

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองมีแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลัง (Single-Group Pretest-Posttest Design) เพื่อศึกษาผลของการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุต่อการเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้วิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยมีรายละเอียดของวิธีการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนจำปาโมงวิทยาคาร อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี จำนวน 45 คน อายุระหว่าง 16-18 ปี

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนจำปาโมงวิทยาคาร อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี ได้มาโดยการรับสมัครอาสาสมัครทั้งหญิงและชาย จำนวน 16 คน คุณสมบัติและการดำเนินการคัดเลือกมีดังนี้

1. อาสาสมัครต้องมีคุณสมบัติดังนี้
 - 1.1 มีสุขภาพดี สมบูรณ์แข็งแรง
 - 1.2 มีความถนัดในการใช้มือข้างขวา
 - 1.3 ได้ยินเสียงปกติ
 - 1.4 มีการมองเห็นปกติ (สวมแว่นสายตาได้)
 - 1.5 ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะหรือการเจ็บป่วยทางระบบประสาท
 - 1.6 ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยทางจิต การใช้ยาทางจิตเวชหรือสารเสพติดที่มีผลต่อ

ระบบประสาท

- 1.7 เต็มใจเข้าร่วมโครงการวิจัยและลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

2. การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ผู้วิจัยติดต่อประสานงานกับผู้อำนวยการโรงเรียนจำปาโมงวิทยาคาร เพื่อขออนุญาตดำเนินการประชาสัมพันธ์และรับสมัครอาสาสมัครนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดในขั้นต้นเข้าร่วมโครงการวิจัย จากนั้นดำเนินการทดสอบวัด

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ด้วยแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 1 ฉบับ ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 17 ข้อ เพื่อคัดกรองตัวอย่างให้ได้ตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตรงกับข้อกำหนด จำนวน 40 คน ซึ่งมีคะแนนระหว่าง 4 ถึง 12 คะแนน ส่วนอีก 4 คน เป็นนักเรียนที่มีความถนัดมือซ้าย และอีกหนึ่งคนเคยได้รับอุบัติเหตุที่ศีรษะ จึงตัดออก

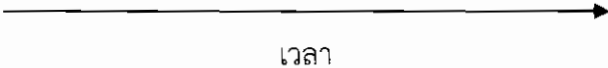
2.2 นำคะแนนที่ได้มาหาค่ามัธยฐานเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงกับกลุ่มที่มีความสามารถต่ำกลุ่ม ทำการสุ่มนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ๆ ละ 8 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตรงกับข้อกำหนดทั้งหมด จำนวน 16 คน เป็นชาย 4 คน และหญิง 12 คน

แบบแผนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (Single-Group Pretest-Posttest Design) แบบแผนการทดลองนี้เหมาะสมกับงานวิจัยที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตรงภายใน (Internal Validity) น้อย เช่น การใช้เครื่องมือที่มีความเที่ยงสูง ระยะห่างระหว่างการวัดก่อนกับหลังการทดลองสั้น หรือเหมาะกับงานวิจัยที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตรงภายในด้วยแบบวิจัยอื่นได้ นอกจากนี้แบบวิจัยนี้ยังสามารถปรับให้เกิดความตรงภายในเพิ่มขึ้นได้ โดยการออกแบบให้มีการวัดสองครั้งสำหรับการวัดก่อนหรือหลังการทดลอง (McMillian & Schumacher, 2010, p. 268) ดังตารางที่ 1

การวิจัยนี้เป็นการศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนไปกลับ และกลุ่มตัวอย่างมีภูมิลำเนาอยู่จังหวัดอุดรธานีซึ่งมีระยะทางไกลจากห้องปฏิบัติการ ที่มหาวิทยาลัยบูรพา จึงเลือกใช้การทดลองแบบการวิจัยกลุ่มเดียว เพื่อเปรียบเทียบผลการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ที่เกิดขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว โดยทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ก่อนและหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลอง Single-Group Pretest-Posttest Design

กลุ่ม	วัดก่อน	สิ่งทดลอง	วัดหลัง
A	O1	X	O2
			
เวลา			

- เมื่อ A หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับสิ่งทดลอง
 X หมายถึง สิ่งทดลองที่ให้กับกลุ่มตัวอย่างคือการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ
 O1 หมายถึง การวัดค่าข้อมูลในตัวแปรก่อนให้สิ่งทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง
 O2 หมายถึง การวัดค่าข้อมูลในตัวแปรหลังให้สิ่งทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็นดังนี้

1. แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป เช่น เพศ อายุ โรคประจำตัว ความถนัดการใช้มือ การได้ยิน เสียง การมองเห็น การใช้ยาทางจิตและระบบประสาท
2. แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability Test) ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม SuperLab (Newton, 2009) แบ่งเป็น 4 ฉบับ ๆ ละ 17 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบ ชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก ประกอบด้วย การระบุภาพเหมือนเมื่อมีการหมุนภาพ การแยกชิ้นส่วน การประกอบชิ้นส่วนของรูปทรง การคลี่กล่อง การระบุตำแหน่ง เป้าหมายเมื่อมีการพับกระดาษ ใช้คัดกรองกลุ่มตัวอย่าง 1 ฉบับ ส่วนอีก 3 ฉบับใช้สำหรับทดสอบก่อนและหลังการฝึกสมองพร้อมกับวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังตัวอย่างในภาคผนวก ค
3. เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) เป็นเครื่องวัดสัญญาณยี่ห้อไบโอแพ็ก (BIOPAC) รุ่น EEG100, MP150 ประเทศสหรัฐอเมริกา และหมวกอิเล็กโทรด (Nineteen Electrode Cap) ที่อ้างอิงระบบมาตรฐานสากล 10-20 (10-20 System) บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม AcqKnowledge 4.0 และนำข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมอง (Raw data) ที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป
4. ชุดฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ เป็นชุดฝึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วยเกมปริศนาซูโดะกุที่เป็นกระดาษ จำนวน 30 เกม เรียงลำดับความยากของเกมปริศนาซูโดะกุจากระดับง่ายไปหายาก

การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

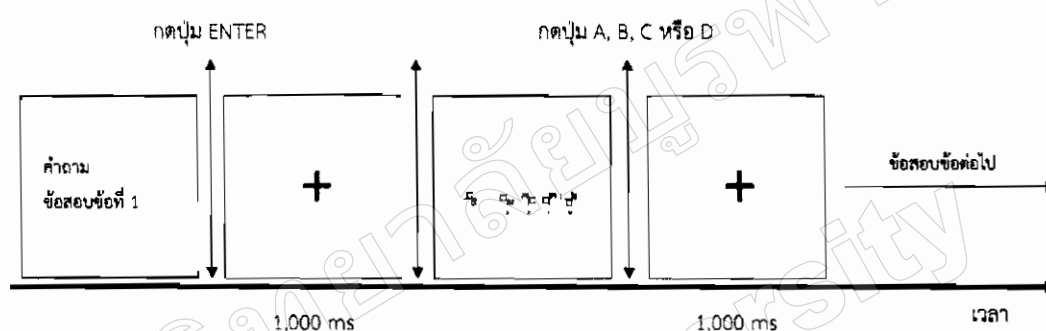
การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1. แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ผู้วิจัยได้ปรับแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของ Newton (2009) มาใส่ใน

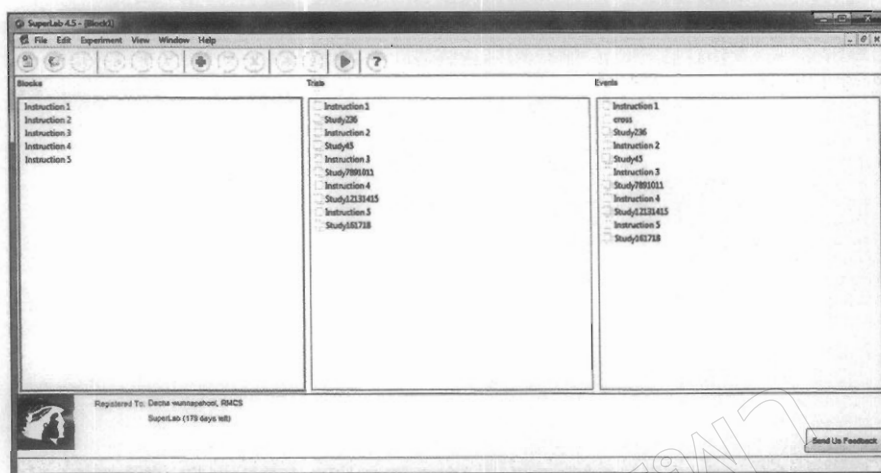
โปรแกรม SuperLab 4.5 แบบทดสอบย่อยมีทั้งหมด 4 ฉบับ ฉบับละ 17 ข้อ ทั้งนี้เพื่อให้การทดสอบแต่ละฉบับใช้เวลาทดสอบไม่เกิน 15 นาที เนื่องจากถ้าให้ผู้ทดสอบทำแบบทดสอบนานเกินไปจะส่งผลกระทบต่อการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองของผู้ทดสอบ ทำให้เกิดคลื่นไฟฟ้ารบกวนจากความเหนื่อยล้า มีขั้นตอนการดำเนินการสร้างมีดังนี้

1.1 การออกแบบลำดับขั้นตอนการทดสอบแต่ละข้อเพื่อแปลงแบบทดสอบที่เป็นกระดาษเป็นแบบทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม SuperLab 4.5 ดังภาพที่ 21



