

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์แบบให้แสดงวิธีทำ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที (ACT Production System) และศึกษาความตรงของดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบตามแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที เป็นการศึกษาที่ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงพัฒนา หรือวิจัยประดิษฐ์ มีรายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

กระบวนการคิดในการพัฒนาดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบ

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ที่ Anderson ได้เสนอไว้ และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความซับซ้อนของข้อสอบ ตั้งเนื้อหา แนวคิด และผลการวิจัยตามรายละเอียดที่ปรากฏในบทที่ 2 และสรุปได้ว่าตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที และแนวคิดกระบวนการทางปัญญา (cognitive process) มีตัวแปรหลักที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดในสมองของมนุษย์ ซึ่งสามารถชี้ไปถึงความซับซ้อนและความยากง่ายของเรื่องที่เกิดขึ้นได้ 2 ตัวแปร คือ จำนวนขั้นตอนที่ต้องใช้ในการคิด และระยะเวลาที่ต้องใช้ในการคิด จากแนวคิดนี้ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาสูตรที่ใช้ในการคิดคำนวณหาค่าดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบตามระบบการผลิต แบบ เอ ซี ที โดยแบ่งการพัฒนาเป็น 2 สูตรดังนี้

1. สูตรหาค่าดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบคำนวณจากจำนวนขั้นตอนที่ต้องใช้ในการคิด ( $ICO_1$ ) สูตรนี้ผู้วิจัยได้แนวคิดจากระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ที่ว่า หากข้อสอบข้อใดยิ่งใช้ขั้นตอนการคิดหาคำตอบหลายขั้นตอน แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีความซับซ้อนมาก ประกอบกับแนวคิดตามทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ที่ว่า หากข้อสอบข้อใดมีผู้ทำถูกมาก แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีความยากน้อยหรือง่ายและหากข้อสอบข้อใดมีผู้ทำถูกน้อย แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีความยากมาก โดยได้เสนอเป็นสูตรหาค่าความยากของข้อสอบเอาไว้ว่า เป็นสัดส่วนของผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อนั้น ถูก ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาสูตรหาค่าความซับซ้อนของข้อสอบตามแนวคิดที่ว่า หากข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบได้ถูกต้องหลายขั้นตอน แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีความซับซ้อนน้อย แต่ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบได้ถูกต้องน้อยขั้นตอน แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีความซับซ้อนมาก นั่นคือ ผู้วิจัยได้ใช้จำนวนขั้นตอนไปคิดหา



ดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบ และนำไปสู่การให้คะแนนบางส่วน เช่น ถ้าข้อสอบข้อหนึ่ง นักเรียนทำถูก 3 ชั้นตอน จากจำนวนชั้นตอนทั้งหมดที่ต้องใช้ในการคิด 10 ชั้นตอน เมื่อให้คะแนนเต็มประจำข้อสอบข้อนี้เป็น 10 คะแนน นักเรียนคนนี้จะได้ 3 คะแนนหรือถ้าให้คะแนนเต็มเป็น 1 คะแนน นักเรียนก็จะได้ 0.3 คะแนน และถ้าข้อสอบอีกข้อหนึ่ง นักเรียนทำถูก 3 ชั้นตอน จากจำนวนชั้นตอนทั้งหมดที่ต้องใช้ในการคิด 5 ชั้นตอน เมื่อให้คะแนนเต็มประจำข้อสอบข้อนี้เป็น 5 คะแนน นักเรียนคนนี้จะได้ 3 คะแนนหรือถ้าให้คะแนนเต็มเป็น 1 คะแนน นักเรียนก็จะได้ 0.6 คะแนน เป็นต้น ซึ่งแตกต่างจากแนวคิดทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม ที่ให้คะแนนเป็นแบบ 0 - 1 คือ ตอบผิดได้ 0 คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน

2. สูตรหาดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบคำนวณจากระยะเวลาที่ใช้ในการคิด ( $ICT_p$ ) สูตรนี้ผู้วิจัยได้แนวคิดมาจากระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที และแนวคิดเกี่ยวกับการศึกษากระบวนการทางปัญญา ที่ว่า นอกจากตัวแปรจำนวนชั้นตอนที่ต้องใช้ในการคิดหาคำตอบจะมีผลต่อความซับซ้อนของข้อสอบแล้ว ระยะเวลาที่ใช้ในการคิดในแต่ละชั้นตอนยังเป็นตัวแปรสำคัญอีกตัวหนึ่ง ซึ่งมีผลต่อค่าความซับซ้อนของข้อสอบด้วย กล่าวคือ ถ้าชั้นตอนที่ใช้ในการคิดหาคำตอบเป็นชั้นตอนที่ต้องใช้เวลามาก น่าจะมีผลทำให้ข้อสอบข้อนั้นมีความซับซ้อนมาก แต่ถ้าชั้นตอนที่ใช้ในการคิดหาคำตอบเป็นชั้นตอนที่ต้องใช้เวลาน้อย ก็น่าจะมีผลทำให้ข้อสอบข้อนั้นมีความซับซ้อนน้อยด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำตัวแปรระยะเวลาที่ใช้ในการคิดในแต่ละชั้นตอน ( $t_{o_p}$ ) นี้ มาเป็นตัวถ่วงน้ำหนักในการพัฒนาสูตรหาค่าความซับซ้อนของข้อสอบ

### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษากรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2536 ซึ่งมีโรงเรียนประถมศึกษาในสังกัดทั้งสิ้น 38 โรงเรียน แบ่งเป็นกลุ่มย่อย 5 กลุ่ม มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ทั้งสิ้น 202 ห้อง มีนักเรียนรวม 7,648 คน ซึ่งจากการสอบถามผู้บริหารของโรงเรียนและผู้บริหารของสำนักงานการประถมศึกษากรุงเทพมหานครแล้ว พบว่า การจัดนักเรียนเข้าชั้นเรียนของทุกโรงเรียน มีการจัดแบบคละความสามารถ รายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนแสดงในตารางที่ 3



ตารางที่ 3 แสดงรายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงาน  
การประถมศึกษากรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ กระทรวงศึกษาธิการ  
ปีการศึกษา 2536 จำแนกตามกลุ่มย่อย

ชื่อกลุ่ม	ชื่อโรงเรียน	จำนวนห้อง	จำนวนนักเรียน
1. กลุ่มทวาราวดี	1. ราชวินิต	13	497
	2. พญาไท	8	330
	3. โพลีเทคนิค	5	210
	4. วัดโบสถ์	4	162
	5. วัดโสมนัส	4	125
	6. วัดอัมรินทร์ราชมงคล	7	299
	7. อนุบาลวัดปรีณายก	6	241
2. กลุ่มอโยธยา	8. บางบัว (แห่งตั้งตรงจิตรวิทยาคาร)	9	360
	9. วัดใหม่ช่องลม	4	121
	10. ไทยรัฐวิทยา 75	-	-
	11. วิทยุอุปถัมภ์	9	347
	12. วัดอภัยอาราม	4	121
	13. อนุบาลพิบูลเวศม์	7	293
	14. อนุบาลสามเสน	5	209
	15. พระยาประเสริฐสุนทราศรัย	6	230
3. กลุ่มสุโขทัย	16. วัดพลับพลาชัย	7	306
	17. ประถมทวิธาภิเศก	5	213
	18. มหาวีรานุวัตร	3	97
	19. วัดชนะสงคราม	3	91
	20. วัดชัยชนะสงคราม	2	40
	21. วัดประจักษ์วงศาवास	5	216
	22. วัดเวตวันธรรมมาวาส	10	393
	23. พระตำหนักสวนกุหลาบ	4	94

