกเด็กสองกลุ่มอายุ สามารถจำแนกระหว่างเด็กกลุ่มเสี่ยงฯ และปกติช่วงวัยอนุบาล และสามารถจำแนกระหว่างเด็กกลุ่มเสี่ยงฯ และปกติช่วงวัยประถมศึกษาตอนต้นได้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 พัฒนาการทางตัวเลขและการคำนวณ

ชุดแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ ถูกออกแบบโดยพิจารณาถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางตัวเลขและการคำนวณ (Dehaene et al., 1998; Von Aster & Shalev, 2007) กล่าวคือ โครงสร้างของชุดแบบคัดกรองฯ คำนึงถึงระบบตัวเลขอย่างประมาณ หรือ ANS และระบบตัวเลขอย่างแม่นยำ หรือ ENS (Izard et al., 2009) โดยระบบแรกเป็นระบบที่ติดตัวมาแต่กำเนิด ส่วนระบบหลังเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับปัญหาหรือสถานการณ์รอบตัวที่ต้องใช้ความแม่นยำในการแจงนับ หรือคำนวณตัวเลขที่มีความซับซ้อน โดยระบบ ANS ได้แก่ แบบคัดกรองที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข และแบบคัดกรองที่ 3 เส้นจำนวน ซึ่งเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ต้องใช้เวลาและพลังงานความใส่ใจมากกว่าเด็กปกติในการแก้ปัญหาประมาณค่าตัวเลขจากจำนวนจุด (Mazzocco, Feigenson, & Halberda, 2011; Olsson, Östergren, & Träff, 2016; Skagerlund & Träff, 2014) หรือประมาณระยะและลำดับตัวเลขบนเส้นจำนวน (K. Kucian et al., 2011; van't Noordende, van Hoogmoed, Schot, & Kroesbergen, 2016) ส่วนระบบ ENS ได้แก่ แบบคัดกรองฯ ที่เหลือ ซึ่งต้องอาศัยความสามารถในการเปรียบเทียบจำนวนตัวเลขอย่างเฉพาะเจาะจง เช่น เปรียบเทียบความมากน้อยและขนาดของตัวเลข เพื่อประโยชน์ในการคำนวณตัวเลขต่อไป เช่น การบวกเลขในแบบคัดกรองที่ 7 บวกลบตัวเลขในใจ (Mussolin, Mejias, & Noël, 2010; Mussolin, Volder, et al., 2010) เป็นต้น

นอกจากนี้ชุดแบบคัดกรองยังสร้างขึ้นโดยคำนึงถึงพัฒนาการทางตัวเลขและการคำนวณที่ต่อเนื่องตามแนวคิดของ Dehaene (1992) หรือ โมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสามสำหรับกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข (Triple-code model of numerical cognition) โดยชุดแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นนี้เน้นด้านการแทนจำนวนด้วยตัวเลข และด้านการแทนความมากน้อยเชิงเทียบ เป็นหลัก และสุดท้ายชุดแบบคัดกรองที่พัฒนาขึ้นออกแบบโดยคำนึงถึงระบบตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายชิ้นในปัจจุบันที่

พบว่าไม่เพียงแต่ความเข้าใจเรื่องตัวเลขเท่านั้นที่อาจส่งผลต่อความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ แต่ละระบบช่วยเหลือหรือสนับสนุนเป็นระบบที่สำคัญในการเอื้อให้เข้าถึงข้อมูลที่เก็บจำเอาไว้ระยะยาว เช่น วิธีการหรือกระบวนการสำหรับคำนวณตัวเลข ข้อเท็จจริง แนวคิดทฤษฎีต่างๆ ด้านการคำนวณ (Cragg & Gilmore, 2014) รวมถึงระบบช่วยเหลืออื่นๆ เช่น ส่วนบริหารจัดการ ความใส่ใจ ความจำขณะคิด (Von Aster & Shalev, 2007) ความสามารถทางภาพและมิติสัมพันธ์ (Lambert & Spinath, 2018; Szucs, Devine, Soltesz, Nobes, & Gabriel, 2013) เป็นต้น

ในเชิงพัฒนาการทางตัวเลขและการคำนวณโดยพิจารณาจากโมเดลพัฒนาการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข 4 ขั้น (Four-step-developmental model of numerical cognition) (Von Aster & Shalev, 2007) เป็นกรอบในการอภิปรายผลการวิจัยจะพบว่า กลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1 มีความแตกต่างกันในด้านพัฒนาการทางตัวเลขโดยในช่วงอนุบาลเด็กใช้ระบบ ANS มากกว่าในการทำความเข้าใจจำนวนและการคำนวณ แต่เมื่อเด็กเข้าเรียนในระดับประถมศึกษา เด็กเริ่มแนวคิดเกี่ยวกับตัวเลขและการคำนวณจากในห้องเรียนทำให้เด็กเริ่มใช้ระบบ ENS มากขึ้น และที่สำคัญเด็กในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เริ่มเข้าใจความมากน้อยของจำนวนเข้าใจลำดับ ซึ่งพิจารณาจากคะแนนแบบคัดกรองเส้นจำนวนจะเห็นได้ว่าเด็กระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีขนาดความสัมพันธ์ระหว่าง PAE และความสามารถทางคณิตศาสตร์ (NS5) มากกว่าเด็กระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 อย่างไรก็ตามกลับพบว่าเด็กในระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ใช้ระบบตัวเลขโดยตรงน้อยกว่าระบบช่วยเหลือในการคำนวณตัวเลข ส่วนเด็กในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ใช้ระบบตัวเลขโดยตรงเป็นหลักในการคำนวณตัวเลข ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเด็กในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีพัฒนาการระบบตัวเลขโดยตรงที่สมบูรณ์หรือมีประสิทธิภาพมากกว่า มีความเข้าใจในเรื่องจำนวนและตัวเลขมากกว่า รวมถึงมีความสามารถในการเชื่อมโยงจำนวนและความมากน้อยของตัวเลขได้มากกว่า (Number-magnitude mapping) (Wong, Ho, & Tang, 2017) จึงทำให้เด็กกลุ่มอายุนี้อิงระบบช่วยเหลือน้อยลง ตรงกันข้ามกับเด็กในระดับอนุบาลปีที่ 3 ที่กำลังพัฒนาระบบตัวเลขโดยตรงจึงต้องอาศัยระบบช่วยเหลือเป็นหลักในการคำนวณตัวเลข (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Gilmore et al., 2018)

5.2.2 ความแตกต่างระหว่างนักเรียนกลุ่มเสี่ยงภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์กับกลุ่มปกติ

ข้อมูลผลการวิจัยในหลายส่วนของงานวิจัยชิ้นนี้ ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างนักเรียนกลุ่มเสี่ยงฯ กับกลุ่มปกติ งานวิจัยชิ้นนี้พบถึงความสำคัญของทั้งระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือต่อความเสี่ยงต่อภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลและผลการวิจัยหลายชิ้นที่ผ่านมา (Butterworth, 2018; Gilmore et al., 2018; Kaufmann et al., 2013) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในรายละเอียดจะพบว่าในช่วงวัยอนุบาล เด็กนักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ 3 กลุ่มเสี่ยงฯ กับกลุ่มปกติแตกต่างกันมากที่สุดในเรื่องความสามารถในการ

เปรียบเทียบระหว่างจำนวนจุดกับตัวเลข ซึ่งอาจตีความได้ว่ากระบวนการเชื่อมโยง (Mapping) ระหว่างจำนวนและระบบสัญลักษณ์หรือตัวเลขอารบิกเป็นประเด็นบกพร่องหลัก เช่นเดียวกับความสามารถในการสลับเปลี่ยนความใส่ใจซึ่งต้องอาศัยความสามารถในการเปรียบเทียบตัวเลขอารบิกและต้องจดจำเงื่อนไขเพื่อสามารถทำกิจกรรมเปรียบเทียบตัวเลขทั้งสองเงื่อนไขสลับไปมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งก็พบว่าเด็กกลุ่มเสี่ยงฯ ทำได้แย่กว่าเด็กปกติในระดับปานกลางเช่นกัน

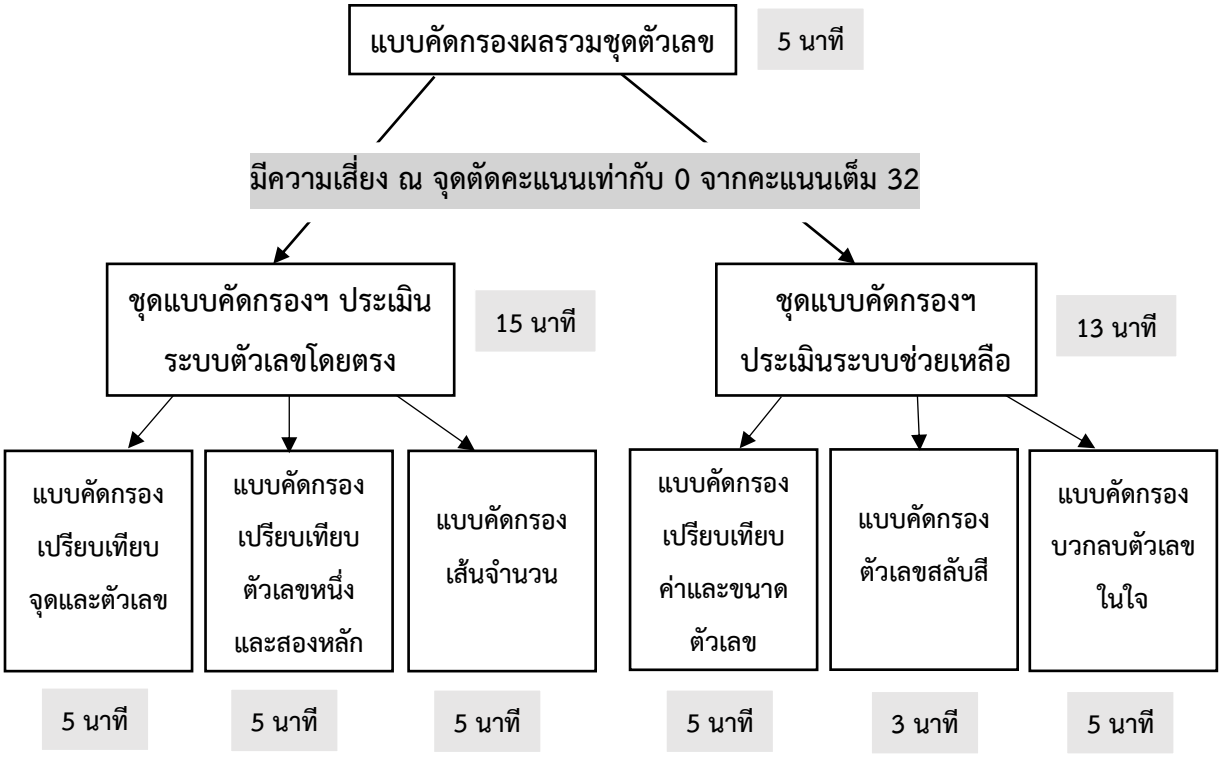
สำหรับกลุ่มนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มเสี่ยงฯ และกลุ่มปกติ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างระหว่างทั้งสองกลุ่มลดลงทั้งสองระบบจากแตกต่างระดับปานกลางในกลุ่มเด็กอนุบาลเป็นเพียงแตกต่างระดับน้อยในกลุ่มเด็กประถมต้น อย่างไรก็ตามเมื่อแบบคัดกรองฯ มีความซับซ้อนมากขึ้นเช่นเลขสองหลักเด็กกลุ่มเสี่ยงฯ ทำคะแนนเฉลี่ยได้ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม (22.55 จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน) สะท้อนถึงปัญหาหลักในระบบตัวเลขโดยตรงของเด็กกลุ่มเสี่ยงฯ ที่ไม่มีประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับระบบช่วยเหลือที่พบว่าเด็กวัยนี้ไม่ว่ากลุ่มเสี่ยงหรือปกติ ถือว่าคะแนนเฉลี่ยเกินครึ่งทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายชิ้นที่ผ่านมาเช่นกันที่พบความบกพร่องในการรับรู้ จำแนก และความเข้าใจตัวเลข (Number sense) (Brankaer et al., 2017; Castaldi, Mirassou, Dehaene, Piazza, & Eger, 2018; Landerl, 2013) ตัวชี้วัดหรือตัวแปรที่สำคัญสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนต้น โดยเฉพาะปีที่ 1 ได้แก่ ความสามารถในการเปรียบเทียบหรือประมาณจำนวนอย่างคร่าวๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของระบบ ANS ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าเด็กประถมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มเสี่ยงฯ และกลุ่มปกติแตกต่างกันมากที่สุดในประเด็นนี้ โดยความสามารถนี้เป็นความสามารถที่ติดตัวมาแต่กำเนิด และพัฒนาตั้งแต่ช่วงเป็นทารก เด็กกลุ่มเสี่ยงฯ ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม (20.32 จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน)

