

การพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย: การศึกษาค้นคว้าอิสระ

สุภาพร ศรีหามี่

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต

สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

มิถุนายน 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุขงูนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุขงูนิพนธ์ได้พิจารณา
ดุขงูนิพนธ์ของ สุภาพร ศรีหามี ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปรัชญาดุขงูนิพนธ์บัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุขงูนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ม.ร.ว.สมพร สุทัศน์ย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแฉ่ม)

คณะกรรมการสอบดุขงูนิพนธ์

.....ประธาน
(ศาสตราจารย์ ดร.รัตนา ศรีพานิช)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ม.ร.ว.สมพร สุทัศน์ย์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแฉ่ม)

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

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา อนุมัติให้รับดุขงูนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุขงูนิพนธ์บัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย
และวิทยาการปัญญา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)

วันที่ 28 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2556

ประกาศคุณูปการ

ดุชนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์ของวิทยาลัยวิทยาการวิจัย และวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา โดยเฉพาะรองศาสตราจารย์ ดร.ม.ร.ว.สมพร สุทัศนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแจ้ง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กระทรวงศึกษาธิการ ที่ได้จัดสรรทุนการศึกษาเพื่อพัฒนาบุคลากรของมหาวิทยาลัย ขอขอบคุณผู้บริหาร คณาจารย์สาขาวิชาการประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน สำหรับกำลังใจและรับผิดชอบภาระงานแทนขณะที่กำลังศึกษา ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย รวมทั้งผู้อำนวยการ (อาจารย์ทวีศักดิ์ จงประดับเกียรติ) คณะครูผู้ปกครอง และนักเรียนโรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และอนุญาตให้นักเรียนเข้าร่วมโครงการวิจัย จนทำให้ดุชนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ขอบคุณคณาบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับการดูแลเอาใจใส่ ส่งเสริมกิจกรรมเชิงวิชาการ และกระตุ้นให้ผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ และเพื่อน ๆ จากวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา โดยเฉพาะ ดร.จุไรรัตน์ ดวงจันทร์ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อ เอื้ออาทร แบ่งปันความรู้ ความปรารถนาดีต่อกันเสมอมา คุณค่าและประโยชน์ของดุชนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูทเวทิตา แต่บุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ทำให้เป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบนานเท่านาน

สุภาพร ศรีหามิ

51810462: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา

ปร.ด. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)

คำสำคัญ: โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต/ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์/ คลื่นไฟฟ้าสมอง

สุภาพร ศรีหามิ: การพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง (THE DEVELOPMENT OF A TRAINING GEOMETRIC FORM DRAWING PROGRAM FOR INCREASING SPATIAL ABILITY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS: AN ELECTROENCEPHALOGRAPHY STUDY)

คณะกรรมการควบคุมคุชณินพนธ์: ม.ร.ว.สุมพร สุทธานันท์, ค.ด., เสรี ชัดแจ้ง, ค.ด., 215 หน้า. ปี พ.ศ. 2556.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 30 คน สุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง ตัวแปรที่ศึกษา คือ ค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลด้วยสถิติทดสอบที ผลการวิจัยหลัก ปรากฏว่า

- 1) โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยภาพรวมเหมาะสมในระดับมาก
- 2) ค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และขนาดอิทธิพล เท่ากับ 2.38
- 3) ค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และขนาดอิทธิพล เท่ากับ 2.39
- 4) ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 โดยภาพรวม ปรากฏว่า หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าแตกต่างกัน ส่วนช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 โดยภาพรวมปรากฏว่า หลังการทดลอง สูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และแตกต่างกันเฉพาะตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 สำหรับช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 โดยภาพรวมปรากฏว่า หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน ส่วนช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 โดยภาพรวมปรากฏว่า หลังการทดลองต่ำกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และแตกต่างกันตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F4, Fz, C3, Cz, C4, P3, O1 และ O2
- 5) ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 โดยภาพรวมปรากฏว่า กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และแตกต่างกันตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, C3, Cz, C4, P3, P4 และ O2 ส่วนช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 โดยภาพรวม ปรากฏว่า กลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกันเฉพาะตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P4 สำหรับช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 โดยภาพรวมปรากฏว่า กลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน และทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน ส่วนช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 โดยภาพรวมปรากฏว่า กลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกันตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, F4, และ P4