## ตารางที่ 3 (ต่อ)

ชื่อกลุ่ม	ชื่อโรงเรียน	จำนวนห้อง	จำนวนนักเรียน
4. กลุ่มกรุงธน	24. วัดหนึ่ง	9	333
	25. ประถมบางแค	6	209
	26. วัดเจ้ามูล	3	97
	27. วัดช่างเหล็ก	2	61
	28. วัดนาคปรก	2	74
	29. วัดหงส์รัตนาราม	4	138
	30. อนุบาลวัดนางนอง	5	224
	31. วัดสังข์กระจาย (แจ่มวิชาสอน)	2	44
5. กลุ่มรัตนโกสินทร์	32. ท่ามหาเมฆ	6	226
	33. คาราคาม	7	267
	34. บ้านหนองบอน	5	161
	35. ประถมนนทบุรี	6	231
	36. สายน้ำทิพย์	8	356
	37. วัดด่าน	2	42
	38. วัดมหาบุษย์ (พิทักษ์ถาวรคุณ)	5	190
		รวม	202



### กลุ่มตัวอย่างและวิธีการสุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม และสร้างตารางเทียบหาระยะเวลาในการทำงานของสมองสำหรับแต่ละขั้นตอน ( $t_{0.1}$ ) จำนวน 126 คน โดยใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบจำนวน 87 คน และใช้ในการสร้างตารางเทียบหาระยะเวลาในการทำงานของสมอง จำนวน 39 คน

กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ใช้ในการเก็บข้อมูล เพื่อหาค่าแนวโน้มค่าความซับซ้อนตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที และตรวจสอบความตรงของค่าความซับซ้อนตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที จำนวน 225 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้นักเรียนเป็นหน่วยของการวิเคราะห์โดยใช้โรงเรียน และห้องเรียนซึ่งมีการจัดนักเรียนเข้าชั้นเรียนแบบคละความสามารถ เป็นหน่วยของการสุ่มโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้น (multi - stage random sampling) (นิยมปุระคำ, 2517 : 210 - 216) โดยขั้นแรกจะสุ่มโรงเรียนประถมศึกษาสังกัดสำนักงานการประถมศึกษากรุงเทพมหานคร โดยการสุ่มโรงเรียนมากลุ่มละ 2 โรงเรียน ได้มาทั้งสิ้น 10 โรงเรียน ชั้นที่ 2 สุ่มห้องเรียนจากโรงเรียนที่สุ่มได้แต่ละโรงเรียน โดยสุ่มจากระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มาโรงเรียนละ 1 ห้อง ด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย ได้ทั้งสิ้น 10 ห้อง แล้วสุ่มห้องเรียนจากห้องเรียนที่สุ่มได้มา 3 ห้อง ได้นักเรียนจำนวน 126 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ส่วนที่เหลือ 7 ห้อง จำนวน 225 คนให้เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 รายชื่อโรงเรียน และจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยใช้จริง ทั้งหมดมีดังต่อไปนี้



ตารางที่ 4 จำนวนกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำแนกตามกลุ่มโรงเรียนและโรงเรียน

ชื่อกลุ่ม	ชื่อโรงเรียน	จำนวนนักเรียน
1. กลุ่มทวาราวดี	1. ราชวินิต	39
	2. อนุบาลวัดปรีนาถ	43
2. กลุ่มอโยธยา	3. อนุบาลพิบูลเวศม์	44
	4. อนุบาลสามเสน	36
3. กลุ่มสุโขทัย	5. วัดชนะสงคราม	32
	6. พระตำหนักสวนกุหลาบ	23
4. กลุ่มกรุงธน	7. ประถมบางแค	38
	8. วัดสังข์กระจาย (แจ่มวิชาสอน)	22
5. กลุ่มรัตนโกสินทร์	9. กุุ่มมหาเมฆ	39
	10. ประถมนนทรี	35
รวม		351

จากตารางที่ 4 ผู้วิจัยได้ใช้นักเรียนโรงเรียนอนุบาลวัดปรีนาถ อนุบาลพิบูลเวศม์ เป็นกลุ่มตัวอย่างในสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม ใช้นักเรียนโรงเรียนทุ่งมหาเมฆในการทดลองเพื่อสร้างตารางเทียบเวลาในการทำงานของสมองในแต่ละขั้นตอนการคิด และใช้นักเรียนส่วนที่เหลือในการตรวจสอบความตรงของดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบ



## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนาดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ แบบให้แสดงวิธีทำ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามแนวคิดระบบการผลิต และศึกษาความตรงของดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ผู้วิจัยใช้ เครื่องมือการเก็บข้อมูล 2 อย่าง ดังนี้

### 1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้น โดยใช้ภาษาซี (C) และมี เทอร์โบ ซี เวอร์ชัน 2.0 (Turbo C Version 2.0) เป็นตัวคอมไพเลอร์ (Compiler) สามารถจับเวลาได้ละเอียดถึงหนึ่งส่วนร้อยวินาที เพื่อใช้วัดระยะเวลาในการคิดหาคำตอบสำหรับ แต่ละขั้นตอน เช่น  $0 + 1$  จะใช้เวลากี่วินาที (second) เป็นต้น โดยหาทุกขั้นตอนที่เป็นไปได้ (all possible operations) ในเรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร ตามหลักสูตรชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของกระทรวงศึกษาธิการ ทั้งนี้กำหนดให้โจทย์หรือข้อกระทงปรากฏบนจอภาพ โดยเรียงลำดับแบบ สุ่ม (random) และให้คอมพิวเตอร์เริ่มจับเวลาตั้งแต่โจทย์เริ่มปรากฏบนจอภาพจนกระทั่งนักเรียน กดคำตอบเสร็จ และให้บันทึกเฉพาะเวลาของนักเรียนที่ตอบข้อกระทงนั้นถูกเท่านั้น

### 2. แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบสอบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร ตามหลักสูตรชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของกระทรวง ศึกษาธิการซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบแสดงวิธีทำจำนวน 8 ข้อ ให้นักเรียนแสดงวิธีทำโดยละเอียด เพื่อตรวจสอบวิธีคิดของนักเรียน โดยมีลำดับการสร้าง ดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตร รายละเอียดของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ใน เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร จากคู่มือครูและแบบเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของกระทรวงศึกษาธิการ

2. กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการเขียนข้อสอบ ดังนี้ "เมื่อนักเรียนได้เรียน เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร จบแล้ว นักเรียนสามารถหาคำตอบจากโจทย์คำถามที่เป็นประโยคสัญลักษณ์การบวก ลบ คูณ หาร จำนวนเต็มบวกที่มีหลายหลัก ได้ถูกต้อง"



3. เขียนข้อสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาและสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดในข้อ 2 เป็นข้อสอบแบบอัตนัย เพื่อให้ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนวิธีทำอย่างละเอียด โดยมีขั้นตอนในการเขียนข้อสอบอิงวัตถุประสงค์ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ทั่วไปที่ต้องการจะวัดคือ

"ความสามารถในการบวกตัวเลข"

"ความสามารถในการลบตัวเลข"

"ความสามารถในการคูณตัวเลข"

"ความสามารถในการหารตัวเลข"

ขั้นที่ 2 ระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ย่อย ๆ โดยยึดตามคู่มือครู และแบบเรียน

1. สามารถคิดหาคำตอบจากประโยคสัญลักษณ์เรื่อง การบวกตัวเลขจำนวนเต็มที่มีไม่เกิน 7 หลักได้ถูกต้อง

2. สามารถคิดหาคำตอบจากประโยคสัญลักษณ์เรื่อง การลบตัวเลขจำนวนเต็มที่มีไม่เกิน 7 หลักได้ถูกต้อง

3. สามารถคิดหาคำตอบจากประโยคสัญลักษณ์เรื่อง การคูณตัวเลขจำนวนเต็มที่มีไม่เกิน 3 หลักได้ถูกต้อง

4. สามารถคิดหาคำตอบจากประโยคสัญลักษณ์เรื่อง การหารที่มีตัวตั้งเป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกที่มีไม่เกิน 7 หลัก และตัวหารเป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกหลักเดียว โดยที่หารกันได้ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม

ขั้นที่ 3 ให้คำอธิบายพฤติกรรมย่อย

"กำหนดคำถามเป็นประโยคสัญลักษณ์เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร ให้นักเรียนอ่านแล้วคิดหาคำตอบที่ถูกต้อง"