5.2.3 แนวทางการนำชุดแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาไปใช้

การออกแบบแบบคัดกรองมีข้อควรคำนึงหลายประการนอกเหนือจากแนวคิดหรือทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบแล้ว ยกตัวอย่างเช่น คณะกรรมการวิจัยของสมาคมจิตเวชประสาทวิทยาสหรัฐอเมริกา (Larner, 2017; Ransohoff & Feinstein, 1978) ให้ข้อเสนอแนะเอาไว้ว่า 1) แบบคัดกรองควรใช้เวลาในการทำน้อยกว่า 15 นาที โดยบุคลากรที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะได้รับการฝึกมาหรือไม่ก็ตาม 2) แบบคัดกรองควรประกอบด้วยด้านสำคัญที่สะท้อนความผิดปกติทางปัญญาหลักๆ 3) แบบคัดกรองควรมีความเที่ยงและความตรงในระดับที่เหมาะสม และ 4) แบบคัดกรองควรสามารถตรวจพบความผิดปกติทางปัญญาที่ทีมจิตเวชพบเจอได้ทั่วไป

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดแบบคัดกรองฯ ซึ่งประกอบไปด้วยแบบคัดกรองฯ ย่อยจำนวน 6 แบบ ซึ่งใช้เวลาทั้งหมดกว่า 28 นาที ดังนั้นในการนำไปใช้อาจจำเป็นต้องเลือกใช้ตามความเหมาะสมของเวลาที่มี กลุ่มประชากรที่ต้องการจะคัดกรอง บุคลากร และทรัพยากรที่มี ยกตัวอย่างเช่น ผู้นำไปใช้อาจเริ่มจากการใช้แบบคัดกรองมาตรฐานผลรวมชุดตัวเลข เพื่อประเมินว่ามีความเสี่ยงหรือไม่ โดยงานวิจัยชิ้นนี้พิจารณาคะแนน 0 คะแนนจากคะแนนเต็ม 32 เป็นคะแนนจุดตัด (Cut-off) ว่ากลุ่มตัวอย่างมีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่อง

ทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งเมื่อพบว่ามีความเสี่ยงผู้นำไปใช้สามารถประเมินเพิ่มเติมโดยให้ทำแบบคัดกรองที่เหลือทั้ง 6 เพื่อพิจารณาว่าความเสี่ยงฯ นั้นน่าจะมาจากความบกพร่องในระบบใด เช่น ระบบตัวเลขโดยตรง ในด้านใด และ/หรือ ระบบช่วยเหลือในด้านใด เป็นต้น พิจารณา**แผนภาพ 5.1** ประกอบความเข้าใจ



แผนภาพ 5.1 แผนผังแสดงแนวทางการใช้แบบคัดกรองฯ เพื่อประเมินความเสี่ยงภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

การพิจารณาเลือกใช้แบบคัดกรองฯ อาจเลือกโดยอิงจากผลการวิจัยชิ้นนี้ โดยพิจารณาประกอบกับข้อมูลที่ปรากฏใน**ตารางที่ 5.1** ด้านล่าง กล่าวคือ ค่า AUC ที่อยู่ระหว่าง .60 ถึง .70 ถือว่ามีความสามารถในการจำแนกกลุ่มเสี่ยงฯ กับปกติอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (Poor) และค่า AUC ที่อยู่ระหว่าง .70 ถึง .80 ถือว่ามีความสามารถในการจำแนกกลุ่มเสี่ยงฯ กับปกติอยู่ในระดับยอมรับได้ (Fair) ดังนั้นการนำแบบคัดกรองฯ ย่อยไปใช้กับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 ควรพิจารณาใช้แบบคัดกรองย่อยฯ ลำดับที่ 1 และ 4 สำหรับประเมินระบบตัวเลขโดยตรงของนักเรียน และแบบคัดกรองฯ ย่อย ลำดับที่ 8 สำหรับประเมินระบบช่วยเหลือ สำหรับการนำไปใช้ในกลุ่ม

นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ควรพิจารณาใช้แบบคัดกรองฯ ย่อยเพื่อประเมินระบบตัวเลขโดยตรงเป็นหลัก โดยควรเลือกใช้แบบคัดกรองลำดับที่ 2 3 และ 5

ตารางที่ 5.1 ค่า AUC ของนักเรียนทั้งสองระดับชั้น (รวม) นักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 1

ลำดับ	แบบคัดกรองฯ ย่อย	AUC $_{รวม}$	AUC $_{อ.3}$	AUC $_{ป.1}$
1	แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งหลัก	.75	.70	.67
2	แบบคัดกรองเปรียบเทียบตัวเลขสองหลัก	.71	.66	.72
3	แบบคัดกรองเปรียบเทียบจำนวนจุด	.73	.67	.71
4	แบบคัดกรองเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข	.72	.70	.67
5	แบบคัดกรองเส้นจำนวน	.62	.53	.70
6	แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข – หนึ่งหลัก	.71	.68	.61
7	แบบคัดกรองเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข – สองหลัก	71	.64	.65
8	แบบคัดกรองตัวเลขสลับสี	.72	.70	.63
9	แบบคัดกรองบวกลบตัวเลขในใจ	.72	.67	.62

5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะนำสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

ชุดแบบคัดกรองที่พัฒนาขึ้นครอบคลุมแนวคิดและทฤษฎีในปัจจุบัน โดยคำนึงถึงทั้งพัฒนาการทางตัวเลขและการคำนวณของเด็กปฐมวัยและประถมศึกษา รวมถึงคำนึงถึงธรรมชาติของการทำงานของสมองในการประมวลผลข้อมูลตัวเลขที่พบว่าต้องอาศัยทั้งพื้นที่หรือเครือข่ายสมองที่เกี่ยวข้องกับการเข้าใจตัวเลขโดยตรง และระบบช่วยเหลือเมื่อสถานการณ์มีความซับซ้อนมากขึ้น (Karin Kucian, 2016; McCaskey et al., 2018) เช่น การบวกลบ การคำนวณตัวเลขหลายหลัก การคิดเลขในใจ การระลึกถึงสูตรคำนวณ หรือการตีความผลการคำนวณ เป็นต้น อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่างานวิจัยชิ้นนี้จะครอบคลุมตัวแปรสำคัญที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา งานวิจัยชิ้นนี้ยังขาดการพิจารณาตัวแปรอื่นๆ ที่อาจส่างผลต่อการตีความผลการวิจัย ยกตัวอย่างเช่น ความวิตกกังวล ความสามารถในการประสานกันของตากับมือ ระดับสติปัญญา ความจำระยะยาว หรือแม้แต่ความสามารถทางภาพและมิติสัมพันธ์ เป็นต้น

ปัจจุบันเกณฑ์การประเมินความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ยังมีข้อสงสัย (Haberstroh & Schulte-Körne, 2019) งานวิจัยเรื่องนี้เลือกใช้แบบคัดกรองผลรวมชุดตัวเลข (Number sets test) เนื่องด้วยเป็นแบบคัดกรองที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย มีความตรงและความเที่ยง และไม่มีข้อจำกัดเรื่องการใช้ภาษาในการทำแบบคัดกรองฯ (Culture free หรือ Non-verbal test) และถูกใช้ในกลุ่มเด็กปฐมวัยอีกด้วย (Geary et

al., 2009) แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบคัดกรองผลรวมชุดตัวเลข พบว่าคะแนนของนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 เท่ากับ 0 คะแนนมากถึงร้อยละ 36.6 ส่วนคะแนนของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 เท่ากับ 0 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 8.2 เท่านั้น ผลการวิเคราะห์เช่นนี้ทำให้เกิดการแจกแจงข้อมูลแบบ Floor effect หรือนักเรียนส่วนมากได้คะแนนน้อย ซึ่งอาจสะท้อนถึงข้อสอบในแบบคัดกรองยากเกินไปสำหรับเด็กวัยอนุบาล ดังนั้นงานวิจัยชิ้นต่อไปควรพิจารณาสร้างข้อสอบสำหรับชุดตัวเลขรวมกันได้ “3” เพิ่มเติม นอกเหนือจากชุดตัวเลขรวมกันได้ “5” และ “9” ที่มีอยู่แต่เดิม นอกจากนี้ผู้วิจัยอาจพิจารณาเกณฑ์การประเมินกลุ่มเด็กที่มีความเสี่ยงฯ โดยพิจารณาจากเกณฑ์วินิจฉัยอื่นประกอบกัน เช่น ผลการวินิจฉัยทางการแพทย์ ผลจากแบบประเมินความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบอื่นๆ คลื่นไฟฟ้าสมอง ผลการเรียนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน เป็นต้น สุดท้ายถึงแม้แบบคัดกรองมาตรฐานที่ใช้สำหรับการแบ่งกลุ่มเสี่ยงฯ และกลุ่มปกติของการวิจัยนี้ จะมีข้อจำกัดเรื่อง Floor effect อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากคะแนนมาตรฐานแล้วเด็กกลุ่มเสี่ยงฯ มีคะแนนจากแบบคัดกรองชุดตัวเลขต่ำกว่า 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สอดคล้องกับเกณฑ์วินิจฉัยที่ปรากฏใน Haberstroh and Schulte-Körne (2019)

งานวิจัยนี้เลือกออกแบบให้แบบคัดกรองเหมาะสำหรับการตอบด้วยกระดาษและดินสอ (Paper-and-pencil based) เนื่องจากความสะดวกในการบริหารจัดการ อย่างไรก็ตามแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นนี้มีค่าพารามิเตอร์ที่จำกัด เนื่องจากขาดข้อมูลเรื่องเวลาหรือความรวดเร็วที่เด็กแต่ละคนใช้ในการทำแบบคัดกรองฯ ซึ่งเวลาการตอบสนองนี้สามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น Interference score เป็นต้น (Cappelletti, Freeman, & Butterworth, 2011; Gilmore, Keeble, Richardson, & Cragg, 2015) ดังนั้นงานวิจัยครั้งต่อไป อาจพิจารณาสร้างชุดแบบคัดกรองฯ ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อสะดวกในการเลือกใช้ชุดย่อยแบบคัดกรอง และการคำนวณค่าพารามิเตอร์ได้อย่างหลากหลาย รวมถึงแสดงผลลัพธ์แก่ผู้ถูกคัดกรองได้ในทันที