51810462: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE
Ph.D. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)

KEYWORDS: GEOMETRIC FORM DRAWING TRAINING PROGRAM/ SPATIAL ABILITY/
ELECTROENCEPHALOGRAM

SUPAPORN SRIHAMEE: THE DEVELOPMENT OF A TRAINING GEOMETRIC FORM
DRAWING PROGRAM FOR INCREASING SPATIAL ABILITY OF UPPER SECONDARY SCHOOL
STUDENTS: AN ELECTROENCEPHALOGRAM STUDY. ADVISORY COMMITTEE:
M.R.SOMPORN SUDHASANI, Ph.D., SEREE CHADCHAM, Ph.D., 215 P. 2013.

The objectives of this research were to develop a geometric form drawing training program. To compare spatial ability and relative power of experimental group before and after receiving a geometric form drawing training program. Including, to compare between experimental and control groups (with and without a geometric form drawing training program). The 30 voluntary students from the secondary demonstration school of BSRU were recruited in this study. All participants were randomly assigned into control and experimental groups. The spatial ability test, geometric form drawing training program, and electroencephalogram (EEG) recording were used as research instruments. The average spatial ability score and average relative power (RP) of Alpha and Beta frequency band were used as dependent variables. Data were analyzed by using t-tests. The main results were demonstrated as follows:

- 1) A geometric form drawing training program of expertee opinion was in a good level.
- 2) The average spatial ability score of experimental group after receiving a geometric form drawing training program was higher than before receiving a geometric form drawing training program statistically significant at the .01 level, effect size = 2.38.
- 3) The average spatial ability score of experimental group was higher than control group statistically significant at the .01 level, effect size = 2.39.
- 4) The average of relative power in experimental group demonstrated that Alpha 1 RP at all electrode sites after receive a geometric form drawing training program was higher RP than before receive a geometric form drawing training program statistically significant at the .05 level. The results show that Alpha 2 RP was significantly higher RP in only specific area at O1 electrode site. The Beta 1 RP was not difference between before and after receiving a geometric form drawing training program. In addition, the Beta 2 RP was represented lower RP than before receiving a geometric form drawing training program, statistically significant at the 0.5 level at all electrode sites.
- 5) The average of relative power in range Alpha 1 RP at all electrode sites in experimental group was higher than control group, the statistically significant at the .05 level but the Alpha 2 RP was significantly higher than only at P4 electrode site. In overview result demonstrated, the Beta 1 RP was not difference between control and experimental group but the Beta 2 RP of experimental group was statistically significant lower than control group at specific area F3, F4, and P4 electrode sites.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
สมมติฐานการวิจัย.....	10
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	11
ขอบเขตของการวิจัย.....	12
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	12
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
ตอนที่ 1 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability).....	16
ความหมายของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์.....	16
องค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์.....	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
ตอนที่ 2 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์..	26
ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจท์ (Piaget).....	26
ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford).....	26
ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของการ์ดเนอร์ (Gardner).....	28
ตอนที่ 3 แนวคิดและทฤษฎีการพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	29
การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์.....	29
การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองกับมิติสัมพันธ์.....	30

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองกับการวาดภาพ.....	36
การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการวาดภาพกับการพัฒนามิติสัมพันธ์.....	38
กระบวนการวาดภาพของวิลลัดส์.....	38
การเปลี่ยนแปลงรูปทรง (Transformation of Form).....	44
โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP).....	53
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	58
ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	61
พื้นฐานการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	61
สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (Brain Wave Signal).....	63
การตรวจจับและจัดเก็บสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG)	68
วิธีการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	69
หลักการแปลผลคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	70
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	71
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	77
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	77
แบบแผนการวิจัย.....	79
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	80
โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	80
การศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	80
การตรวจสอบคุณภาพโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	82
เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์.....	87
เครื่องมือคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง.....	87
เครื่องมือดำเนินการทดลอง.....	88
เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	91
วิธีดำเนินการทดลอง.....	93
ระยะก่อนการทดลอง.....	93