ขั้นที่ 4 ให้คำอธิบายถึงลักษณะของคำถาม

"คำถามเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ คือ เครื่องหมาย บวก ลบ คูณ หรือหารโดยให้นักเรียนคิดหาคำตอบที่ถูกต้องโดยการแสดงวิธีคิดอย่างละเอียด"

ขั้นที่ 5 ให้คำอธิบายถึงลักษณะคำตอบ

"ลักษณะคำตอบเป็นตัวเลขลงตัวจำนวนเต็มไม่เกิน 7 หลัก ที่ได้จากการคิดคำนวณโจทย์สัญลักษณ์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร"



### ขั้นที่ 6 เขียนในรูปข้อสอบ

คำชี้แจง จงคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้ โดยแสดงวิธีทำอย่างละเอียดลงในกระดาษคำตอบ

#### รูปแบบข้อสอบ

1. (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 3 หลัก)  $\langle + \rangle$  (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 3 หลัก)  
= ผลลัพธ์เป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกไม่เกิน 4 หลัก
2. (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 7 หลัก)  $\langle + \rangle$  (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 7 หลัก)  
= ผลลัพธ์เป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกไม่เกิน 8 หลัก
3. (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 3 หลัก)  $\langle - \rangle$  (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 3 หลัก)  
= ผลลัพธ์เป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกไม่เกิน 3 หลัก
4. (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 6 หลัก)  $\langle - \rangle$  (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 6 หลัก)  
= ผลลัพธ์เป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกไม่เกิน 6 หลัก
5. (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 2 หลัก)  $\langle \times \rangle$  (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 1 หลัก)  
= ผลลัพธ์เป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกไม่เกิน 3 หลัก
6. (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 3 หลัก)  $\langle \times \rangle$  (ตัวเลขจำนวนเต็มบวก 2 หลัก)  
= ผลลัพธ์เป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกไม่เกิน 4 หลัก
7. (ตัวตั้งเป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวก 6 หลัก)  $\div$  (ตัวหารเป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกหลักเดียวที่หารตัวตั้งได้ลงตัว) = ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวกไม่เกิน 6 หลัก
8. (ตัวตั้งเป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวก 4 หลัก)  $\div$  (ตัวหารเป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกหลักเดียวที่หารตัวตั้งได้ลงตัว) = ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวกไม่เกิน 4 หลัก



4. นำแบบสอบที่สร้างขึ้นให้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ที่สุ่มมาจำนวน 1 ห้อง จำนวน 46 คน ทำโดยแสดงวิธีทำเพื่อตรวจสอบวิธีคิดของนักเรียน และความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการสอบ (20 นาที)

5. ปรับปรุงข้อสอบให้มีจำนวนขั้นตอนการคิดต่าง ๆ กัน ปนกันไป เพื่อให้แต่ละข้อมีความซับซ้อนมากน้อยแตกต่างกัน

6. นำแบบสอบไปทดลองใช้อีกครั้งกับกลุ่มตัวอย่างที่ 1 โดยสุ่มมา 1 ห้องจากที่เหลืออยู่ 2 ห้อง จำนวน 41 คน ก่อนนำไปใช้จริง

7. วิเคราะห์หาโมเดลการคิดหาคำตอบของข้อสอบทั้ง 8 ข้อโดยยึดตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที

ผลการสร้างแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 8 ข้อ พบว่าข้อสอบมีคุณภาพ โดยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่วางไว้ และเป็นตัวแทนของข้อสอบในแต่ละรูปแบบข้อสอบ และเมื่อวิเคราะห์หาโมเดลการคิดหาคำตอบของข้อสอบทั้ง 8 ข้อ ตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที แล้วปรากฏว่าข้อสอบมีค่าความยากตั้งแต่ 0.8 ขึ้นไป มีความแตกต่างกันที่ขั้นตอนการคิดของข้อสอบ คือ แต่ละข้อมีจำนวนขั้นตอน และลักษณะในแต่ละขั้นตอนแตกต่างกันไป (ภาคผนวก ข) ดังต่อไปนี้