ประเด็นสุดท้าย ชุดแบบคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับแนวคิดในปัจจุบันที่กล่าวถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์มีหลากหลาย (Reigosa-Crespo, 2019) ซึ่งผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของผู้ถูกคัดกรองแต่ละคนผ่านแต่ละด้านย่อยของแบบคัดกรองฯ ถือว่ามีประโยชน์ต่อการวางแผนการรักษาและการติดตามระยะยาว โดยกลุ่มเสี่ยงฯ แต่ละคนอาจมีความผิดปกติหรือล่าช้าในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งอาจเป็นผลมาจากระบบทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลตัวเลขแต่ละด้านมีปัญหาที่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาจากผลการวิจัยนี้ พบว่าเด็กระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 กว่าร้อยละ 37 อยู่ในกลุ่มเสี่ยงฯ แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบว่าปัญหาหลักมาจากระบบช่วยเหลือ ซึ่งอาจไม่ได้มาจากระบบตัวเลขโดยตรง ดังนั้นการส่งเสริมพัฒนาการด้านตัวเลข โดยมุ่งออกแบบกิจกรรมที่เน้นสร้างความสามารถด้านการบริหารจัดการของสมอง ด้านความใส่ใจ หรือด้านอื่นๆ ในระบบช่วยเหลือน่าจะเป็นการแก้ไขปัญหาที่ตรงจุดและมีประสิทธิภาพ (Layes, Lalonde, Bouakkaz, & Rebai, 2018)

ผลผลิต (Output)

1. ได้ชุดแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ครอบคลุมระบบตัวเลขโดยตรงและระบบช่วยเหลือที่สัมพันธ์กับการประมวลผลตัวเลขและการคำนวณ โดยชุดแบบคัดกรองนี้ประกอบไปด้วยแบบคัดกรองฯ ย่อยจำนวน 6 แบบ ได้แก่

    1.1. แบบคัดกรองที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก ซึ่งแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนละ 60 ข้อ รวมเป็น 130 ข้อ กำหนดเวลาในการทำ 5 นาที
    1.2. แบบคัดกรองที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนละ 30 ข้อ รวมเป็น 60 ข้อ กำหนดเวลาในการทำ 5 นาที
    1.3. แบบคัดกรองที่ 3 เส้นจำนวน จำนวน 12 ข้อ กำหนดเวลาในการทำ 5 นาที
    1.4. แบบคัดกรองที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนละ 30 ข้อ รวมเป็น 60 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำ 5 นาที
    1.5. แบบคัดกรองที่ 5 ตัวเลขสลับสี จำนวน 35 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำ 3 นาที
    1.6. แบบคัดกรองที่ 6 บวกลบตัวเลขในใจ จำนวน 20 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำ 5 นาที

2. ได้นำเสนอและได้รับการตอบรับให้นำเสนอ ณ การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ดังต่อไปนี้
    2.1 Wonguuparaj, P. (2018). A reliability generalization study on Test of Early Mathematics Ability across studies. Poster presentation in *the 1st Mathematical Cognition and Learning Society Conference*, Oxford University, UK, 8-9th April 2018.
    2.2 Wongupparaj, P. et al. (2019). A math ability between preschool and primary school children: The functional development of numerical cognition and executive systems. Poster presentation in *the 12th International Conference on Cognitive Science*, Seoul National University, Republic of Korea, 22-24th August 2019.

บรรณานุกรม

ดารณี อุทัยรัตนกิจ และคณะ (2006). *คู่มือการใช้แบบคัดกรองนักเรียนที่มีภาวะสมาธิสั้น บกพร่องทางการเรียนรู้และออทิซึม*. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.).

ภาสุรี แสงศุภวานิช, ศรีเพ็ญ ตันติเวสส, คัดนางค์ โตสงวน, จันทนา พัฒนเภสัช, วรรณภา เล็กอุทัย, จุฑามาส วรโชติกาจร และคณะ (2010). *รายงานวิจัยการคัดกรองโรคสมาธิสั้นและความบกพร่องด้านการเรียนในโรงเรียน.* นนทบุรี: บริษัทเดอะกราฟิโกซิสเต็มส์จำกัด.

สุนีย์ คล้ายนิล (2015). *รายงานผลการวิเคราะห์การศึกษาคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนไทย: การพัฒนา - ผลกระทบ - ภาวะถดถอยในปัจจุบัน.* สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). เข้าถึงได้จาก http://library.ipst.ac.th/handle/ipst/958

Abramson, J. Z., Hernández-Lloreda, V., Call, J., & Colmenares, F. (2013). Relative quantity judgments in the beluga whale (Delphinapterus leucas) and the bottlenose dolphin (Tursiops truncatus). *Behavioural Processes, 96*, 11-19. https://doi.org/10.1016/j.beproc.2013.02.006

Abreu-Mendoza, R. A., Chamorro, Y., Garcia-Barrera, M. A., & Matute, E. (2018). The contributions of executive functions to mathematical learning difficulties and mathematical talent during adolescence. *PLoS ONE, 13*(12), e0209267. doi:10.1371/journal.pone.0209267

Agrillo, C., Piffer, L., & Bisazza, A. (2010). Large Number Discrimination by Mosquitofish. *PLoS ONE, 5*(12), e15232. doi:10.1371/journal.pone.0015232

American Psychiatric Association. (1980). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (3 ed.). Washington, DC: Author.

American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. Washington, DC: Author.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5 ed.). Washington, DC: Author.

Arsalidou, M., & Taylor, M. J. (2011). Is 2+2=4? Meta-analyses of brain areas needed for numbers and calculations. *NeuroImage, 54*(3), 2382-2393. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.009

Arsalidou, M., Pawliw-Levac, M., Sadeghi, M., & Pascual-Leone, J. (2018). Brain areas associated with numbers and calculations in children: Meta-analyses of fMRI studies.

Developmental Cognitive Neuroscience, 30, 239-250. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.08.002

Attout, L., & Majerus, S. (2015). Working memory deficits in developmental dyscalculia: The importance of serial order. *Child Neuropsychology, 21*(4), 432-450. doi:10.1080/09297049.2014.922170

Bastos, J. A., Cecato, A. M. T., Martins, M. R. I., & Risso, K. R. (2015). The prevalence of developmental dyscalculia in Brazilian public school system. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. doi:10.1590/0004-282X20150212

Beran, M. J., Parrish, A. E., & Evans, T. A. (2015). Chapter 4 - Numerical Cognition and Quantitative Abilities in Nonhuman Primates. In D. C. Geary, D. B. Berch, & K. M. Koepke (Eds.), *Mathematical Cognition and Learning* (Vol. 1, pp. 91-119): Elsevier.

Berteletti, I., Prado, J., & Booth, J. R. (2014). Children with mathematical learning disability fail in recruiting verbal and numerical brain regions when solving simple multiplication problems. *Cortex, 57*, 143-155. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2014.04.001

Bogale, B. A., Aoyama, M., & Sugita, S. (2014). Spontaneous discrimination of food quantities in the jungle crow, Corvus macrorhynchos. *Animal Behaviour, 94*, 73-78. https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.05.012

Bogale, B. A., Kamata, N., Mioko, K., & Sugita, S. (2011). Quantity discrimination in jungle crows, Corvus macrorhynchos. *Animal Behaviour, 82*(4), 635-641. https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.05.025

Brankaer, C., Ghesquière, P., & De Smedt, B. (2016). Symbolic magnitude processing in elementary school children: A group administered paper-and-pencil measure (SYMP Test). *Behavior Research Methods*, 1-13. doi:10.3758/s13428-016-0792-3

Brankaer, C., Ghesquière, P., & De Smedt, B. (2017). Symbolic magnitude processing in elementary school children: A group administered paper-and-pencil measure (SYMP Test). *Behavior Research Methods, 49*(4), 1361-1373. doi:10.3758/s13428-016-0792-3

Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology, 33*(3), 205-228. doi:10.1080/87565640801982312

Butterworth, B. (1999). *The mathematical brain*. London: Macmillan.

Butterworth, B. (2005). Developmental dyscalculia. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 455-467). Hove, UK: Psychology Press.

Butterworth, B. (2018). The implications for education of an innate numerosity-processing mechanism. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 373*(1740), 20170118. doi:10.1098/rstb.2017.0118

Butterworth, B., & Reigosa-Crespon, V. (2007). Information processing deficits in dyscalculia. In D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities*. Baltimore, USA: Paul H Brookes Publishing Co.

Cappelletti, M., Freeman, E. D., & Butterworth, B. L. (2011). Time processing in dyscalculia. *Frontiers in Psychology, 2*, 364-364. doi:10.3389/fpsyg.2011.00364

Castaldi, E., Mirassou, A., Dehaene, S., Piazza, M., & Eger, E. (2018). Asymmetrical interference between number and item size perception provides evidence for a domain specific impairment in dyscalculia. *PloS one, 13*(12), e0209256. doi:10.1371/journal.pone.0209256

Chu, F. W., vanMarle, K., & Geary, D. C. (2016). Predicting Children's Reading and Mathematics Achievement from Early Quantitative Knowledge and Domain-General Cognitive Abilities. *Frontiers in Psychology, 7*(775). doi:10.3389/fpsyg.2016.00775

Cicchini, G. M., Anobile, G., & Burr, D. C. (2016). Spontaneous perception of numerosity in humans. *Nature Communications, 7*, 12536. doi:10.1038/ncomms12536

Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education, 3*(2), 63-68. http://dx.doi.org/10.1016/j.tine.2013.12.001

Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education, 3*(2), 63-68. https://doi.org/10.1016/j.tine.2013.12.001

Cragg, L., Keeble, S., Richardson, S., Roome, H. E., & Gilmore, C. (2017). Direct and indirect influences of executive functions on mathematics achievement. *Cognition, 162*, 12-26. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.01.014

Dadda, M., Piffer, L., Agrillo, C., & Bisazza, A. (2009). Spontaneous number representation in mosquitofish. *Cognition, 112*(2), 343-348. doi:https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.05.009

David, C. V. (2012). Working memory deficits in Math learning difficulties: a meta-analysis. *International Journal of Developmental Disabilities, 58*(2), 67-84. doi:10.1179/2047387711Y.0000000007

Davies, P. L., Chang, W.-P., & Gavin, W. J. (2009). MATURATION OF SENSORY GATING PERFORMANCE IN CHILDREN WITH AND WITHOUT SENSORY PROCESSING DISORDERS. *International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology, 72*(2), 187-197. doi:10.1016/j.ijpsycho.2008.12.007

Dehaene, S. (1999). *The number sense: How the mind creates mathematics*. USA: Oxford University Press.

Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G., & Cohen, L. (1998). Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends in Neurosciences, 21*(8), 355-361. https://doi.org/10.1016/S0166-2236(98)01263-6

Department for Education and Skills (DfES). (2001). *National Numeracy Strategy: Guidance to support pupils with dyslexia and dyscalculia*.

Desoete, A., Roeyers, H., & De Clercq, A. (2004). Children with mathematics learning disabilities in Belgium. *Journal of Learning Disabilities, 37*(1), 50-61.

Drew, S. (2015). *Dyscalculia in higher education.* Doctoral Dissertation, Loughborough University.

Fuhs, M. W., & McNeil, N. M. (2013). ANS acuity and mathematics ability in preschoolers from low-income homes: contributions of inhibitory control. *Developmental Science, 16*(1), 136-148. doi:10.1111/desc.12013

Geary, D. C. (2004). Mathematics and Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 37*(1), 4-15. doi:10.1177/00222194040370010201

Geary, D. C. (2007). Role of cognitive theory in the study of learning disability in mathematics. *Journal of Learning Disabilities, 38*(4), 305-307.

Geary, D. C. (2010). Mathematical Disabilities: Reflections on Cognitive, Neuropsychological, and Genetic Components. *Learning and Individual Differences, 20*(2), 130-130. doi:10.1016/j.lindif.2009.10.008

Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology, 47*(6), 1539-1552. doi:10.1037/a0025510

Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2005). Learning disability in arithmetic and mathematics. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 253-267). Hove, UK: Psychology Press.