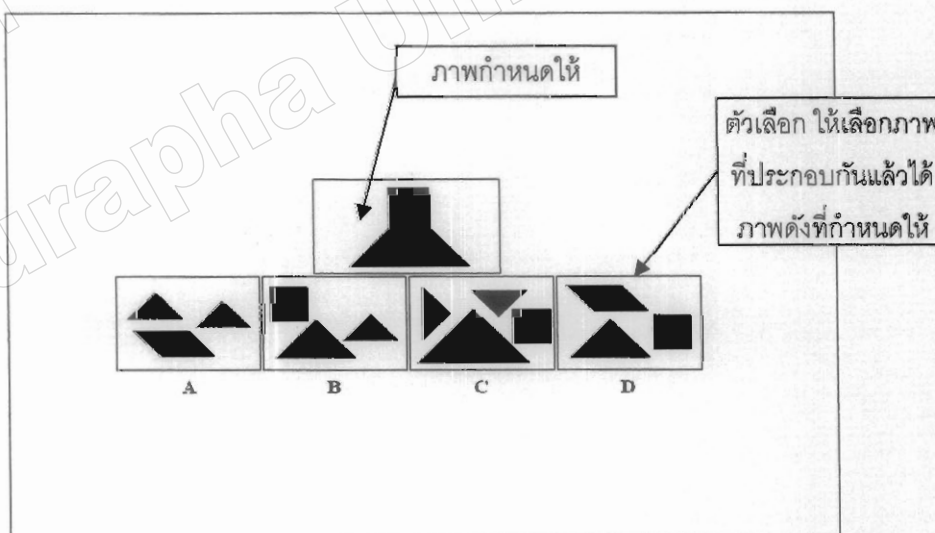
ภาพที่ 21 แผนภาพขั้นตอนการทดสอบข้อสอบมิตีสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์

จากภาพที่ 21 แสดงลำดับการแสดงผลข้อสอบความสามารถด้านมิตีสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ เมื่อเข้าโปรแกรมแสดงผลข้อสอบในหน้าต่างนี้ไม่กำหนดเวลา เพื่อให้ผู้รับการทดสอบอ่านจนเข้าใจ แล้วกดปุ่ม Enter โปรแกรมจะแสดงเครื่องหมายกากบาท (+) เป็นเวลา 1,000 มิลลิวินาที เพื่อเตรียมความพร้อม หลังจากนั้นจะแสดงข้อสอบที่ละข้อโดยไม่ได้กำหนดเวลา ผู้รับการทดสอบเลือกคำตอบด้วยการกดปุ่ม A B C หรือ D บนแป้นพิมพ์ หน้าจอจะปรากฏเครื่องหมายกากบาท (+) อีกครั้งหนึ่งและตามด้วยข้อสอบข้อต่อไป นำแบบทดสอบทั้ง 4 ชุดที่เข้าในโปรแกรม SuperLab 4.5 แล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาฯ ภาสกร และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 หน้าต่างโปรแกรม SuperLab 4.5 แสดงแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

การทดสอบเริ่มจากผู้วิจัยได้ระบุตัวผู้รับการทดสอบ โดยบันทึกชื่อและกำหนดหมายเลขผู้รับการทดสอบในโปรแกรม SuperLab 4.5 ตรวจสอบความเรียบร้อยของโปรแกรม หน้าจอจะปรากฏหน้าต่างข้อสอบแต่ละข้อ ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 หน้าต่างข้อสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

1.2: นำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ครั้ง ๆ ละ 20 คน เพื่อหาเวลาเฉลี่ยของการตอบข้อสอบแต่ละข้อ และการดำเนินการสอบของแบบทดสอบ พร้อมทั้งหาค่า

ความยากของข้อสอบ ข้อมูลได้จากการบันทึกของโปรแกรม SuperLab 4.5 ซึ่งสามารถเปิดดูข้อมูลได้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ดังภาพที่ 24

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4												
5	Participant	Participant	Trial	Event	Participant	Pressed	C	Correct	Error	Reaction		
6	Group	Name	Name	Name	Response Key	Released	Response	Code		Time		
7	Main Group		Instruction Study236, Study236 (D			4 Pressed	C	E		5889		
8	Main Group		Instruction Study236, Study236 (B			2 Pressed	A	E		7256		
9	Main Group		Instruction Study236, Study236 (B			2 Pressed	B	C		7967		
10	Main Group		Instruction Study45, 1 Study45 (1 C			3 Pressed	D	E		7113		
11	Main Group		Instruction Study45, 2 Study45 (2 D			4 Pressed	C	E		7479		
12	Main Group		Instruction Study7891 Study7891 C			3 Pressed	A	E		11880		
13	Main Group		Instruction Study7891 Study7891 C			3 Pressed	D	E		8854		
14	Main Group		Instruction Study7891 Study7891 D			4 Pressed	D	C		5062		
15	Main Group		Instruction Study7891 Study7891 C			3 Pressed	C	C		5503		
16	Main Group		Instruction Study7891 Study7891 B			2 Pressed	A	E		7054		
17	Main Group		Instruction Study1213 Study1213 A			1 Pressed	C	E		9241		
18	Main Group		Instruction Study1213 Study1213 B			2 Pressed	D	E		9711		
19	Main Group		Instruction Study1213 Study1213 D			4 Pressed	D	C		6253		
20	Main Group		Instruction Study1213 Study1213 C			3 Pressed	C	C		9720		
21	Main Group		Instruction Study1617 Study1617 A			1 Pressed	B	E		6017		
22	Main Group		Instruction Study1617 Study1617 B			2 Pressed	D	E		3416		
23	Main Group		Instruction Study1617 Study1617 A			1 Pressed	A	C		2556		
24												
25												
26												
27												
28												

ภาพที่ 24 หน้าต่างผลการทดสอบของผู้รับการทดสอบ

1.4 แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่กำหนดเวลาจากการทดลองในข้อ 1.3 นำมาแก้ไขระยะเวลาของการดำเนินการทดสอบในแต่ละข้อ โดยกำหนดระยะเวลาเป็น 20,000 มิลลิวินาที แล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหนองหัวคูปวงประชานุเคราะห์ อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเวลา และการดำเนินการสอบของแบบทดสอบ พร้อมทั้งวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายของข้อสอบ (p) ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (B) และมีค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ รายละเอียดดังภาคผนวก ค

1.5 แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ได้ ชุดที่หนึ่ง ใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง และอีก 3 ชุดใช้เป็นแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สำหรับวัดคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนและหลังเล่นเกมปริศนาซูโดะกุ

การศึกษานำร่อง (Pilot Study)

การศึกษานำร่องเป็นการตรวจสอบช่วงเวลาที่เหมาะสมของแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แต่ละข้อ โดยข้อมูลได้จากการศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ครั้ง ดังต่อไปนี้

ครั้งที่ 1 ศึกษา นำร่องกับนักเรียนโรงเรียนมัธยมสาธิตเมืองพัทยา (เมือง 11) อำเภอ

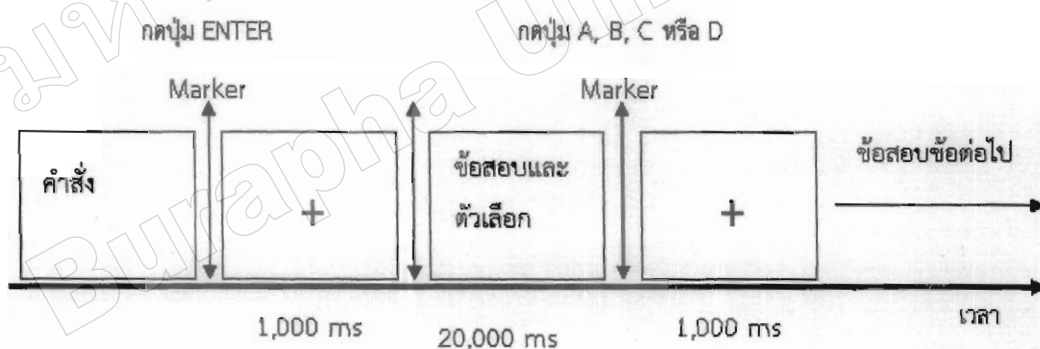
บางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 20 คน โดยแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 4 ฉบับ ๆ ละ 17 ข้อ บรรจุในโปรแกรม SuperLab 4.5 ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบ 4 ตัวเลือก โดยไม่มีการกำหนดเวลาในการตอบ ก่อนข้อสอบจะปรากฏบนหน้าจอ จะมีคำชี้แจงให้นักเรียนอ่านให้เข้าใจ เมื่อนักเรียนพร้อมแล้ว จึงกดปุ่ม “enter” เพื่อทำแบบทดสอบ ข้อสอบแต่ละข้อมีลักษณะเป็นรูปภาพโดยมีภาพกำหนดให้และมีภาพตัวเลือกที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบโดยกดปุ่ม A B C หรือ D บนแป้นพิมพ์ที่ผู้วิจัยกำหนด โปรแกรมจะบันทึกเวลาที่ใช้ในการตอบและคำตอบของข้อสอบแต่ละข้อหาเวลาเฉลี่ยที่นักเรียนตอบข้อสอบแต่ละข้อดังตารางที่ 2 ใช้เวลาเฉลี่ยแต่ละข้อไปกำหนดเป็นเวลาในการทำแบบทดสอบสำหรับศึกษานำร่องครั้งที่ 2 ต่อไป

ตารางที่ 2 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตอบข้อสอบแต่ละข้อ

ข้อที่	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 4
	เวลาเฉลี่ย (ms)	เวลาเฉลี่ย (ms)	เวลาเฉลี่ย (ms)	เวลาเฉลี่ย (ms)
1	7392.50	7915.83	11115.17	9112.83
2	11627.50	11974.20	13328.50	12390.00
3	17474.20	13748.14	14531.80	14609.14
4	4043.50	11060.88	6799.20	12258.88
5	7987.25	6380.50	7246.00	5265.00
6	6918.33	9108.00	7968.00	10179.40
7	10753.25	14090.29	15388.75	17787.50
8	12168.83	11799.57	16447.22	12573.80
9	10403.50	11167.83	9844.00	10560.00
10	8091.00	10852.60	13805.25	11653.71
11	11077.00	7263.00	4991.60	8307.50
12	14671.80	14737.67	14461.00	16224.00
13	11457.25	13735.20	13355.13	14522.13
14	8100.00	11822.83	11168.67	8871.57
15	6224.33	12037.00	11608.33	6930.00
16	7763.00	17047.67	8561.00	8574.17
17	16953.24	13456.26	18003.20	20907.63

ครั้งที่ 2 ศึกษานำร่องกับนักเรียนโรงเรียนพนัสพิทยาคาร อำเภอนนทบุรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 20 คน โดยใช้แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่กำหนดเวลาตามเวลาเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มนำร่องครั้งที่ 1 ในโปรแกรม SuperLab 4.5 จากการศึกษานำร่องครั้งที่ 2 ปรากฏว่า นักเรียนไม่สามารถตอบทันเวลาเป็นจำนวนมากคิดเป็นร้อยละ 78 ซึ่งจากการสังเกตและซักถามนักเรียนที่ทำข้อสอบ นักเรียนให้เหตุผลตรงกันว่าเมื่อทำข้อสอบข้อหนึ่งไม่ทันแล้วเขาจะรู้สึกกังวลและกลัวทำข้อสอบไม่ทันเวลาในข้อต่อไป เพราะเวลาที่กำหนดให้มันเร็วเกินไปจึงไม่มีสมาธิทำข้อสอบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงปรับปรุงการกำหนดเวลาใหม่ โดยกำหนดเวลาทุกข้อเป็น 20,000 มิลลิวินาที โดยพิจารณาจากเวลาเฉลี่ยในการตอบข้อสอบถูกของนักเรียน และใช้ศึกษานำร่องครั้งที่ 3

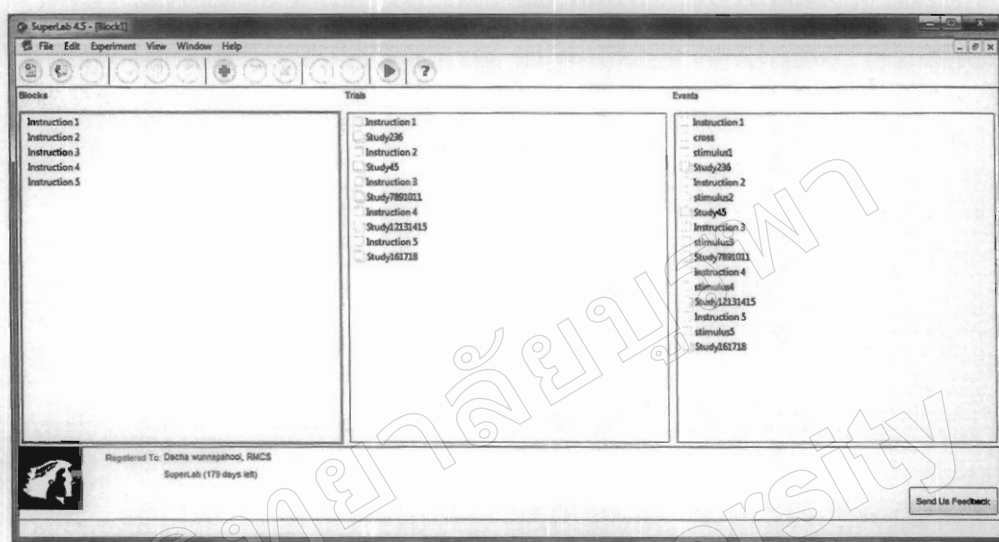
ครั้งที่ 3 ศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหนองหัวคูวงประจานุเคราะห์ อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี จำนวน 30 คน ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเวลา และการดำเนินการสอบของแบบทดสอบ ปรากฏว่านักเรียนสามารถตอบได้ทันตามเวลาที่กำหนด จึงใช้เวลา 20,000 มิลลิวินาที กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของสัญญาณ (Marker) เพื่อเชื่อมสัญญาณกับเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองกับโปรแกรม AcqKnowledge 4.2 ต่อไปดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ลำดับ เวลา และการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของสัญญาณ (Marker) ในข้อสอบแต่ละข้อ

จากนั้นนำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่กำหนด Marker เชื่อมสัญญาณกับเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนชลกันยานุกูล แสนสุข จำนวน 2 คน ที่ห้องปฏิบัติการ ของวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา พร้อมกับการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (ข้อมูลที่ได้จากนักเรียนทั้งสองรายนี้ ไม่ได้นำไปวิเคราะห์ร่วมกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแบบทดสอบ และสัญญาณที่ได้จากการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง ปรากฏว่า นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบได้ทันเวลาที่กำหนดและคลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้มีความสมบูรณ์สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ได้ แต่มีปัญหา คือ

จุด Marker ไม่แสดงผลในการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองบนโปรแกรม AcqKnowledge 4.2 จึงได้แก้ไขปรับปรุงการกำหนดตำแหน่งในแบบทดสอบบนโปรแกรม Super lab ให้สมบูรณ์ พร้อมสำหรับการนำไปใช้ในเก็บข้อมูลต่อไป ดังภาพที่ 26



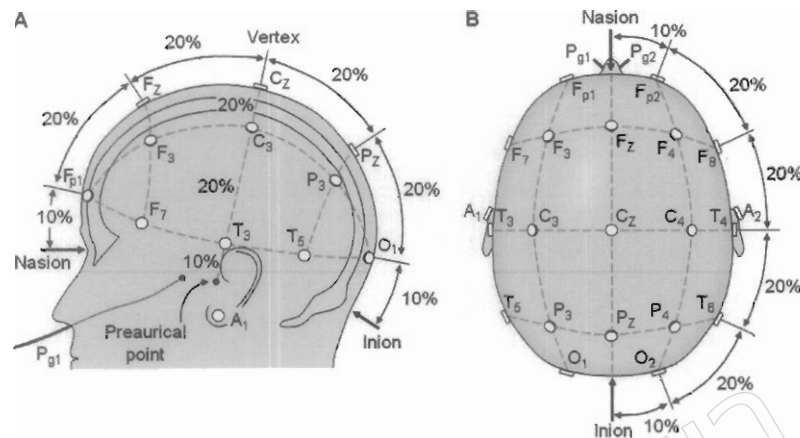
ภาพที่ 26 หน้าโปรแกรม SuperLab 4.5 ที่กำหนด Maker

2. การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalograms Recording)

เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง BIOPAC Systems (MP150 Model) จำนวน 16

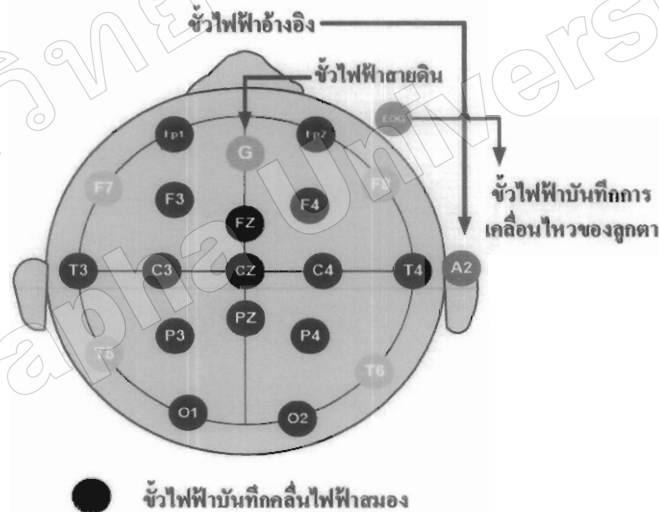
ช่องสัญญาณ (Channels) ทำการบันทึกแบบ Real-Time Recorder พร้อมหมวกอีลาสติก (Elastic Cap) ที่มีขั้วไฟฟ้า (Electrode) แบบ Ag/AgCl วางตามระบบการวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากล 10/20 (10/20 International System) เชื่อมต่อกับโปรแกรม AcqKnowledge 4.2 ดังภาพที่ 27

ขั้วไฟฟ้าจำนวน 16 ขั้ว วางในแนวกลางศีรษะ 3 ตำแหน่ง (Fz, Cz, Pz) และสองข้างศีรษะ อีก 10 ตำแหน่ง (Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, T3, T4, P3 และ P4) ใช้ขั้วไฟฟ้าที่ดึงหูข้างขวา (A2) เป็นตำแหน่งอ้างอิง 1 ขั้ว ขั้วไฟฟ้าสำหรับบันทึกการเคลื่อนไหวของลูกตา (Electro-Occulogram: EOG) 1 ขั้ว บริเวณด้านล่างของเบ้าตาขวา (Right Infraorbital Region) พร้อมขั้วไฟฟ้าที่เป็นสายดิน (Ground electrode: G) จำนวน 1 ขั้ว ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 27 ระบบการวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากล 10/20 (A) ด้านซ้าย และ (B) ด้านบนของศีรษะ

A = Ear Lobe, C = Central, Pg = Nasopharyngeal, P = Parietal, F = Frontal, Fp = Frontal Polar, O = Occipital (Sharbrough et al., 1991)



ภาพที่ 28 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง

3. ชุดฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุ เป็นเกมที่มีตัวเลขบางตัวเป็นคำใบ้สำหรับให้ผู้เล่นต้องเลือกใส่หมายเลขตั้งแต่ เลข 1 ถึงเลข 9 โดยมีเงื่อนไขว่าในแต่ละแถวและแต่ละสดมภ์ตัวเลขต้องไม่ซ้ำกัน ตารางเกมปริศนาซูโดกุมี 9x9 ช่อง ซึ่งประกอบด้วยตารางย่อย 9 ตาราง มีขนาด 3x3 ช่อง แบ่งแยกกันโดยเส้นหนา และในแต่ละตารางย่อย ต้องมีตัวเลข 1 ถึง 9 เช่นเดียวกัน ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาจำนวนทั้งหมด 40 เกม ตัวอย่างดังภาพที่ 29

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

ภาพที่ 29 ตัวอย่างเกมปริศนาซูโดะกุ

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองกับมิติสัมพันธ์ แนวคิดเกี่ยวกับการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาชุดฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

3.1 การศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

การศึกษาแนวคิดเชิงมิติสัมพันธ์ของเพียเจต์ และอินเฮลเดอร์ (Piaget & Inhelder, 1973, pp. 103-128) อธิบายการแสดงออกด้านมิติสัมพันธ์ว่า เป็นขั้นตอนพัฒนาการทางสมองที่ควบคุมความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และในปี ค.ศ. 1971 ได้อธิบายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไว้ว่าเป็นการรับรู้จากการคิดมโนภาพ เด็กจะต้องพัฒนาความคิดไปจนถึงขั้น การวาดมโนภาพ การเปลี่ยนแปลงรูปภาพในมิติต่าง ๆ ได้ เพื่อให้เข้าใจถึงระบบความสัมพันธ์ระหว่างมิติ และลงมือทำต่อวัตถุโดยตรง สำหรับการ์ดเนอร์ (Gardner, 1983, p. 111) อธิบายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่าเป็นความสามารถในการมองเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ และสามารถวาดมโนภาพของความเชื่อมโยงให้เกิดขึ้นภายในใจ พร้อมทั้งสามารถถ่ายทอดออกมาให้คนอื่นรับรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งจะนำไปสู่ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้

3.1.2 การศึกษาองค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการสร้าง การเก็บข้อมูล

การดึงข้อมูลกลับ และการจินตนาการ ซึ่งเป็นกระบวนการทางสมองในการใช้ความคิด การรับรู้ ความสามารถในการจินตนาการปรากฏการณ์ของวัตถุเมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบ เปลี่ยนทิศทาง จากมุมมองที่แตกต่างกัน ซึ่งต้องใช้การทดสอบที่มีความซับซ้อนตามลักษณะของแต่ละองค์ประกอบ โดยส่วนใหญ่ ปรากฏว่า มี 5 องค์ประกอบหลัก คือ มิติสัมพันธ์เชิงการรับรู้ (Spatial Perception), มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization), มิติสัมพันธ์เชิงการหมุน (Spatial Rotations), มิติสัมพันธ์เชิงความสัมพันธ์ (Spatial Relations) และ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) จึงอาจกล่าวได้ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสำคัญที่แตกต่างกันไปตาม ลักษณะกระบวนการคิด การจินตภาพ การเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับ และการเปลี่ยนสภาพไป ของวัตถุ ซึ่งมีความสำคัญยิ่งต่อความสามารถของมนุษย์ เพราะทุกองค์ประกอบต้องใช้ทักษะการ ให้เหตุผลมาร่วมพิจารณา

3.1.3 การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองกับมิติสัมพันธ์

อังกอร์ไรเดอร์ และ มิสซ์คิน (Ungerleider & Mishkin, 1982, pp. 549-586) ได้ศึกษาระบบการมองเห็นผ่านเปลือกสมองของลิง ชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมการจำแนกรูปแบบ เกิดรอยที่บริเวณสมองส่วนขมับด้านล่าง (Inferior Temporal) ในขณะที่กิจกรรมการสังเกตพื้นที่ เกิดรอยที่บริเวณเปลือกสมองส่วนขม่อมด้านหลัง (Posterior Parietal) ซึ่งการทำงานเกี่ยวกับการรับรู้ภาพเชิงวัตถุ เกิดบริเวณเยื่อหุ้มสมองส่วนขมับ (Temporal Cortex) และการทำงานเกี่ยวกับการมองภาพเชิงมิติ เกิดบริเวณเยื่อหุ้มสมองส่วนขม่อม (Parietal Cortex)

อังกอร์ไรเดอร์ และ แฮกซ์บี (Ungerleider & Haxby, 1994, pp. 157-165) ได้ตรวจสอบความเป็นไปได้ของเส้นทางการมองเห็นเชิงวัตถุกับการมองเห็นเชิงพื้นที่ในมนุษย์ ด้วยกิจกรรมเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะเชิงวัตถุ โดยการเลือกจับคู่ใบหน้า ส่วนกิจกรรมเชิงพื้นที่ให้เลือกจับคู่ตำแหน่งพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กหรือจุดใด ๆ ที่อยู่ตำแหน่งเดียวกัน หรือเส้นสองเส้นใดสัมพันธ์กัน ซึ่งชี้ให้เห็นข้อค้นพบของการแยกเส้นทางการประมวลผลการมองเห็นเชิงวัตถุกับการมองเห็นเชิงพื้นที่ในมนุษย์มีเส้นทางคล้ายกับการศึกษาในลิง

3.1.4 การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุ

การฝึกสมองเป็นการทำให้สมองทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งมีหลากหลายวิธี ทั้งการออกกำลังกาย การเล่นเกม และการฝึกสมาธิ ทโดยใช้แนวคิดของการสร้างเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างสมอง (Brain Structure) และการเพิ่มสมรรถนะในการทำหน้าที่ของสมองอย่างเต็ม ประสิทธิภาพของสมอง (Brain Function) ทำให้ส่วนต่าง ๆ ของสมองเกิดการไหลเวียนเลือดได้ดีขึ้น การเล่นเกมปริศนาซูโดกุอย่างต่อเนื่องจะส่งผลทำให้เลือดไปเลี้ยงสมองในส่วน กลีบสมองส่วนท้าย ทอย ทางด้านหลังของกลีบสมองส่วนด้านข้างศีรษะ และถ้าได้รับกิจกรรมชุดที่ยากปริมาณการใช้ เลือดจะมากกว่ากิจกรรมชุดที่ง่าย (Jin et al., 2012) นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความใส่ใจ และความจำ

ขณะทำงานดีขึ้น ส่งผลให้ผู้เข้าร่วมทดลองมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ดีขึ้น (Kail & Park, 1992) เพราะความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต้องอาศัยกระบวนการทำงานของหน่วยความจำตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ การฝึกที่ช่วยเพิ่มความใส่ใจและความจำขณะทำงาน จึงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มจำนวนของข้อมูลที่ผู้เข้าร่วมใช้ความคิดและปฏิบัติการ สามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้ (Wright et al., 2008) การเล่นเกมปริศนาซูโดะกุมีผลต่อสมองในบริเวณที่ความสัมพันธ์กับเส้นทางของกระบวนการเกิดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งเริ่มจากการรับรู้สิ่งเร้าจากภายนอกเข้ามายังตาส่งสัญญาณต่อไปยังสมองส่วนท้ายทอย ต่อไปยังบริเวณทางด้านหลังของกลีบสมองส่วนด้านข้างศีรษะ และส่งไปยังสมองส่วนประมวลผลที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ (Location) การเคลื่อนที่ การแปลงของวัตถุ และมิติสัมพันธ์ (Motes et al., 2008) ดังนั้นการฝึกสมองด้วยซูโดะกุทำให้สมองบริเวณที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ทำงานดีขึ้น

3.2. การตรวจสอบคุณภาพของชุดฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

3.2.1 จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัย นำมาเป็นแนวทางในการสร้างชุดฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

3.2.2 ผู้วิจัยนำชุดฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พิจารณาตรวจสอบรายละเอียดแต่ละกิจกรรม และตรวจสอบความเหมาะสมของแบบประเมิน เพื่อให้มีความสมบูรณ์และชัดเจน

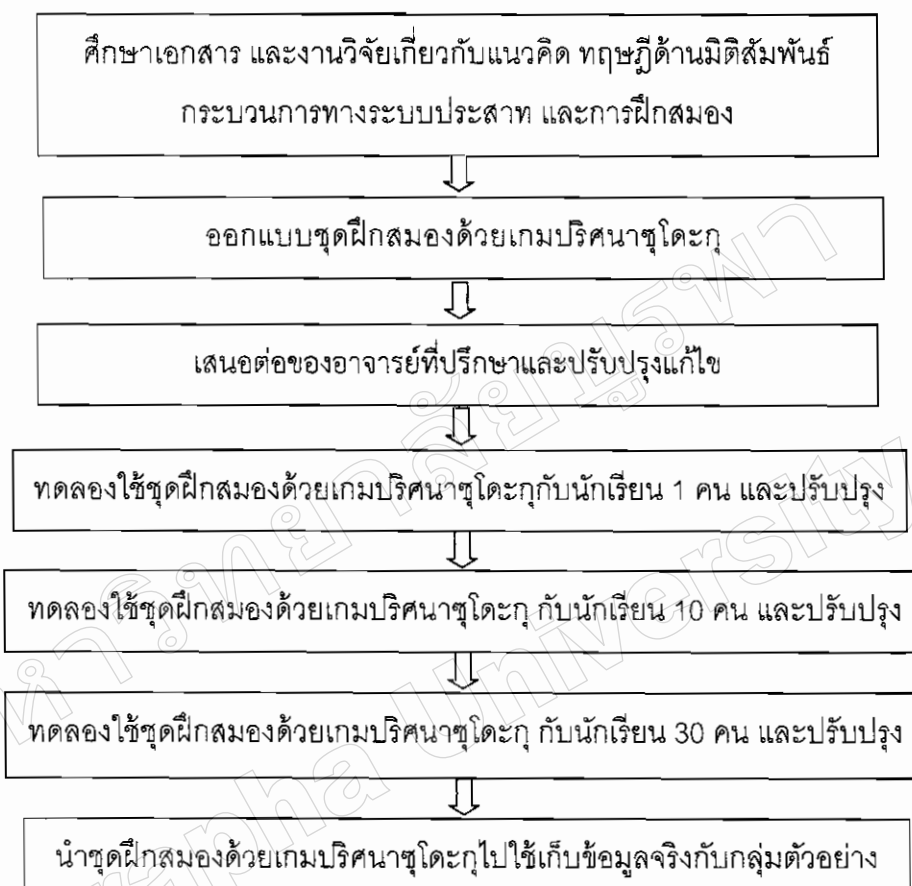
3.2.3 ปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3.2.4 นำชุดฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุทั้ง 40 เกม ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 คน เพื่อทดลองความถูกต้องของตัวเลขคำใบ้และระดับความยากของเกมปริศนาซูโดะกุ

3.2.5 นำผลที่ได้มาปรับปรุง และทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 คน เพื่อทดสอบความถูกต้องของเกมปริศนาซูโดะกุ และคัดเลือกเกมปริศนาซูโดะกุมาทั้งหมด 30 เกม สำหรับทดสอบระดับความยากที่เหมาะสมกับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้กับการทดลองต่อไป

3.2.6 ผู้วิจัยได้นำเกมปริศนาซูโดะกุที่คัดเลือกแล้วมาทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหนองหัวคูวงประชานุเคราะห์ อำเภอบ้านฝาง จังหวัดอุดรธานี จำนวน 30 คน เพื่อทดลองระดับความยากของเกมปริศนาซูโดะกุและความสามารถในการเล่นเกมปริศนาซูโดะกุของนักเรียนสำหรับปรับระดับความยากของเกมปริศนาซูโดะกุให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน โดยใช้เวลาในการเล่นเกมปริศนาซูโดะกุหนึ่งเกม 30 นาที ได้ระดับความยากของเกมปริศนาซูโดะกุแต่ละเกม ซึ่งหาได้จากจำนวนนักเรียนที่ทำถูกต้องหารด้วยจำนวนนักเรียนทั้งหมด นำมาเรียงลำดับและกำหนดหมายเลขของเกมปริศนาซูโดะกุ ดังภาคผนวก ค

จากการดำเนินงานดังกล่าว สามารถสรุปขั้นตอนการพัฒนาชุดฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ได้ดังภาพที่ 30



ภาพที่ 30 ขั้นตอนการพัฒนาชุดฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

วิธีดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ 1) ระยะเตรียมการ 2) ระยะก่อนทดลอง 3) ระยะทดลอง และ 4) ระยะหลังทดลอง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ระยะเตรียมการ ผู้วิจัยได้นัดหมายวันเวลากับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 คน โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชายทั้งหมด ออกเดินทางโดยรถยนต์ส่วนตัว วันที่ 3 กันยายน พ.ศ. 2555 เวลา 06.00 นาฬิกา จากโรงเรียนจำปาโม่งวิทยาคาร อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี ถึงมหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี เวลา 17.00 นาฬิกา เข้าที่พักที่สถานตากอากาศ ชายทะเลแสนสุข ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ให้กลุ่มตัวอย่างพักผ่อนหนึ่งคืน ก่อนทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์พร้อมกับวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อไม่ให้เกิดคลื่นไฟฟ้าสมองรบกวนจาก

ความเหนื่อยล้าในการเดินทาง ทำการทดสอบวันที่ 4 กันยายน 2557 ที่ห้องปฏิบัติการวิทยาลัย
วิทยาการวิจัยและวิจัยการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี และ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 12
คน ซึ่งเป็นผู้หญิงทั้งหมด และมีผู้ครูผู้หญิงดูแลด้วย ออกเดินทางโดยรถตู้ ในวันที่ 13 กันยายน
พ.ศ. 2555 เวลา 06.00 นาฬิกา จากโรงเรียนจำปาโม่งวิทยาคาร อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี ถึง
มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี เวลา 17.00 นาฬิกา เข้าพักที่สถานตากอากาศ ชายทะเลแสนสุข
ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ให้กลุ่มตัวอย่างพักก่อนทดสอบความสามารถด้าน
มิติสัมพันธ์พร้อมกับวัดคลื่นไฟฟ้าสมองหนึ่งคืน เพื่อไม่ให้เกิดคลื่นไฟฟ้าสมองรบกวนจากความเหนื่อย
ล้าในการเดินทาง ทำการทดสอบระหว่างวันที่ 14-18 กันยายน พ.ศ.2557

2. ระยะก่อนทดลอง ดำเนินการดังนี้

2.1 กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมาวัดคลื่นไฟฟ้าสมองที่ห้องปฏิบัติการ ของวิทยาลัยวิทยาการ
วิจัยและวิจัยการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

2.2 เตรียมหมวกที่มีขั้วไฟฟ้า แอลกอฮอล์ 75 เปอร์เซ็นต์ เจลพร้อมหลอดฉีดยา สายวัด
ผ้าเช็ดหน้าสีขาว สำลี และห้องปฏิบัติ ตรวจสอบระบบคอมพิวเตอร์ให้พร้อมสำหรับการวัดคลื่นไฟฟ้า
สมองกับกลุ่มตัวอย่าง

2.3 ทำความสะอาดหนังศีรษะตัวอย่างแต่ละคนด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ 75 เปอร์เซ็นต์
เพื่อขจัดเซลล์ที่ตายแล้วออกไปและลดความต้านทานบริเวณหนังศีรษะ

2.4 วัดขนาดศีรษะตัวอย่างแต่ละคนเพื่อเลือกขนาดหมวกให้เหมาะสมกับขนาดศีรษะ
ของตัวอย่าง โดยที่หมวกขนาดเล็ก (สีเหลือง) สำหรับผู้ที่มีขนาดเส้นรอบศีรษะเท่ากับ 50-54
เซนติเมตร ขนาดกลาง (สีแดง) สำหรับผู้ที่มีขนาดเส้นรอบศีรษะเท่ากับ 54-58 เซนติเมตร วิธีการวัด
เริ่มจากใช้สายวัด วัดความยาวจากจุดกึ่งกลางระหว่างหน้าผากกับจมูก (Nasion) ไปถึงรอยย่น
ด้านหลังศีรษะ (Inion) จากนั้นให้วัดจากจุด Nasion และ Inion ขึ้นไปเท่ากับร้อยละ 10 ของความ
ยาวที่วัดได้ในตอนแรก เช่น วัดได้ 35 เซนติเมตร ก็ให้วัดขึ้นมา 3.5 เซนติเมตร และใช้ดินสอสีแบบลบ
ออกทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งไว้ จากนั้นใช้สายวัด วัดเส้นรอบศีรษะให้ผ่านจุดทั้งสองว่าได้ก็
เซนติเมตร แล้วเลือกขนาดหมวกที่ตรงกับขนาดยาวที่วัดได้ สำหรับกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้ใช้หมวกขนาด
เล็ก (สีเหลือง) จำนวน 10 คน และหมวกขนาดกลาง (สีแดง) จำนวน 6 คน

2.5 สวมหมวกที่มีขั้วไฟฟ้าหรือขั้วไฟฟ้าภายใน บนศีรษะของผู้รับการทดสอบโดยให้
ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Fp1 และ Fp2 อยู่ระหว่างจุดที่วัดจาก Nasion ขึ้นมา 10% จากนั้นยึดหมวกให้
พอดีกับศีรษะของผู้รับการทดลองจากด้านหน้าไปด้านหลัง ตรวจสอบให้แน่ใจว่าตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่อยู่
ภายในหมวกอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยเฉพาะขั้วไฟฟ้าที่ต้องอยู่ในแนวกลางศีรษะ คือ Fz, Cz และ
Pz รวมทั้งตำแหน่งขั้วไฟฟ้าอื่น ๆ ด้วย

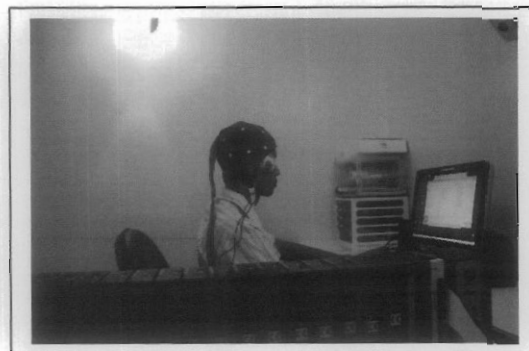
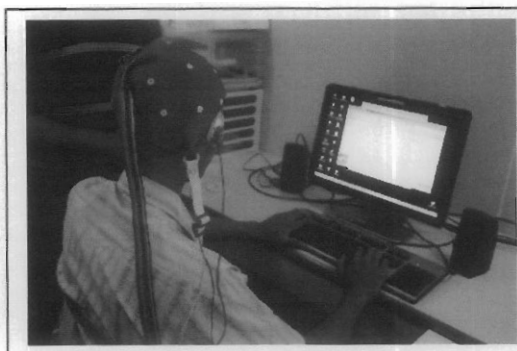
2.6 บรรจุเจลสำหรับนำสัญญาณไฟฟ้า (Conductive Gel) โดยใช้เข็มฉีดยาปลายทุ่ดูดเจลจากขวดเจลเข้าไปในหลอดฉีดยา แล้วนำไปบรรจุลงในตำแหน่งที่เชื่อมต่อกับขั้วไฟฟ้า ที่อยู่ข้างใต้หมวกจนครบทุกขั้วไฟฟ้า ดังภาพที่ 31

2.7 ติดขั้วไฟฟ้าภายนอกชนิดติดกับผิวหนัง (Adhesive External Electrode) บริเวณด้านล่างของเบ้าตาขวา (Right Infraorbital Region) เพื่อบันทึกการเคลื่อนไหวของลูกตา (Electro-Oculogram: EOG) 1 ขั้ว และติดขั้วไฟฟ้าแบบหนีบบริเวณดั้งหูข้างขวา (A2) เพื่อเป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง 1 ขั้ว



ภาพที่ 31 การวัดขนาดศีรษะเพื่อเลือกขนาดหมวกให้เหมาะสมกับขนาดศีรษะและการบรรจุเจล

2.8 ให้ผู้รับการทดสอบนั่งบนเก้าอี้ปรับระดับให้รู้สึกสบาย ในห้องทดลองที่มีแสงไฟสลัว โดยห่างจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ประมาณ 100 เซนติเมตร ต่อสายจากทุกขั้วไฟฟ้าเข้ากับระบบบันทึกข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองของ Biopac System เมื่อพร้อมแล้วให้ผู้รับการทดลองทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านจอคอมพิวเตอร์ทีละฉบับ จนครบทั้ง 3 ฉบับ (Blocks) ซึ่งแต่ละบับย่อยประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 17 ข้อ พร้อมกับการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง เมื่อทำเสร็จแต่ละฉบับให้ผู้รับการทดสอบผ่อนคลายก่อนที่จะทำทดสอบฉบับต่อไปจนครบทั้ง 3 ฉบับ และในขณะดำเนินการทดสอบ จะมีพยาบาลวิชาชีพเป็นผู้ควบคุมและให้การดูแลตลอดระยะเวลาในการทดสอบ อีกทั้งผู้รับการทดสอบสามารถที่จะออกจากกระบวนการทดลองได้ตลอดเวลา หากเกิดความไม่สบายทั้งร่างกายและจิตใจ ดังภาพที่ 32



ภาพที่ 32 การทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านจอคอมพิวเตอร์พร้อมบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง

2.9 บันทึกเพิ่มข้อมูลพฤติกรรมด้วยโปรแกรม Sperlab และคลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Acqknowledge เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

2.10 เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบ ให้ผู้รับการทดสอบทำความสะอาดศีรษะด้วยการสระผมในห้องน้ำชายและห้องน้ำหญิง และเดินทางกลับที่พัก จากนั้นทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทดลองครั้งต่อไป

2.11 นำกลุ่มตัวอย่างออกเดินทางกลับในวันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2557 ออกเดินทาง เวลา 7.00 นาฬิกา ถึงโรงเรียนจำปาโม่งวิทยาคาร อำเภอบ้านฝือ จังหวัดอุดรธานี เวลา 18.00 นาฬิกา และอีกกลุ่มเดินทางกลับในวันที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2557 เวลา 06.00 นาฬิกา ถึงโรงเรียนจำปาโม่งวิทยาคาร อำเภอบ้านฝือ จังหวัดอุดรธานี เวลา 18.00 นาฬิกา

3. ระยะทดลอง

3.1 ให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 คน เล่นเกมปริศนาซูโดกุซึ่งเป็นเกมปริศนาตัวเลข เริ่มเกมจะมีตัวเลขบางส่วนให้มาเป็นคำใบ้ ผู้เล่นต้องเลือกใส่ ตัวเลขตั้งแต่ เลข 1 ถึงเลข 9 มาใส่ในช่องที่ว่าง โดยมีเงื่อนไขว่า ในแต่ละแถวและแต่ละสดมภ์ตัวเลขต้องไม่ซ้ำกัน ตารางเกมปริศนาซูโดกุมี 9×9 ช่อง ซึ่งประกอบด้วยตารางย่อย 9 ตาราง ในลักษณะตาราง 3×3 ช่อง แบ่งด้วยเส้นหนา และในแต่ละตารางย่อยมีตัวเลข 1 ถึง 9 เช่นเดียวกัน ผู้เล่นจะต้องใส่ตัวเลขที่เหลือให้ครบทุกช่อง รวมถึงในแต่ละขอบเขตตารางย่อย โดยให้เล่นวันละเกม เรียงจากหมายเลข 1 ถึงหมายเลข 30 ซึ่งเป็นลำดับจากง่ายไปหายาก เป็นเวลาเกมละ 30 นาที เริ่มเวลา 08.15 น. ถึงเวลา 8.45 น. ก่อนเข้าเรียน จำนวน 30 วัน ก่อนเล่นต้องบันทึกเวลาเริ่มเล่นและเมื่อทำเสร็จให้บันทึกเวลาทำเสร็จ หากหมดเวลา 30 นาที ผู้เล่นยังทำไม่เสร็จให้หยุดเล่นทันที

3.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างเล่นเกมปริศนาซูโดกุครบทั้ง 30 วัน แล้ว นัดหมายกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 16 คน ออกเดินทางโดยรถตู้ และรถยนต์ส่วนบุคคล ในวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2555 เวลา

06.00 เข้าพักที่สถานตากอากาศ ชายทะเลแสนสุข ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี เวลา 18.00 น. ให้กลุ่มตัวอย่างพักผ่อนก่อนทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์พร้อมกับวัดคลื่นไฟฟ้าสมองหนึ่งคืน เพื่อไม่ให้เกิดคลื่นไฟฟ้าสมองรบกวนจากความเหนื่อยล้าในการเดินทาง ระหว่างวันที่ 19-23 กันยายน พ.ศ.2557 กลุ่มตัวอย่างทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์พร้อมกับบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองที่ห้องปฏิบัติการวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพาอีกครั้งหนึ่ง โดยมีวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบก่อนทดลอง

4. ระยะหลังทดลอง

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทั้งสองครั้งที่ได้จากการบันทึกด้วยโปรแกรม SuperLab 4.5 ซึ่งเป็นคะแนนที่ตอบข้อสอบถูกกับเวลาในการตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ ส่วนข้อมูลการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้นำมาตรวจสอบความถูกต้อง และจัดกระทำข้อมูลสำหรับใช้วิเคราะห์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Superlab เป็นข้อมูลที่บันทึกได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ที่ผู้รับการทดลองตอบสนองด้วยการกดปุ่มเพื่อเลือกตอบตัวเลือกที่กำหนดให้ (A, B, C หรือ D) บันทึกเป็นรายชื่อเป็น E หมายความว่าตอบผิด และ C หมายความว่าตอบถูก ผู้วิจัยให้ Code เป็นเลข “1” สำหรับข้อที่ตอบถูก และให้ Code เป็น “0” สำหรับข้อที่ตอบไม่ถูก ข้อมูลที่บันทึกได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป SuperLab เป็นข้อมูลการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ก่อนและหลังการทดลอง จัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Excel เป็นรายบุคคล

4.2 ข้อมูลที่เป็นคลื่นไฟฟ้าสมอง เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกแบบต่อเนื่องด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Acqknowledge บันทึกเป็นชื่อแฟ้มข้อมูล PreE1.acq แล้วให้ทำการแปลงให้เป็นแฟ้มข้อมูล PreE1.txt เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป EEGLab บนระบบปฏิบัติการ MATLAB ต่อไป

ระยะเวลาวัน/เดือน/ปี การดำเนินการทดลองและสถานที่ดำเนินการทดลอง สรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง

วัน/เดือน/ปี	การดำเนินการ	สถานดำเนินการ	หมายเหตุ
<u>1. ระยะเตรียมการ</u> 29 สิงหาคม 2555	ทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เพื่อคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง	โรงเรียนจำปาโมงวิทยาการ อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี	
<u>2. ระยะก่อนทดลอง</u> 4-5 กันยายน 2555	วัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 4 คน	วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและ วิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา	
14-18 กันยายน 2555	วัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 12 คน	วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและ วิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา	
<u>3) ระยะทดลอง</u> 28 ตุลาคม ถึง 15 ธันวาคม 2555	ทำการฝึกสมองด้วย เกมปริศนาซูโดะกุ จำนวน 30 เกม เป็นเวลา 30 วัน ๆ ละ 30 นาที ทำการฝึกตั้งแต่เวลา 08.10 – 08.40 น.	โรงเรียนจำปาโมงวิทยาการ อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี	
<u>4) ระยะหลังทดลอง</u> 19-23 ธันวาคม 2555	วัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 16 คน	วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและ วิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา	

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ประสานงานเพื่อขอความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการโรงเรียนจำปาโม่งวิทยาการ อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี ทำหนังสือขออนุญาตนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจากผู้ปกครองและชี้แจงวัตถุประสงค์ในการศึกษานี้ เพื่อให้ผู้ปกครองได้ลงนามอนุญาตให้นักเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่าง
2. ผู้วิจัยซักประวัติการเจ็บป่วยและข้อมูลพื้นฐาน ตามแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป
3. ประสานงานกับผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา เพื่อกำหนดตารางการใช้งาน และเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้พร้อม สำหรับการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองกับกลุ่มตัวอย่าง
4. ผู้วิจัยนำกลุ่มตัวอย่างที่ได้นัดหมายไว้ออกเดินทางจากโรงเรียนจำปาโม่งวิทยาการ อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี ตามวันเวลาที่ได้นัดหมายกันไว้ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น
5. นำกลุ่มตัวอย่างมาที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ทำการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ บันทึกเวลาในการตอบสนองและบันทึกการตอบข้อสอบของแต่ละข้อด้วยการกดปุ่ม พร้อมบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของตัวอย่างทุกคน ด้วยเครื่องตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง พร้อมกับบันทึกด้วยโปรแกรม AcqKnowledge โดยทำการทดสอบก่อนทดลอง ระหว่างวันที่ 4 ถึง 18 กันยายน พ.ศ. 2555
6. ผู้วิจัยนำกลุ่มตัวอย่างกลับไปยังโรงเรียนจำปาโม่งวิทยาการ อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี ให้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเล่นเกมปริศนาซูโดะกุ ขนาดตาราง 9x9 ช่อง วันละ 1 เกม เรียงลำดับตามหมายเลขจาก 1 ถึง 30 เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ๆ ละ 5 วัน ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ วันละ 30 นาที ระหว่างเวลา 08.10 น. ถึง เวลา 08.40 น. ซึ่งเป็นเวลาก่อนเข้าชั้นเรียนในชั่วโมงปกติ หากนักเรียนยังไม่เสร็จก็ให้ยุติการเล่นทันที ดำเนินการทดลองระหว่างวันที่ 28 ตุลาคม ถึง 15 ธันวาคม พ.ศ. 2555 ตรวจสอบการเล่นของเกมปริศนาซูโดะกุว่าทำถูกหรือไม่ ทำจนครบ 30 วัน
7. นำกลุ่มตัวอย่างมาที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ทำการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ บันทึกเวลาในการตอบสนองและบันทึกการตอบข้อสอบของแต่ละข้อด้วยการกดปุ่ม พร้อมบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของตัวอย่างทุกคน ด้วยเครื่องตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง พร้อมกับบันทึกด้วยโปรแกรม AcqKnowledge ทดสอบระหว่างวันที่ 19 ถึง 23 ธันวาคม พ.ศ. 2555

8. นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมมาตรวจสอบ ทั้งข้อมูลเชิงพฤติกรรมประกอบด้วย เวลาในการตอบแต่ละข้อสอบ และคะแนนการตอบข้อสอบถูก การตรวจสอบลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้ โดยเบื้องต้นตรวจสอบด้วยตาเปล่าถึงลักษณะการเกิดคลื่นไฟฟ้าสมอง ปรากฏว่า คลื่นไฟฟ้าสมองของตัวอย่างทุกคนสามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านจอคอมพิวเตอร์ ที่บันทึกจาก โปรแกรมสำเร็จรูป SuperLab 4.5 และข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Acqknowledge 4.2 นำมาดำเนินการดังนี้

1. ข้อมูลเชิงพฤติกรรม (Behavioral Data)

1.1 การคิดอัตราการตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยตรวจการตอบของผู้เข้าทดสอบแต่ละคน ถ้าตอบถูกให้คะแนนเป็น 1 ตอบผิดให้ 0 คิดคะแนนจากการหาผลรวมจำนวนข้อที่ตอบถูกของแต่ละคนหารด้วยจำนวนข้อสอบทั้งหมด เป็นค่าอัตราการตอบถูก

ตัวอย่าง การคิดอัตราการตอบข้อสอบถูก

การศึกษานี้ มีแบบทดสอบย่อย จำนวน 3 ฉบับ ๆ ละ 17 ข้อ รวมทั้งหมด 51 ข้อ ถ้าตัวอย่างคนหนึ่งมีผลการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์รวม เท่ากับ 34 คะแนน คิดอัตราการตอบข้อสอบถูก เท่ากับ $34/51 = 0.67$

อัตราการตอบข้อสอบถูกที่ได้ใช้เป็นข้อมูลการทดสอบระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมอง ด้วย เกมปริศนาซูโดกุ โดยใช้สถิติทดสอบที (Dependent t- test)

1.2 ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการตอบแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นเวลาตั้งแต่สิ่งเร้า คือข้อสอบแต่ละข้อปรากฏขึ้น ถึงเวลาที่ผู้รับการทดสอบกดปุ่มเลือกคำตอบ นำเฉพาะเวลาที่ใช้ในการตอบข้อสอบถูกเท่านั้นมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนข้อที่ตอบข้อสอบถูกทั้งหมด ค่าที่ได้จะเป็นเวลาเฉลี่ยรายบุคคล

ตัวอย่าง ผู้รับการทดสอบคนหนึ่งตอบข้อสอบถูกทั้งหมด 18 ข้อ และใช้เวลาในการตอบข้อสอบถูกแต่ละข้อ คือ 3590, 5980, 4629, 3025, 3643, 7165, 6713, 2188, 8105, 6199, 5668, 4399, 7026, 3932, 9365, 4481, 5162 และ 5643 มิลลิวินาที

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการตอบข้อสอบถูก

$$= (3590+5980+4629+3025+3643+7165+6713+8105+6199+5668+4399+7026+3932+9365+4481+5162+5643)/18$$

= 5384.06 มิลลิวินาที

นำค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการตอบข้อสอบถูกซึ่งเป็นข้อมูลเชิงพฤติกรรมไปทดสอบระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ โดยใช้สถิติทดสอบที (Dependent t- test)

1.3 การวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลของอัตราการตอบถูกของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการตอบถูกก่อนและหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ (Cohen et al., 1997 อ้างถึงใน สุชาดา กรเพชรปानी, 2547, หน้า 100)

$$\text{ค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size: ES)} = \frac{\overline{X_1} - \overline{X_2}}{S}$$

เมื่อ

$\overline{X_1}$ แทน ค่าเฉลี่ยอัตราการตอบข้อสอบถูกหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

$\overline{X_2}$ แทน ค่าเฉลี่ยอัตราการตอบข้อสอบถูกก่อนการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

S แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการตอบข้อสอบถูกหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

โดยมีเกณฑ์การแปลผลดังนี้

0.20 หมายถึง มีขนาดอิทธิพลในระดับน้อย

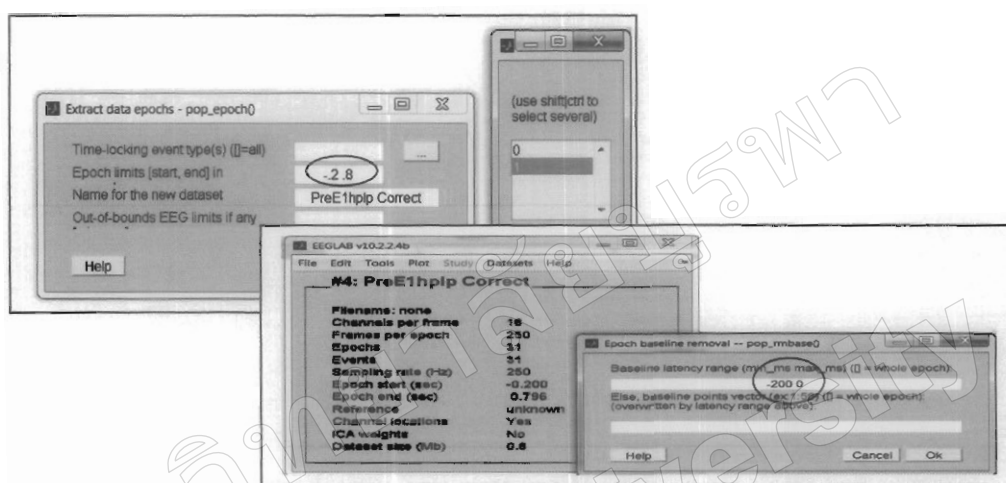
0.50 หมายถึง มีขนาดอิทธิพลในระดับปานกลาง

0.80 หมายถึง มีขนาดอิทธิพลในระดับมาก

2. ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมอง

2.1 เตรียมแฟ้มข้อมูลที่เป็นสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองแบบต่อเนื่อง (Continuous EEG Data) ที่บันทึกได้จากโปรแกรม AcqKnowledge 4.2 (ภาพที่ 33) นำออกข้อมูล (Export Data) โดยแปลงไปเป็นแฟ้มข้อมูลนามสกุล .txt สำหรับใช้เป็นข้อมูลนำเข้า (Import Data) ไปยังโปรแกรมสำเร็จรูป EEGLAB v10.2.2.4b (ภาพที่ 34) โดยแฟ้มข้อมูลที่นำเข้ามีนามสกุลเป็น .set จากนั้นนำแฟ้มข้อมูลนี้ ไปทำการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองในรูป Power Spectral ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป EEGLAB v10.2.2.4b ต่อไป

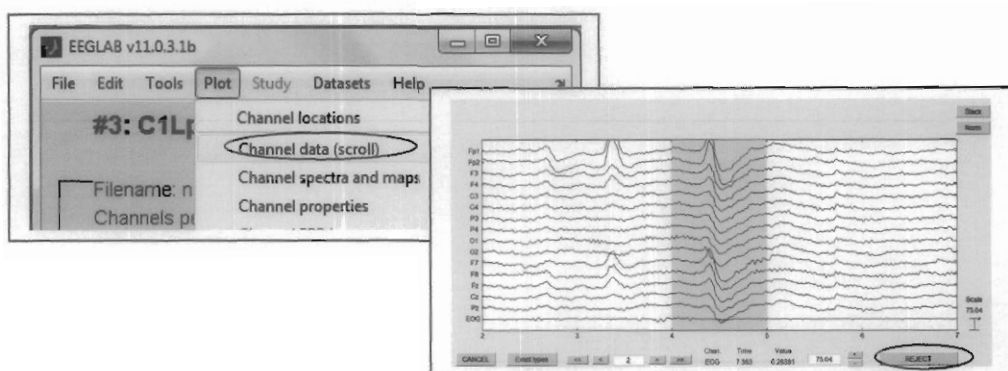
2.3 นำแฟ้มข้อมูลที่ได้ผ่านการกรองความถี่แล้ว ในข้อ 2.2 มาทำการตัดข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองแบบต่อเนื่อง (Continuous EEG Data) ออกเป็นส่วน ๆ (Segmentation) หรือเรียกว่า การสกัดเหตุการณ์ที่ต้องการศึกษา (Extracting Epochs) ซึ่งกำหนดช่วงเวลาให้ตรงกับเหตุการณ์ (Epoch) ที่สนใจศึกษาใน 1 เหตุการณ์ เท่ากับ 1,200 มิลลิวินาที นับจาก 200 มิลลิวินาที ก่อน (Baseline) และหลังจากที่สิ่งเร้าที่เป็นข้อสอบปรากฏ 1,000 มิลลิวินาที ดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 การสกัดเหตุการณ์ที่ต้องการศึกษา

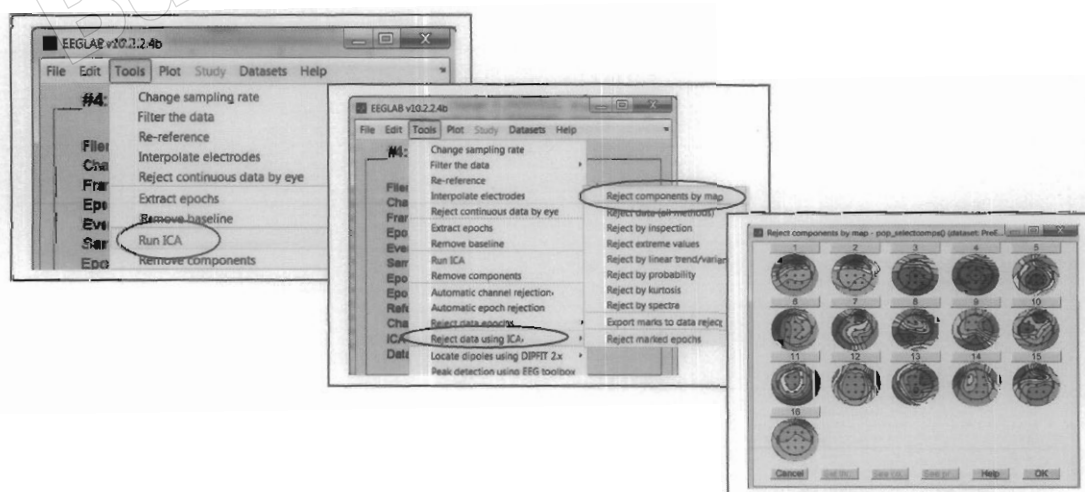
2.4 Baseline Correction ทุก ๆ เหตุการณ์ (Epoch) จะถูกลบออกจาก Baseline เท่ากับ 200 มิลลิวินาที ก่อนที่สิ่งเร้าจะปรากฏ โดยการนำค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้า (Mean Voltage) ในช่วงนี้ ลบออกจากรูปแบบคลื่นไฟฟ้าสำหรับข้อสอบแต่ละข้อ

2.5 Artifact Rejection เป็นการกำจัดสัญญาณที่ปนเปื้อน เช่น การกระพริบตา การเคลื่อนไหวลูกตาและกล้ามเนื้อบริเวณใบหน้า และคลื่นที่มีรูปแบบต่างไปจากคลื่นปกติ โดยใช้วิธีการทั้งการดูด้วยสายตาและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งกำหนดให้กำจัด Epoch ที่มีค่าสูงเกิน 4 ไมโครโวลต์ และหากลบ (Remove or Reject) Epoch ใดออกไปแล้ว ต้องทำ Baseline Correction อีกครั้ง ซึ่งการวิเคราะห์ครั้งนี้ลบออกไปประมาณร้อยละ 15 ส่วนใหญ่เป็น Artifact ที่เกิดจากการกระพริบตา และการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ ดังภาพที่ 36



ภาพที่ 36 การกำจัดสัญญาณที่ปนเปื้อนกับคลื่นไฟฟ้าสมอง

2.6 การขจัดสิ่งรบกวน (Artifact Correction) เช่น สัญญาณที่เกิดจากการเคลื่อนไหว ลูกตา การกรอกตา และการกระพริบตา รวมทั้งการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อบริเวณใบหน้าและศีรษะ โดยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ (Independent Components Analysis: ICA) เพื่อแยก สัญญาณไฟฟ้าสมองออกมาเป็นหลาย ๆ องค์ประกอบ (Component) โดยแต่ละองค์ประกอบที่แยก ได้จะเป็นสัญญาณที่มีความเป็นอิสระต่อกัน จากนั้นทำการลบองค์ประกอบที่เป็นสัญญาณรบกวนออก และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระอีกครั้ง เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการจัดการข้อมูลเบื้องต้นมี แพ้มข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม EEGLAB ทั้งสิ้น 10 แพ้มข้อมูล เป็นแพ้มนามสกุล .set 5 แพ้มข้อมูล และนามสกุล .fdt อีก 5 แพ้มข้อมูล ส่วนแพ้มข้อมูลที่เหลือเป็นแพ้มนามสกุล .txt และ .acq เป็น แพ้มข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูล ดังภาพที่ 37



ภาพที่ 37 การขจัดสิ่งรบกวนด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ

2.7 นำคลื่นไฟฟ้าสมองที่ปราศจากสัญญาณรบกวนในทุก ๆ Epoch (Artifact-Free Epoch) ก่อนและหลังการทดลอง โดยการนำแฟ้มข้อมูลนามสกุล .set จากผู้รับการทดลองทุกคน มา รวมเป็นแฟ้มข้อมูลนามสกุล .study ดังนี้

2.7.1 การสร้าง STUDY เริ่มต้นจากการระบุ Dataset ที่ผ่านการสกัดเหตุการณ์ และ Run ICA เรียบร้อยแล้ว (A Set of Epoched EEG Datasets Containing ICA) เพื่อนำมาสร้าง เป็น STUDY การระบุรหัสของผู้รับการทดลอง (Subject Code) กลุ่มของผู้รับการทดลอง (Group) เงื่อนไขกิจกรรม (Task Condition) และชุดข้อมูลจากแต่ละ Dataset ในที่นี้คือ Dataset ที่มีชื่อ แฟ้มข้อมูลที่สกัดเหตุการณ์เฉพาะข้อที่ตอบถูก (Correct) ลงท้ายด้วยคำว่า “Clean” ซึ่งแต่ละ ตัวอย่างได้แฟ้มข้อมูล 6 แฟ้มข้อมูล

2.7.2 การสร้าง STUDY ขึ้นใหม่ ในโปรแกรม EEGLAB เป็นการกำหนดจำนวน ทดสอบซึ่งแบ่งเป็นการทดสอบก่อนและหลัง เริ่มต้นที่เมนูหลัก File > Create study > Browse for datasets จะปรากฏ Create a new STUDY set–pop_study ให้ตั้งชื่อ STUDY set name, STUDY set task name และ STUDY set notes ในที่นี้ตั้งเฉพาะชื่อ STUDY set ว่า PreTest PostTest Spatial จากนั้นให้คลิกเมาส์ที่ปุ่มได้คำว่า “Browse” เลือกชื่อ Dataset จาก Folder/ Sub-folder/ Filename Dataset ที่ได้บันทึกเตรียมไว้แล้ว 6 แฟ้มข้อมูลข้างต้น ใส่ชื่อ Subject Condition และ Group ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจใส่ไว้กับ Dataset นั้น ๆ ก่อนหน้านี้แล้วจากเมนู Edit > Dataset info เวลาที่ “Browse” เลือกชื่อ Dataset เลือก Dataset เข้ามา ข้อมูลเหล่านี้ก็จะปรากฏ โดยอัตโนมัติ จากนั้นให้ไปที่เมนูหลัก File > Save current study as ตั้งชื่อแฟ้มข้อมูลที่มีนามสกุล .study ตั้งชื่อว่าเป็น Pre_Post Spatial. Study

2.7.3 การเรียก STUDY จากข้อ 2.7.2 ที่มีอยู่แล้วขึ้นมาใช้งาน (Loading an Existing Study) เข้าไปที่เมนูหลัก File > Load existing study เลือกแฟ้มข้อมูล Pre_Post Spatial.study จะปรากฏหน้าต่าง ที่มีข้อมูลชื่อ STUDY set: PreTest PostTest Spatial ประกอบ ไปด้วย 6 แฟ้มข้อมูลที่เป็น Dataset รายละเอียดของ STUDY set นั้น ๆ สามารถแก้ไขข้อมูลได้ โดย เข้าไปที่ Study > Edit study info จะปรากฏหน้าต่าง Study ขึ้นมา

2.8 เครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผลขั้นต้นและแสดงผลข้อมูล (STUDY Data Precompute and Visualization Tools) โปรแกรม EEGLAB ช่วยให้เห็นภาพองค์ประกอบของ ข้อมูลในรูป ERPs Power Spectrum, ERSP และ ITC โดยไปที่เมนูหลัก Study > Precompute channel measures ซึ่งจะปรากฏ pop_precompute จาก Channel list ทำการ Interpolate Missing Channels โดยกด Spherical interpolation of missing channels ซึ่งเป็น Default ของโปรแกรม EEGLAB ทำการ Interpolation โดยอัตโนมัติ จากนั้นไปที่ List of measures to

precompute ให้เลือกว่า ต้องการประมวลผล ERPs, Power Spectrum, ERSP หรือ ITC สำหรับในการศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์ Power Spectrum

เพิ่มข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ ในที่นี้เป็นเพิ่มข้อมูลนามสกุล .datsec โดยเข้าไปที่ Folder ที่บันทึกเพิ่มข้อมูลตัวอย่างคือ PreE1 เข้าไปเปิดเพิ่มข้อมูล PreE1hplp Correct pruned with ICA_clean.datsec จากโปรแกรม MATLAB คลิกเมาส์ขวา เลือก Import data จากนั้นจะปรากฏข้อมูล Workspace ทางด้านขวามือ ให้ Double Click ไปที่ labels จะปรากฏ MAT-Files (*.mat) หรือที่ freqs ก็จะปรากฏเพิ่มข้อมูล freqs.mat ที่ช่วงความถี่เริ่มต้นที่คอลัมน์ที่ 1 คือ .334 เมื่อ Double Click ไปที่ chan1 ก็จะปรากฏ chan1.mat ที่มีข้อมูลจำนวน 374 คอลัมน์ (1-374) ที่มีค่า Power Spectrum ตามลำดับความถี่จาก 0.3342 ไปจนถึง 125 สำหรับนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

2.9 นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 2.8 มาคำนวณค่าพลังงานสัมพัทธ์ซึ่งเป็นผลของ Normalizing กับผลรวมค่าพลังงานเฉลี่ยของคลื่นความถี่อื่น ๆ โดยนำข้อมูลค่าพลังงานเฉลี่ยแต่ละช่วงความถี่ มาคำนวณในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อคำนวณค่าพลังงานสัมพัทธ์ของแต่ละช่วงคลื่น จากสูตรดังนี้

$$\% \text{ Relative Power (RP)} = \frac{\text{Absolute Power (AP)}}{\text{Total Power}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ ค่าพลังงานสัมพัทธ์ของช่วงความถี่เรต้า เท่ากับ $558.50 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ และค่าพลังงานรวมเท่ากับ $5276.49 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$

$$\text{ดังนั้น ค่าพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นเรต้า} = \frac{558.50}{5276.59} \times 100 = 19.08$$

2.10 หาค่าเฉลี่ยแต่ละช่วงความถี่สำหรับการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพลังงานสัมพัทธ์ก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุ จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ด้วยค่าสถิติที่ (Dependent t-test)