ข้อสอบข้อที่ 1 เป็นข้อสอบเรื่อง การบวก มีขั้นตอนการคิดทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการบวก 4 ขั้นตอน และขั้นตอนการทศระหว่งการบวก 1 ขั้นตอน

ข้อสอบข้อที่ 2 เป็นข้อสอบเรื่อง การบวก มีขั้นตอนการคิดทั้งสิ้น 15 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการบวก 12 ขั้นตอน และขั้นตอนการทศระหว่งการบวก 3 ขั้นตอน

ข้อสอบข้อที่ 3 เป็นข้อสอบเรื่อง การลบ มีขั้นตอนการคิดทั้งสิ้น 3 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการลบ 3 ขั้นตอน

ข้อสอบข้อที่ 4 เป็นข้อสอบเรื่อง การลบ มีขั้นตอนการคิดทั้งสิ้น 10 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการลบ 8 ขั้นตอน และขั้นตอนการหิมระหว่งการลบ 2 ขั้นตอน

ข้อสอบข้อที่ 5 เป็นข้อสอบเรื่อง การคูณ มีขั้นตอนการคิดทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการคูณ 2 ขั้นตอน ขั้นตอนการบวก 2 ขั้นตอน และขั้นตอนการทศระหว่งการคูณ 1 ขั้นตอน

ข้อสอบข้อที่ 6 เป็นข้อสอบเรื่อง การคูณ มีขั้นตอนการคิดทั้งสิ้น 20 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการคูณ 6 ขั้นตอน ขั้นตอนการบวก 10 ขั้นตอน ขั้นตอนการทศระหว่งการคูณ 2 ขั้นตอน และขั้นตอนการทศระหว่งการบวก 2 ขั้นตอน

ข้อสอบข้อที่ 7 เป็นข้อสอบเรื่อง การหาร มีขั้นตอนการคิดทั้งสิ้น 19 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการหาร 6 ขั้นตอน ขั้นตอนการลบ 7 ขั้นตอน และขั้นตอนการคูณ 6 ขั้นตอน



ข้อสอบข้อที่ 8 เป็นข้อสอบเรื่อง การหาร มีขั้นตอนการคิดทั้งสิ้น 17 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการหาร 4 ขั้นตอน ขั้นตอนการลบ 8 ขั้นตอน ขั้นตอนการคูณ 4 ขั้นตอน และขั้นตอนการซึม 1 ขั้นตอน

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การเก็บข้อมูลเพื่อสร้างตารางเทียบหาระยะเวลาในการทำงานของสมองสำหรับแต่ละขั้นตอน ( $t_{0j}$ ) จำแนกตามระดับความสามารถ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความซับซ้อนของข้อสอบตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที โดยใช้ระยะเวลาเป็นตัววัด (ICT<sub>1</sub>)

1. จัดนักเรียนจากกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ที่เหลืออยู่ 1 ห้อง จำนวน 39 คน เข้ากลุ่มตามระดับความสามารถ คือ

1.1 กลุ่มเก่ง ได้แก่ กลุ่มนักเรียนที่มีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ มากกว่า 3.00 ขึ้นไป ซึ่งมีจำนวน 14 คน

1.2 กลุ่มอ่อน ได้แก่ กลุ่มนักเรียนที่มีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ น้อยกว่า 2.00 ซึ่งมีจำนวน 12 คน

2. ให้นักเรียนทั้งกลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน จากข้อ 1 คิดหาค่าตอบที่ถูกต้องของแต่ละขั้นตอนเกี่ยวกับเรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร โดยให้ตอบให้ถูกต้อง อย่างเร็วที่สุดกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจับเวลาที่ใช้ในการคิดตอบของนักเรียนที่ตอบถูก โดยจับเวลาตั้งแต่โจทย์เริ่มปรากฏบนจอภาพจนนักเรียนกดคำตอบเสร็จ ของแต่ละขั้นตอน จนครบทุกขั้นตอน ทุกคน ทั้งนี้ก่อนทำการทดลองให้นักเรียนลองใช้แป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยก่อน