Geary, D. C., Bailey, D. H., & Hoard, M. K. (2009). Predicting Mathematical Achievement and Mathematical Learning Disability With a Simple Screening Tool: The Number Sets Test. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*(3), 265-279. doi:10.1177/0734282908330592

Geary, D. C., Bailey, D. H., & Hoard, M. K. (2009). Predicting Mathematical Achievement and Mathematical Learning Disability With a Simple Screening Tool: The Number Sets Test. *Journal of psychoeducational assessment, 27*(3), 265-279. doi:10.1177/0734282908330592

Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive Mechanisms Underlying Achievement Deficits in Children With Mathematical Learning Disability. *Child Development, 78*(4), 1343-1359. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01069.x

Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive Mechanisms Underlying Achievement Deficits in Children With Mathematical Learning Disability. *Child development, 78*(4), 1343-1359. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01069.x

Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2012). Mathematical Cognition Deficits in Children With Learning Disabilities and Persistent Low Achievement: A Five-Year Prospective Study. *Journal of Educational Psychology, 104*(1), 206-223. doi:10.1037/a0025398

Gilmore, C., Clayton, S., Cragg, L., McKeaveney, C., Simms, V., & Johnson, S. (2018). Understanding arithmetic concepts: The role of domain-specific and domain-general skills. *PloS one, 13*(9), e0201724-e0201724. doi:10.1371/journal.pone.0201724

Gilmore, C., Keeble, S., Richardson, S., & Cragg, L. (2015). The role of cognitive inhibition in different components of arithmetic. *ZDM, 47*(5), 771-782. doi:10.1007/s11858-014-0659-y

Gómez-Velázquez, F. R., Berumen, G., & González-Garrido, A. A. (2015). Comparisons of numerical magnitudes in children with different levels of mathematical achievement. An ERP study. *Brain Research, 1627*, 189-200. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.09.009

Gross, H. J., Pahl, M., Si, A., Zhu, H., Tautz, J., & Zhang, S. (2009). Number-based visual generalisation in the honeybee. *PLoS ONE, 4*(1), e4263-e4263. doi:10.1371/journal.pone.0004263

Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R. S. (1996). DEVELOPMENTAL DYSCALCULIA: PREVALENCE AND DEMOGRAPHIC FEATURES. *Developmental Medicine & Child Neurology, 38*(1), 25-33. doi:10.1111/j.1469-8749.1996.tb15029.x

Haberstroh, S., & Schulte-Körne, G. (2019). The Diagnosis and Treatment of Dyscalculia. *Deutsches Arzteblatt international, 116*(7), 107-114. doi:10.3238/arztebl.2019.0107

Halberda, J., & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the "number sense": The approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology, 44*(5), 1457-1465. doi:10.1037/a0012682

Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B., Seo, J., & Ansari, D. (2019). Relations between numerical, spatial, and executive function skills and mathematics achievement: A latent-variable approach. *Cognitive Psychology, 109*, 68-90. https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2018.12.002

Hein, J., Bzufka, M., & Neumarker, M. J. (2000). The specific disorder of arithmetical skills. Prevalence study in an urban population sample and its clinico-neuropsychological validation. Incuding a data comparison with a rural population sample study. *European Child & Adolescent Psychiatry, 9*(2), 87-101.

Hembree, R. (1990). The Nature, Effects, and Relief of Mathematics Anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education, 21*(1), 33-46. doi:10.2307/749455

Houdé, O., Rossi, S., Lubin, A., & Joliot, M. (2010). Mapping numerical processing, reading, and executive functions in the developing brain: an fMRI meta-analysis of 52 studies including 842 children. *Developmental Science, 13*(6), 876-885. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00938.x

Iuculano, T., Rosenberg-Lee, M., Richardson, J., Tenison, C., Fuchs, L., Supekar, K., & Menon, V. (2015). Cognitive tutoring induces widespread neuroplasticity and remediates brain

function in children with mathematical learning disabilities. *Nature Communications, 6*, 8453. doi:10.1038/ncomms9453

Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(25), 10382-10385. doi:10.1073/pnas.0812142106

Jovanović, G., Jovanović, Z., Banković-Gajić, J., Nikolić, A., Svetozarević, S., & Ignjatović-Ristić, D. (2013). The frequency of dyscalculia among primary school children. *Psychiatria Danubina, 25*(2), 170-174.

Kaufmann, L., Mazzocco, M. M., Dowker, A., von Aster, M., Göbel, S. M., Grabner, R. H., . . . Nuerk, H.-C. (2013). Dyscalculia from a developmental and differential perspective. *Frontiers in Psychology, 4*, 516-516. doi:10.3389/fpsyg.2013.00516

Keller, L., & Libertus, M. (2015). Inhibitory control may not explain the link between approximation and math abilities in kindergarteners from middle class families. *Frontiers in Psychology, 6*(685). doi:10.3389/fpsyg.2015.00685

Keong, W. K., Pang, V., Eng, C. K., & Keong, T. C. (2016). Prevalence rate of dyscalculia according to gender and school location in Sabah, Malaysia *7th International Conference on University Learning and Teaching (InCULT* 2014) *Proceedings*. Singapore: Springer Science and Business Media.

Kosc, L. (1974). Developmental Dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities, 7*(3), 164-177. doi:10.1177/002221947400700309

Krol, N., Morton, J., & De Bruyn, E. (2004). Theories of conduct disorder: a causal modelling analysis. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 45*(4), 727-742. doi:10.1111/j.1469-7610.2004.00267.x

Kucian, K. (2016). Chapter 7 - Developmental Dyscalculia and the Brain*. In D. B. Berch, D. C. Geary, & K. M. Koepke (Eds.), *Development of Mathematical Cognition* (pp. 165-193). San Diego: Academic Press.

Kucian, K., Grond, U., Rotzer, S., Henzi, B., Schönmann, C., Plangger, F., . . . von Aster, M. (2011). Mental number line training in children with developmental dyscalculia. *NeuroImage, 57*(3), 782-795. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.01.070

Lambert, K., & Spinath, B. (2018). Conservation Abilities, Visuospatial Skills, and Numerosity Processing Speed: Association With Math Achievement and Math Difficulties in Elementary School Children. *Journal of Learning Disabilities, 51*(3), 223-235. doi:10.1177/0022219417690354

Landerl, K. (2013). Development of numerical processing in children with typical and dyscalculic arithmetic skills-a longitudinal study. *Frontiers in Psychology, 4*, 459-459. doi:10.3389/fpsyg.2013.00459

Larner, A. J. (2017). *Cognitive Screening Instruments: A Practical Approach* (A. J. Larner Ed. 2 ed.). UK: Springer International Publishing.

Layes, S., Lalonde, R., Bouakkaz, Y., & Rebai, M. (2018). Effectiveness of working memory training among children with dyscalculia: evidence for transfer effects on mathematical achievement—a pilot study. *Cognitive Processing, 19*(3), 375-385. doi:10.1007/s10339-017-0853-2

Learning Disabilities Association of Minnesota (LDAM). (2005). Dyscalculia Defined. In Minnesota Department of Education (Ed.), *www.ldaminnesota.org* (Vol. 5, pp. 1). Minneapolis, MN.

Lewis, C., Hitch, G. J., & Walker, P. (1994). The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9 to 10 year old boys and girls. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 35*, 283-292.

Libertus, M. E., Odic, D., Feigenson, L., & Halberda, J. (2016). The precision of mapping between number words and the approximate number system predicts children's formal math abilities. *Journal of Experimental Child Psychology, 150*, 207-226. doi:https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.06.003

Lucon-Xiccato, T., Gatto, E., & Bisazza, A. (2018). Quantity discrimination by treefrogs. *Animal Behaviour, 139*, 61-69. https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2018.03.005

Lyons, I. M., Ansari, D., & Beilock, S. L. (2012). Symbolic estrangement: Evidence against a strong association between numerical symbols and the quantities they represent. *Journal of Experimental Psychology: General, 141*(4), 635-641. doi:10.1037/a0027248

Ma, X. (1999). A Meta-Analysis of the Relationship between Anxiety toward Mathematics and Achievement in Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education,* 30(5), 520-540. doi:10.2307/749772

Mazzocco, M. M. M., & Myers, G. F. (2003). Complexities in Identifying and Defining Mathematics Learning Disability in the Primary School-Age Years. *Annals of dyslexia, 53*(1), 218-253. doi:10.1007/s11881-003-0011-7

Mazzocco, M. M. M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child development, 82*(4), 1224-1237. doi:10.1111/j.1467-8624.2011.01608.x

McCaskey, U., von Aster, M., Maurer, U., Martin, E., O'Gorman Tuura, R., & Kucian, K. (2018). Longitudinal Brain Development of Numerical Skills in Typically Developing Children and Children with Developmental Dyscalculia. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*(629). doi:10.3389/fnhum.2017.00629

McConney, A., & Perry, L. B. (2010). Socioeconomic status, self-efficacy, and mathematics achievement in Australia: a secondary analysis. *Educational Research for Policy and Practice, 9*(2), 77-91. doi:10.1007/s10671-010-9083-4

Meck, W. H., Church, R. M., & Gibbon, J. (1985). Temporal integration in duration and number discrimination. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 11*(4), 591-597. doi:10.1037/0097-7403.11.4.591

Menon, V. (2016). Working memory in children's math learning and its disruption in dyscalculia. *Current Opinion in Behavioral Sciences,* 10, 125-132. http://dx.doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.05.014

Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Current directions in psychological science, 21*(1), 8-14. doi:10.1177/0963721411429458

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology, 41*(1), 49-100. doi:https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734

Morgan, P. L., Farkas, G., Wang, Y., Hillemeier, M. M., Oh, Y., & Maczuga, S. (2019). Executive function deficits in kindergarten predict repeated academic difficulties across elementary school. *Early Childhood Research Quarterly, 46*, 20-32. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.06.009

Mussolin, C., Mejias, S., & Noël, M.-P. (2010). Symbolic and nonsymbolic number comparison in children with and without dyscalculia. *Cognition, 115*(1), 10-25. doi:https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.10.006

Mussolin, C., Volder, A. D., Grandin, C., Schlögel, X., Nassogne, M.-C., & Noël, M.-P. (2010). Neural Correlates of Symbolic Number Comparison in Developmental Dyscalculia. *Journal of Cognitive Neuroscience, 22*(5), 860-874. doi:10.1162/jocn.2009.21237 %M 19366284

Ng, F. F.-Y., Tamis-LeMonda, C., Yoshikawa, H., & Sze, I. N.-L. (2015). Inhibitory control in preschool predicts early math skills in first grade:Evidence from an ethnically diverse sample. *International Journal of Behavioral Development, 39*(2), 139-149. doi:10.1177/0165025414538558

Noël, M.-P., & Rousselle, L. (2011). Developmental Changes in the Profiles of Dyscalculia: An Explanation Based on a Double Exact-and-Approximate Number Representation Model. *Frontiers in Human Neuroscience, 5*, 165-165. doi:10.3389/fnhum.2011.00165

Olsson, L., Östergren, R., & Träff, U. (2016). Developmental dyscalculia: A deficit in the approximate number system or an access deficit? *Cognitive Development, 39*, 154-167. doi:https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2016.04.006

Ostad, S. A. (1998). Developmental differences in solving simple arithmetic word problems and simple number-fact problems: A comparison of mathematically normal and mathematically disabled children. *Mathematical Cognition, 4*, 1-19.

Peters, L., & De Smedt, B. (2018). Arithmetic in the developing brain: A review of brain imaging studies. *Developmental Cognitive Neuroscience, 30*, 265-279. doi:https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.05.002

Phonapichat, P., Wongwanich, S., & Sujiva, S. (2014). An Analysis of Elementary School Students' Difficulties in Mathematical Problem Solving. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 116, 3169-3174. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.728

Piazza, M., Izard, V., Pinel, P., Le Bihan, D., & Dehaene, S. (2004). Tuning Curves for Approximate Numerosity in the Human Intraparietal Sulcus. *Neuron, 44*(3), 547-555. doi:10.1016/j.neuron.2004.10.014

Pitiyanuwat, S., & Campbell, J. R. (1994). Socio-economic status has major effects on math achievement, educational aspirations and future job expectations of elementary school

children in Thailand. *International Journal of Educational Research, 21*(7), 713-721. doi:http://dx.doi.org/10.1016/0883-0355(94)90044-2

Prager, E. O., Sera, M. D., & Carlson, S. M. (2016). Executive function and magnitude skills in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology, 147*, 126-139. doi:https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.01.002

Proverbio, A. M., & Carminati, M. (2019). Electrophysiological markers of poor versus superior math abilities in healthy individuals. *European Journal of Neuroscience, 0*(0). doi:10.1111/ejn.14363

Ramaa, S. (1990). *Study of neuropsychological processes and logico-mathematical structure among dyscalculics: NCERT project report*. Retrieved from Mysore, India:

Ramaa, S., & Gowramma, I. P. (2002). A systematic procedure for identifying and classifying children with dyscalculia among primary school children in India. *Dyslexia (Chichester, England), 8*(2), 67-85.