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ระยะทดลอง.....	95
ระยะหลังการทดลอง.....	97
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	99
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	106
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	108
ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง.....	109
ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ย พลังงานสัมพัทธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของ กลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต...	111
ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ย พลังงานสัมพัทธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรม ฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	119
5 สรุปและอภิปรายผล.....	129
สรุปผลการวิจัย.....	129
อภิปรายผลการวิจัย.....	132
ข้อเสนอแนะ.....	139
บรรณานุกรม.....	141
ภาคผนวก.....	149
ภาคผนวก ก.....	150
โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	151
แบบประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สำหรับ เพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	200
ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	202

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ข.....	204
แบบสอบถามลักษณะข้อมูลทั่วไป.....	205
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ของเลวี และเลวี	207
ผลการวิเคราะห์ และประเมินคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถด้านมิติ สัมพันธ์.....	211
ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์.....	212
ภาคผนวก ค.....	213
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรง เรขาคณิต.....	214
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	215

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ความถี่ และคะแนนการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์.....	78
2 ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	84
3 ปัญหาที่พบขณะทดลองใช้โปรแกรม และแนวทางปรับปรุงแก้ไข.....	86
4 ตารางการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	95
5 จำนวน และร้อยละลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง.....	109
6 จำนวน และร้อยละของระดับผลการเรียน จำแนกตามรายวิชา.....	110
7 คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	111
8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	112
9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	113
10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	115
11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	116
12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	118
13 คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	120
14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	121

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	122
16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	124
17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	125
18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	127

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 กรอบแนวคิดพื้นฐานการพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	10
2 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	10
3 มิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพหรือเลื่อนภาพ.....	21
4 มิติสัมพันธ์แบบตัดภาพ.....	21
5 มิติสัมพันธ์แบบรวมภาพ.....	22
6 มิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพ.....	22
7 มิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพ.....	23
8 มิติสัมพันธ์แบบพับกระดาษ.....	23
9 มิติสัมพันธ์แบบพับกล่อง.....	24
10 มิติสัมพันธ์แบบจับคู่ชิ้นส่วนกับภาพ.....	24
11 เส้นทางการประมวลผลของระบบประสาทเกี่ยวกับการรับรู้ด้วยการมองเห็น.....	32
12 ลำดับพัฒนาการด้านการรับรู้ทางสายตาของ Warren ปี ค.ศ.1993.....	33
13 การคิดโดยใช้ภาพของแมกคิม.....	36
14 การทำงานประสานกันของตาข้างซ้ายและขวา (Solso, 1997).....	37
15 ลักษณะการใช้เส้นวาดภาพแสดงมิติสัมพันธ์ตามกระบวนการวาดภาพของวิลลิตส์.....	38
16 กระบวนการวาดภาพพื้นระนาบโต๊ะของวิลลิตส์.....	39
17 การวาดภาพโต๊ะของวิลลิตส์.....	40
18 กระบวนการวาดภาพเก้าอี้แสดงมิติแบบทัศนียภาพวิทยาของวิลลิตส์.....	40
19 รูปร่าง 2 มิติ.....	44
20 รูปทรง 3 มิติ.....	45
21 การสร้างเส้นเพื่อเพิ่มมิติความลึกในรูปร่าง 2 มิติ และรูปทรง 3 มิติ.....	45
22 แสดงด้านของวัตถุ 1 ด้าน 2 ด้าน และหลายด้าน.....	46
23 รูปทรงธรรมชาติ.....	46
24 รูปทรงเรขาคณิต.....	47
25 รูปทรงอิสระ.....	47
26 การตัดบางส่วนของรูปทรงออก.....	47
27 ด้านต่อด้าน.....	48
28 มุมต่อมุม.....	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
29 ด้านต่อมุม.....	48
30 การวางบางส่วนซ้อนกัน.....	49
31 การวางซ้อนกันอย่างสมบูรณ์.....	49
32 การคาบเกี่ยวกัน.....	49
33 รูปทรงร่วม.....	49
34 การผสมผสานกัน.....	50
35 การจัดวางใกล้กัน.....	50
36 รูปทรงบิดพันกัน.....	50
37 การขยายออก.....	51
38 รูปร่างที่สงบนิ่ง.....	51
39 การวางมุมของรูปร่างที่สมดุลบนเส้นระนาบ.....	51
40 รูปร่างสงบที่วางเฉียงบนเส้นระนาบ.....	52
41 รูปร่างสี่เหลี่ยมวางบนเส้นตั้ง.....	52
42 ความเคลื่อนไหวของรูปเหลี่ยมด้านไม่เท่า.....	52
43 การวางรูปร่างสมดุลกับบรรยากาศโดยรอบ.....	53
44 ปริมาตรของกล่องที่เกิดจากการตัดมุมทั้งสี่ของกระดาษ.....	54
45 การวาดวงกลม.....	54
46 การวาดวงรีในภาคตัดกรวย.....	54
47 การวาดกราฟ.....	55
48 การวาดเส้นตรงและมุม.....	55
49 การวาดรูปสามเหลี่ยม.....	56
50 การหาฟังก์ชันตรีโกณมิติ.....	56
51 กราฟคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า.....	62
52 การวิเคราะห์คลื่นความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Frequency Analysis of EEG).....	63
53 สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	64
54 คลื่นไฟฟ้าสมองในแต่ละช่วงความถี่.....	65
55 สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองเดลต้า.....	65
56 สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองเธต้า.....	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
57 สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองแอลฟา.....	66
58 สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองเบต้า.....	66
59 สเปกตรัม (Spectrum) ของสัญญาณ EEG ในแต่ละช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง.....	67
60 ตำแหน่งการวางขั้วไฟฟ้าตามมาตรฐานสากล ระบบ 10-20.....	70
61 แบบแผนการทดลองแบบ Randomized Pretest-Posttest Control Group Design.....	79
62 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	87
63 ลำดับ และเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมการวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์.....	89
64 การสร้างข้อสอบ ด้วยโปรแกรม Super Lab 4.5	90
65 การนำข้อสอบเข้าโปรแกรม Super Lab 4.5 และกำหนดเวลาที่เหมาะสมกับ การทดลองจริง.....	91
66 ลำดับ เวลาและการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของการบันทึกสัญญาณ (Marker).....	91
67 ระบบการวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากล 10/20 (A) ด้านซ้าย และ (B) ด้านบนของศีรษะ A = Ear Lobe, C = Central, Pg = Nasopharyngeal, P = Parietal, F = Frontal, Fp = Frontal Polar, O = Occipital.....	92
68 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	93
69 การวัดขนาดศีรษะเพื่อเลือกขนาดหมวกให้เหมาะสมกับขนาดศีรษะ.....	98
70 การกรองความถี่เพื่อกำจัดสัญญาณไฟฟ้าสมองที่รบกวนเบื้องต้นออก.....	102
71 การสกัดเหตุการณ์ที่ต้องการศึกษา.....	102
72 การกำจัดสัญญาณที่ปนเปื้อนกับคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	103
73 การจัดสิ่งรบกวนด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ.....	104
74 การนำข้อมูลออกไปยังโปรแกรมสำเร็จรูป.....	105
75 การจำแนกข้อมูลออกเป็น 5 ช่วงความถี่.....	105
76 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับ หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	112
77 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาด รูปทรงเรขาคณิต.....	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
78 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	115
79 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	117
80 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	118
81 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มที่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	121
82 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มที่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	123
83 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มที่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	124
84 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มที่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	126
85 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มที่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต.....	127