3. หาค่ามัธยฐาน (median) ของเวลาที่ใช้ในการคิดตอบ ของแต่ละขั้นตอน (หน่วย เป็น sec.) ทุกขั้นตอน สำหรับนักเรียนกลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน ได้เป็นค่า  $t_{0j}$  ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาในการทำงานของสมองแต่ละขั้นตอนของแต่ละกลุ่มความสามารถ โดยมีหน่วยเป็นวินาที (second)

4. สร้างตารางเพื่อใช้เทียบหาค่าความซับซ้อนของข้อสอบ ตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที จากข้อมูลในข้อ 3 โดยแบ่งเป็น ตารางการบวก ตารางการลบ ตารางการคูณ ตารางการหาร ได้เป็นตารางเทียบ  $t_{0j}$  2 ชุด สำหรับกลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน



5. นำโมเดลการคิดหาค่าตอบตามแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ของข้อสอบทั้ง 8 ข้อที่ผู้วิจัยเฉลยไว้มาเทียบหาค่า  $\rho_c$  ของทุก ๆ ขั้นตอนที่มีในโมเดล เพื่อนำไปหาค่าความซับซ้อนของข้อสอบตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที โดยใช้ระยะเวลาเป็นตัววัด (ICT<sub>u</sub>) สำหรับกลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน

ตอนที่ 2 การเก็บข้อมูลเพื่อคำนวณหาค่าความซับซ้อนของข้อสอบ ตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที จำแนกตามระดับความสามารถ และตรวจสอบความตรงของค่าความซับซ้อนของข้อสอบตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ดังนี้

1. จัดนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 เข้ากลุ่มย่อย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน โดยใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผ่านมานักเรียน คือ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำมาใช้เป็นเกณฑ์แบ่งกลุ่ม ดังนี้

1.1 กลุ่มเก่ง ได้แก่ นักเรียนที่มีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มากกว่า 3.00 ขึ้นไป

1.2 กลุ่มอ่อน ได้แก่ นักเรียนที่มีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ น้อยกว่า 2.00

ซึ่งผลการจัดนักเรียนเข้ากลุ่มตามระดับความสามารถแสดงไว้ในตารางที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 5 จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำแนกระดับความสามารถ ตามค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผ่านมาในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ระดับความสามารถ	จำนวนนักเรียน
กลุ่มเก่ง	87
กลุ่มปานกลาง	80
กลุ่มอ่อน	58
รวม	225

2. นำแบบสอบสำหรับให้แสดงวิธีทำที่สร้างขึ้นไปสอบกับนักเรียนกลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน ที่จำแนกไว้ในข้อ 1

3. ตรวจสอบคะแนนการตอบของนักเรียนทั้งหมด โดยแบ่งวิธีการตรวจเป็น 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ตรวจสอบแบบเดิมเพื่อนำข้อมูลมาหาค่าความชุกของข้อสอบตามแนว CTT โดยการกำหนดคะแนนเต็มไว้ข้อละ 1 คะแนน ตรวจสอบให้คะแนนโดยให้คะแนนผู้ตอบถูกเป็น 1 คะแนน ผู้ตอบผิดเป็น 0 คะแนน วิธีที่ 2 ตรวจสอบเพื่อนำข้อมูลมาหาค่าความซับซ้อนของข้อสอบตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที โดยกำหนดให้จำนวนขั้นตอนทั้งหมดที่ใช้ในการคิดหาค่าตอบของข้อสอบแต่ละข้อ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์หาโมเดลการคิดหาค่าตอบตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ที่ผู้วิจัยได้เฉลยไว้แล้ว เป็นคะแนนเต็มของข้อสอบข้อนั้น คือ