Ransohoff, D. F., & Feinstein, A. R. (1978). Problems of Spectrum and Bias in Evaluating the Efficacy of Diagnostic Tests. *New England Journal of Medicine, 299*(17), 926-930. doi:10.1056/nejm197810262991705

Reigosa-Crespo, V. (2019). Beyond the “Third Method” for the Assessment of Developmental Dyscalculia: Implications for Research and Practice. In A. Fritz, V. G. Haase, & P. Räsänen (Eds.), *International Handbook of Mathematical Learning Difficulties: From the Laboratory to the Classroom* (pp. 789-798). Cham: Springer International Publishing.

Ribner, A. D., Willoughby, M. T., Blair, C. B., & Family Life Project Key, I. (2017). Executive Function Buffers the Association between Early Math and Later Academic Skills. *Frontiers in Psychology, 8*, 869-869. doi:10.3389/fpsyg.2017.00869

Ritchie, S. J., & Bates, T. C. (2013). Enduring Links From Childhood Mathematics and Reading Achievement to Adult Socioeconomic Status. *Psychological Science, 24*(7), 1301-1308. doi:10.1177/0956797612466268

Rourke, B. P., & Conway, J. A. (1997). Disabilities of Arithmetic and Mathematical Reasoning. *Journal of Learning Disabilities, 30*(1), 34-46. doi:10.1177/002221949703000103

Şad, S. N., KIŞ, A., Demir, M., & Özer, N. (2016). Meta-analysis of the relationship between mathematics anxiety and mathematics achievement. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi, 6*(3), 371-392. doi:10.14527/pegegog.2016.019

Schmitt, S. A., Geldhof, G. J., Purpura, D. J., Duncan, R., & McClelland, M. M. (2017). Examining the relations between executive function, math, and literacy during the transition to kindergarten: A multi-analytic approach. *Journal of Educational Psychology, 109*(8), 1120-1140. doi:10.1037/edu0000193

Shalev, R. S., & Gross-Tsur, V. (2001). Developmental dyscalculia. *Pediatric Neurology, 24*(5), 337-342. http://dx.doi.org/10.1016/S0887-8994(00)00258-7

Shalev, R. S., Auerbach, J., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (2000). Developmental dyscalculia: prevalence and prognosis. *European Child & Adolescent Psychiatry, 9*(2), S58-S64. doi:10.1007/s007870070009

Shalev, R. S., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (2005). Developmental dyscalculia: a prospective six-year follow-up. *Developmental Medicine & Child Neurology, 47*(2), 121-125.

Sharma, M. (1997). Berkshire Maths. Retrieved from http://www.dyscalculia.org/BerkshireMath.html

Silver, C. H., Ruff, R. M., Iverson, G. L., Barth, J. T., Broshek, D. K., Bush, S. S., . . . Reynolds, C. R. (2008). Learning disabilities: The need for neuropsychological evaluation. *Archives of Clinical Neuropsychology, 23*(2), 217-219. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.acn.2007.09.006

Skagerlund, K., & Träff, U. (2014). Development of magnitude processing in children with developmental dyscalculia: space, time, and number. *Frontiers in Psychology, 5*(675). doi:10.3389/fpsyg.2014.00675

Soltész, F., & Szűcs, D. (2009). An electro-physiological temporal principal component analysis of processing stages of number comparison in developmental dyscalculia. *Cognitive Development, 24*(4), 473-485. https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2009.09.002

Soltész, F., Szűcs, D., Dékány, J., Márkus, A., & Csépe, V. (2007). A combined event-related potential and neuropsychological investigation of developmental dyscalculia. *Neuroscience Letters, 417*(2), 181-186. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.02.067

Sousa, D. A. (2010). *Mind, Brain, & Education: Neuroscience Implications for the Classroom*: Solution Tree.

Spaepen, E., Coppola, M., Spelke, E. S., Carey, S. E., & Goldin-Meadow, S. (2011). Number without a language model. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(8), 3163-3168. doi:10.1073/pnas.1015975108

Starr, A., Libertus, M. E., & Brannon, E. M. (2013). Number sense in infancy predicts mathematical abilities in childhood. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 110*(45), 18116-18120. doi:10.1073/pnas.1302751110

Swanson, H. L., & Jerman, O. (2006). Math Disabilities: A Selective Meta-Analysis of the Literature. *Review of Educational Research, 76*(2), 249-274. doi:10.3102/00346543076002249

Szkudlarek, E., & Brannon, E. M. (2017). Does the approximate number system serve as a foundation for symbolic mathematics? *Language learning and development : the official journal of the Society for Language Development, 13*(2), 171-190. doi:10.1080/15475441.2016.1263573

Szucs, D., & Goswami, U. (2013). Developmental dyscalculia: Fresh perspectives. *Trends in Neuroscience and Education, 2*(2), 33-37. http://dx.doi.org/10.1016/j.tine.2013 .06.004

Szucs, D., & Soltész, F. (2007). Event-related potentials dissociate facilitation and interference effects in the numerical Stroop paradigm. *Neuropsychologia, 45*(14), 3190-3202. http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia .2007.06.013

Szucs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment(). *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior, 49*(10), 2674-2688. doi:10.1016/j.cortex.2013.06.007

Szucs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex, 49*(10), 2674-2688. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.06.007

Talepasand, S., & Vahed, M. H. (2012). Prevalence of mathematic disability in primary schools. *Iranian Rehabilitation Journal, 10*(15), 28-34.

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *Int J Med Educ, 2*, 53-55. doi:10.5116/ijme.4dfb.8dfd

van't Noordende, J. E., van Hoogmoed, A. H., Schot, W. D., & Kroesbergen, E. H. (2016). Number line estimation strategies in children with mathematical learning difficulties measured by eye tracking. *Psychological Research, 80*(3), 368-378. doi:10.1007/s00426-015-0736-z

von Aster, M. (2000). Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation: varieties of developmental dyscalculia. *European Child & Adolescent Psychiatry, 9*(2), S41-S57. doi:10.1007/s007870070008

Von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology, 49*(11), 868-873. doi:10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x

Wang, E., Qin, S., Chang, M., & Zhu, X. (2015). Digital memory encoding in Chinese dyscalculia: An event-related potential study. *Research in Developmental Disabilities, 36*, 142-149. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.09.020

Wang, L., Li, X., & Li, N. (2014). Socio-economic status and mathematics achievement in China: a review. *ZDM, 46*(7), 1051-1060. doi:10.1007/s11858-014-0617-8

Wilson, A. J., & Dehaene, S. (2007). Number sense and developmental dyscalculia. In D. Coch, G. Dawson, & K. W. Fischer (Eds.), *Human behavior, learning, and the developing brain: Atypical development*: Guilford Press.

Wong, T. T.-Y., Ho, C. S.-H., & Tang, J. (2017). Defective Number Sense or Impaired Access? Differential Impairments in Different Subgroups of Children With Mathematics Difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 50*(1), 49-61. doi:10.1177/0022219415588851

World Health Organization (ICD-10). (1992). *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: Clinical descriptions and diagnostic guidelines*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization (ICD-11). (In press). *The ICD-11 classification of mental and behavioural disorders: Clinical descriptions and diagnostic guidelines*. Geneva: World Health Organization.

Wright, P. W. D. (2004). The Individuals with Disabilities Education Improvement Act of 2004: Overview, explanation and comparison IDEA 2004 v. IDEA 1997, *Wrightslaw: Special Education Law* (pp. 1-56): Wrightslaw: Special Education Law.

Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van Ijzendoorn, M. H., & Pieper, S. (2013). Shifting ability predicts math and reading performance in children: A meta-analytical study. *Learning and Individual Differences, 23*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.10.004

ภาคผนวก

ชุดแบบคัดกรองเน้นเน้นกระบวนการทางปัญญาสำหรับประเมินเด็กกลุ่มเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ชื่อนามสกุล _____ ระดับชั้น_____

เกมที่ 1 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก

<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่าของแต่ละข้อ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด

ตัวอย่างฝึก ก.
(ตัวเลขหนึ่งหลัก)

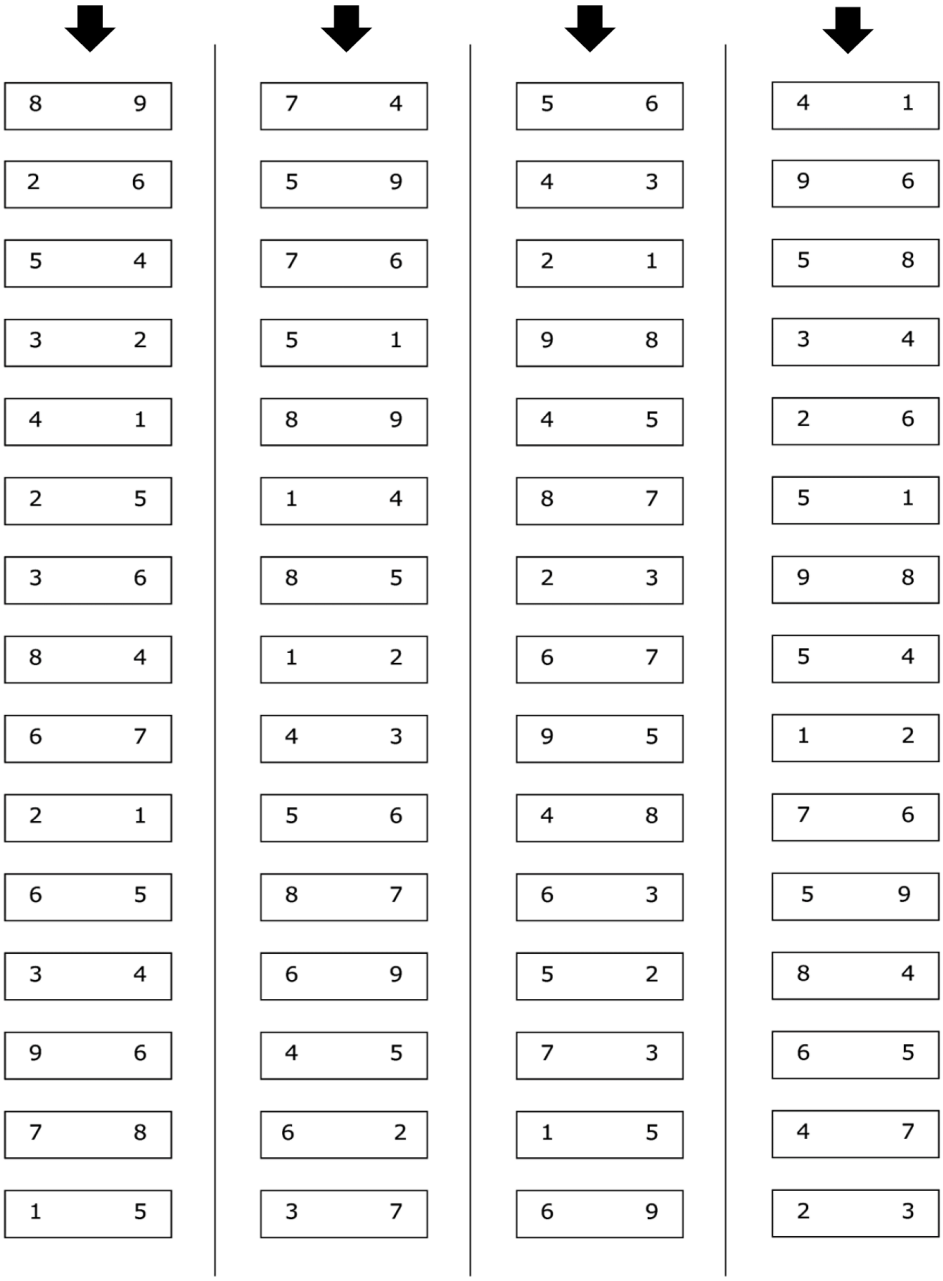
3	2
5	9
7	8
6	3

ตัวอย่างฝึก ข.
(ตัวเลขสองหลัก)

35	49
77	73
31	18
46	52

ตัวเลขหนึ่งหลัก

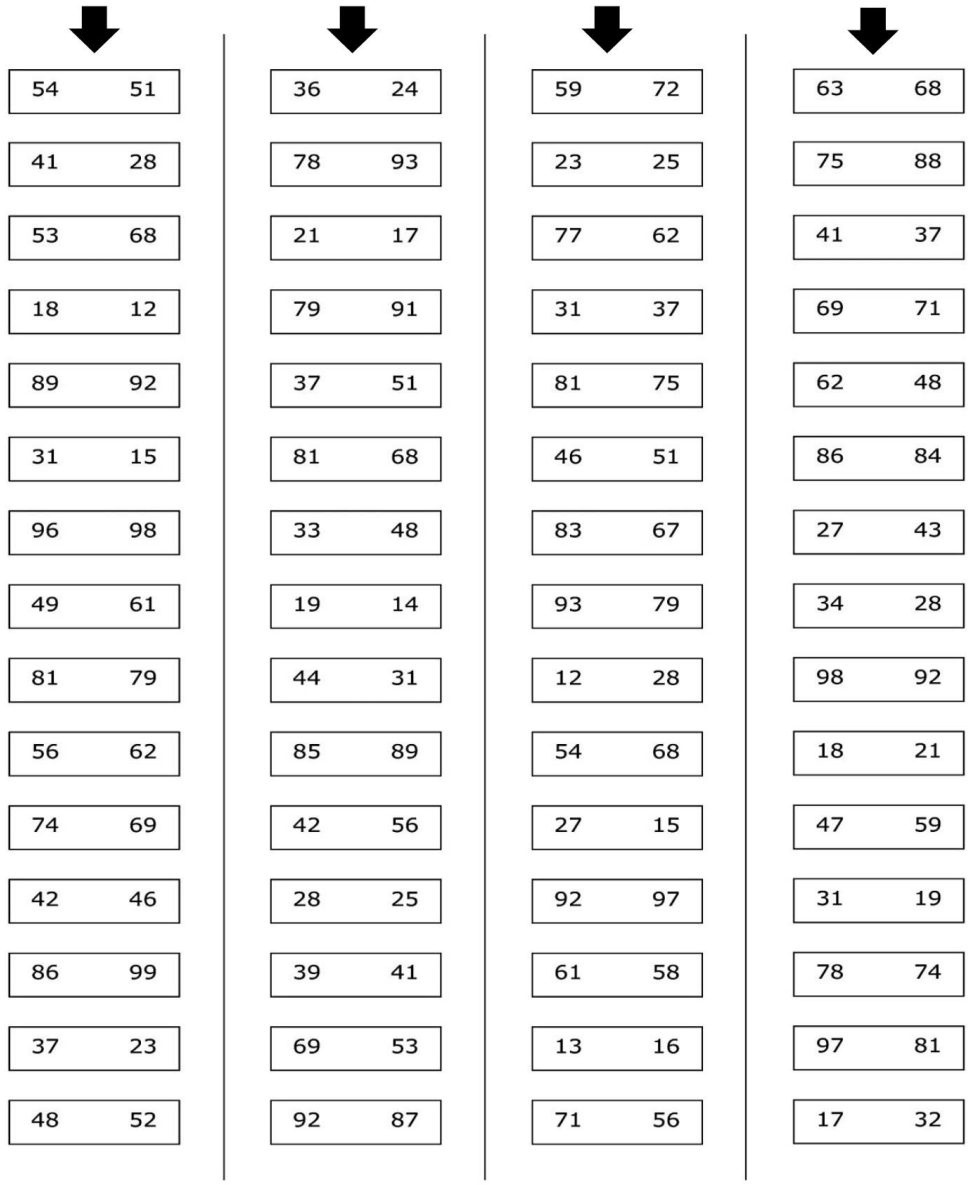
คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่าของแต่ละข้อ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด ภายในเวลา 2 นาที



8 9	7 4	5 6	4 1
2 6	5 9	4 3	9 6
5 4	7 6	2 1	5 8
3 2	5 1	9 8	3 4
4 1	8 9	4 5	2 6
2 5	1 4	8 7	5 1
3 6	8 5	2 3	9 8
8 4	1 2	6 7	5 4
6 7	4 3	9 5	1 2
2 1	5 6	4 8	7 6
6 5	8 7	6 3	5 9
3 4	6 9	5 2	8 4
9 6	4 5	7 3	6 5
7 8	6 2	1 5	4 7
1 5	3 7	6 9	2 3

ตัวเลขสองหลัก

คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่าของแต่ละข้อ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด ภายในเวลา 3 นาที



54 51	36 24	59 72	63 68
41 28	78 93	23 25	75 88
53 68	21 17	77 62	41 37
18 12	79 91	31 37	69 71
89 92	37 51	81 75	62 48
31 15	81 68	46 51	86 84
96 98	33 48	83 67	27 43
49 61	19 14	93 79	34 28
81 79	44 31	12 28	98 92
56 62	85 89	54 68	18 21
74 69	42 56	27 15	47 59
42 46	28 25	92 97	31 19
86 99	39 41	61 58	78 74
37 23	69 53	13 16	97 81
48 52	92 87	71 56	17 32

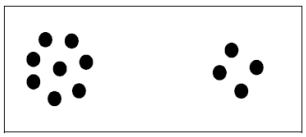
จบเกมที่ 1

ชื่อนามสกุล _____ ระดับชั้น_____

เกมที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข

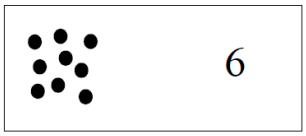
<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบกลุ่มของจุดที่มีจำนวนมากกว่าให้ถูกต้อง และรวดเร็วที่สุด

ตัวอย่างฝึก ก.

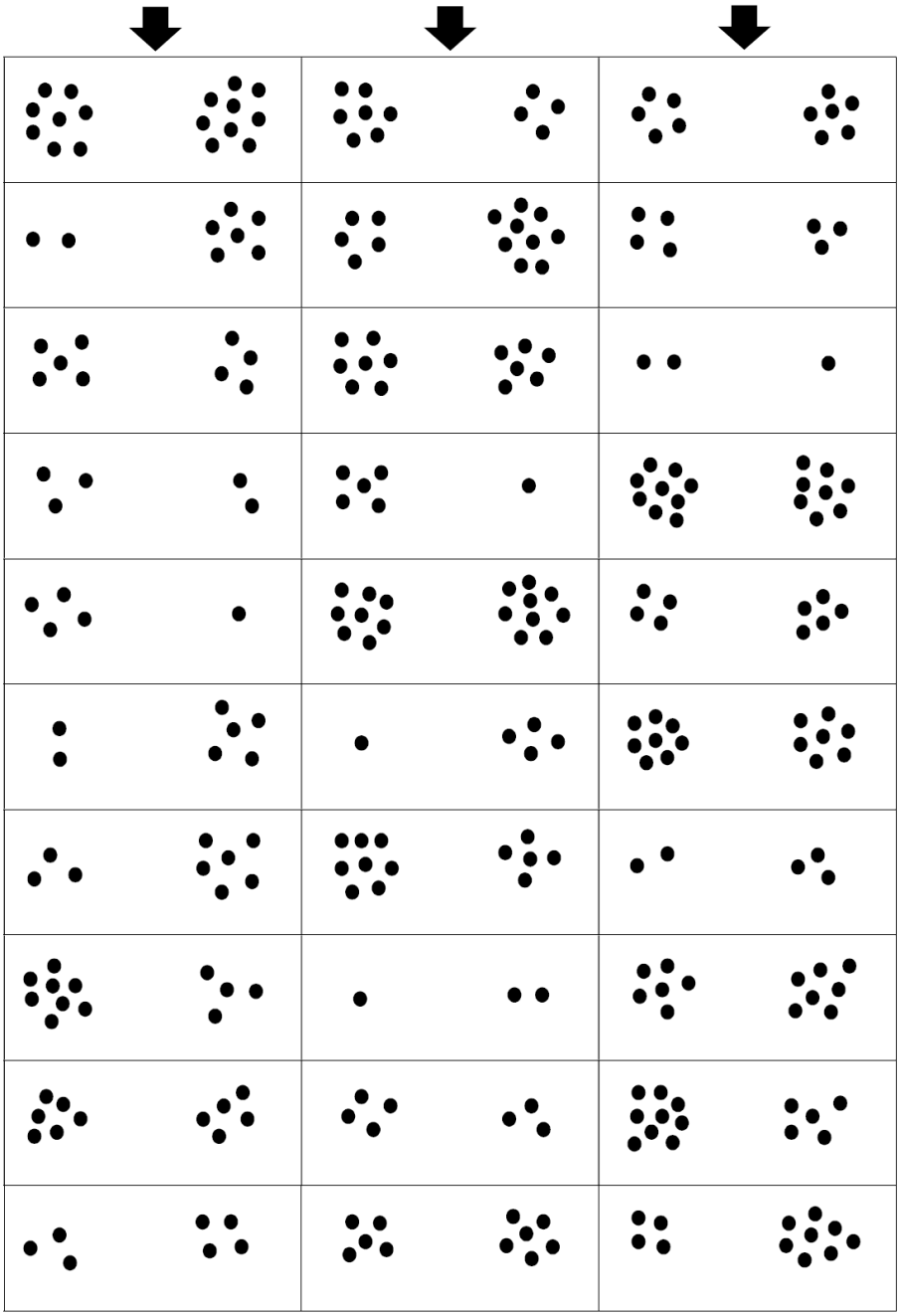


<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบกลุ่มของจุดหรือตัวเลขที่มีจำนวนมากกว่าให้ถูกต้อง และรวดเร็วที่สุด

ตัวอย่างฝึก ข.



คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบกลุ่มของจุดที่มีจำนวนมากกว่าให้ถูกต้อง และรวดเร็วที่สุด ภายในเวลา 2.5 นาที



คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบกลุ่มของจุดหรือตัวเลขที่มีจำนวนมากกว่าให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุดภายในเวลา 2.5 นาที

1	6	7
6	4	5
8	5	3
4	7	6
6	3	2
1	2	9
8	7	1
4	9	4
2	5	8
6	2	2

จบเกมที่ 2

ชื่อนามสกุล _____ ระดับชั้น_____

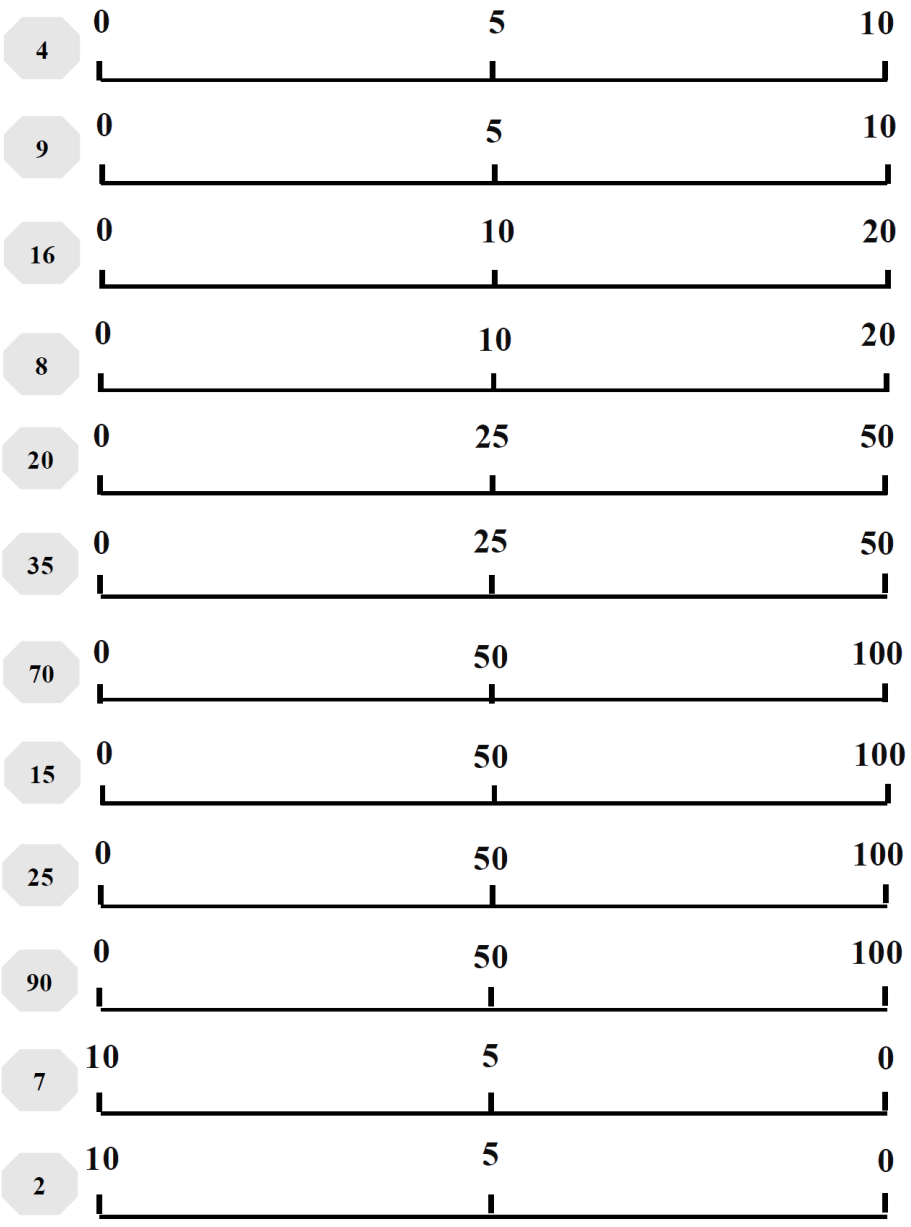
เกมที่ 3 เส้นจำนวน

<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนกากบาทลงบนเส้นจำนวน เพื่อระบุตำแหน่งที่ถูกต้องของตัวเลขที่กำหนดให้

ตัวอย่างฝึก ก.

ตัวอย่างฝึก ข.

คำสั่ง ให้นักเรียนกากบาทลงบนเส้นจำนวน เพื่อระบุตำแหน่งที่ถูกต้องของตัวเลขที่กำหนดให้ ภายในเวลา 5 นาที



จบเกมที่ 3

ชื่อนามสกุล _____ ระดับชั้น_____

เกมที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข

<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่าของแต่ละข้อ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด

ตัวอย่างฝึก ก.

8	**2**
7	**1**
3	**9**
4	**6**

ตัวอย่างฝึก ข.

88	**94**
17	**11**
33	**39**
34	**28**

ตัวเลขหนึ่งหลัก

คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่าของแต่ละข้อ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด (ห้ามเปลี่ยนคำตอบ) ภายในเวลา 2 นาที

1 7	2 6	3 5
3 9	1 5	9 7
8 2	6 2	2 4
9 3	8 4	1 3
7 1	3 7	4 6
6 0	5 1	4 2
2 8	0 4	6 8
0 6	5 1	0 2
3 9	3 7	7 5
8 2	2 6	5 3

ตัวเลขสองหลัก

คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่าของแต่ละข้อ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด (ห้ามเปลี่ยนคำตอบ) ภายในเวลา 3 นาที

↓		↓		↓	
13	19	43	39	42	44
31	25	64	68	89	91
64	70	19	15	20	22
43	37	78	74	18	16
72	78	21	25	37	35
46	40	57	53	93	95
58	52	49	44	62	64
89	95	95	99	29	27
38	32	32	28	57	55
97	91	82	86	45	48

จบเกมที่ 4

ชื่อนามสกุล _____ ระดับชั้น_____

เกมที่ 5 ตัวเลขสลับสี

<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่า 5 ถ้าตัวเลขเป็นสีแดง หากตัวเลขเป็นสีดำให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขคี่ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด

ตัวอย่างฝึก ก.

8	2
7	1
3	9
4	6

ตัวอย่างฝึก ข.

7	4
2	5
3	8
4	1

คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่า 5 ถ้าตัวเลขเป็นสีแดง หากตัวเลขเป็นสีดำให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขคี่ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด

2	6	3	2	7	4
9	3	7	8	2	3
1	8	4	1	5	2
2	5	6	9	1	6
3	6	2	7	4	8
4	7	8	3	7	2
2	9	6	4	6	3
5	6	9	8	2	9
1	8	3	2	8	5
4	3	4	6	7	6
9	2	7	1	3	4
6	4	3	9	2	1

จบเกมที่ 5

ชื่อนามสกุล _____ ระดับชั้น_____

เกมที่ 6 ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์

<u>คำอธิบาย</u> เรากำลังจะเล่นเกมตัวเลข โดยเกมนี้จะทำให้เรารู้ว่าตัวเลขสามารถแยกจำนวนออกจากกันได้อย่างไร แล้วนำมารวมกันได้อย่างไร ครูจะเริ่มจากหมายเลข 4 (ชี้ไปที่หมายเลข 4 ด้านล่าง)

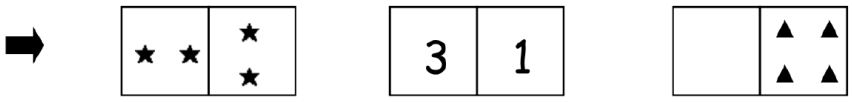
ครูอยากให้นักเรียนวงกลมชุดกล่องสี่เหลี่ยมที่จำนวนของเขารวมกันแล้วมีค่าเท่ากับ 4

นักเรียนจะเห็นว่าชุดกล่องสี่เหลี่ยมด้านล่างทุกอันรวมกันแล้วมีค่าเท่ากับ 4 ทั้งหมด

ดาว 2 ดวงรวมกับดาวอีก 2 ดาว (ชี้ไปที่ชุดกล่องสี่เหลี่ยมแรก)

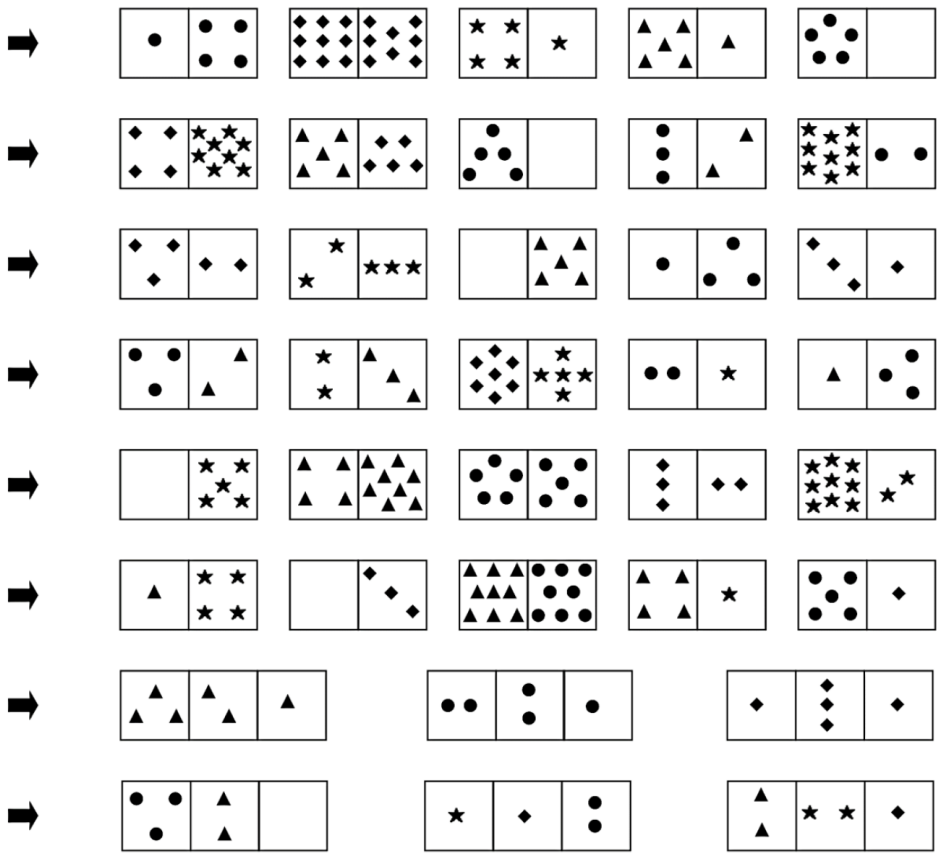
ตัวเลข 3 รวมกับตัวเลข 1 (ชี้ไปที่ชุดกล่องสี่เหลี่ยมที่สอง) และสามเหลี่ยมรวมกัน 4 อัน (ชี้ไปที่ชุดกล่องสี่เหลี่ยมที่สาม)

4

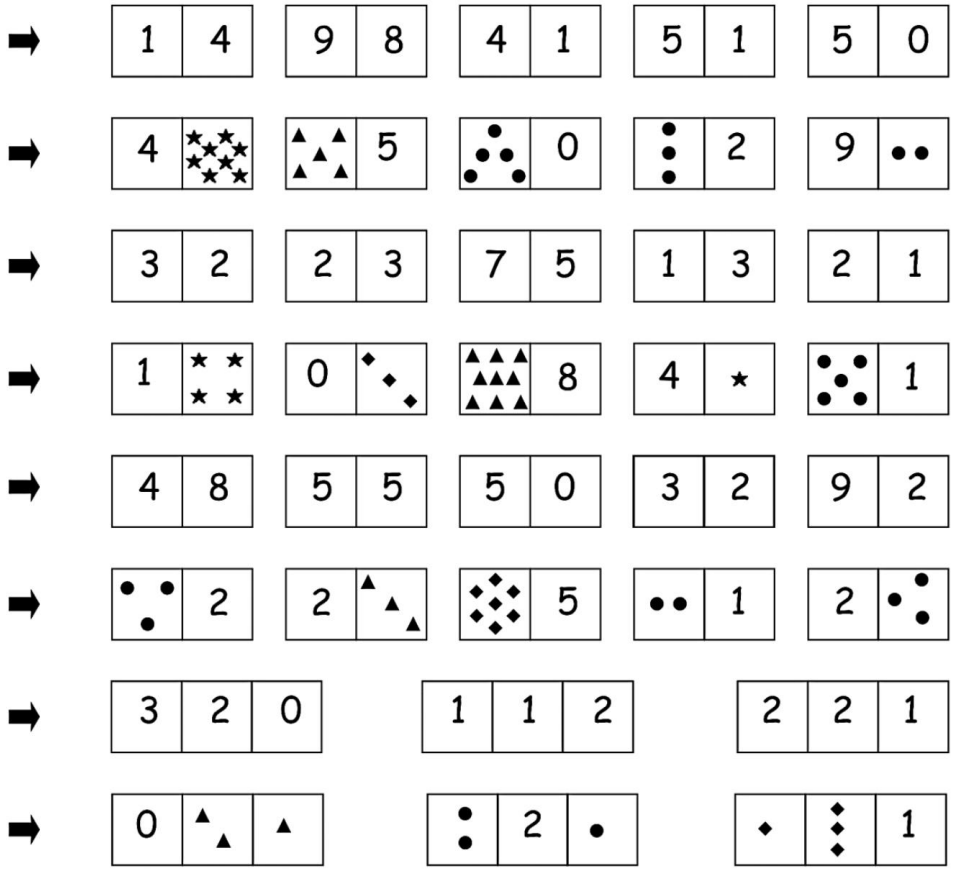


คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบชุดกล่องสี่เหลี่ยมที่มีค่ารวมกันเท่ากับ 5 ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด ภายในเวลา 2 นาที (โจทย์มีสองหน้า)

5

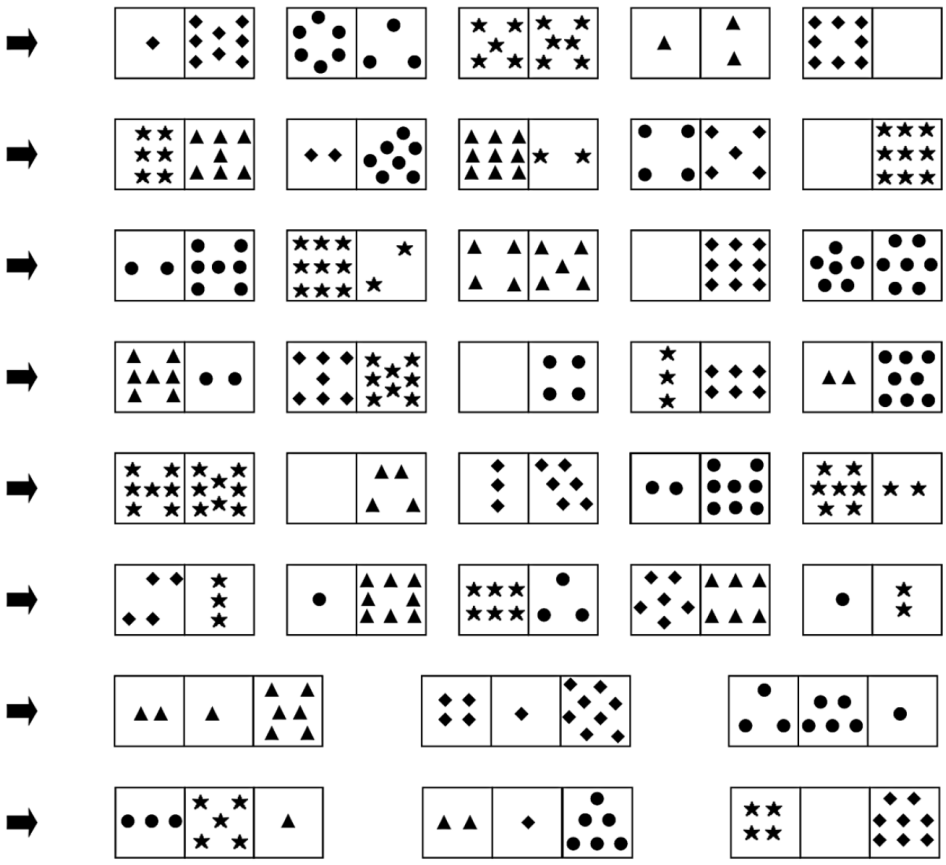


5

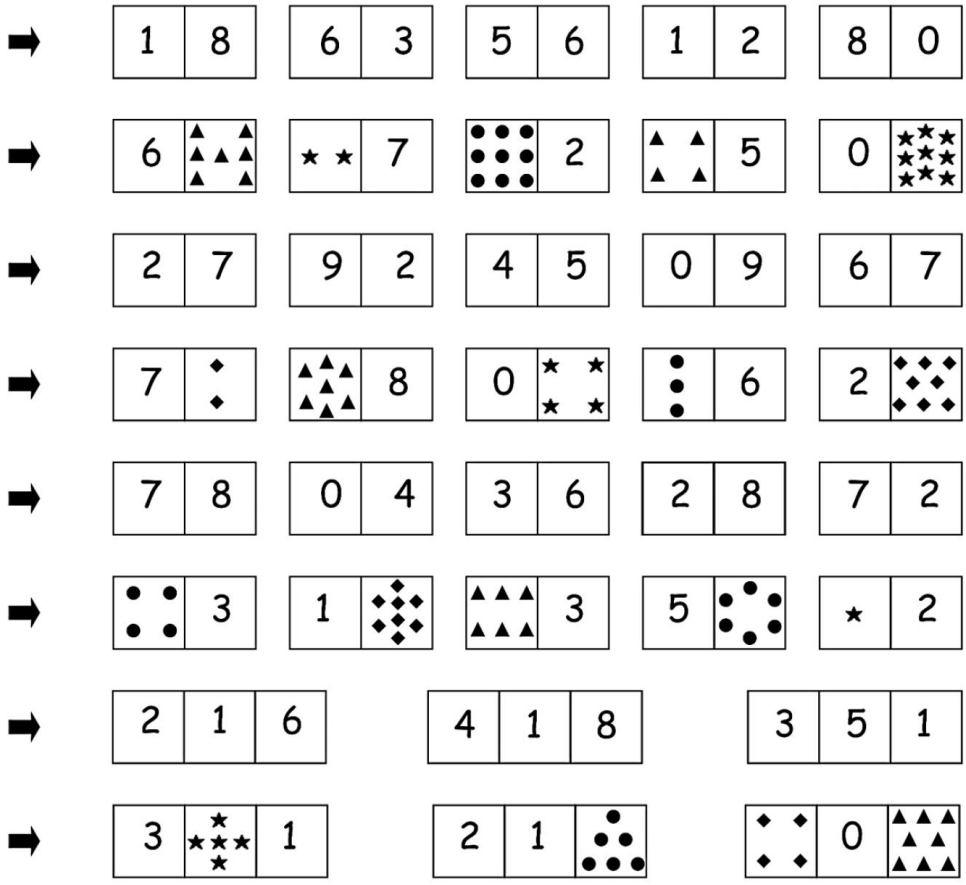

1 4 9 8 4 1 5 1 5 0
4 5 0 2 9
3 2 2 3 7 5 1 3 2 1
1 0 8 4 1
4 8 5 5 5 0 3 2 9 2
2 2 5 1 2
3 2 0 1 1 2 2 2 1
0 2 1

<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบชุดกล่องสี่เหลี่ยมที่มีค่ารวมกันเท่ากับ 9 ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด <u>ภายในเวลา 3 นาที</u> (โจทย์มีสองหน้า)

9



9



จบเกมที่ 6

ชื่อนามสกุล _____ ระดับชั้น_____

เกมที่ 7 บวกลบตัวเลขในใจ

<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนบวก ลบตัวเลข ให้ได้คำตอบ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุดภายในเวลา <u>5 นาที</u> (โดยห้ามทดเลขบนกระดาษ)

ตัวอย่างฝึก ตัวเลขหนึ่งและสองหลัก

3 ➕ 1 ➖ 2	12 ➖ 3 ➕ 3
=	=

3 ⊞ 1 ⊖ 2	5 ⊞ 0 ⊞ 2	8 ⊖ 3 ⊞ 1	2 ⊖ 1 ⊞ 4
=	=	=	=

7 ⊞ 4 ⊖ 3	9 ⊖ 1 ⊞ 1	4 ⊖ 2 ⊞ 5	6 ⊞ 0 ⊞ 2
=	=	=	=

12 ➕ 2 ➖ 1	11 ➕ 6 ➕ 1	14 ➖ 4 ➖ 2	10 ➖ 1 ➕ 8
=	=	=	=

13 ➖ 0 ➕ 7	15 ➕ 5 ➕ 4	18 ➖ 3 ➕ 6	17 ➖ 2 ➕ 8
=	=	=	=

16 ➕ 8 ➖ 3	11 ➕ 9 ➕ 6	17 ➖ 6 ➕ 9	18 ➕ 8 ➖ 4
=	=	=	=

จบเกมที่ 7

ที่ ๑๖/๒๕๖๒

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย Sci 131/2561
โครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาเชิงจิตประสาทวิทยาและการพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์
หัวหน้าโครงการวิจัย ดร.พีร วงศ์อุปราช
หน่วยงานที่สังกัด วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าโครงการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภยันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

๑. เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๖ เดือน ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๑
๒. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ ๒ วันที่ ๒๑ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๒
๓. เอกสารแบบแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๖ เดือน ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๑
๔. เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว หรือชุดที่ใช้เก็บข้อมูลจริงจากผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๖ เดือน ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๑

การรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ฉบับนี้ มีผลถึงวันที่ ๑๒ เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๓

ออกให้ ณ วันที่ ๑๓ เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๒

ลงนาม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)
ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา

ประวัตินักวิจัยพร้อมหน่วยงานต้นสังกัด

1. ชื่อ-นามสกุล

ดร. พีร วงศ์อุปราช

2. สังกัด

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

3. ตำแหน่งบริหาร

3.1 ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิจัย นวัตกรรม และวิเทศสัมพันธ์ (2561 – 2562)

3.2 ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิเทศน์สัมพันธ์ (2560 – 2561)

3.3 คณะกรรมการประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา (2559 - ปัจจุบัน)

4. ประวัติการศึกษา (ตรี โท เอก วิจัยหลังปริญญาเอก)

4.1 ปริญญาตรี: ศิลปศาสตรบัณฑิต (จิตวิทยา) เกียรตินิยมอันดับ 1 เหรียญทอง จากมหาวิทยาลัยนเรศวร (2547)

4.2 ปริญญาโท: ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (อาชญาวิทยาและงานยุติธรรม) มหาวิทยาลัยมหิดล (2550)

4.3 ปริญญาเอก: Doctor of Philosophy in Psychology (Cognitive neuroscience) จาก King’s College London, UK (2559)

5. โครงการวิจัยและแหล่งทุนที่ได้รับ (ชื่อโครงการ ปีที่ได้รับทุน หน้าที่ ระยะเวลา แหล่งทุน มูลค่าทุนวิจัย)

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเผชิญความรุนแรงในชุมชนและความก้าวร้าวทางปัญญา อารมณ์ และพฤติกรรมของวัยรุ่นใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ของไทย (2553 - 2554): หัวหน้าโครงการวิจัย ระยะเวลา 1 ปี โดยได้รับทุนภายในมหาวิทยาลัยธนบุรี จำนวน 44,000 บาท (เสร็จสิ้นโครงการ)

5.2 การศึกษาความเปลี่ยนแปลงของคะแนนสติปัญญาทั่วโลกตั้งแต่ปี 1950 จนถึงปี 2014 จำแนกตามกลุ่มประเทศและกลุ่มอายุ (2556-2557): หัวหน้าโครงการวิจัยระยะเวลา 1 ปี โดยใช้งบประมาณส่วนตัว (เสร็จสิ้นโครงการ)

5.3 การศึกษาความเปลี่ยนแปลงของคะแนนความจำระยะสั้น และความจำขณะทำงานทั่วโลกตั้งแต่ปี 1980 จนถึงปี 2016 จำแนกตามกลุ่มประเทศและกลุ่มอายุ (2559-2560): หัวหน้าโครงการวิจัย ระยะเวลา 1 ปี โดยใช้งบประมาณส่วนตัว (เสร็จสิ้นโครงการ)

5.4 การศึกษาเชิงจิตประสาทวิทยาและการพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (2560-2561): หัวหน้าโครงการ ระยะเวลา 1 ปี โดยได้รับทุนเงินอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) จำนวน 396,400 บาท (อยู่ระหว่างดำเนินการ)

5.5 ปัจจัยที่สัมพันธ์กับความสามารถในการทำงานของประชากรวัยแรงงงานที่เป็นโรคต่อมไทรอยด์เป็นพิษของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา (2561-2562): ผู้ร่วมโครงการ ระยะเวลา 1 ปี โดยได้รับทุนเงินรายได้ส่วนงาน ภาควิชารังสีวิทยาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 185,350 บาท (อยู่ระหว่างดำเนินการ)