ข้อสอบข้อที่ 1	มี 5 ขั้นตอน	ให้คะแนนเต็มเป็น 5 คะแนน
ข้อสอบข้อที่ 2	มี 15 ขั้นตอน	ให้คะแนนเต็มเป็น 15 คะแนน
ข้อสอบข้อที่ 3	มี 3 ขั้นตอน	ให้คะแนนเต็มเป็น 3 คะแนน
ข้อสอบข้อที่ 4	มี 10 ขั้นตอน	ให้คะแนนเต็มเป็น 10 คะแนน
ข้อสอบข้อที่ 5	มี 5 ขั้นตอน	ให้คะแนนเต็มเป็น 5 คะแนน
ข้อสอบข้อที่ 6	มี 20 ขั้นตอน	ให้คะแนนเต็มเป็น 20 คะแนน
ข้อสอบข้อที่ 7	มี 19 ขั้นตอน	ให้คะแนนเต็มเป็น 19 คะแนน
ข้อสอบข้อที่ 8	มี 17 ขั้นตอน	ให้คะแนนเต็มเป็น 17 คะแนน

จากนั้นตรวจสอบให้คะแนนโดยให้นักเรียนได้คะแนนแต่ละข้อเท่ากับจำนวนขั้นตอนที่ทำได้สำหรับข้อนั้น



## การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. เสนอผลการพัฒนาดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบ เป็นสูตรการคำนวณหาค่าดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที แบ่งเป็น 2 สูตร คือ สูตรหาค่าความซับซ้อนของข้อสอบคำนวณจากจำนวนขั้นตอนที่ใช้ในการคิด ( $ICO_1$ ) และสูตรหาค่าความซับซ้อนของข้อสอบคำนวณจากระยะเวลาที่ต้องใช้ในการคิด ( $ICT_1$ )
2. นำผลการสอบของกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์หาโมเดลการคิดหาคำตอบของข้อสอบทั้ง 8 ข้อ โดยวิเคราะห์แยกเป็นกลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน
3. เปรียบเทียบโมเดลการคิดหาคำตอบที่วิเคราะห์ได้จากกลุ่มตัวอย่าง กับโมเดลการคิดหาคำตอบที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ไว้ตามแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่
4. คำนวณค่าความซับซ้อนตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ทั้ง 2 แบบ ของข้อสอบทุกข้อ โดยจำแนกตามระดับความสามารถ คือ กลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน โดยใช้สูตรที่ได้จากข้อ 1
5. คำนวณหาค่าความยากแบบเดิมของข้อสอบทุกข้อ โดยจำแนกตามระดับความสามารถ คือ กลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน ตามสูตรดังนี้

$$p_i = \frac{\text{จำนวนคนที่ทำได้ถูกสำหรับข้อสอบข้อที่ } i}{\text{จำนวนคนสอบทั้งหมด}}$$

โดยที่  $p_i$  คือ ค่าความยากของข้อสอบข้อที่  $i$

6. นำค่าความซับซ้อน  $ICO_1$ ,  $ICT_1$  และ ค่าความยาก  $p_i$  ของข้อสอบทุกข้อ สำหรับกลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน มาจัดเรียงลำดับจากความซับซ้อนหรือความยากน้อยไปหาความซับซ้อนหรือความยากมาก



7. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอันดับที่ของสเปียร์แมน (Spearman Rank Correlation Coefficient :  $r_s$ ) ระหว่างลำดับที่ของ  $ICO_1$  กับ  $p_1$  ระหว่างลำดับที่ของ  $ICT_1$  กับ  $p_1$  และระหว่างลำดับที่ของ  $ICO_1$  กับ  $ICT_1$  ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามระดับความสามารถ

8. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอันดับที่ของสเปียร์แมน โดยใช้สถิติทดสอบ ที (t) (Kendall, 1948 a ; 47-48 quoted in Siegel, 1956 : 212)

9. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของเคนดอลล์ (The Kendall Coefficient of Concordance :  $W$ ) ระหว่าง  $ICO_1$ ,  $ICT_1$  และ  $p_1$  โดยจำแนกตามระดับความสามารถ (Siegel, 1956 : 231)

10. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของเคนดอลล์ ( $W$ ) โดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ ( $\chi^2$ ) (Siegel, 1956 : 236)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย