

ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถ
การคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: การศึกษาค้นคว้าอิสระ


ศิริัญญา หล้าเต็น

ดุชนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
ตุลาคม 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

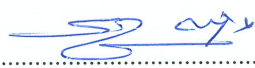
คณะกรรมการควบคุมคุณิพนธ์และคณะกรรมการสอบคุณิพนธ์ ได้พิจารณา
คุณิพนธ์ของ ศิริธญา หล้าเต็น ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาคุณิพนธ์บัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

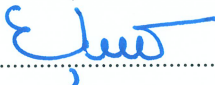
คณะกรรมการควบคุมคุณิพนธ์


.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.ยุทธนา จันทะชิน)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนก พานทอง)

คณะกรรมการสอบคุณิพนธ์


.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิมพ์ ศรีพันธ์วรสกุล)


.....กรรมการ
(ดร.ยุทธนา จันทะชิน)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนก พานทอง)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญา เรืองทิพย์)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พลพงศ์ สุขสว่าง)

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาอนุมัติให้รับคุณิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาคุณิพนธ์บัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
ของมหาวิทยาลัยบูรพา


.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี) และวิทยาการปัญญา

วันที่ 20 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564

กิตติกรรมประกาศ

ดุขุฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก ดร.ยุทธนา จันทะชิน อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนก พานทอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิมพ์ ศรีพันธ์วรสกุล ประธานคณะกรรมการสอบปากเปล่า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา เรื่องทิพย์ และรองศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง กรรมการสอบปากเปล่า ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้ดุขุฎีนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา เรื่องทิพย์ ดร.ศราวุธ ราชมณี และ ดร.อมร สุดแสง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย และวิทยาการปัญญา และคณาจารย์ทุก ๆ ท่าน ของวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่คอยให้การสนับสนุน คอยติดตามงาน และให้กำลังใจในการทำดุขุฎีนิพนธ์ จนกระทั่งสำเร็จได้ในวันนี้

ขอขอบพระคุณ ท่านผู้อำนวยการนิพนธ์ แสงเนตร อดีตผู้อำนวยการโรงเรียนธีรกาณ์ท์บ้านโอง ที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้มาศึกษาต่อปริญญาดุขุฎีบัณฑิตในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ท่านผู้อำนวยการจรัส คำอ้าย ผู้อำนวยการโรงเรียนธีรกาณ์ท์บ้านโอง ตลอดจนเพื่อนครูและนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนธีรกาณ์ท์บ้านโอง ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้ดุขุฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่เป็นกำลังใจสำคัญ และให้การช่วยเหลือสนับสนุนดูแลผู้วิจัยในทุกด้าน ขอขอบคุณเพื่อนและพี่น้อง วิทยาลัยวิทยาการวิจัยทุกคน ที่เป็นกำลังใจทั้งทางตรงและทางอ้อม และมีส่วนช่วยให้การทำดุขุฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของดุขุฎีนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูแก่เวทิตาแต่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ศิริญา หล้าเต็น

58810164: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา;

ปร.ด. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)

คำสำคัญ: ความสามารถการคิดวิเคราะห์/ แนวคิดของบลูม/ ตัวแบบ Four I's/ คลื่นไฟฟ้าสมอง

ศิริสัญญา หล้าเต็น: ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง (EFFECTS OF USING APPLIED BLOOM'S REVISED TAXONOMY AND FOUR I'S MODEL PROGRAM TO ENHANCE ANALYTICAL THINKING ABILITY FOR LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS: AN ELECTROENCEPHALOGRAM STUDY) คณะกรรมการควบคุมคุรุวิชาชีพ: ยุทธนา จันทะชิน, Ph.D., และกนก พานทอง, ปร.ด., 276 หน้า. ปี พ.ศ. 2564

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเพื่อศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI ในเชิงพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนธีรภานท์บ้านโฮ้ง อำเภอบ้านโฮ้ง จังหวัดลำพูน จำนวน 60 คน เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เครื่องมือที่ใช้ คือ โปรแกรม ATABI กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ และ Emotiv EPOC Neuroheadset สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการวิจัยปรากฏว่า โปรแกรม ATABI มีค่า CVI เท่ากับ 1 มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.49$, $SD=0.60$) กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ มีค่า CVI เท่ากับ .94 มีความเที่ยง เท่ากับ .89 ระยะเวลาหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่า และเวลาการตอบสนองน้อยกว่าก่อนการทดลอง ($p<.01$) และกลุ่มทดลองมีความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่า และเวลาการตอบสนองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($p<.05$ และ $p<.01$ ตามลำดับ) พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ของกลุ่มทดลองระยะหลังการทดลองสูงกว่าระยะก่อนการทดลอง และกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<.01$ และ $p<.05$) พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 และ Beta2 ของกลุ่มทดลองระยะหลังการทดลองต่ำกว่าระยะก่อนการทดลอง และกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($p<.01$ และ $p<.05$) ความถูกต้องของการตอบสนองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P8 ($p<.05$) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า FC5 และ F8 และ Beta2 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F8 ($p<.05$) สรุปได้ว่า โปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้น สามารถเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้

58810164: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE;
Ph.D. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)

KEYWORDS: ANALYTICAL THINKING ABILITY/ BLOOM'S REVISED TAXONOMY/
FOUR I'S MODEL/ ELECTROENCEPHALOGRAM

SIRINYA LATEN: EFFECTS OF USING APPLIED BLOOM'S REVISED TAXONOMY
AND FOUR I'S MODEL PROGRAM TO ENHANCE ANALYTICAL THINKING ABILITY FOR
LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS: AN ELECTROENCEPHALOGRAM STUDY.

ADVISORY COMMITTEE: YOOTTANA JANTHAKHIN, Ph.D., KANOK PANTHONG, Ph.D. 276
P. 2021.

The purposes of this experimental study were to develop a program to enhance the analytical thinking ability of lower secondary school students by creating and applying a tailor-made ATABI computer program to present analytical tasks, and to measure the program's effects in terms of behavioral and electroencephalogram aspects. The sample involved 60 lower secondary school students from the Theerakarnbanhong School in the Banhong District, Lamphun Province. The instrument was an ATABI program, Analytical thinking ability task, and Emotiv EPOC Neuroheadset. The statistics used were percentage, mean, standard deviation, and pearson correlation.

Results indicated that the ATABI program had a CVI of 1, suitable at the highest level ($M=4.49$, $SD=0.60$). The analytical thinking ability task had a CVI of .94, with reliability of .89. After training the experimental group had a higher response accuracy and a lower response time than corresponding pre-training levels ($p<.01$), and had a higher response accuracy and a lower response time than the control group ($p<.05$ and $p<.01$, respectively). After training the absolute power of the alpha EEG frequency of the experimental group was higher than pretest values ($p<.01$), and higher than that of the control group ($p<.05$). After training, the absolute power of the Beta1 and Beta2 EEG frequencies of the experimental group were lower than pretest conditions and lower than those of the control group ($p<.01$ and $p<.05$). Response accuracy was positively correlated with the Alpha EEG frequency at electrode P8 ($p<.05$) and negatively correlated with the Beta1 EEG frequency at electrode FC5 and F8, and Beta2 at electrode F8 ($p<.05$). In conclusion, the ATABI program successfully enhanced the analytical thinking ability of lower secondary school students.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	9
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
สมมติฐานของการวิจัย.....	13
ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....	13
ขอบเขตของการวิจัย.....	14
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	15
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
ตอนที่ 1 ความสามารถการคิดวิเคราะห์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
ตอนที่ 2 แนวคิดของบลูมและตัวแบบ Four I's.....	26
ตอนที่ 3 แนวคิดการออกแบบโปรแกรม ATABI และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
ตอนที่ 4 คลื่นไฟฟ้าสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	49
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	69
ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.....	71
ระยะที่ 2 การพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	85
ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิด วิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เชิงพฤติกรรมและ คลื่นไฟฟ้าสมอง.....	90

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	109
ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.....	110
ระยะที่ 2 การพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	116
ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถ การคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เชิงพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	118
5 อภิปรายและสรุปผล.....	163
สรุปผลการวิจัย.....	163
อภิปรายผลการวิจัย.....	169
ข้อเสนอแนะ.....	175
บรรณานุกรม.....	176
ภาคผนวก.....	184
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	185
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	189
ภาคผนวก ค การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ.....	219
ภาคผนวก ง เอกสารการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์.....	260
ภาคผนวก จ ผลการเก็บข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	263
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	276

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 เซลล์ประสานระหว่างมิติด้านความรู้กับมิติด้านกระบวนการทางปัญญา.....	28
2-2 คุณลักษณะของ Emotiv EPOC.....	56
3-1 เซลล์ประสานระหว่างมิติด้านความรู้กับมิติด้านกระบวนการทางปัญญา.....	73
3-2 แบบแผนการวิจัยวัดก่อนและหลังการทดลอง.....	92
3-3 กำหนดการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองระยะก่อนการทดลอง.....	99
3-4 กำหนดการฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองด้วยการใช้โปรแกรม ATABI.....	99
3-5 กำหนดการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองระยะหลังการทดลอง.....	101
4-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง.....	110
4-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด.....	111
4-3 ผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ.....	112
4-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา.....	113
4-5 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง.....	118
4-6 ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์.....	119
4-7 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม.....	121
4-8 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองและระยะหลัง การทดลองของกลุ่มควบคุม.....	122
4-9 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองและระยะหลัง การทดลองของกลุ่มทดลอง.....	123

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-10 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะเวลาหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและ กลุ่มควบคุม.....	124
4-11 ผลการวิเคราะห์เวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์.....	125
4-12 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	127
4-13 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่ม ควบคุม.....	128
4-14 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของ กลุ่มทดลอง.....	129
4-15 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ ระยะเวลาหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	130
4-16 ผลการวิเคราะห์พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำ กิจกรรม ทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ทั้งระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลอง.....	132
4-17 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	134
4-18 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลอง กับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม.....	136
4-19 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับ ระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง.....	137

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-20 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่าง กลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	140
4-21 ผลการวิเคราะห์พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ทั้งระยะก่อนการทดลองและระยะ หลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	142
4-22 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่ม ทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	144
4-23 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับ ระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม.....	146
4-24 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับ ระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง.....	147
4-25 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่ม ทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	150
4-26 ผลการวิเคราะห์พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ทั้งระยะก่อนการทดลอง และระยะหลังการทดลอง ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	152
4-27 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่ม ทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	154
4-28 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับ ระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม.....	156

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-29	ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง.....	157
4-30	ผลการวิเคราะห์พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ทั้งระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	160
4-31	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha.....	162

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 กรอบแนวคิดการพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.....	12
2-1 ส่วนแบ่งการตลาดระบบปฏิบัติการ.....	42
2-2 โครงสร้างระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	43
2-3 คลื่นไฟฟ้าสมองในแต่ละช่วงความถี่.....	52
2-4 Emotiv EPOC Neuroheadset.....	54
2-5 ตำแหน่งอิเล็กโทรดของ Emotiv EPOC Neuroheadset.....	54
2-6 ระบบ 10-20 System.....	57
2-7 ระบบ EEG ที่เป็นลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	59
2-8 แรงดันไฟฟ้า และความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	60
2-9 การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	60
2-10 การจัดวางรูปแบบแสดงผลแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าจากซ้ายไปขวา.....	63
2-11 การจัดวางรูปแบบแสดงผลแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าจากหน้าไปหลัง.....	63
2-12 การจัดวางรูปแบบแสดงผลแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าให้เป็นไปตามกายวิภาค.....	64
3-1 ระยะดำเนินการวิจัย.....	70
3-2 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.....	71
3-3 ขั้นตอนการพัฒนาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถ การคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.....	72
3-4 ขั้นตอนการศึกษาแนวคิดของบลูม.....	72
3-5 ขั้นตอนการศึกษาตัวแบบ Four I's.....	74
3-6 แนวทางการพัฒนาโปรแกรม ATABI ตามแนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's...	75
3-7 ขั้นตอนการศึกษา ADDIE Model.....	77
3-8 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ATABI.....	78
3-9 ตัวอย่างโปรแกรม ATABI.....	81
3-10 ขั้นตอนการพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม คอมพิวเตอร์.....	85

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-11 Paradigm ของกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์.....	87
3-12 การศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เชิงพฤติกรรม และคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	90
3-13 เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองรุ่น Emotiv EPOC Neuroheadset.....	93
3-14 ตำแหน่งอิเล็กโทรดของ Emotiv EPOC Neuroheadset.....	94
3-15 แสดงการสวม Emotiv EPOC Neuroheadset.....	95
3-16 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	97
3-17 ตัวอย่างการฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ATABI.....	100
3-18 ตัวอย่างการวัดความดันโลหิตของกลุ่มตัวอย่าง.....	101
3-19 ตัวอย่างการสวมเครื่อง Emotiv EPOC Neuroheadset ให้กับกลุ่มตัวอย่าง.....	102
3-20 ตัวอย่างการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ควบคู่กับ การตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	103
3-21 ตัวอย่างการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม Emotiv Pro.....	104
3-22 ตัวอย่างภาพหน้าจอแสดงโดเมนความถี่ของโปรแกรม Emotiv Pro.....	104
4-1 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองกับ กลุ่มควบคุม.....	121
4-2 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลัง การทดลองของกลุ่มควบคุม.....	122
4-3 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลัง การทดลองของกลุ่มทดลอง.....	124
4-4 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับ กลุ่มควบคุม.....	125

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-5 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	128
4-6 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของ กลุ่มควบคุม.....	129
4-7 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของ กลุ่มทดลอง.....	130
4-8 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	131
4-9 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	135
4-10 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อน การทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม.....	137
4-11 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อน การทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า.....	139
4-12 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า.....	141
4-13 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	145

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-14 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อน การทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม.....	147
4-15 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อน การทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า.....	149
4-16 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า.....	151
4-17 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	155
4-18 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อน การทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม.....	157
4-19 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อน การทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า.....	159
4-20 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า.....	161

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถานการณ์โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้นานาประเทศต้องจัดเตรียมนโยบายเพื่อพัฒนาประเทศให้ก้าวหน้าอย่างก้าวกระโดดโดยอาศัยเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะ เทคโนโลยีชีวภาพ นาโนเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง วิทยาการปัญญา ด้วยเทคโนโลยีเหล่านี้ ทำให้ทุกประเทศสามารถเชื่อมโยงกันได้ง่าย เป็นโอกาสในการเปิดโลกไร้พรมแดนให้กว้างขึ้น ส่งผลให้สภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกประเทศมีแนวโน้มที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและฉับพลันในหลายด้าน เช่น เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม การแพทย์ การศึกษา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สิ่งเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการพัฒนาประเทศไทยในอนาคตเป็นอย่างมาก ทำให้ประชากรและสังคมไทยต้องเผชิญกับปัญหาหลากหลายด้านตามมา ทั้งสัดส่วนวัยเด็กและวัยแรงงานที่มีจำนวนลดลง สถาบันครอบครัวที่มีขนาดเล็กลง แต่การดำเนินชีวิตมีรูปแบบและวัฒนธรรมที่หลากหลายมากขึ้น รวมถึงปัญหาคุณภาพการศึกษา (คณะกรรมการจัดทำยุทธศาสตร์ชาติ, 2559, หน้า 16-18)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นดังกล่าว ส่งผลให้มนุษย์ต้องมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างมีความสุข ทั้งด้านความเป็นอยู่ ด้านการติดต่อสื่อสาร ด้านวัฒนธรรม ด้านการเรียนรู้ และด้านการคิด โดยเฉพาะด้านการคิด ซึ่งเป็นกระบวนการทางสมองขั้นสูงของมนุษย์ และเป็นส่วนที่ทำให้มนุษย์มีความแตกต่างจากสัตว์โลกอื่น ๆ การคิดจึงมีความจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ความเป็นปกติสุขและการดำเนินชีวิตที่ประสบผลสำเร็จ เป็นผลมาจากการคิดที่มีประสิทธิภาพ การคิดที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้และการคิดทั้งหมด และเป็นกลุ่มการคิดขั้นสูงที่สำคัญที่มีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ บุคคลที่มีความสามารถการวิเคราะห์ จะมีความสามารถด้านต่าง ๆ เหนือกว่าบุคคลอื่น ๆ ทั้งด้านสติปัญญาและการดำเนินชีวิต เช่น สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตได้ดี ตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผล เป็นคนรอบคอบ และมองเห็นมุมมองของโลกที่กว้างขึ้น (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2553, หน้า 54)

การคิดวิเคราะห์เปรียบเสมือนเครื่องมือที่สามารถจำแนก แยกแยะ จัดหมวดหมู่ องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกันในเรื่องที่กำลังคิดอย่างเป็นระบบ ทำให้สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่คิดได้อย่างสอดคล้องและกระจ่างชัดโดยไม่ทำให้เกิดความสับสน ง่ายต่อการนำไปศึกษาและง่ายต่อการทำความเข้าใจ ตลอดจนสามารถสืบค้นตรวจทานเนื้อหาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบ

เหล่านั้นได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถตีความ หรือให้คุณค่าในเนื้อหาเหล่านั้นได้อย่างถูกต้องแม่นยำ (สุภาพร แคนสมปัดสา, วราพร เอรารวรรณ์, และมนัญญู ศิวารมย์, 2556) ดังนั้น ในยุคข่าวสารเทคโนโลยีที่มีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว มีการแข่งขันสูง การปูพื้นฐานและส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ให้แก่เด็กและเยาวชนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นพื้นฐานของการคิดขั้นสูง เมื่อนักเรียนได้รับการพัฒนาและฝึกฝนเป็นอย่างดีจนมีความชำนาญแล้ว ก็จะสามารถพัฒนาการคิดขั้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป (สุวิทย์ มูลคำ, 2550, หน้า 108)

การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) เป็นความสามารถในการพิจารณาแยกแยะเรื่องราวปรากฏการณ์ใด ๆ หรือสิ่งต่าง ๆ แล้วสามารถห้วงถึงเบื้องหลังความเป็นมาเป็นไปส่วนประกอบที่เป็นรายละเอียดที่ประกอบเข้าด้วยกันเป็นสิ่งนั้น การพิจารณาดังกล่าวเกิดจากการใช้ปัญญาคิดหาเหตุผล คิดหาคำตอบด้วยตนเอง โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่และข้อมูลใหม่ที่สามารถรับรู้ได้ การวิเคราะห์เป็นความสามารถของสมองที่มีความจำเป็นมากในกรณีที่ต้องการสอนให้คนรู้จักคิดรู้จักหาเหตุผล มาอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดย Anderson, Krathwohl, and Bloom (2001) ได้จัดลำดับขั้นพฤติกรรมการใช้สมองเพื่อการเรียนรู้ เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับสติปัญญา ความรู้ ความคิด หรือพฤติกรรมทางด้านสมองของมนุษย์ในด้านพุทธิพิสัย แบ่งเป็น 2 มิติ คือ มิติด้านกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) และมิติด้านความรู้ (Knowledge Dimension)

มิติด้านกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) ได้แก่ ขั้นที่ 1 จำ (Remembering) ขั้นที่ 2 เข้าใจ (Understanding) ขั้นที่ 3 ประยุกต์ (Applying) ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ (Analyzing) ขั้นที่ 5 ประเมินค่า (Evaluating) และ ขั้นที่ 6 สร้างสรรค์ (Creating) การวิจัยนี้มุ่งศึกษาการคิดวิเคราะห์ แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Differentiating) ซึ่งเป็นความสามารถในการเปรียบเทียบความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ แล้วบ่งชี้ประเด็นที่เด่นชัดออกมาอย่างชัดเจน แล้วสามารถแยกแยะ จำแนก สิ่งต่าง ๆ ออกจากกันได้ 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Organizing) เป็นความสามารถในการมองเห็นความเชื่อมโยง ความต่อเนื่องของเรื่องราว ปรากฏการณ์ หรือสิ่งต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างเป็นระบบ หรือสามารถให้เหตุผลของความสัมพันธ์ของการเชื่อมโยงนั้น และ 3) การวิเคราะห์คุณลักษณะ (Attributing) เป็นความสามารถในการสรุปหลักการหรือลักษณะร่วมกันของสิ่งต่าง ๆ แล้วสามารถจัดกลุ่ม หรือประเภทของสิ่งต่าง ๆ ที่มีคุณลักษณะเดียวกันให้อยู่กลุ่มเดียวกัน

มิติด้านความรู้ (Knowledge Dimension) ได้แก่ 1) ความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge) 2) ความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge) 3) ความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge) และ 4) ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge) จากทั้งสองมิติ ทำให้เห็นชัดเจนว่า มิติด้านความรู้มุ่งจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระใด และมิติด้านกระบวนการทางปัญญามุ่งให้ใช้สมองคิดด้านไหน ทำให้การกำหนดกิจกรรมการพัฒนา

ความสามารถการคิดวิเคราะห์ที่มีขอบเขตที่ชัดเจน และเป็นระบบมากขึ้น สามารถวัดและประเมินผลได้ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนด

ถึงแม้ว่าคนไทยได้รับโอกาสทางการศึกษาสูงขึ้น แต่การศึกษาไทยทุกระดับยังมีปัญหาเชิงคุณภาพที่ต้องเร่งแก้ไข ทั้งปัญหาเรื่องหลักสูตร และระบบการเรียนการสอนที่เน้นการท่องจำ ไม่สอนกระบวนการคิด ทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ของเด็กในวัยเรียน (คณะกรรมการจัดทำยุทธศาสตร์ชาติ, 2559, หน้า 46) จากผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นการประเมินผลตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาพรวมทั้งประเทศอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ เห็นได้จากข้อมูลผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ในกลุ่มสาระการเรียนรู้หลัก ส่วนใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยเฉพาะวิชาภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางและต่ำ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2558)

โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) ซึ่งเป็นโครงการที่ประเมินความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนเทียบกับนานาชาติประเทศทั่วโลกและในอาเซียน มุ่งเน้นการประเมินความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตหรือสถานการณ์จริง ผลการประเมิน PISA คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยอายุ 15 ปี ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ (OECD) ทุกวิชา โดยประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 55 จาก 72 แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยต้องเร่งพัฒนาความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และการนำไปใช้ โดยเฉพาะด้านที่กำหนดเป็นสาระหลักในการประเมินระดับชาติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการศึกษาของประเทศไทยด้านการคิดวิเคราะห์ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร

ความเป็นจริงแล้ว มีหลากหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ไม่ว่าจะเป็น เพศ รูปแบบการเรียนรู้ (ศิริินภา จามรมาน, ปนัดดา ชำนาญสุข, ปัทมา พุ่มมาพันธ์ และทรงชนะ ใจชุ่มชื่น, 2555) บุคลิกภาพ เจตคติต่อการเรียน พฤติกรรมการสอนของครู บรรยากาศในห้องเรียน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (เบ็ญจพร ภิรมย์ และ สมศักดิ์ ลิลา, 2554) และเขาวนปัญญา (สุภาพร แदनสมปัดสา, วราพร เอราวรณ, และ มนูญ ศิวารมย์, 2556) ปัจจัยเหล่านี้สามารถ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ปัจจัยที่เกิดขึ้นจากตัวนักเรียนเอง และปัจจัยที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน หากมองปัญหาการคิดวิเคราะห์ในภาพรวม การจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญหลัก ๆ ที่มีผลต่อความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

ดั่งงานวิจัยของ Art-in (2015) ชี้ให้เห็นว่า สถานการณ์ในปัจจุบันปัญหาที่เกิดขึ้นกับการคิดวิเคราะห์จากการสำรวจ มีอยู่ด้วยกัน 2 ปัญหา หลัก ๆ ได้แก่ 1) ครูมีความสามารถในการออกแบบและการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนต่ำ 2) การจัดการเรียนรู้ด้านการพัฒนาความคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จะเห็นได้ว่าสถานศึกษายังคงใช้หลักสูตรการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม สอนให้นักเรียนท่องจำ ผูกให้จำได้ในเนื้อหาวิชาที่สอน ครูเป็นผู้บรรยายความรู้หน้าห้องเรียน ในขณะที่นักเรียนนั่งฟังคอยรับความรู้ที่ครูถ่ายทอดให้ ซึ่งวิธีการแบบดั้งเดิมนี้นี้ ทำให้นักเรียนไม่ได้รับการพัฒนาสมองเท่าที่ควร นักเรียนไม่มีความสามารถในการคิดอย่างเป็นขั้นตอน ไม่สามารถคิดวิเคราะห์ได้อย่างเป็นระบบ ทำให้ผลที่ได้จากการทดสอบมาตรฐานต่าง ๆ ข้างต้น ทั้งในระดับประเทศและระดับชาติ ยังไม่ประสบผลตามเป้าหมายที่ต้องการ

อย่างไรก็ตาม การคิดวิเคราะห์สามารถเปลี่ยนแปลงและพัฒนาได้ด้วยเทคนิคหรือวิธีการต่าง ๆ อย่างหลากหลาย ดั่งงานวิจัยของ Politsinsky, Demenkova, and Medvedeva (2015) ได้พัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน โดยใช้วิธีการฝึกอบรมในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์และเคมี มีรูปแบบการฝึกอบรมที่สามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์ มีลำดับขั้นตอน ดังนี้ 1) การเตรียมความพร้อม 2) การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับปัญหา 3) การวินิจฉัยสิ่งที่ไม่ได้พัฒนา 4) การแก้ปัญหา และ 5) การทดสอบและการสะท้อน Sitthipon (2012) และ Art-in (2014) ได้เริ่มต้นจัดหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาครู สำหรับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ เพื่อให้ครูนำความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรมไปจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียนที่เน้นการวิเคราะห์ให้กับนักเรียน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความสามารถการคิดวิเคราะห์สูงขึ้น

การพัฒนาแบบการสอนในห้องเรียนเพื่อพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ ผสานในยุคที่เทคโนโลยีกำลังพัฒนาอย่างก้าวกระโดด ได้มีการนำเอาเทคโนโลยีมาเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ผนวกความสามารถทางด้านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียน ได้สร้างผลลัพธ์เป็นที่น่าพึงพอใจตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ (ศรมัชชัย จันทน์ทวงษ์, ดลดาว ปุณณานนท์, และประชา อีนิ่ง, 2555) และมีการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ผ่านเว็บ โดยประยุกต์เนื้อหาในรายวิชาต่าง ๆ เพื่อเสริมสร้างการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชานั้น ๆ เพิ่มขึ้น และมีเจตคติที่ดีในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน (เกียรติศักดิ์ วจิศิริ, กานดา พูนลาภทวี, และปรัชญนันท์ นิลสุข, 2554; กมลรัตน์ จำปาจันทร์, ไชยยศ เรื่องสุวรรณ และไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2556; สายทิพย์ ทิพย์รักษ์, ไชยยศ เรื่องสุวรรณ, และธรัช อารีราษฎร์, 2558; อัญชลี วิมลศิลป์, 2559) จะเห็นได้ว่า เทคนิคหรือวิธีการพัฒนาการคิดวิเคราะห์จากงานวิจัยต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมา สามารถนำมาประยุกต์กับรายวิชาหรือสถานการณ์อื่น ๆ ที่สนใจอยากพัฒนานักเรียนให้เกิดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ที่ดีขึ้นได้

นอกจากนี้ ได้มีการนำแอปพลิเคชันบนมือถือที่เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ในโลกปัจจุบัน มาใช้ในการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ โดยประยุกต์แนวคิดของบลูม (Bloom's Revised Taxonomy) มาเป็นกรอบในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือดังกล่าว ทำให้การเรียนรู้ในห้องเรียนแบบดั้งเดิม เป็นการเรียนรู้ในห้องเรียนแบบสมัยใหม่และเป็นการส่งเสริมการแสดงออกด้านพฤติกรรม การเรียนรู้ให้เพิ่มมากขึ้น โดยออกแบบกิจกรรมในแอปพลิเคชันบนมือถือตามความซับซ้อนทางปัญญาของบลูม ในมิติทางด้านความรู้มาประยุกต์ในการกำหนดระดับของกิจกรรม กำหนดให้กิจกรรมในระดับที่ 1 มีความซับซ้อนน้อยที่สุด สะท้อนเรื่องความรู้ในข้อเท็จจริง และความรู้ในความคิดรวบยอด กิจกรรมในระดับที่ 2 มีความซับซ้อนปานกลาง สะท้อนเรื่องความรู้ในกระบวนการ และกิจกรรมในระดับที่ 3 มีความซับซ้อนสูงสุด สะท้อนเรื่องความรู้ในอภิปัญญา ผู้ใช้แต่ละคนจะมีปฏิสัมพันธ์กับแอปพลิเคชันบนมือถือที่ได้กำหนดกิจกรรมต่าง ๆ เอาไว้ พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้ใช้จะแสดงออกมาจากการที่ได้ปฏิบัติกิจกรรม (Reychav & Wu , 2016)

การนำมิติด้านกระบวนการทางปัญญา มาจัดลำดับกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของนักเรียน ครูสร้างคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนผ่านทางแอปพลิเคชันบนมือถือ เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามในเรื่องนั้น ๆ แล้วนำคำถามดังกล่าวมาอภิปรายร่วมกันในห้องเรียนอีกครั้งหนึ่ง ดำเนินการจัดรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนตามลำดับขั้นทางปัญญา ได้แก่ ขั้นที่ 1 จำ ขั้นที่ 2 เข้าใจ ขั้นที่ 3 ประยุกต์ ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ ขั้นที่ 5 ประเมินค่า และขั้นที่ 6 สร้างสรรค์ เพื่อให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ในแต่ละลำดับขั้น เป็นการส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงของนักเรียน จากการที่นำเอาแอปพลิเคชันบนมือถือมาประยุกต์ตามแนวคิดของบลูม นั้น ทำให้นักเรียนมีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ในรายวิชานั้น ๆ เพิ่มมากขึ้น และมีเจตคติที่ดีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทั้งในแง่ของความพึงพอใจ การสร้างความน่าสนใจ และแรงจูงใจในการเรียนรู้ รวมถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในห้องเรียนได้ (Cheong, Bruno, & Cheong, 2012; Chuang, 2015; Chuang, 2017)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์มีหลายวิธี ทั้งการพัฒนาหลักสูตร การฝึกอบรม การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ การพัฒนาพฤติกรรมการเรียนรู้หรือรูปแบบการเรียนรู้ในห้องเรียน และการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยผ่านเทคโนโลยี เช่น เว็บไซต์ และแอปพลิเคชันบนมือถือ ต่างมีผลให้นักเรียนมีความสามารถการคิดวิเคราะห์ที่ดีขึ้น แต่ด้วยสถานการณ์โลกที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเข้ามาแทนที่ การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ในรูปแบบแอปพลิเคชันบนมือถือจึงมีความน่าสนใจและเหมาะสมกับยุคสมัยในปัจจุบันเป็นอย่างยิ่ง ผวนกับประยุกต์แนวคิดของบลูมมาเป็นกรอบในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ ส่งผลให้นวัตกรรมที่นำมาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แนวคิดของบลูมมีการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน หากมองในมุมมองของมิติด้านกระบวนการทางปัญญา เริ่มตั้งแต่การคิดระดับพื้นฐาน (จำ เข้าใจ และประยุกต์) เป็นรากฐานสำคัญต่อการเรียนรู้ในการคิดระดับสูง (วิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์) ทำให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถภาพตามลำดับขั้นจากระบวนการที่ง่ายไปยังกระบวนการที่ซับซ้อน ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และง่ายต่อการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ฝึกการคิด ยิ่งไปกว่านั้น มิติด้านความรู้ ทำให้นักเรียนสามารถกำหนดได้ว่านักเรียนจะต้องเรียนรู้ในเรื่องใด (ข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด กระบวนการ และอภิปัญญา) เมื่อนำมิติทั้งสองมาผสานรวมกัน ทำให้นักเรียนสามารถกำหนดกรอบในการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการคิดที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือตามแนวคิดของบลูมที่ผ่านมา ส่วนใหญ่กำหนดเพียงมิติใดมิติหนึ่งมาเป็นกรอบการดำเนินการเท่านั้น ยังไม่พบว่ามีกรนำทั้ง 2 มิติ คือ มิติด้านความรู้และมิติด้านกระบวนการทางปัญญาในด้านพุทธิพิสัย มาเป็นกรอบในการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ ทำให้การพัฒนาดังกล่าวไม่ครอบคลุมตามแนวคิดของบลูมทั้งหมดตั้งแต่ระดับพื้นฐานจนถึงระดับสูงสุด และที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดของบลูมยังพบว่า มีจุดอ่อนสำหรับการนำแนวคิดนี้มาใช้ คือ ครูไม่มีเครื่องมือสำหรับดำเนินกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจน การดำเนินกิจกรรมเป็นไปตามความถนัดของครูแต่ละคน และพบว่าส่วนใหญ่ใช้เพียงคำถามตามหลักการแต่ละลำดับขั้นมาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมเท่านั้น ซึ่งเป็นเพียงจุดเริ่มต้น และยังไม่พบว่ามีกิจกรรมกระตุ้นให้สามารถไปถึงกระบวนการขั้นสูงต่อไปได้ นอกจากนี้เทคนิคหรือวิธีการทั้งหมดที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์นี้ ต้องมีครูเป็นผู้ควบคุมดูแลในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอนภายในห้องเรียน ยังคงถูกจำกัดในเรื่องของเวลาและสถานที่ในการพัฒนานักเรียน

ตัวแบบ Four I's เป็นตัวแบบสำหรับการส่งเสริมการเรียนรู้และการคิด มีความสำคัญในการสร้างและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ที่มีหลักการชัดเจนในแต่ละขั้น ทำให้นักเรียนตรวจสอบและวัดได้ง่าย ส่งผลให้ผู้ร่วมกิจกรรมบรรลุเป้าหมายที่ต้องการได้ดี ประกอบด้วย 1) การยึดโยงความรู้ (Inductive : Anchoring) การดึงความรู้ที่มีอยู่ในเรื่องนั้น ๆ ออกมา 2) การเพิ่มความรู้ใหม่ (Input: Adding) นำความรู้ใหม่ที่ได้รับมาเชื่อมโยงกับความรู้เก่าที่มีอยู่ 3) การประยุกต์ (Implementation: Applying) นำสิ่งที่เรียนรู้มาประยุกต์ในสถานการณ์ใหม่ และ 4) การนำไปใช้ (Integration: Taking Away) การนำไปใช้ในสถานการณ์จริง หรือ ฝึกปฏิบัติบ่อย ๆ สม่าเสมอจนเกิดทักษะ หลักการเหล่านี้สามารถเพิ่มความจำขณะคิด (Working Memory) ทำให้แสดงออกพฤติกรรมทางปัญญาออกมาได้อย่างชัดเจน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเรียนรู้และการคิด (Vella, 2008, pp. 62-66)

หลักการแต่ละขั้นของตัวแบบ Four I's มีส่วนที่มีความสัมพันธ์กับลำดับขั้นทางปัญญาตามแนวคิดของบลูม เมื่อประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's จึงได้หลักการใหม่ที่มีความสัมพันธ์กันซึ่งกันและกัน ได้แก่ 1) การสร้างข้อมูลจากความจำ 2) การสร้างความรู้จากการ

เชื่อมโยงข้อมูล 3) การจัดระบบความรู้ 4) การนำความรู้ไปใช้อย่างถูกต้อง หลักการเหล่านี้ใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดกิจกรรมในแอปพลิเคชันบนมือถือได้อย่างเป็นระบบ มีขอบเขตการดำเนินการที่ชัดเจน ง่ายต่อการทำความเข้าใจและเรียนรู้ ซึ่งเป็นวิธีการกระตุ้นสมองให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามลำดับขั้นทางปัญญาของบลูมได้ดี ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้ แนวทางในการวัดการเปลี่ยนแปลงทางการเรียนรู้จากงานวิจัยที่ผ่านมา (Cheong, Bruno, & Cheong, 2012; Chuang, 2015; Reychav & Wu, 2016; Chuang, 2017) มีเพียงการวัดความรู้ในเนื้อหาวิชานั้น ๆ โดยใช้แบบทดสอบแบบหลายตัวเลือก (Multiple Choice) หรือมีการผสมผสานแบบทดสอบแบบถูกผิด (Yes/No) ร่วมด้วย และการวัดเจตคติโดยใช้มาตราประมาณค่า (Rating Scale) ที่ประยุกต์ตามแบบของลิเคิร์ต (Likert Scale) เป็นการวัดทางพฤติกรรมเพียงอย่างเดียว ยังไม่พบว่ามีการใช้วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงทางการเรียนรู้ดังกล่าวในแง่ของการเปลี่ยนแปลงทางด้านจิตประสาทวิทยา เช่น การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่ทำให้เห็นผลลัพธ์อันเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์

แต่ถึงกระนั้น ได้มีงานวิจัยที่ค้นพบว่า การคิดวิเคราะห์มีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ (Creative) (Kao, 2016) และเชาว์ปัญญา (Intelligence) (Sternberg, 1985, p. 97) โดย Jaarsveld, Fink, Rinner, Schwab, Benedek, and Lachmann (2015) ได้ศึกษาเชาว์ปัญญาในกระบวนการคิดสร้างสรรค์ ทำการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงความถี่ Alpha ปรากฏว่า เกิดการซินโครไนซ์ของคลื่น Alpha ในบริเวณส่วนสมองที่เห็นได้ชัดเจน คือ เปลือกสมองส่วนหน้า (Prefrontal) นอกจากนี้ มิติการคิดตามทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford การคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) เป็นการคิดทางเดียวเป็นกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งแคบ และมีทางเลือกน้อยจนได้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดเท่าที่คิดได้จากสิ่งแวดล้อมของปัญหานั้น จึงเป็นแบบที่เรียกว่า การคิดวิเคราะห์ (Guilford, 1967) ซึ่งมีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงความถี่ Alpha, Beta ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยที่ช่วงความถี่ Alpha ต่ำลงเมื่อเทียบกับสถานะพัก และช่วงความถี่ Beta สูงขึ้นเมื่อเทียบกับสถานะพัก (Razoumnikova, 2000; Benedek et al., 2011; Jauk et al., 2012) งานวิจัยของ Williams et al. (2019) ได้ศึกษาผลกระทบให้เหตุผลเชิงคิดวิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงความถี่ Alpha โดยเมื่อกำลังอย่างมีการใช้ความคิดเชิงสัญชาตญาณช่วงความถี่ Alpha จะสูงขึ้น และลดลงเมื่อมีการคิดเชิงวิเคราะห์ ซึ่งนอกจากนี้งานวิจัยของ Strmiska and Koudelkova (2019) ได้พบว่า ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta มีการทำงานของสมองที่สูงขึ้นเมื่อใช้ความคิดที่มากขึ้น ซึ่งช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta มีความสำคัญกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การคิดเชิงตรรกะ และการคิดวิเคราะห์ จึงได้ศึกษางานวิจัยเหล่านี้มาเป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นในการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

ดังนั้น การวิจัยนี้สนใจศึกษาผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งนักเรียนวัยนี้มีการพัฒนาทางสติปัญญาและความคิดสูงสุด จะเริ่มคิดแบบผู้ใหญ่ สามารถคิดแก้ปัญหาที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมด้วยวิธีการหลากหลาย รู้จักคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ มีการใช้เหตุผล และทำงานที่ต้องใช้สติปัญญาอย่างสลับซับซ้อนได้ (Piaget, 1964) และที่สำคัญจากผลการทดสอบมาตรฐานทั้ง PISA และ O-NET ที่ผ่านมาทำให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่านักเรียนระดับนี้มีปัญหาทางด้านคิดวิเคราะห์ที่ต้องเร่งแก้ไขและพัฒนา ไม่เช่นนั้นอาจส่งผลทางด้านความคิดในระยะยาว ดังนั้น นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจึงเหมาะสมสำหรับนำมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้

โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's ที่พัฒนาขึ้นดังกล่าวมีชื่อเรียกว่า โปรแกรม ATABI (Analytical Thinking Ability Based on Bloom Revised Taxonomy and Four I's Model Program) อยู่ในรูปแบบแอปพลิเคชันบนมือถือ ซึ่งมีความสอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 ที่ต้องมีนวัตกรรมทางเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนานักเรียนให้เต็มตามศักยภาพ นักเรียนสามารถพัฒนาตัวเองได้ทุกที่ ทุกเวลา ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน พร้อมกับการประยุกต์แนวคิดของบลูม ด้านพุทธิพิสัยทั้ง 2 มิติ คือ มิติด้านความรู้ (ข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด กระบวนการ และอภิปัญญา) และมิติด้านกระบวนการทางปัญญา (จำ เข้าใจ ประยุกต์ และวิเคราะห์) ร่วมกับตัวแบบ Four I's (การยึดโยงความรู้ การเพิ่มความรู้อย่างใหม่ การประยุกต์ และการนำไปใช้) มาเป็นกรอบในการออกแบบโปรแกรม ATABI โดยที่การวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาถึงขั้นการคิดวิเคราะห์เท่านั้น เนื่องจากเป็นรากฐานสำคัญของการคิดขั้นสูงอื่น ๆ

เมื่อพิจารณาแนวคิดของบลูมร่วมกันทั้ง 2 มิติ เกิดเป็นเซลล์ที่ประสานร่วมกันระหว่างมิติของความรู้กับมิติของการใช้สมองเพื่อการเรียนรู้ จำนวน 16 เซลล์ ทำให้สามารถกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ที่ชัดเจนได้มากขึ้นกว่าเดิมว่าจะมุ่งจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในเรื่องใด โดยพิจารณาได้จากมิติด้านความรู้ และพฤติกรรมความคิดที่มุ่งให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนคือขั้นใด พิจารณาได้จากมิติด้านกระบวนการทางปัญญา และเมื่อประยุกต์ร่วมกับตัวแบบ Four I's จะได้เครื่องมือในการกำหนดกิจกรรมในโปรแกรม ATABI ได้อย่างเป็นระบบ มีขอบเขตการดำเนินกิจกรรมที่ชัดเจน ง่ายต่อการทำความเข้าใจและเรียนรู้ ซึ่งเป็นวิธีการกระตุ้นสมองให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามลำดับขั้นทางปัญญาของบลูมได้ดี ทำให้มีแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและมีการจัดการที่เป็นระบบมากยิ่งขึ้น ตั้งแต่ระดับพื้นฐานจนถึงระดับสูงสุด ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถการคิดวิเคราะห์ที่เพิ่มขึ้น

สุดท้ายในส่วนของการวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการใช้โปรแกรม ATABI สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีการวัดทั้งทางพฤติกรรมและการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยใช้เทคนิค

การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG) ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยสามารถวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการวิจัยได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2. เพื่อพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3. เพื่อศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ในประเด็น ดังนี้

3.1 ศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์เชิงพฤติกรรม โดยเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาการตอบสนอง จากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

3.2 ศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI ต่อการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ สามารถพัฒนาได้หลากหลายวิธี การนำแนวคิดของบลูมมากำหนดแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นอีกวิธีหนึ่ง ที่สามารถนำมาพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ได้ การวิจัยนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ โดยประยุกต์แนวคิดของบลูม มิติด้านกระบวนการทางปัญญา (จำ เข้าใจ ประยุกต์ และ วิเคราะห์) (Anderson et al., 2001) ร่วมกับตัวแบบ Four I's (การยึดโยงความรู้ การเพิ่มความรู้ใหม่ การประยุกต์ และการนำไปใช้) (Vella, 2008, pp. 62-66) มาออกแบบร่วมกัน เพื่อเป็นเครื่องมือกำหนดกิจกรรมการกระตุ้นสมองให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดตามหลักการใหม่ที่กำหนดขึ้น โดยมีความสอดคล้องและสัมพันธ์กันดังนี้ ขั้นที่ 1 จำ กับข้อที่ 1 การยึดโยงความรู้ ได้หลักการใหม่ คือ การสร้างข้อมูลจากความจำ ขั้นที่ 2 เข้าใจ กับข้อที่ 2 การเพิ่มความรู้ใหม่ ได้หลักการใหม่ คือ การสร้างความรู้จากการเชื่อมโยงข้อมูล ขั้นที่ 3 ประยุกต์ กับข้อที่ 3 การประยุกต์ ได้หลักการใหม่ คือ

การจัดระบบความรู้ และขั้นที่ 4 วิเคราะห์ กับข้อที่ 4 การนำไปใช้ ได้หลักการใหม่ คือ การนำความรู้ไปใช้อย่างถูกต้อง หลักการใหม่เหล่านี้ เป็นกระบวนการคิดที่เริ่มจากระดับพื้นฐานไปยังการคิดระดับสูง เปรียบเสมือนการเรียนรู้จากวิธีง่ายไปยาก ซึ่งสอดคล้องตามแนวคิดของบลูม

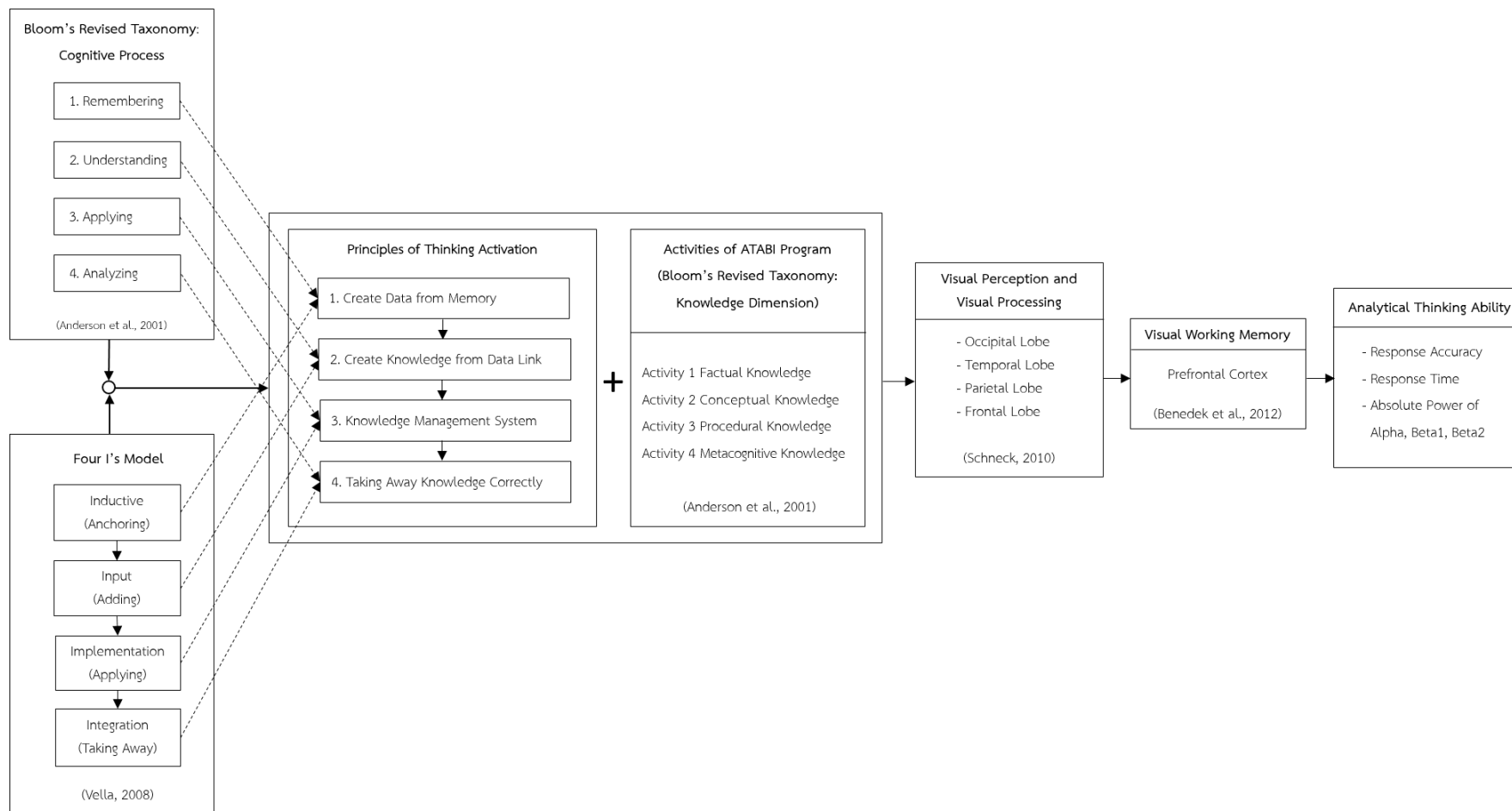
จากนั้นกำหนดกิจกรรมในโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ตามเนื้อหาในมิติด้านความรู้ของบลูม (Anderson et al., 2001) แบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 ความรู้ในข้อเท็จจริง ความรู้ที่เป็นข้อความจริงเฉพาะเรื่อง กิจกรรมที่ 2 ความรู้ในความคิดรวบยอด ความรู้ในการจัดแยกหมวดหมู่ การอธิบายลักษณะร่วม และความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยของสิ่งต่าง ๆ กิจกรรมที่ 3 ความรู้ในกระบวนการ ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ วิธีการ หรือขั้นตอนของการกระทำกิจกรรมต่าง ๆ และกิจกรรมที่ 4 ความรู้ในอภิปัญญา ความรู้เกี่ยวกับวิธีการของสมองและการตระหนักถึงวิธีคิดของตนเอง ในแต่ละกิจกรรมจะมีหลักการกระตุ้นความคิดทั้ง 4 ข้อ อันเกิดจากการประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's ดังที่กล่าวมาข้างต้น มากกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดตามลำดับขั้นทางปัญญาของบลูม ตั้งแต่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ จนกระทั่งวิเคราะห์ ทำให้แสดงพฤติกรรมที่ต้องการออกมา สำหรับการวิจัยนี้พฤติกรรมที่ต้องการพัฒนาคือความสามารถการคิดวิเคราะห์

การฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม ATABI ทำให้เกิดการกระตุ้นกระบวนการรับรู้ทางการมองเห็น สามารถคงช่วงความใส่ใจด้านการมองเห็น (Visual Attention) และเกิดการจดจำสิ่งที่มองเห็น (Visual Memory) ประมวลผลร่วมกับประสบการณ์ในอดีต กระตุ้นให้เกิดการแยกแยะ (Visual Discrimination) ความแตกต่างของการมองเห็น แปลผลเป็นกระบวนการรับรู้ กระบวนการทางสมองสามารถตีความหมายหรือแปลความหมายของสิ่งเร้าและประสบการณ์เดิมที่มี โดยการประมวลผลของระบบประสาท 2 เส้นทาง ได้แก่ 1) เส้นทางประมวลผลเชิงวัตถุ (Object Processing) รับรู้ด้วยการมองเห็น ส่งสัญญาณประสาทไปยังสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe) จากนั้นส่งสัญญาณประสาทต่ำลงมาที่สมองส่วนขมับ (Temporal Lobe) และส่งสัญญาณไปสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) และ 2) เส้นทางประมวลผลเชิงมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Processing) เริ่มจากการรับรู้ด้วยการมองเห็น ส่งสัญญาณประสาทเพื่อประมวลผลที่สมองส่วนท้ายทอย จากนั้นส่งสัญญาณประสาทขึ้นไปที่สมองส่วนข้าง (Parietal Lobe) และส่งสัญญาณไปสมองส่วนหน้า (Schneck, 2010, pp. 357-362)

นอกจากจะเกี่ยวข้องกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Sketch Pad) แล้วยังกระตุ้นข้อมูลเกี่ยวกับภาษา (Phonological Loop) ร่วมด้วย โดยมีการบริหารจัดการสมองส่วนกลาง (Central Executive) เป็นตัวประสานงานให้การรับรู้ทางประสาทสัมผัสทำงานร่วมกันและแยกออกจากกันได้ และสามารถเรียกคืนข้อมูลหรือประสบการณ์เดิมที่เคยเรียนรู้ในความจำระยะยาว (Long-Term Memory) ผ่านคลังเก็บข้อมูลชั่วคราว (Episodic Buffer) ที่เป็นสื่อกลางในการเก็บข้อมูลและ

เรียกข้อมูลได้มากขึ้น มาผนวกกับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับมาประมวลผลร่วมกัน กล่าวคือ เป็นการกระตุ้นความจำขณะทำงาน (Goldstein, 2011, pp. 133-137) และกระตุ้นให้เปลือกสมองส่วนหน้า (Prefrontal Cortex) ทำงานร่วมกัน (Benedek, Bergner, Könen, Fink, & Neubauer, 2011; Jauk, Benedek, & Neubauer, 2012) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Williams, Kappen, Hassall, Wright, and Krigolson (2019) ที่ได้ศึกษากลไกการทำงานของสมองในส่วนของการให้เหตุผลเชิงคิดวิเคราะห์ว่า เมื่อมีการใช้ความคิดวิเคราะห์ บริเวณสมองที่ถูกกระตุ้น คือ บริเวณสมองส่วนหน้าในส่วนของความจำขณะทำงาน (Working Memory), การควบคุมทางปัญญา (Cognitive Control), และความใส่ใจ (Attention) และงานวิจัยของ Chuderski and Jastrzebski, (2018) และ Ricco, Koshino, Sierra, Bonsel, Monteza, and Owens (2021) ชี้ให้เห็นว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถการคิดวิเคราะห์ เมื่อความจำขณะทำงานดี ส่งผลให้ความสามารถการคิดวิเคราะห์ดีขึ้น

ดังนั้นจะเห็นว่าโปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้น สามารถเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ได้ โดยสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการวัดทางพฤติกรรม ในประเด็นความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาการตอบสนอง และการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ใช้เทคนิคการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG) วัดจากพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ซึ่งงานวิจัยของ Bazanova and Vernon, (2014) และ Williams, Kappen, Hassall, Wright, and Krigolson (2019) ชี้ให้เห็นว่า ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อสมองมีการคิดวิเคราะห์ และค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์มีค่าลดลงเมื่อสมองมีการคิดวิเคราะห์เมื่อเทียบกับขณะพัก (Resting State) ดังนั้น เมื่อใช้ความคิดมาก ๆ จะทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ลดลง และเมื่อสมองผ่อนคลาย ใช้พลังงานสมองน้อยลง ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha เพิ่มขึ้น และงานวิจัยของ Truelove-Hill, Erickson, Anderson, Kossoyan, and Kounios (2018) ทดสอบการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง มีความแตกต่างเกิดขึ้นอย่างเด่นชัดในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta โดยเมื่อมีการใช้สมองในการคิดมาก ทำให้พลังงานสัมบูรณ์สูงขึ้นเมื่อเทียบกับสถานะพัก ดังนั้น เมื่อใช้ความคิดมาก ๆ ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta เพิ่มขึ้น และเมื่อสมองผ่อนคลาย หรือใช้พลังงานสมองน้อยลง ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta ลดลง แสดงให้เห็นว่า ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดวิเคราะห์ ซึ่งทั้งหมดนี้ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้สามารถวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการวิจัย และมีความถูกต้องแม่นยำ



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

สมมติฐานของการวิจัย

1. โปรแกรม ATABI มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้
2. กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถนำไปใช้ทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้
3. โปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้น สามารถเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ดังนี้
 - 3.1 โปรแกรม ATABI ทำให้คะแนนความถูกต้องของการตอบสนองเพิ่มขึ้น และเวลาการตอบสนองลดลง จากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์
 - 3.2 โปรแกรม ATABI ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha สูงขึ้น และพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 และ Beta2 ต่ำลง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์
4. ความถูกต้องของการตอบสนองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ได้โปรแกรม ATABI ที่สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือมาตรฐานสำหรับพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ทำให้มีทางเลือกใหม่ที่ทันสมัยในการพัฒนาสมองในยุคไทยแลนด์ 4.0 ตามบริบทของคนไทย
2. ได้กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีมาตรฐาน สามารถนำมาใช้ในการทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
3. ทราบผลการวิจัยด้านพฤติกรรมที่สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
4. ทราบผลการวิจัยทางด้านประสาทจิตวิทยา (Neuropsychology) ขณะคิดวิเคราะห์ที่สัมพันธ์กับการใช้โปรแกรม ATABI สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ในการอ้างอิงต่อไป
5. ทราบความสัมพันธ์ของตำแหน่งพื้นที่บนสมองกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทำให้สามารถกำหนดแนวทางในการพัฒนาสมองในส่วนอื่น ๆ ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อายุ 13-15 ปี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนธีรภานุรักษ์บ้านโฮ้ง อำเภอบ้านโฮ้ง จังหวัดลำพูน จำนวน 15 ห้อง รวมทั้งหมด 458 คน (Data Management Center: DMC, 2561)

ขอบเขตด้านเนื้อหา

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในประเด็นความถูกต้องของการตอบสนอง เวลาการตอบสนอง พลังงานสมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 และความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

โปรแกรมที่สร้างขึ้นได้ประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's ทำให้ได้หลักการใหม่สำหรับกระตุ้นความคิด 4 ข้อ ได้แก่ 1) การสร้างข้อมูลจากความจำ (Create Data from Memory) 2) การสร้างความรู้จากการเชื่อมโยงข้อมูล (Create Knowledge from Data Link) 3) การจัดระบบความรู้ (Knowledge Management System) และ 4) การนำความรู้ไปใช้อย่างถูกต้อง (Taking Away Knowledge Correctly) เพื่อนำมาออกแบบกิจกรรมที่กำหนดตามมิติด้านความรู้ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 ความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge) กิจกรรมที่ 2 ความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge) กิจกรรมที่ 3 ความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge) และกิจกรรมที่ 4 ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge)

ในแต่ละกิจกรรมจะมีหลักการกระตุ้นความคิดทั้ง 4 ข้อ ที่เป็นหลักการใหม่อันเกิดจากการประยุกต์ระหว่างแนวคิดของบลูมและตัวแบบ Four I's ดังที่กล่าวมาข้างต้น มากระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดตามลำดับขั้นทางปัญญาของบลูม ตั้งแต่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ จนกระทั่ง วิเคราะห์ ที่การวิจัยนี้ต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน โดยเนื้อหาในกิจกรรมทั้ง 4 กิจกรรมนี้ จะมีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ วิธีการเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ แบ่งเป็น 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีที่ฝึกด้วยโปรแกรม ATABI
2. วิธีที่ไม่ได้ฝึกด้วยโปรแกรม ATABI

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ วัดได้ดังนี้

1. ความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์
2. เวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

3. พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

4. ความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

นิยามศัพท์เฉพาะ

การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) หมายถึง ความสามารถของสมองในการวิเคราะห์ ความแตกต่าง วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์คุณลักษณะต่าง ๆ แล้วตัดสินใจหรือแก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยการประยุกต์ข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้รับอย่างมีเหตุผล ตามแนวคิดของบลูม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) วิเคราะห์ความแตกต่าง (Differentiating) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ ความแตกต่างของส่วนประกอบต่าง ๆ ของข้อมูล

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Organizing) หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นความเชื่อมโยง ความต่อเนื่องของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างเป็นระบบ

3) วิเคราะห์คุณลักษณะ (Attributing) หมายถึง ความสามารถในการสรุปหลักการหรือลักษณะเหมือนกันของข้อมูล และการตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนด

ความสามารถการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking Ability) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ความแตกต่าง วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์คุณลักษณะ วัดได้ดังนี้

1) ความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) หมายถึง การกดปุ่มที่กำหนดเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้า จากการทดสอบด้วยกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ภายในเวลาที่กำหนดและถูกต้อง มีหน่วยเป็นคะแนน

2) เวลาการตอบสนอง (Response Time) หมายถึง เวลาตั้งแต่สิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายปรากฏ จนกระทั่งกลุ่มตัวอย่างกดปุ่มตอบสนอง ใช้เวลาในการคิดก่อนจะตอบสนองต่อสิ่งเร้า โดยนำเฉพาะเวลาที่ตอบถูกเท่านั้นมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนข้อที่ถูกต้อง ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยรายบุคคล มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที

3) พลังงานสัมบูรณ์ (Absolute Power) หมายถึง ค่าพลังงานของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดขึ้นขณะทำกิจกรรมทดสอบการคิดวิเคราะห์ ตั้งแต่เริ่มทดสอบจนสิ้นสุดการทดสอบ ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า โดยนำค่าพลังงานสัมบูรณ์ตั้งแต่เวลาที่เริ่มทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ จนถึงเวลาสิ้นสุดการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

มารวมกัน และหารด้วยจำนวนค่าพลังงานสัมพันธ์ทั้งหมดจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ จะได้ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ของตำแหน่งนั้น ๆ มีหน่วยเป็นไมโครโวลต์ (μV)

โปรแกรม ATABI (Analytical Thinking Ability Based on Bloom's Revised Taxonomy and Four I's Model Program) หมายถึง เครื่องมือฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ ออกแบบตามแนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's จากการประยุกต์ร่วมกันในมิติกระบวนการ ทางปัญญาของบลูมกับตัวแบบ Four I's มีความสอดคล้องและสัมพันธ์กันโดย ชั้นที่ 1 จำ (Remembering) กับข้อที่ 1 การยึดโยงความรู้ (Inductive: Anchoring) ได้หลักการใหม่ คือ การสร้างข้อมูลจากความจำ (Create Data from Memory) ชั้นที่ 2 เข้าใจ (Understanding) กับข้อที่ 2 การเพิ่มความรู้ใหม่ (Input: Adding) ได้หลักการใหม่ คือ การสร้างความรู้จากการ เชื่อมโยงข้อมูล (Create Knowledge from Data Link) ชั้นที่ 3 ประยุกต์ (Applying) กับข้อที่ 3 การประยุกต์ (Implementation: Applying) ได้หลักการใหม่ คือ การจัดการระบบความรู้ (Knowledge Management System) และชั้นที่ 4 วิเคราะห์ (Analyzing) กับ ข้อที่ 4 การนำไปใช้ (Integration: Taking Away) ได้หลักการใหม่ คือ การนำความรู้ไปใช้อย่างถูกต้อง (Taking Away Knowledge Correctly) หลักการใหม่เหล่านี้เป็นวิธีการกระตุ้นสมองสำหรับกำหนดกิจกรรมกระบวนการคิด ตามเนื้อหาในมิติด้านความรู้ทั้ง 4 ด้าน แบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม ได้แก่

กิจกรรมที่ 1 ความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge)

กิจกรรมที่ 2 ความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge)

กิจกรรมที่ 3 ความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge)

กิจกรรมที่ 4 ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge)

ทำให้แสดงพฤติกรรมที่ต้องการออกมาตามลำดับขั้นของบลูมตั้งแต่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ และวิเคราะห์ ได้ชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถการคิดวิเคราะห์เพิ่มขึ้น

กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking Ability Task) หมายถึง สิ่งเร้าที่ใช้ทดสอบการทำงานของสมองในการคิดวิเคราะห์ ที่พัฒนาโดยใช้คอมพิวเตอร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 23 ข้อ ใช้เวลาทำ กิจกรรมทดสอบทั้งหมดประมาณ 25 นาที

การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram Study) หมายถึง การศึกษา การทำงานของคลื่นไฟฟ้าสมองกับความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มตัวอย่าง โดยการใช้ Emotiv EPOC Neuroheadset เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดคลื่นสมอง ทำงานด้วยระบบไร้สาย เชื่อมต่อกับ เครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรง สวม Emotiv EPOC บนหนังศีรษะของกลุ่มตัวอย่างขณะทำกิจกรรม ทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ด้วยการกดปุ่มเลือกคำตอบ 1 ตัวเลือก จากจำนวน 4 ตัวเลือก ได้แก่ A, B, C และ D บนแป้นพิมพ์ รูปแบบของสัญญาณอยู่ใน

ลักษณะของพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองตามขั้วไฟฟ้า AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, และ AF4 เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงจำนวนเซลล์ประสาทที่ถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้าในขณะทำกิจกรรมในช่วงเวลานั้น ๆ มีหน่วยเป็นไมโครโวลต์ (μV) โดยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์แบ่งออกเป็น 3 คลื่น ตามที่โปรแกรม Emotiv Pro ได้บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองตามโดเมนความถี่ที่ได้จำแนกไว้ ดังนี้

- 1) Alpha หมายถึง คลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ระหว่าง 8–12 Hz
- 2) Beta1 หมายถึง คลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ระหว่าง 12–16 Hz
- 3) Beta2 หมายถึง คลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ระหว่าง 16–25 Hz

นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (Lower Secondary School Students) หมายถึง นักเรียนที่มีอายุ 13-15 ปี เรียนอยู่ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 โรงเรียนธีรภานุภัณฑ์บ้านโฮ่ง อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน ปีการศึกษา 2562

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ได้มีการศึกษาทฤษฎีแนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 2 แนวคิดของบลูมและตัวแบบ Four I's

ตอนที่ 3 แนวคิดการออกแบบโปรแกรม ATABI และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 4 คลื่นไฟฟ้าสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายของความสามารถการคิดวิเคราะห์

ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์เป็นความสามารถทางสมองที่มีผู้ให้ความหมายไว้หลากหลาย ดังนี้

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553, หน้า 53-59) ให้ความหมายของความสามารถการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดและจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะป็นวัตถุ เหตุการณ์ เรื่องราว ออกเป็นส่วนย่อย ๆ และจัดเป็นหมวดหมู่ เพื่อค้นหาความจริง ความสำคัญ แก่นแท้ขององค์ประกอบหรือหลักการของสิ่งนั้น ตีความสิ่งที่เห็น ให้ปรากฏอย่างชัดเจน รวมทั้งหาความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ ว่าเกี่ยวพันกันอย่างไร อะไรเป็นเหตุ ส่งผลกระทบต่อกันอย่างไร อาศัยหลักการใด จนได้ความคิดเพื่อนำสู่การสรุป

สุวิทย์ มูลคำ (2551, หน้า 9) ให้ความหมายของความสามารถการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

Russel (1956, pp. 181-182) ให้ความหมายของความสามารถการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นการคิดเพื่อแก้ปัญหาชนิดหนึ่ง โดยผู้คิดจะต้องพิจารณาตัดสินเรื่องราวต่าง ๆ ว่า เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับการคิดวิเคราะห์จึงเป็นกระบวนการประเมินหรือการจัดหมวดหมู่โดยอาศัยเกณฑ์ที่เคยยอมรับกันมาแต่ก่อน ๆ แล้วสรุปหรือพิจารณาตัดสิน

Watson and Glaser (1980) ให้ความหมายของความสามารถการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นสิ่งที่เกิดจากส่วนประกอบของทัศนคติ ความรู้ และทักษะ โดยทัศนคติเป็นการแสดงออกทางจิตใจ ต้องการสืบค้นปัญหาที่มีอยู่ ความรู้จะเกี่ยวกับการใช้เหตุผลในการประเมินสถานการณ์ การสรุปความเที่ยงตรงและการเข้าใจในความเป็นนามธรรม ส่วนทักษะจะประยุกต์รวมอยู่ในทัศนคติและความรู้

Ennis (1985) ให้ความหมายของความสามารถการคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง การคิดตรึกตรอง และมีเหตุผล เพื่อการตัดสินใจก่อนที่จะเชื่อหรือก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ

Anderson et al. (2001) ให้ความหมายของความสามารถการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นความสามารถในการวิเคราะห์ความแตกต่าง ของข้อมูล วิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยมองเห็นความเชื่อมโยง ความต่อเนื่องของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างเป็นระบบ และวิเคราะห์คุณลักษณะ โดยการสรุปหลักการหรือลักษณะเหมือนร่วมกันของข้อมูล

Marzano, Pickering, and Pollock (2001, p. 38) ให้ความหมายของความสามารถการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นการประยุกต์กระบวนการวิเคราะห์รายละเอียดเฉพาะของข้อมูลบนพื้นฐานความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเดิมที่สะสมอยู่ในความจำระยะสั้นในรูปแบบโครงสร้างขนาดเล็กของสติปัญญา เพื่อสร้างข้อมูลใหม่อย่างอิสระ และสามารถสรุปลักษณะเฉพาะที่จำเป็นและไม่จำเป็นของข้อมูลได้

จากความหมายของความสามารถการคิดวิเคราะห์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า เป็นความสามารถของสมองในการวิเคราะห์ความแตกต่าง วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์คุณลักษณะต่าง ๆ แล้วตัดสินใจหรือแก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยการประยุกต์ข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ที่รับรู้ได้อย่างมีเหตุผล ซึ่งในงานวิจัยนี้ มีความสนใจจะพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูมปรับใหม่ มาเป็นกรอบในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ATABI และกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ในประเด็นการพัฒนาการวิเคราะห์ความแตกต่าง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์คุณลักษณะ

ประโยชน์ของความสามารถการคิดวิเคราะห์

ลักขณา สรีวัฒน์ (2550, หน้า 74–79) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของความสามารถการคิดวิเคราะห์ ดังนี้

1. ส่งเสริมความฉลาดทางสติปัญญา จากแนวคิดของ Sternberg and Beyond (1995) ได้กล่าวไว้ว่า คนเราจะเฉลียวฉลาดนั้นต้องประกอบไปด้วยความฉลาด 3 ด้าน ได้แก่ ความฉลาดในการสร้างสรรค์ (Creative Intelligence) ความฉลาดในการวิเคราะห์ (Analytical Intelligence) และความฉลาดในการปฏิบัติ (Practical Intelligence)
2. มีความสมเหตุสมผลของขนาดกลุ่มตัวอย่างในการสรุปเรื่องต่าง ๆ บางครั้งไม่คำนึงถึงจำนวนข้อมูลที่สามารถบ่งชี้ความสมเหตุสมผลของเรื่องนั้น ๆ แต่มักจะด่วนสรุปสิ่งต่าง ๆ ไปตาม

อารมณ์ความรู้สึกหรือเหตุผลที่ตนมีอยู่ ซึ่งยังไม่เพียงพอที่จะพิสูจน์ข้อเท็จจริงของสิ่งนั้น อาจได้เห็นตัวอย่างเพียง 2-3 ตัวอย่าง แล้วรีบด่วนสรุปโดยไม่คำนึงถึงจำนวนตัวอย่างมีปริมาณเพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุปได้หรือไม่ ทำให้เกิดความเข้าใจผิดได้ การสรุปเช่นนี้ เรียกว่า การสรุปแผ่งด้วยความมีอคติ ดังนั้น ควรสืบค้นหาตามหลักการและเหตุผลและข้อมูลที่เป็นจริงให้ชัดเจนก่อนจึงมีการสรุป

3. ลดการอ้างประสบการณ์ส่วนตัวเป็นข้อสรุปทั่วไป การสรุปเรื่องต่าง ๆ ในหลายเรื่อง มักจะมีคนจำนวนไม่น้อยที่ใช้ประสบการณ์ที่เกิดกับตนเองเพียงคนเดียวมาสรุปเป็นเรื่องทั่ว ๆ ไป

4. ช่วยขุดค้นสาระของความประทับใจครั้งแรก การสังเกตเกี่ยวกับความรู้สึกในการกระทำสิ่งใด ๆ เป็นครั้งแรก มักจะมีความประทับใจในความรู้สึกนั้น ๆ ไว้

5. สามารถตรวจสอบการคาดคะเนบนพื้นฐานความรู้เดิมในหลาย ๆ เรื่องที่สรุปตามความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคาดการณ์ความน่าจะเป็นของสิ่งนั้นในอนาคต ไม่ใช่บนพื้นฐานข้อมูลที่ปรากฏต่อการคาดการณ์บนพื้นฐานความจริงที่รับรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้น

6. สามารถวินิจฉัยข้อเท็จจริงจากประสบการณ์ส่วนบุคคล ในการวินิจฉัยคำกล่าวของบุคคล จำเป็นต้องตระหนักให้ดีกว่า ประสบการณ์ของแต่ละคนมีแนวโน้มที่จะมีอคติ ดังนั้น การคิดวิเคราะห์ช่วยให้หาเหตุผลที่สมเหตุสมผลให้กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลานั้น โดยไม่มีอคติที่ก่อตัวอยู่ในความทรงจำ ทำให้สามารถประเมินสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างสมจริง

7. เป็นพื้นฐานการคิดในมิติอื่น ๆ การวิเคราะห์เป็นปัจจัยหลักสำหรับการคิดในมิติอื่น ๆ เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ การคิดเชิงสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์จะช่วยเสริมสร้างให้เกิดมุมมองเชิงลึกครบถ้วนในเรื่องนั้น ๆ อันนำไปสู่การตัดสินใจและแก้ปัญหาได้

8. ช่วยในการแก้ปัญหา เนื่องจากการคิดวิเคราะห์เกี่ยวข้องกับการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ และการทำความเข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้น ดังนั้น จึงช่วยให้เวลาที่พบปัญหาใด ๆ ให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าปัญหานั้น มีองค์ประกอบอะไรบ้าง เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น นำไปสู่การแก้ปัญหาได้ตรงประเด็น เนื่องจากการแก้ปัญหาใด ๆ ความจำเป็นอย่างแรกต้องมีการคิดวิเคราะห์ว่ามีปัญหาอะไรบ้าง แยกแยะว่ามีกี่ประเภท แต่ละประเภทมีรายละเอียดอย่างไร เพื่อให้สามารถคิดต่อไปได้ว่าแต่ละประเภทจะป้องกันและแก้ไขอย่างไร

9. ช่วยในการประเมินและตัดสินใจ ให้รู้ข้อเท็จจริงหรือเหตุผลเบื้องหลังของสิ่งที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดความเข้าใจ ที่สำคัญคือช่วยให้ได้ข้อมูลเป็นฐานความรู้ในการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ การวิเคราะห์ยังช่วยให้สามารถประเมินสถานการณ์และตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้แม่นยำกว่าที่มีแต่ข้อเท็จจริงที่ไม่ได้ผ่านการวิเคราะห์ และทำให้รู้สาเหตุของปัญหา เห็นโอกาสของความน่าจะเป็นในอนาคต

10. มีความคิดสร้างสรรค์และสมเหตุสมผล ทำให้ความคิดต่าง ๆ อยู่บนพื้นฐานของตรรกะ และความน่าจะเป็นได้อย่างมีเหตุผล มีหลักเกณฑ์ ส่งผลให้มีการคิดจินตนาการ หรือสร้างสรรค์ สิ่งใหม่ ๆ และสามารถตรวจสอบว่าความคิดใหม่นั้นใช้ได้จริงหรือไม่

11. ช่วยให้เข้าใจกระจ่างแจ้ง สามารถประเมินและสรุปสิ่งต่าง ๆ บนข้อเท็จจริงที่ปรากฏ ไม่ใช่การสรุปตามอารมณ์ความรู้สึกของตนเอง หรือการคาดการณ์ว่าน่าจะเป็นเช่นนั้นเช่นนี้ ทำให้ได้รับข้อมูลที่เป็นจริงซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ ที่สำคัญ คือ ช่วยให้ได้เรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ ได้ อย่างเข้าใจลึกซึ้งมากขึ้น สามารถแยกแยะสิ่งดีหรือไม่ดี สิ่งที่ต้องหรือหลีกเลี่ยง

จากประโยชน์ของความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ส่งเสริมให้มีความสามารถทางด้านสติปัญญา ทำให้สามารถคิด ตัดสินใจ แก้ปัญหา ภายใต้ข้อเท็จจริงที่มีความเป็นเหตุเป็นผล ด้วยการพิจารณา แยกแยะ รายละเอียดต่าง ๆ อย่างถ่วงถ่วง และเป็นพื้นฐานในกระบวนการคิดอื่น ๆ ต่อไป เช่น การคิด เชิงวิพากษ์ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถการคิดวิเคราะห์

เกียรติศักดิ์ วชิศิริ, กานดา พูนลาภทวี, และปรัชญนันท์ นิลสุข (2554) ได้ศึกษาการพัฒนา รูปแบบการเรียนรู้แบบนำตนเองบนเว็บ เพื่อเสริมสร้างความสามารถการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยการเปรียบเทียบรูปแบบการเรียนรู้แบบนำตนเอง บนเว็บกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ จากการศึกษา ปรากฏว่า รูปแบบการเรียนรู้แบบนำตนเองบนเว็บเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มี 9 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การฝึกการใช้และการสื่อสารบนเว็บ 2) การประเมินผลการเรียนรู้ก่อนเรียน 3) การเลือกและระบุกิจกรรมที่ต้องการเรียนรู้ 4) การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ 5) การวางแผนการเรียนรู้อ 6) การเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้ 7) การสรุปผลการเรียนรู้ 8) การประเมินผลการเรียนรู้ ระหว่างเรียน และ 9) การประเมินผลการเรียนรู้หลังเรียนและผลจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเห็นว่า คะแนนของนักเรียน ที่เรียนบนเว็บหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนคะแนนของนักเรียนที่เรียนบนเว็บ สูงกว่าคะแนนของนักเรียนที่เรียนแบบปกติ และเมื่อประเมินความคิดเห็นของนักเรียนกับการเรียน บนเว็บนักเรียนมีความเห็นด้วยในระดับมาก

เบ็ญจพร ภิรมย์ และสมศักดิ์ ลิลา (2554) ได้ศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างและพัฒนา โมเดลปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บ รวบรวม ข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ แบบทดสอบความสามารถด้าน เหตุผล แบบวัดเจตคติต่อการเรียน แบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ แบบวัดบุคลิกภาพนักวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามพฤติกรรมการสอนของครูและแบบสอบถาม บรรยากาศในชั้นเรียน โดยตัวแปรที่ส่งผล

ทางตรงต่อความสามารถการคิดวิเคราะห์ ได้แก่ ความสามารถด้านเหตุผล เจตคติต่อการเรียน และ บุคลิกภาพนักวิทยาศาสตร์ ตัวแปรที่ส่งผลทางอ้อม ได้แก่ พฤติกรรมการสอนของครู บรรยากาศใน ชั้นเรียนและแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ดังนั้น สถานศึกษาและครูผู้สอนสามารถนำโมเดลนี้ไปใช้เป็นแนวทาง ในการพัฒนาและส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเกี่ยวกับความสามารถการคิดวิเคราะห์ต่อไป

ศรมีชัย จันทน์ทวงส์, ดลดาว ปุระณานนท์, และประชา อินัง (2555) ได้ศึกษาการพัฒนา รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาวิทยาลัยบ้านเกิน แขวงเวียงจันทร์ ประเทศลาว โดยได้พัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษา ประกอบด้วย 5 ขั้น ได้แก่ 1) การกำหนดปัญหา 2) การฝึกการคิดเป็นรายบุคคล 3) นำเสนอผลงานต่อกลุ่มย่อย 4) ร่วมกันเสนอกลุ่มใหญ่ และ 5) ทบทวนและสรุป ซึ่งรูปแบบการสอนดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงกว่า เกณฑ์มาตรฐาน 80/80

ศิริณา จามรมาน, ปนัดดา ชำนาญสุข, ปัทมา พุ่มมาพันธุ์ และทรงชนะ ใจชุ่มชื่น (2555) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะบุคลิกภาพ รูปแบบการเรียนรู้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นิสิตปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยนิสิตส่วนใหญ่มีลักษณะบุคลิกภาพในแต่ละองค์ประกอบ อยู่ที่เกณฑ์มาตรฐาน 16 PF ของ Cattell ที่ระดับ 5-6 นิสิตชายมีรูปแบบการเรียนรู้แบบเน้นการคิด วิเคราะห์สูงสุด ส่วนนิสิตหญิงมีรูปแบบการเรียนรู้แบบเน้นการหาประสบการณ์สูงสุด และพบ ความสัมพันธ์ของลักษณะบุคลิกภาพ รูปแบบการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนี้ 1) ลักษณะบุคลิกภาพในบางองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) วิธีการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) ลักษณะ บุคลิกภาพมีความสัมพันธ์กับวิธีการเรียนรู้ 4) สามารถสร้างสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากตัวแปรลักษณะบุคลิกภาพ และจากการศึกษาเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบ 16 PF พบว่าเกณฑ์ ปกติที่สร้างใหม่ มีความแตกต่างจากเกณฑ์ปกติของ Cattell

กมลรัตน์ จำปาจันทร์, ไชยยศ เรืองสุวรรณ, และไพฑูรย์ สุขศรีงาม (2556) ได้ศึกษา ผลการเรียนรู้ด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสาน 2 รูปแบบ เรื่อง การสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย คอมพิวเตอร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และความคงทนในการเรียนรู้ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่างกัน โดยการพัฒนาบทเรียนบนเว็บแบบ ผสมผสาน 2 รูปแบบ เรื่อง การสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ต่างกันและเรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสานรูปแบบต่างกัน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า บทเรียน บนเว็บแบบผสมผสานแบบ 70 : 30 และแบบ 30 : 70 มีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ โดยรวมมี แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงและต่ำที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสาน 2 รูปแบบ มีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์โดยรวมและเป็นรายด้านหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน ยกเว้น

นักเรียนที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่ำที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสานแบบ 30 : 70 มีการคิดวิเคราะห์โดยรวมและเป็นรายด้านไม่เปลี่ยนแปลงจากก่อนเรียน นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสานที่มีรูปแบบต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์โดยรวมและรายด้าน 2 ด้าน และความคงทนในการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสานแบบ 70 : 30 มีการคิดวิเคราะห์ด้านหลักการสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสานแบบ 30 : 70

พัชรี อุปะ อรัญ ชูยกระเดื่อง และ เนตรชนก จันทร์สว่าง (2556) ได้ศึกษาการสร้างแบบวัดความสามารถการวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกำหนดกรอบการคิดวิเคราะห์ตามนิยามทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม แบ่งเป็น 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ด้านความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ สร้างแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ยึดเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ได้ข้อสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ผลการหาคุณภาพเป็นที่ยอมรับ มีดัชนีวัดระดับความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างโมเดลการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และผลการสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) เทียบกับเกณฑ์ปกติที่ระบุไว้ ปรากฏว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้

สุภาพร แคนสมปัดสา, วราพร เอรารวรรณ์, และมนูญ ศิวารมย์ (2556) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 19 เลย-หนองบัวลำภู เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ แบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญา และแบบวัดชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย แบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ แบบวัดเจตคติต่อการเรียน แบบวัดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และแบบวัดบรรยากาศในชั้นเรียน พบว่า ตัวแปรระดับนักเรียนที่มีอิทธิพลต่อการคิดวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คือ เชาวน์ปัญญา (.99) เจตคติต่อการเรียน (.22) และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (.01) ตามลำดับ และปัจจัยระดับห้องเรียนที่มีอิทธิพลต่อการคิดวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คือ บรรยากาศในชั้นเรียน (.98) ทั้งนี้ชุดของตัวแปรทำนายระดับนักเรียนและระดับห้องเรียนสามารถอธิบายความแปรปรวนในการคิดวิเคราะห์ได้ร้อยละ 96.40 และ 10.80 ตามลำดับ

สายทิพย์ ทิพย์รักษ์, ไชยศ เรืองสุวรรณ, และธรัช อารีราษฎร์ (2558) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบ NTeQ กับการเรียนแบบปกติ โดยการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน ระหว่างบทเรียนบนเว็บแบบ NTeQ การการเรียนแบบปกติ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบ NTeQ มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบ NTeQ

มีผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ รวมถึงนักเรียนมีความพึงพอใจกับบทเรียนบนเว็บแบบ NTeQ อยู่ในระดับมาก

อัญชลี วิมลศิลป์ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาารูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตัวเอง เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยตลาดวิชา โดยได้นำทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตัวเอง ทฤษฎีการเชื่อมต่อ ทฤษฎีการวิเคราะห์ของ มาซาร์โน ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของบลูมดั้งเดิมและบลูมปรับใหม่ ประยุกต์แนวคิดในประเด็นดังนี้ 1) ความสามารถในการจำแนกความแตกต่าง 2) ความสามารถในการจัดกลุ่ม และ 3) ความสามารถในการระบุลักษณะเฉพาะ มากำหนดรูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตัวเอง และมีการประเมินผลรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งการศึกษาแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 คือ การพัฒนาารูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตัวเองจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (อาจารย์ นักศึกษา) และผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ และระยะที่ 2 การประเมินรูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตัวเองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านต่าง ๆ ผลปรากฏว่า รูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตัวเองประกอบไปด้วย 9 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ปัญหาและความจำเป็น 2) เป้าหมายและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 3) เนื้อหา 4) นักเรียน 5) ภาระงาน 6) สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ 7) วิธีจัดการเรียนรู้ 8) การปฏิสัมพันธ์ และ 9) การประเมินผลและได้รับความรับรองเหมาะสมของรูปแบบอยู่ในระดับมากที่สุด

Echeverria et al. (2011) ได้ศึกษารอบแนวคิดในการออกแบบและบูรณาการสำหรับเกมในห้องเรียนแบบร่วมมือ โดยการใช้วิดีโอเกมเป็นเครื่องมือทางการศึกษาในการปรับเปลี่ยนการเรียนรู้ในห้องเรียน สำหรับเกมทางการศึกษาได้วางกรอบแนวคิดบนฐานมิติทางการศึกษาที่ประยุกต์โดยทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูมปรับใหม่ในการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และประยุกต์เกมที่มีผู้เล่นหลายคนในห้องเรียน (CMPG) เป็นโมเดลการจัดการเรียนการสอน และกำหนดองค์ประกอบของเกม ทั้งในเรื่องของกลไกของเกม การลำดับเรื่องราวหรือเหตุการณ์ การกำหนดทรัพยากรในการเล่น และความสวยงามสมจริงของเกม ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนสูง สามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว และกลุ่มนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างอิสระ และมีปฏิสัมพันธ์เป็นไปในเชิงบวก

Sitthipon (2012) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของครูโดยเน้นความคิดเชิงวิเคราะห์ในประเทศไทย โดยจัดอบรมครู 3 วัน และครูที่ผ่านการอบรมทำแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียน ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับเกณฑ์หลังการอบรมของครู และหลังจากนักเรียนผ่านจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการคิดวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าการพัฒนาครูในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ คือ ครูที่ผ่านการฝึกอบรมมีคะแนนเฉลี่ย

หลังการทดลองคิดวิเคราะห์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 70% ครูที่ผ่านการฝึกอบรม 65% สามารถจัดแผนการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ในระดับ "ดีมาก" และ ครู 35% ในระดับ "ดี" การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนการคิดวิเคราะห์ในห้องเรียน ปรากฏว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองการคิดวิเคราะห์สูงกว่าเกณฑ์และนักเรียนมีความพึงพอใจโดยรวมต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการคิดวิเคราะห์ในระดับมากที่สุด

Art-in (2014) ได้ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูเรื่องการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนในประเทศไทย แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การพัฒนาครูตามหลักสูตรการฝึกอบรม ระยะที่ 2 การดำเนินงานและการประเมินผล เพื่อให้เกิดประสิทธิผลของหลักสูตร ระยะที่ 3 การศึกษาความคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้เน้นการคิดวิเคราะห์ เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน แบบทดสอบความคิดเชิงวิเคราะห์ และแบบสอบถามเพื่อแสดงความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ที่เน้นย้ำความคิดเชิงวิเคราะห์ ผลที่ได้จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าหลักสูตรการฝึกอบรมครูที่ได้รับการพัฒนาประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการและเหตุผล 2) วัตถุประสงค์ของหลักสูตร 3) โครงสร้างเนื้อหา 4) การจัดการกิจกรรมการฝึกอบรม 5) การวัดและประเมินผล และ 6) เกณฑ์การฝึกอบรม การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการมีประสิทธิภาพช่วยพัฒนาครูให้สามารถดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนในห้องเรียนได้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 70% ที่กำหนด หลังจากเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การคิดวิเคราะห์ และจากการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียน การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้การคิดวิเคราะห์กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิด มีความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ และหาแนวทางแก้ไข การมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนการคิดวิเคราะห์ตามสถานการณ์เรื่องราวหรือเหตุการณ์ที่กำหนดขึ้น

Politsinsky et al. (2015) ได้ศึกษาวิธีการฝึกอบรมนักศึกษามุ่งสู่การพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ในขณะแก้ปัญหาการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์และเคมี ของนักเรียนเทคนิคและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยวิธีการฝึกอบรมแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) เตรียมความพร้อม 2) การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับปัญหา 3) การวินิจฉัยและการสอนการกระทำที่ไม่ได้พัฒนา 4) การแก้ปัญหา 5) การทดสอบและการสะท้อน ผลจากการฝึกอบรมชี้ให้เห็นว่า วิธีการฝึกอบรมทั้ง 5 ขั้นตอนช่วยในการพัฒนาทักษะในการวิเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในระหว่างการทำกิจกรรมที่ต้องมีการแก้ปัญหา

Tijaro-Rojas, Arce-Trigatti, Cupp, Pascal, and Arce (2016) ได้ศึกษาแนวทางที่เป็นลำดับขั้นตอนและเป็นระบบ (SISA) สำหรับการเรียนรู้ ประยุกต์ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูมปรับใหม่ต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยแนวทางการเรียนรู้แบบ SISA เป็นเครื่องมือในการเปลี่ยนแปลง

การเรียนรู้ในสาขา STEM ได้รับแรงบันดาลใจจากแนวคิด Instructivist และ Constructivist ในการแสวงหาความรู้ที่ไม่มีทางสิ้นสุดและการเรียนรู้แบบรอบรู้ และยึดแผนการสอนที่ประยุกต์ การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูมปรับใหม่ โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามลำดับขั้นของบลูมทั้ง 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 การจำ ขั้นที่ 2 การเข้าใจ ขั้นที่ 3 การประยุกต์ ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ และขั้นที่ 5 การประเมินค่า ความรู้ที่ได้จาก 5 ขั้นนี้เป็นพื้นฐานในการสร้างนวัตกรรม ในขั้นที่ 6 การสร้างสรรค์ (Creating) ต่อไป ซึ่ง SISA เป็นแนวทางให้นักเรียนในการเตรียมความพร้อมที่จะสร้างหรือพัฒนาเทคโนโลยี และนวัตกรรมในสายงาน ทำให้มีการปรับเปลี่ยนห้องเรียนเดิมอย่างรวดเร็ว ส่งเสริมการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น และการทำงานร่วมกัน

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถการคิดวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความสามารถการคิดวิเคราะห์สามารถพัฒนาและเปลี่ยนแปลงให้ดีขึ้นได้ ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ทั้งการอบรม การพัฒนาหลักสูตร การพัฒนาแผนการจัดการเรียนการสอน การพัฒนารูปแบบ การจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน การใช้นวัตกรรมเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ เช่น เว็บไซต์ เกมทางการศึกษา มีการสร้างแบบวัดสำหรับวัดและประเมินผลความสามารถการคิดวิเคราะห์ในรูปแบบทดสอบความรู้ ในเนื้อหาวิชานั้น ๆ พร้อมกับวัดเจตคติร่วมด้วย ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงมีแนวคิดในการพัฒนา นวัตกรรมทางเทคโนโลยีสมัยใหม่ คือ โปรแกรม ATABI มาเป็นเครื่องมือสำหรับเพิ่มความสามารถ การคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ให้สอดคล้องกับบริบทของคนไทย ตามนโยบายประเทศไทย 4.0

ตอนที่ 2 แนวคิดของบลูมและตัวแบบ Four I's

แนวคิดการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การจัดการศึกษา

การจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การจัดการศึกษา โดย Bloom, Engelhart, Furst, Hill, and Krathwohl (1956) ได้จำแนกหมวดหมู่ของพฤติกรรมเรียนรู้ที่คาดหวังให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน ให้มีความชัดเจน สื่อความหมายให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน โดยได้มีการจำแนก พฤติกรรมเรียนรู้ของผู้เรียนออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

1. พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย

เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับสติปัญญา ความรู้ ความคิด หรือพฤติกรรมทางด้านสมองของบุคคล ทำให้มีความเฉลียวฉลาด มีความสามารถในการคิดเรื่องราวต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกนัยหนึ่งก็คือ เป็นความสามารถทางสติปัญญา

2. พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย

เป็นพฤติกรรมทางด้านจิตใจ เกี่ยวกับค่านิยม ความรู้สึก ความสนใจ ความซาบซึ้ง ความเชื่อ ทศนคติ และคุณธรรม พฤติกรรมของบุคคลในด้านนี้อาจจะไม่เกิดขึ้นทันที ต้องใช้วิธีการ

ปลูกฝังโดยจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และสอดแทรกสิ่งที่ตั้งงามอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้พฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปในแนวทางที่พึงประสงค์

3. พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ชี้บ่งถึงความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างชำนาญและคล่องแคล่ว พฤติกรรมด้านนี้เห็นได้จากกระทำ แสดงผลของการปฏิบัติออกมาได้โดยตรง โดยมีเวลาและคุณภาพของงานเป็นตัวชี้ระดับของทักษะที่เกิดขึ้นว่ามีมากน้อยเพียงใด

การจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การจัดการศึกษาด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย ดังที่กล่าวมาข้างต้น ได้รับการยอมรับในวงวิชาการเป็นอย่างมาก มีการนำไปใช้เป็นแนวทางเพื่อการออกแบบหลักสูตรการเรียนรู้และแบบทดสอบไปทั่วโลก รวมทั้งได้รับการยกย่องว่าเป็นตำราเล่มหนึ่งในรายชื่อเอกสารทางวิชาการทั้งหมดที่มีผลต่อการจัดการศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกาในศตวรรษที่ 20

ต่อมาได้มีกลุ่มนักวิชาการ คือ Anderson et al. (2001) รวม 3 สาขา คือ นักวิชาการด้านจิตวิทยา ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Psychologists) นักพัฒนาหลักสูตรและวิจัยทางการสอน (Curriculum Theorists and Educational Researchers) ผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบและการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Testing and Assessment Specialists) ได้ร่วมกันพัฒนาและแก้ไขงานที่บลูมและคณะได้ทำไว้ในปี 1956 ซึ่งก็คือ แนวคิดของบลูมดั้งเดิม (Bloom's Taxonomy) ให้ทันสมัยและสอดคล้องกับหลักวิชาทางด้านการศึกษาที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเริ่มต้นงานจากปี 1996 และได้ใช้เวลาร่วม 6 ปี ในการปรับปรุงพัฒนาจนเกิดเป็นตำราเล่มใหม่ในปี 2001 หรือมีชื่อเรียกอีกนัยหนึ่งก็คือ แนวคิดของบลูมปรับปรุงใหม่ (Bloom's Revised Taxonomy)

แนวคิดของบลูมปรับปรุงใหม่ยึดหลักการที่สำคัญ คือ การจัดลำดับชั้นพฤติกรรมการใช้สมองเพื่อการเรียนรู้ เป็นการจัดระบบระเบียบจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ในส่วนของการใช้สมองเพื่อการเรียนรู้ให้เกิดความชัดเจนว่า มุ่งจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระใด มุ่งให้ใช้สมองคิดในด้านไหน ทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมีระบบมากขึ้น สามารถวัดและประเมินผลได้ตามจุดมุ่งหมายของการสอนที่กำหนดขึ้น

จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง แนวคิดของบลูมดั้งเดิมกับแนวคิดของบลูมปรับปรุงใหม่ คือ แนวคิดของบลูมดั้งเดิมมุ่งสนใจแบ่งพฤติกรรมการใช้สมองเพื่อการเรียนรู้ในด้านพุทธิพิสัยจากส่วนของการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานไปสู่ขั้นเรียนรู้ที่ซับซ้อนขึ้นไปตามลำดับแบ่งออกเป็น 6 ลำดับชั้น ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ความรู้-ความจำ (Knowledge)
- ขั้นที่ 2 ความเข้าใจ (Comprehension)
- ขั้นที่ 3 การนำไปใช้ (Application)
- ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ (Analysis)

ขั้นที่ 5 การสังเคราะห์ (Synthesis)

ขั้นที่ 6 การประเมินค่า (Evaluation)

ส่วนแนวคิดของบลูมปรับใหม่ได้มีการแบ่งมิติการเรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ของนักเรียนออกเป็น 2 มิติหลัก คือ

มิติที่ 1 มิติด้านความรู้ (Knowledge Dimension) แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

1. ความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge)
2. ความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge)
3. ความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge)
4. ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge)

มิติที่ 2 มิติด้านกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) แบ่งออกเป็น 6 ลำดับชั้น

ประกอบด้วย

1. จำ (Remembering)
2. เข้าใจ (Understanding)
3. ประยุกต์ (Applying)
4. วิเคราะห์ (Analyzing)
5. ประเมินค่า (Evaluating)
6. สร้างสรรค์ (Creating)

โดยเมื่อพิจารณาร่วมกันทั้ง 2 มิติ จะเกิดเป็นเซลล์ซึ่งประสานระหว่างมิติด้านความรู้กับมิติด้านกระบวนการทางปัญญา โดยพิจารณาจากความรู้ที่มุ่งจัดการเรียนการสอนนั้นเป็นความรู้ในเรื่องใด และพฤติกรรมการคิดที่มุ่งให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนเป็นแบบใด แบ่งออกเป็น 24 เซลล์ ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 เซลล์ประสานระหว่างมิติด้านความรู้กับมิติด้านกระบวนการทางปัญญา

มิติด้านความรู้	มิติด้านกระบวนการทางปัญญา					
	จำ (Remembering)	เข้าใจ (Understanding)	ประยุกต์ (Applying)	วิเคราะห์ (Analyzing)	ประเมินค่า (Evaluating)	สร้างสรรค์ (Creating)
ความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

พฤติกรรมการณ์เรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย

แนวคิดของบลูมปรับใหม่ ได้มีการแบ่งพฤติกรรมการณ์เรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ออกเป็น 2 มิติ ดังนี้ (Anderson et al., 2001)

1. มิติด้านความรู้ (Knowledge Dimension) แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

1.1 ความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge) หมายถึง ข้อความรู้ที่เป็นข้อความจริงเฉพาะเรื่อง สามารถแบ่งย่อยออกเป็นดังนี้

1.1.1 ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์เฉพาะ (Knowledge of Terminology) เป็นความรู้เกี่ยวกับระบบการใช้ถ้อยคำหรือสัญลักษณ์เฉพาะของศาสตร์แต่ละสาขา เช่น คำศัพท์เฉพาะในทางฟิสิกส์เคมี สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้อย่างมีความหมายเฉพาะในทางการเขียนโปรแกรม การรู้ความหมายของคำราชาศัพท์ต่าง ๆ เป็นต้น

1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิครายละเอียดเฉพาะเรื่อง (Knowledge of Specific Details and Elements) เช่น ความรู้เกี่ยวกับรายชื่อบุคคลสำคัญในวรรณคดี ความรู้เกี่ยวกับชื่อคำขวัญของจังหวัดต่าง ๆ ความรู้เกี่ยวกับชื่อดวงดาว ความรู้เกี่ยวกับอารยธรรมของประเทศต่าง ๆ

1.2 ความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge) ได้แก่ ความรู้ที่แสดงความสามารถในการจัดแยกหมวดหมู่สิ่งของต่าง ๆ ออกเป็นประเภท ความสามารถในการอธิบายลักษณะร่วมของสิ่งต่าง ๆ และสามารถอธิบายเชื่อมโยงถึงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นประเภท ๆ ดังนี้

1.2.1 ความรู้ในการแบ่งแยกจัดกลุ่มจัดประเภท (Knowledge of Classifications and Categories) เช่น ความรู้ในด้านการจัดพืชเป็นประเภทต่าง ๆ ความรู้ประเภทของคำต่าง ๆ ในทางหลักภาษา เป็นต้น

1.2.2 ความรู้ในหลักการร่วมและสรุปทั่วไป (Knowledge of Principles and Generalizations) เช่น ความรู้เกี่ยวกับหลักการร่วมกันของความยาวเส้นตรงของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ความรู้ในลักษณะร่วมของสัตว์ที่ได้ ชื่อว่าเป็นสัตว์เลือดอุ่น ความรู้ในด้านหลักการการปกครองแบบประชาธิปไตย เป็นต้น

1.2.3 ความรู้ในด้านทฤษฎี โมเดลและโครงสร้าง (Knowledge of Theories, Models, and Structures) เช่น ความรู้ในทฤษฎีวิวัฒนาการของชาลส์ ดาร์วิน ความรู้เกี่ยวกับระบบการโคจรของดาวเคราะห์ความรู้ เกี่ยวกับหลักการถ่ายทอดทางพันธุกรรม เป็นต้น

1.3 ความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge) เป็นส่วนของความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ วิธีการ หรือขั้นตอนของการกระทำกิจกรรมต่าง ๆ สามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนย่อยดังนี้

1.3.1 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคดำเนินการ หรือโครงสร้างขั้นตอนในการดำเนินการเรื่องใด ๆ (Knowledge of Subject-Specifics Skills and Algorithms) เช่น ความรู้ในการเขียนผังวงจรถ่ายงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ความรู้ในการถอดรอกที่สอง เป็นต้น

1.3.2 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการดำเนินการใด ๆ เฉพาะเรื่องหนึ่ง ๆ (Knowledge of Subject-Specific Technique and Methods) เช่น ความรู้ในขั้นตอนการดำเนินการวิจัยทางสังคมศาสตร์ ความรู้ในขั้นตอนการจัดทำรายงานทางวิชาการ ความรู้ในการตรวจรายงานทางบัญชี เป็นต้น

1.3.3 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ การดำเนินกิจกรรมใด ๆ เฉพาะเรื่อง (Knowledge of Criteria for Determining When to Use Appropriate Procedures) เช่น ความรู้เกี่ยวกับการตัดสินใจเลือกใช้เทคนิคเฉพาะทางสถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล ความรู้เกี่ยวกับการเลือกใช้ฮอริโมนพืชให้เหมาะสมกับชนิดของพืชที่ปลูก เป็นต้น

1.4 ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge) ความรู้ส่วนนี้เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับวิธีคิดของสมองและการที่ผู้เรียนควรจะล่วงรู้ตระหนักถึงวิธีคิดของสมองของตนเอง เช่น การที่ตนเองจะล่วงรู้ว่าหากต้องทำรายงานวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสาเหตุการเสียชีวิตของหญิงอายุครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 นั้น การอ่านหนังสือเพื่อการท่องจำไม่สามารถช่วยให้ตอบคำถามได้ ต้องเปลี่ยนมาเป็นการอ่านเพื่อวิเคราะห์เป็นหลัก ความรู้ส่วนนี้เป็นส่วนที่ค่อนข้างต่างจาก 3 ข้อแรกข้างต้น ที่ทีมงานพัฒนาแนวคิดของบลูมได้เพิ่มเติมเข้ามา ด้วยเห็นว่าจะเป็นประโยชน์คือช่วยนักเรียนเรียนรู้บทเรียนหรือภาระงานที่ต้องเรียนรู้ได้ดีขึ้น ความรู้ในส่วนนี้ แบ่งออกได้ 3 ส่วนย่อยดังนี้

1.4.1 ความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์ของสมองในการเรียนรู้ การคิดและการแก้ปัญหา (Strategic Knowledge) เป็นการเรียนรู้ที่หมายถึงผู้เรียน ควรจะต้องเข้าใจกระบวนการหรือกลวิธีของสมองของตนเองในการกระทำต่าง ๆ เพื่อการเรียนรู้เพื่อที่จะได้นำความรู้เหล่านั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการเรียนรู้ของตน เช่น ความรู้ในการหาวิธีการเพื่อช่วยการจำข้อความต่าง ๆ (เช่น การนำคำมาแต่งประโยคร้อยเรียงเพื่อจดจำคำที่ใช้สระไอในภาษาไทย) ความรู้ในด้านการจัดทำโครงสร้าง จัดทำแผนผัง การจัดทำบทสรุป เพื่อช่วยความจำในบทเรียน (เช่น การจัดทำ Mapping ของตนในสารบบบทเรียนใด ๆ ด้วยตนเอง) ความรู้ในการตั้งคำถามให้สูงถึงขั้นการคิด วิเคราะห์ในการศึกษาบทเรียนด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในบทเรียนที่กำลังศึกษาถึงขั้นวิจารณ์งานดังกล่าวได้ เป็นต้น

1.4.2 ความรู้เกี่ยวกับภารกิจวิธีคิดของสมองภายใต้ภาวะแวดล้อมและเงื่อนไขที่ต่างกัน (Knowledge about Cognitive Tasks, Including Appropriate Contextual and Condition Knowledge) ได้แก่ ความรู้ที่ว่า ภารกิจหรือวิธีคิดของสมองในภาวะเงื่อนไขที่ต่างกันอย่างย่อมแตกต่างกันไป เช่น รู้ว่าการระลึกได้ (Recall) ย่อมเป็นภารกิจของสมองที่ซับซ้อนกว่าการจำ

หรือภาวะการณ์เขียนงานเชิงสร้างสรรค์ย่อมต้องใช้พลังสมองสูงกว่า การเขียนบันทึกประจำวัน ความรู้ที่ว่าการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต้องอาศัยความคิดใหม่ ๆ บางส่วนที่อาจต่างไปจากตัวอย่างที่ปรากฏในตารางเรียน

1.4.3 ความรู้เกี่ยวกับสมรรถภาพทางการคิดของแต่ละบุคคล (Self-Knowledge) ได้แก่ ภาวะที่บุคคลแต่ละคนสามารถรับรู้จุดดีจุดด้อยในการใช้สมองเพื่อการคิดของตนเอง เช่น การที่นักเรียนจะรับรู้ว่ในขณะที่อ่านบทกลอนเรื่อง “พระอภัยมณี” นั้น ตนเองมุ่งเน้นแต่การท่องจำว่าใครทำอะไรเป็นสาระหลัก แต่ยังไม่สามารถวิเคราะห์สะท้อนถึงภูมิหลังแนวคิดของสุนทรภู่ที่สร้างสรรค์ตัวละครต่าง ๆ ในบทกลอนเรื่องพระอภัยมณีขึ้น หรือการรับรู้ว่หากตนเองจะต้องคำนวณค่าใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าในบ้านตนเองยังคงขาดพื้นฐานความรู้ทาง ไฟฟ้าในเรื่องใดบ้าง การรับรู้ว่ตนเองสามารถเรียนรู้และแก้โจทย์ด้านการคำนวณได้ แต่ไม่เก่งในทางด้านงานศิลปะ เป็นต้น

2. มิติด้านกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process)

2.1 จำ (Remembering) หมายถึงการที่ผู้เรียนสามารถจดจำสาระต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาไว้ในสมอง พฤติกรรมการเรียนรู้ในส่วนนี้มุ่งวัดความสามารถในการจัดเก็บข้อความรู้ (Retention) ไว้ในตัวผู้เรียน สามารถแยกย่อยได้เป็น 2 ส่วน คือ

2.1.1 จำได้ (Recognizing) หมายถึงการที่ผู้เรียนสามารถจดจำสาระต่าง ๆ ในลักษณะของการระบุแยกได้ว่า สิ่งเร้าที่เข้ามากระตุ้นตอนนั้น หมายถึงหรือมีความหมายว่าอย่างไร ตัวอย่างเช่น การนำภาพถ่ายมาให้ให้นักเรียนคนหนึ่ง ๆ ดู แล้วให้ชี้ระบุว่ในภาพถ่ายมีใครบ้างที่เป็นเพื่อนนักเรียนและเคยเรียนในระดับประถมศึกษาด้วยกัน การนำภาพสัตว์ต่าง ๆ ให้นักเรียนดูและให้ชี้ระบุว่ภาพใดเป็นภาพของช้าง การนำเอารายชื่อแร่ธาตุต่าง ๆ ให้นักเรียนดูแล้วให้ระบุว่ในท้องถิ่นของตนมีแร่ชนิดใดอยู่บ้าง

2.1.2 ระลึกได้ (Recalling) หมายถึงการที่บุคคลสามารถย้อนระลึกนึกไปถึงสาระต่าง ๆ ที่ตนเคยประสบมา โดยไม่มีสิ่งเร้าใด ๆ มาเป็นตัวช่วยกระตุ้นความจำทันทีในขณะที่นั้น เป็นส่วนความจำระยะยาวในสมองของนักเรียน ตัวอย่างเช่น การให้นักเรียนเขียนชื่อเพื่อนที่เคยเรียนในระดับประถมศึกษาด้วยกัน โดยไม่มีสิ่งชี้แนะใด ๆ หรือการให้นักเรียนระบุชื่อจังหวัดที่อยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทยมา 5 จังหวัดลงบนกระดาษเปล่าที่เตรียมไว้ให้ การให้สะกดตัวอักษรคำในภาษาอังกฤษที่แปลว่า “ช้าง” หรือการให้ท่องจำบทกลอน เป็นต้น

2.2 เข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสื่อสารข้อความรู้ที่ตนได้รับรู้มาให้บุคคลอื่นได้รับทราบถึงข้อความรู้นั้นด้วยวิธีการสื่อสารที่เป็นของตนเอง โดยอาจนำเสนอเป็นถ้อยคำ ภาษาเขียน ท่าทาง สัญลักษณ์ รูปภาพหรือวิธีการอื่นใดด้วยวิธีการที่เป็นของตนเอง ความเข้าใจถือได้ว่เป็นจุดตั้งต้นของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยที่กระบวนการจัดการศึกษาคาดหวังว่ควรเกิดขึ้นกับผู้เรียน พฤติกรรมของความเข้าใจ เน้นตรงการทำให้ผู้เรียนต้อง

สามารถสื่อความหมายของสารบทเรียนที่ตนได้รับรู้มา ให้ปรากฏออกในลักษณะของการสื่อสารในลักษณะต่าง ๆ เพื่อถ่ายทอดสาระที่ตนรับรู้ได้ไปยังบุคคลซึ่งเป็นผู้รับ ให้สามารถรับสารดังกล่าวได้อย่างถูกต้องตรงตามความหมายของสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความเข้าใจ แบ่งออกได้เป็น 7 ส่วนย่อย ดังนี้

2.2.1 ตีความ (Interpreting) หมายถึงความสามารถของบุคคลในการสื่อความหมายเรื่องใดเรื่อง หนึ่งในรูปแบบใหม่ที่ต่างออกไปจากเดิมแต่คงความหมายเท่าเดิม เช่น อาจเปลี่ยนแปลงจากถ้อยคำเป็นถ้อยคำใหม่ ถ้อยคำเป็นสัญลักษณ์ สัญลักษณ์เป็นถ้อยคำ ถ้อยคำเป็นภาพ หรือภาพเป็นถ้อยคำ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ให้อธิบายความหมายของคำว่าเรือลมน้ำเมื่อจอดตาบอดเมื่อแก่ เป็นคำพูดทั่วไป ให้เขียนภาพอธิบายลักษณะของท้องฟ้าที่ฝนกำลังจะตก ให้เขียนประโยคสัญลักษณ์แทนคำพูดที่ว่าห้องนี้มีจำนวนนักเรียนชายเป็นสองเท่าของนักเรียนหญิง การเขียนภาพอธิบายภาวะที่น้ำทะเลขึ้นสูงอันเนื่องจากการทำร่วมกันของแรงดึงดูดร่วมกันจากดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ เป็นต้น

2.2.2 ยกตัวอย่าง (Exemplifying) หมายถึงความสามารถที่บุคคลยกตัวอย่างหรือกรณีเฉพาะที่ สอดคล้องกับสิ่งที่เรียนรู้มาเพื่อให้บุคคลอื่นรับรู้ได้ ตัวอย่างเช่น ให้นักเรียนนำตัวอย่างใบไม้ที่เป็นใบเลี้ยงคู่ในท้องถิ่นมานำเสนอ ยกตัวอย่างสัตว์เลือดอุ่นในท้องถิ่น การยกตัวอย่างพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด (ที่ต่างไปจากที่ครูสอนแล้วในชั้นเรียน)

2.2.3 จัดประเภท (Classifying) หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถจัดประเภทสิ่งของปรากฏการณ์ใด ๆ ตามเกณฑ์การจัดประเภทที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น การที่ผู้เรียนสามารถจำแนกคำในภาษาไทยออกเป็นคำนาม คำสรรพนาม คำกริยา ฯลฯ ได้อย่างถูกต้อง การที่ผู้เรียนสามารถจำแนกวัตถุที่มีรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นสี่เหลี่ยมประเภทต่าง ๆ ได้ถูกต้องตามที่เรียนรู้

2.2.4 สรุปความ (Summarizing) หมายถึงการที่ผู้เรียนสามารถจัดหาข้อความสั้น ๆ เพื่อแทนถ้อยคำหรือสาระเรื่องราวใด ๆ ที่มีเป็นจำนวนมาก ๆ โดยคงเนื้อความเดิมที่สำคัญไว้ได้ ตัวอย่างเช่น การสรุปชีวประวัติของสุนทรภู่จากบทชีวประวัติที่ให้อ่าน การสรุปวรรณคดี ไทยเรื่องขุนช้างขุนแผน การสรุปผลงานของชั้นเรียนด้านภาษาไทยในรอบเดือนที่เรียนผ่านมา

2.2.5 อ้างพาดพิง (Inferring) หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถจัดรูปแบบ หรือแบบแผนการเปลี่ยนแปลงของสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้และใช้รูปแบบหรือแบบแผนดังกล่าวในการอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าว เป็นการเพิ่มเติม ตัวอย่างเช่น จากเลข “1 2 4 7 11 16” ผู้เรียนสามารถตอบด้วยตัวเลขในลำดับถัดไป น่าจะเป็นเลข “22” หรือการทำนายจำนวนรถยนต์ที่จะขายได้ในเดือนหน้าจากการพิจารณาเส้นกราฟสถิติ การขายรถยนต์ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา หรือจากกล่าวถึงพฤติกรรมของพระเอกในบทละครที่นักเรียนอ่าน มาแสดงว่าจากการกระทำในเรื่องที่อ่านผ่านมา แสดงว่าพระเอกดังกล่าวเป็นคนมีบุคลิกภาพเช่นไร

2.2.6 เปรียบเทียบ (Comparing) หมายถึงการที่บุคคลสามารถจับประเด็น เที่ยบเคียงความเหมือนและความแตกต่างของวัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมใด ๆ จากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งซึ่งอยู่ในภาวะสามารถเทียบเคียงกันได้ ตัวอย่างเช่น จากเพลงที่กำลัง เปิดให้ผู้เรียนฟัง ให้นักเรียนระบุว่าเพลงใดมีลักษณะเป็นเพลงไทยสากล การให้นักเรียนบอกว่ากีฬา ที่เห็นในภาพเป็นแชร์บอล หรือวอลเลย์บอล การให้นักเรียนระบุว่ารูปทรงต่าง ๆ ที่เห็นรูปใดที่เป็น ลักษณะเป็นรูปวงรี การให้ผู้เรียนระบุว่าพฤติกรรมของนักเรียนต่าง ๆ นักเรียนคนใดเป็นคนตรงต่อ เวลา

2.2.7 อธิบาย (Explaining) หมายถึงความสามารถของบุคคลที่จะถ่ายทอดเรื่องราว ปรากฏการณ์ เหตุการณ์หรือความเห็นใด ๆ ให้บุคคลอื่นได้รับรู้โดยวิธีการสื่อสารทางใดทางหนึ่ง เช่น การพูด การเขียน การใช้ท่าทาง หรือภาษาสัญลักษณ์ โดยการนำเสนอถ่ายทอดดังกล่าวนั้น โดยผู้นา เสนอใช้วิธีการถ่ายทอดที่เป็นของตนเอง ตัวอย่างเช่น การอธิบายการเกิดลมบกลมทะเล การอธิบาย ความหมายของสมการที่ใช้หาค่าเฉลี่ย การอธิบายความหมายของความสัมพันธ์ของเส้นตรงที่ ประกอบกันเป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก การอธิบายสาเหตุการเกิดฟ้าร้องฟ้าผ่า การอธิบายเหตุที่ทำให้ ต้นไม้เอนเข้าหาแสงอาทิตย์ เป็นต้น

2.3 ประยุกต์ (Applying) หมายถึงความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่ตนได้ เรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ตนต้องเผชิญ หรือในชีวิตจริง ทั้งนี้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นนั้น จะต้องเป็นสถานการณ์ที่มีความใหม่หรือต่างไปจากเดิม (หากสถานการณ์ที่กำหนดหรือเกิดขึ้นเป็น สถานการณ์ที่บุคคลคุ้นเคยแล้วเป็นอย่างมาก ก็จะเป็นลักษณะของพฤติกรรมจำและความรู้ที่เป็น ขั้นตอนการดำเนินการ) การปรับใช้แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อยดังนี้

2.3.1 ลงมือกระทำการตามขั้นตอน (Executing) หมายถึง การกระทำที่บุคคลลงมือ ปฏิบัติแก้ปัญหาใด ๆ ไปตามขั้นตอนการดำเนินการที่ตนเรียนรู้มา โดยมีลักษณะบางส่วนของปัญหา ที่ผู้เรียนคุ้นเคย (Familiar Task) มาก่อน ลักษณะการดำเนินการมุ่งเน้นไปในทางด้านทักษะและ โครงสร้างขั้นตอนการดำเนินการ (Skills and Algorithms) เป็นสำคัญ ตัวอย่างเช่น เมื่อครูสอน การบวกเลขที่มีการทดจบลง ครูให้ผู้เรียนหัดบวกเลขข้อใหม่ที่มีจำนวนตัวเลขต่างไปจากโจทย์บน กระดานแต่มีการทดเลขเช่นกัน การคำนวณความหนาแน่นของวัตถุชนิดใหม่ การคำนวณค่าใช้จ่าย กระแสไฟฟ้ารายเดือนตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.3.2 ดำเนินการ (Implementing) หมายถึงความสามารถของบุคคลที่คิด ดำเนินการแก้ปัญหาที่ตนต้องประสบ โดยปัญหาเน้นเป็นปัญหาที่ตนไม่คุ้นเคย (Unfamiliar Tasks) หรือมีลักษณะบางส่วนแตกต่างไปจากสภาพที่ตนเคยเรียนรู้มาและสภาพการแก้ปัญหา ดังกล่าวไม่มีแบบแผนของคำตอบที่แน่นอนตายตัว หรืออาจมีแบบแผนการแก้ปัญหาที่มากกว่าหนึ่งแบบ แต่วิธีการที่เลือกนำเสนอขึ้นนั้นควรจะต้องเป็นวิธีการที่มีประสิทธิผล ประสิทธิภาพ และสามารถ

ดำเนินการได้จริง (Effectiveness, Efficiency and Affordability) ตัวอย่างเช่น การที่ผู้เรียนเรียน วิชาตรีโกณมิติแล้วต้องแก้โจทย์ปัญหาความกว้างของแม่น้ำหรือความสูงของต้นไม้ ตามข้อมูลที่โจทย์ กำหนดให้ โดยใช้หลักวิชาตรีโกณมิติเข้าช่วย การตัดสินใจกำหนดชนิดและขนาดของปุ๋ยที่ใส่กับต้นพืช ซึ่งปลูกในดินที่มีสภาพธาตุอาหารตามธรรมชาติตามที่โจทย์กำหนด การนำเสนอ วิธีการแก้ปัญหา น้ำท่วมขังในสนามฟุตบอลที่โจทย์กำหนด การกำหนดวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตาม วัตถุประสงค์ของการวิจัยที่กำหนด

2.4 วิเคราะห์ (Analyzing) เป็นความสามารถของบุคคลในการที่จะพิจารณาแยกแยะ เรื่องราว หรือปรากฏการณ์ใด ๆ แล้วสามารถยังถึงเบื้องหลังความเป็นมาเป็นไปหรือส่วนประกอบ ที่เป็นรายละเอียดที่ประกอบด้วยกันเข้าเป็นสิ่งนั้น โดยการพิจารณาดังกล่าวเกิดจากบุคคลใช้ปัญญา ของตนคิดหาเหตุผลหรือคำตอบด้วยตนเองโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่ตนสามารถรับรู้ได้ การวิเคราะห์ เป็นความสามารถด้านสมองที่มีความจำเป็นมากในกรณีที่ต้องการสอนให้คนรู้จักคิด รู้จักหาเหตุผล มาอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น การพิจารณาว่า ทำไมจึงมีการอพยพแรงงาน จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือไปทำงานถิ่นอื่นในบางช่วงฤดูกาล การให้เหตุผลทำไมจึงมีเขตโรงงาน อุตสาหกรรมในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทย เป็นต้น การวิเคราะห์สามารถแยกย่อยได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

2.4.1 วิเคราะห์ความแตกต่าง (Differentiating) หมายถึง การที่บุคคลสามารถระบุ เรื่องราวหรือปรากฏการณ์ใด ๆ ที่มุ่งศึกษานั้นว่า มีสาระใดบ้างเป็นส่วนสำคัญหรือการชี้ระบุங ประเด็นที่สำคัญของสิ่งนั้นให้เห็นได้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น การชี้ระบุได้ว่า ลักษณะพฤติกรรมเช่นใด เป็นพฤติกรรมที่เด่นชัด ซึ่งแสดงออกถึงความเป็นคนท้องถิ่นทางเหนือของไทย การระบุลักษณะ การประชุม ที่มีความเป็นประชาธิปไตยกับการประชุมที่มุ่งเน้นการใช้อำนาจสั่งการได้ การชี้ระบุ ลักษณะนิสัยที่เด่นของพระเอกในนวนิยายที่กำลังอ่าน การชี้ระบุถึงสภาพของอากาศในช่วงเดือน ปัจจุบันกับเดือนที่ผ่านมา เป็นต้น

2.4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Organizing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถมองเห็น ความเชื่อมโยง ความต่อเนื่องของเรื่องราว ปรากฏการณ์หรือการใช้เหตุผลใด ๆ ว่าสิ่งดังกล่าวนั้นมี ความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร ตัวอย่างเช่น การที่ผู้อ่านสามารถบอกวิธีการลำดับขั้นตอนของ เหตุการณ์ที่ผู้แต่งนวนิยายใช้ เพื่อทำให้นวนิยายเชิงสืบสวนของเขาอ่านแล้วสามารถสร้างความสนใจ ของผู้อ่านได้ การที่บุคคลสามารถอธิบายถึงความต่อเนื่องเกี่ยวพันของปัจจัยต่าง ๆ ที่ท้ายสุดนำไปสู่ การอพยพละทิ้งถิ่นฐานของคนกลุ่มหนึ่ง การอธิบายถึงความคลี่คลายของข้อขัดแย้งทางการเมืองที่ นำไปสู่การตัดสินใจยุบสภาของฝ่ายรัฐบาล การชี้ระบุถึงความสัมพันธ์ระหว่างการก่อสร้างหมู่บ้านกับ ปัญหาน้ำท่วมขังที่เกิดขึ้น เป็นต้น

2.4.3 วิเคราะห์คุณลักษณะ (Attributing) หมายถึงการที่บุคคลสามารถหยั่งเห็นถึงแนวคิด ข้อคิด เจตนา หรือความตั้งใจที่ซ่อนอยู่ภายในของปรากฏการณ์ใด ๆ ที่เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น การหยั่งรู้ถึงการพยายามปกป้องผลประโยชน์ของนายทุน โดยการพยายามพูดถึงผลดีของการตัดถนน ผ่านป่าชุมชน หรือการพยายามระบุถึงลักษณะร่วมกันของการเป็นคนดีตามแนวคิด ของศาสนาต่าง ๆ ในโลกที่ผู้เขียนเขียนด้วยความคิดของตนเอง

2.5 ประเมินค่า (Evaluating) หมายถึงการลงข้อตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับคุณค่าให้กับกิจกรรมสิ่งของ การกระทำหรือปรากฏการณ์ใด ๆ ไปตามเกณฑ์และมาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้ การประเมินจะเกิดขึ้นนั้นต้องเป็นการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับคุณค่า การประเมินค่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย ดังนี้

2.5.1 ตรวจสอบ (Checking) หมายถึงการพิจารณาว่าขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมใด ๆ กับผลลัพธ์ที่ได้หรือขั้นตอนการดำเนินงานนั้น ๆ มีความสอดคล้องคงที่ภายในหรือไม่ รวมทั้งมีคุณสมบัติหรือเป็นไป ตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การตรวจสอบว่า รายงาน การวิจัยที่จัดทำมีรูปแบบการเขียนและหัวข้อต่าง ๆ ถูกต้องและครบถ้วนตามข้อกำหนดการเขียนรายงาน การวิจัยหรือไม่การตรวจสอบว่าพฤติกรรมของครูคนหนึ่ง ๆ เป็นไปตามจรรยาบรรณของการเป็นครูหรือไม่ เป็นต้น

2.5.2 ลงข้อตัดสิน (Critiquing or judging) หมายถึงการลงข้อประเมินให้กับผลผลิตหรือกระบวนการใด ๆ ว่าเป็นไปตามเกณฑ์และมาตรฐานภายนอกที่ได้รับการกำหนดล่วงหน้าหรือไม่อย่างไร ตัวอย่าง เช่น การตัดสินใจเลือกซื้อนาฬิกาข้อมือหนึ่ง ๆ โดยยึดเกณฑ์ราคาไม่สูงนัก แต่มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมและความเที่ยงตรงในการบอกเวลา การให้ระดับผลการเรียนของครูผู้สอนตามเกณฑ์ที่กำหนดและแจ้งให้ผู้เรียนทราบตั้งแต่ต้นภาคเรียน เป็นต้น

2.6 สร้างสรรค์ (Creating) เป็นความสามารถของบุคคลในการที่จะคิดพัฒนาประดิษฐ์สร้างหรือจัดกระทำสิ่งใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้น โดยผลงานดังกล่าวนั้น เกิดจากความคิดของตัวผู้ สร้างเอง โดยมิได้ลอกเลียนงานของบุคคลใด ๆ มาในลักษณะของการลอกทั้งชิ้นงาน หรือการสร้างสรรค์ หมายถึง การนำเอาสิ่งต่าง ๆ ที่มีลักษณะเป็นส่วนย่อยมาประสานให้เกิดขึ้นเป็นผลงานชิ้นใหม่ที่แตกต่างไป จากเดิม การสร้างสรรค์เป็นความคาดหวังของการจัดการศึกษาในประเด็นที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนแต่ละคนมีความเป็นตัวของตัวเอง มีความสามารถในการคิด ประดิษฐ์สร้าง หรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อคนในสังคม โดยปรากฏผลงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ข้อเขียนหรือบทความ ชิ้นงาน ผลงานประดิษฐ์โครงการ ภาพวาด ตำรา หรือทฤษฎี ฯลฯ เป็นต้น โดยมีขั้นตอนในการสร้างสรรค์ ดังนี้ 1) พบหรือเผชิญกับภาวะที่มีปัญหา 2) วางแผน นำเสนอแนวทางการพัฒนา 3) สร้างสรรค์ผลที่วางหรือคิดไว้ให้เกิดเป็นชิ้นงาน การสร้างสรรค์สามารถแยกย่อยออกได้เป็น 3 ส่วนย่อย ดังนี้

2.6.1 จัดกระทำใหม่ (Generating or Hypothesizing) หมายถึงการที่บุคคลสามารถให้ข้อเสนอแนะชี้แนะในแนวทางการพัฒนา สร้างสรรค์หรือเห็นแนวทางขั้นตอนในการจัดกระทำใหม่ให้กับปัญหาหรือ ขั้นตอนการดำเนินการใด ๆ ที่มีอยู่โดยอาศัยแนวทางพื้นฐานวิธีการเดิมที่มีอยู่เป็นฐานและแนวคิดในการแก้ไข พัฒนาต่อยอดเพื่อให้ได้สิ่งใหม่ที่ต่างออกไปจากเดิม ตัวอย่างเช่น การที่นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการใหม่ที่ต่างออกไปจากวิธีเดิมในตำรา

2.6.2 วางแผน (Planning) หมายถึงความสามารถของบุคคลในการจัดลำดับขั้นตอนหรือสามารถ กำหนดสิ่งที่จะต้องดำเนินการ เพื่อแก้ปัญหาหรือกระทำการบางอย่างให้ลุล่วงไป เพื่อให้เกิดผลตามที่ต้องการในกาลข้างหน้า ตัวอย่างเช่น การวางแผนการจัดงานวันเกิดของสมาชิกในชั้นเรียน การวางแผนการเรียน เพื่อให้สามารถสอบได้คะแนนสูง การกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่ได้รับมอบหมายให้ลุล่วงสำเร็จลงได้ การกำหนดสาระเรื่องราวที่จะนำเสนอตามลำดับก่อนหลังในการจัดทำรายงาน

2.6.3 สร้างและพัฒนา (Producing) หมายถึงความสามารถของบุคคลในการที่ใช้ความสามารถทางสมองของตนในการคิดค้น เขียน สร้าง วาด หรือพัฒนาสิ่งใหม่ให้เกิดขึ้น โดยการกระทำดังกล่าว ผู้สร้างใช้ความสามารถความคิดของตนเองเป็นสำคัญ มิได้เกิดจากการลอก หรือเลียนแบบผลงานของบุคคลอื่นมาทั้งหมด หรือลอกมาแทบทุกส่วน ตัวอย่างเช่น การเขียนเรียงความ การเขียนบทความ บทกลอน คำประพันธ์การเขียนตราใด ๆ ด้วยการใช้ภาษาสำนวนของตนเอง การนำเสนอทฤษฎีใหม่ ๆ ทางวิชาการที่ได้คิดพัฒนาขึ้นการนำเสนอ ภาพเขียนของตน การแต่งเพลงชิ้นใหม่ การออกแบบเสื้อผ้าเครื่องแต่งกายใหม่การออกแบบวัสดุของใช้ที่ใช้ความคิดของตนเอง การนำบทละครมาดัดแปลงให้เป็นละครเวที การนำเสนอหัวข้องานวิจัยใหม่ การเขียนภาพบรรยายจากบทเพลงที่ได้รับฟัง เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูม ปรับใหม่ เพื่อเป็นกรอบในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากการผสมผสานเซลล์ร่วมกันระหว่างมิติทั้ง 2 สามารถสรุปประเด็นสำหรับการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ ดังนี้

1. วิเคราะห์ความแตกต่าง เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนประกอบต่าง ๆ ของข้อมูล
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ การมองเห็นความเชื่อมโยง ความต่อเนื่องของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างเป็นระบบ
3. วิเคราะห์คุณลักษณะ การสรุปหลักการหรือลักษณะเหมือนร่วมกันของข้อมูล และการตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนด

ตัวแบบ Four I's

เป็นโมเดลสำหรับออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ การประชุมเชิงปฏิบัติการ งานแสดงต่าง ๆ ถือว่าเป็นโมเดลที่มีความสำคัญในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการ เพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม บรรลุเป้าหมายของกิจกรรมได้ดี และเป็นเครื่องมือที่สามารถตรวจสอบและวัดได้ง่าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ (Vella, 2008, pp. 62-66)

1. Inducive (Anchoring) การยึดโยง เป็นการเชื่อมต่อหัวข้อที่กำลังสอนกับประสบการณ์ของนักเรียน ช่วยให้มั่นใจว่านักเรียนมีความเกี่ยวข้องและเริ่มแสดงให้เห็นว่าเหตุใดข้อมูลเหล่านี้จึงมีความสำคัญในขณะนี้ คำถามที่ใช้เป็นหลักยึดมีความเกี่ยวข้องหรือเชื่อมต่อกับประสบการณ์ของนักเรียน ซึ่งมีงานวิจัยล่าสุดเกี่ยวกับการสร้างและเก็บข้อมูลของสมอง (การสร้างความทรงจำ) แสดงให้เห็นว่าความเกี่ยวข้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเชื่อมต่ออารมณ์ ช่วยเพิ่มความเป็นไปได้ในการเก็บรักษาความรู้และทำให้ผู้เรียนสามารถเปิดการเรียนรู้ใหม่ ๆ ได้มากขึ้น

2. Input (Adding) การเติมความรู้ เป็นการเพิ่มข้อมูลใหม่ ๆ และข้อมูลที่สำคัญ และเชิญชวนนักเรียนให้ทำอะไรบางอย่างด้วยเนื้อหาใหม่เพื่อสร้างเนื้อหาของตัวเอง วิธีที่จะเพิ่มความสนใจกิจกรรมด้วยคำแนะนำ ดังนี้

2.1 ในขณะที่ดูวิดีโอนี้ให้ตัดสินใจว่าคุณลักษณะใดที่ท้าทายและดำเนินการได้ง่ายในงานของตัวเอง

2.2 ในขณะที่ฟังผู้อ่านให้วงกลมสิ่งที่เห็นในกล่องข้อความเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับผลงานของเราเอง

2.3 ในขณะที่ดูให้ตัดสินใจว่าคุณลักษณะใดที่อาจเป็นประโยชน์ต่อลูกค้าของเรามากที่สุด

2.4 ในขณะที่ศึกษาแผนภาพเขียนคำถามของเราเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ

ขั้นตอนนี้ให้ความสำคัญกับนักเรียนทำให้พวกเขามีส่วนร่วมในงานและเตือนให้พวกเขามีเหตุผลในการเข้าร่วมกิจกรรมนี้ (สังเกตว่าเหตุผลที่มี เหตุผลมาจากสิ่งที่นักเรียนตัดสินใจในแต่ละตัวอย่างข้างต้น)

3. Implementation (Applying) การประยุกต์ เป็นการประยุกต์ระดับความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนและมีเป้าหมายเพื่อความหลากหลายของวิธีการที่นักเรียนทำงานร่วมกับเนื้อหา ถือเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในการสร้างโอกาสที่มีความหมายเพิ่มเติมสำหรับนักเรียนในการตัดสินใจและทำอะไรบางอย่างกับเนื้อหาเพื่อที่จะยึดการเรียนรู้ของตน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

3.1 สร้างภาพกราฟิกของคำตอบสำหรับคำถามของเรา เราจะได้ยินและพิจารณาแนวคิดเหล่านี้

3.2 ที่แบ่งปันสิ่งที่เป็นเรื่องสำคัญ ร่วมกันสร้างโปรสเตอร์โดยตั้งชื่อรายการที่สำคัญ เหตุผลที่เห็นว่าแต่ละรายการมีความสำคัญ และวิธีหนึ่งที่สามารถผสมรวมเนื้อหาเข้ากับตารางเวลาประจำวัน

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันออกแบบเซสชันสามสิบนาที และสะท้อนถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับหัวข้อนี้

4. Integration (Taking Away) การนำไปใช้ เป็นการเลือกพฤติกรรมหรือการปฏิบัติใหม่ มีความมุ่งมั่น สร้างการเตือนใจให้นักเรียนรับผิดชอบต่อความมุ่งมั่นของตนเอง ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการฝึกฝนการเรียนรู้ ในความเป็นจริงทุกการเรียนรู้ไม่ได้มีการนำไปใช้ทั้งหมด แต่มันอยู่ที่การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้อย่างน้อยที่สุดการทำให้เป็นนิสัย และปฏิบัติอยู่เสมอเหมาะสมจะทำให้เกิดเป็นทักษะติดตัวไปตลอด นอกจากนี้ต้องพิจารณาสิ่งที่มุ่งหวังว่ามีความแตกต่างหรือมีส่วนร่วม กับเนื้อหาผ่านการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์โดยประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเป็นกรอบในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ATABI

ตอนที่ 3 แนวคิดการออกแบบโปรแกรม ATABI และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โปรแกรม ATABI ออกแบบและพัฒนาในรูปแบบของแอปพลิเคชันบนมือถือ การวิจัยนี้จึงศึกษาแนวคิดการออกแบบและงานวิจัย ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันบนมือถือ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือ

สุชาติดา พลาชัยภิมรณศิลป์ (2554) ได้ให้ความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือไว้ว่า แอปพลิเคชันบนมือถือ ประกอบด้วยคำสองคำ คือ มือถือ (Mobile) กับ แอปพลิเคชัน (Application) ซึ่งมือถือ คือ อุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในการพกพา นอกจากจะใช้งานได้ตามพื้นฐานของโทรศัพท์แล้วยังทำงานได้เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นอุปกรณ์พกพามีคุณสมบัติเด่น คือ ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้พลังงานค่อนข้างน้อย และใช้ทำหน้าที่ได้หลายอย่าง สำหรับ แอปพลิเคชัน หมายถึง ซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อช่วยการทำงานของผู้ใช้ (User) โดยแอปพลิเคชันมีสิ่งที่เรียกว่า ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ซึ่งเป็นตัวกลางการใช้งานต่าง เพราะฉะนั้น แอปพลิเคชันบนมือถือจึงหมายถึง แอปพลิเคชันที่ช่วยในการทำงานของผู้ใช้บนอุปกรณ์สื่อสารแบบพกพา แอปพลิเคชันเหล่านี้ทำงานบนระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันไป ตัวอย่างของระบบปฏิบัติการบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น iPhone OS ของค่าย Apple และ Android OS ของค่าย Google ซึ่งเป็นค่ายล่าสุดในขณะนี้

ศรัญญา การุณวรรณระ (2556) ได้ให้ความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือไว้ว่า โปรแกรมใช้งานบนอุปกรณ์สื่อสารแบบพกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต PDAs (Personal

Digital Assistants) ซึ่งมีหลากหลายประเภท ได้แก่ โปรแกรมสนับสนุน ธุรกิจ โปรแกรมเพื่อความบันเทิง และโปรแกรมช่วยให้ผู้ใช้งานได้ใช้อุปกรณ์สื่อสารแบบพกพาได้ง่ายขึ้น

พาสนา เอกอุดมพงษ์ และสิริรักษ์ ชันฌาร์ภัก (2558) ได้ให้ความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือไว้ว่า โทรศัพท์มือถือที่มีระบบระบบปฏิบัติการ สามารถรองรับการใช้งานแอปพลิเคชันต่าง ๆ ได้ เป็นหนึ่งช่องทางที่สะดวกในการใช้งาน สอดคล้องในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้งานอินเทอร์เน็ต การรับส่งข้อมูลข่าวสาร การเข้าถึงความบันเทิง เป็นต้น

Charland and Leroux (2011) ได้ให้ความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือไว้ว่า ซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อช่วยในการทำงานของผู้ใช้ มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface: UI) ที่ทำงานบนอุปกรณ์สื่อสาร หรือโทรศัพท์มือถือ

Heitkötter, Hanschke, and Majchrzak, (2012, p. 120) ได้ให้ความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือไว้ว่า โปรแกรมประยุกต์ที่ใช้งานสำหรับเพิ่มความสามารถให้แก่อุปกรณ์สื่อสารที่มีการใช้งานง่าย ผู้ใช้งานสามารถติดตั้งโปรแกรมได้เองโดยมีรูปแบบการทำงาน ขึ้นอยู่กับรูปแบบของอุปกรณ์สื่อสารแบบพกพาและมีระบบปฏิบัติการที่อุปกรณ์สื่อสาร

จากความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า แอปพลิเคชันบนมือถือหมายถึง ซอฟต์แวร์ที่ทำงานบนโทรศัพท์มือถือหรืออุปกรณ์สื่อสารอื่น ๆ รูปแบบการแสดงผลขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการที่รองรับ ผู้ใช้สามารถติดตั้งแอปพลิเคชันได้เอง มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ทำให้สามารถใช้งานได้ง่ายและสามารถเลือกใช้แอปพลิเคชันได้ตรงกับตามความต้องการ เช่น เพื่อความบันเทิง เพื่อความรู้ เพื่อดำเนินธุรกรรมต่าง ๆ

ประเภทของแอปพลิเคชันบนมือถือ

สุชาติ พลาชัยภิมย์ศิลป์ (2554) ได้แบ่งแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แอปพลิเคชันระบบ

เป็นส่วนซอฟต์แวร์ระบบที่รองรับการใช้งานของแอปพลิเคชันหรือโปรแกรมต่าง ๆ ปัจจุบันระบบปฏิบัติการที่นิยม มีดังนี้

1.1 Symbian OS จุดเด่นของระบบปฏิบัติการนี้คือ รูปแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI) ที่ดูเรียบง่าย มีฟังก์ชันการใช้งานพื้นฐานอย่างครบครัน สามารถติดตั้งแอปพลิเคชัน รวมถึงข้อมูลรูปภาพ หนังสือเพลงได้อย่างสะดวก เพราะมีหน่วยความจำในเครื่องที่มีประสิทธิภาพ จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ชอบความง่ายในการติดตั้งโปรแกรมและลงเพลงต่าง ๆ

1.2 Windows Mobile พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ที่ผลิตระบบปฏิบัติการซึ่งรองรับการทำงานของคอมพิวเตอร์มากมาย ได้แก่ Windows XP, Windows Vista, และ Windows 7 ลักษณะการใช้งานของ Windows Mobile คล้ายคลึงกับ Windows ในเครื่องคอมพิวเตอร์

1.3 BlackBerry OS พัฒนาโดยบริษัท RIM เพื่อรองรับการทำงานของแอปพลิเคชันต่าง ๆ ของ BlackBerry โดยตรง เน้นการใช้งานทางด้านอีเมลเป็นหลัก จะมีการเตือนสถานะที่หน้าจอ เพื่อให้ผู้ใช้ได้รับข้อมูลอย่างทันท่วงที ระบบอีเมลของ BlackBerry มีความปลอดภัยสูงด้วยการเข้ารหัสข้อมูล จุดเด่นสำคัญอีกอย่างคือระบบการสนทนาผ่าน BlackBerry Messenger ซึ่งจะทำให้สามารถพิมพ์ข้อความสนทนากับเพื่อน ๆ ที่มี BlackBerry เช่นเดียวกันเป็นแบบเรียลไทม์ด้วยเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องติดต่อกันต่าง ๆ ผ่านอีเมลและกลุ่มวิวยุ่ที่รักการสนทนาผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

1.4 iPhone OS พัฒนาโดยบริษัท Apple เพื่อรองรับการทำงานของแอปพลิเคชันต่าง ๆ ของ iPhone โดยตรง สำหรับกลุ่มที่ นิยมใช้ iPhone มักจะเป็นผู้ที่ชอบด้านมัลติมีเดีย เช่น การฟังเพลง ดูหนัง และการเล่นเกม บริษัทเกมหลายแห่งจึงผลิตเกมขึ้นมาเพื่อรองรับการทำงานบน iPhone ผู้ใช้สามารถซื้อขายแอปพลิเคชันต่าง ๆ บนอินเทอร์เน็ตแล้วชำระเงินผ่านทางบัตรเครดิต ซึ่งเป็นธุรกิจอีกหนึ่งประเภทที่กำลังเติบโตไปพร้อมกับธุรกิจในกลุ่มสมาร์ทโฟน

1.5 Android พัฒนาโดยบริษัท Google เป็นระบบปฏิบัติการล่าสุด กำลังเป็นที่นิยมมากที่สุดในปัจจุบันนี้ รองรับการใช้งานอินเทอร์เน็ตแบบเรียลไทม์ สามารถใช้บริการจาก Google ได้อย่างเต็มที่ทั้ง SearchEngine, Gmail, Google Calendar, GoogleDocs และ Google Maps มีจุดเด่นคือเป็นระบบปฏิบัติการแบบ OpenSource ทำให้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ตอนนี้มีโปรแกรมต่างๆ ให้เลือกใช้งานมากมาย เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องใช้งานบริการต่าง ๆ จากทาง Google รวมทั้งต้องการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตอยู่ตลอดเวลา

2. แอปพลิเคชันที่ตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้ใช้

ผู้ที่มีความต้องการใช้แอปพลิเคชันแตกต่างกัน จึงมีผู้ผลิตและพัฒนาแอปพลิเคชันใหม่ ๆ ขึ้นมาเป็นจำนวนมาก เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้แต่ละคน ดังนี้

2.1 Education & Reference คือ โปรแกรมด้านสื่อการเรียนการสอนแบบออนไลน์ เช่น E-book และ Language Courses เป็นต้น

2.2 Multimedia & Entertainment คือ โปรแกรมเพื่อความบันเทิง ได้แก่ การฟังเพลง การดูหนัง เป็นต้น

2.3 Games คือ โปรแกรมเกมที่มีความหลากหลายหลายรูปแบบ ได้แก่ Action, Puzzle และ Arcade เป็นต้น นอกจากนี้มักนิยมเล่นเกมออนไลน์รวมทั้งมีการเชื่อมโยงกันเป็นกลุ่มในเครือข่ายสังคมออนไลน์

2.4 Lifestyle & Healthcare คือ โปรแกรมทางด้านสุขภาพ ได้แก่ เมนูอาหารเพื่อสุขภาพ วิธีการทำอาหารเพื่อสุขภาพ การคำนวณแคลลอรี่ และการดูแลสุขภาพ เป็นต้น

2.5 Social Networking คือ โปรแกรมสำหรับการติดต่อสื่อสารในสังคมออนไลน์ เช่น Twitter, Facebook, Instagram และ Whatsapp เป็นต้น

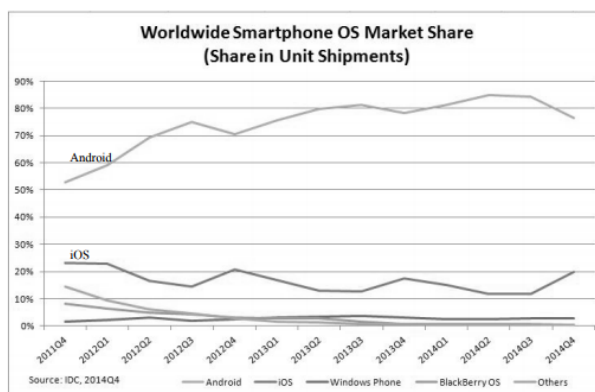
2.6 Finance & Productivity คือ โปรแกรมเกี่ยวกับธุรกรรมทางการเงิน ได้แก่ การโอนเงิน ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ และการชำระเงินผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น

จากประเภทของแอปพลิเคชันบนมือถือดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่าแอปพลิเคชันบนมือถือแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แอปพลิเคชันระบบ และแอปพลิเคชันที่ตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้ใช้ ซึ่งแอปพลิเคชันระบบเป็นระบบปฏิบัติการที่ทำให้แอปพลิเคชันสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันการใช้งานที่ผู้ผลิตพัฒนาขึ้น ส่วนแอปพลิเคชันที่ตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้ใช้พัฒนาขึ้นตามจุดประสงค์การใช้งานที่เฉพาะเจาะจง

สำหรับงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือที่รองรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) เป็นแอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับการศึกษา มีจุดประสงค์การใช้งานเฉพาะสำหรับการเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android OS)

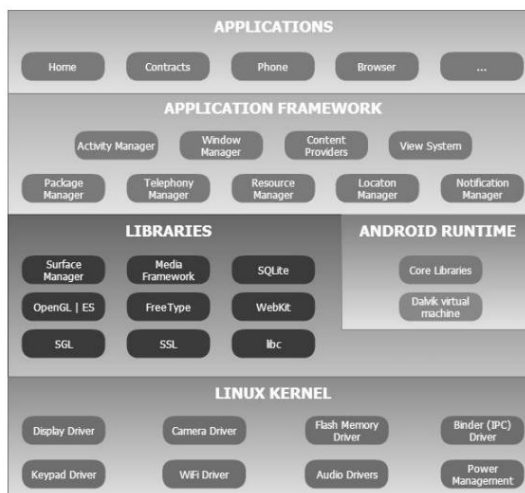
ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ คือ ระบบปฏิบัติการแบบเปิดเผยซอร์สโค้ด (Open Source) ที่มีพื้นฐานอยู่บนลินุกซ์ ในอดีตถูกออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้จอสัมผัส เช่น สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต แต่ปัจจุบันได้แพร่ไปยังอุปกรณ์หลายชนิด เช่น นาฬิกา กล้องดิจิทัล หม้อหุงข้าว และสมาร์ททีวี ทำให้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีจำนวนมาก ผู้บริโภคสามารถเลือกได้ตามต้องการ ในด้านการพัฒนาแอปพลิเคชันสำเร็จรูปที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สามารถที่จะทำได้และง่ายต่อการศึกษา เพราะมีข้อมูลในการพัฒนาเผยแพร่อยู่มากมาย รวมถึงทางกูเกิ้ลมีตลาดในการเผยแพร่แอปพลิเคชันผ่าน Play Store ที่ทุกคนสามารถโหลดมาใช้ได้อย่างง่ายดาย ในด้านของโครงสร้างภาษาที่ใช้ในการแอปพลิเคชัน จะยึดโครงสร้างของภาษาจาวา (Java language) ในการเขียนโปรแกรม เพราะโปรแกรมที่พัฒนามาได้ต้องทำงานอยู่ภายใต้ Dalvik Virtual Machine เช่นเดียวกับโปรแกรมจาวา ที่ต้องทำงานอยู่ภายใต้ Java Virtual Machine นอกจากนี้แอนดรอยด์ยังมีโปรแกรมที่เปิดเผยแพร่ซอร์สโค้ดเป็นจำนวนมาก ทำให้นักพัฒนาที่สนใจสามารถนำซอร์สโค้ดต้นฉบับมาศึกษาได้อย่างไม่ยาก ประกอบกับความนิยมของแอนดรอยด์ได้เพิ่มขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน โดยดูได้จากส่วนแบ่งทางการตลาดของระบบปฏิบัติการดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ส่วนแบ่งการตลาดระบบปฏิบัติการ Charland and Leroux (2011)

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ถูกพัฒนามาจากบริษัทแอนดรอยด์ (Android Inc.) เมื่อปี พ.ศ. 2546 โดย Andy Rubin และถูกบริษัทกูเกิ้ลซื้อกิจการเมื่อเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2548 โดยบริษัทแอนดรอยด์ได้กลายเป็นมาบริษัทลูกของบริษัทกูเกิ้ล ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่พัฒนาจากการนำเอาแกนกลางของระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Kernel) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่ออกแบบมาเพื่อทำงานเป็นเครื่องแม่ข่าย (Server) มาพัฒนาต่อเพื่อให้กลายเป็นระบบปฏิบัติการบนอุปกรณ์พกพา ต่อมาเมื่อเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2550 บริษัทกูเกิ้ลได้ทำการก่อตั้งสมาคม OHA (Open Handset Alliance) เพื่อเป็นหน่วยงานกลางในการกำหนดมาตรฐานกลางของอุปกรณ์พกพาและระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยมีสมาชิกในช่วงก่อตั้งจำนวน 34 รายเข้าร่วม ซึ่งประกอบไปด้วย บริษัทชั้นนำที่ดำเนินธุรกิจด้านการสื่อสาร เช่น โรงงานผลิตอุปกรณ์พกพา บริษัทพัฒนาโปรแกรม ผู้ให้บริการสื่อสารและผู้ผลิตอะไหล่อุปกรณ์สื่อสาร หลังจากนั้นเมื่อเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2551 บริษัทกูเกิ้ล ได้เปิดตัวมือถือตัวแรกที่ใช้ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่ชื่อ T-Mobile G1 หรืออีกชื่อหนึ่งคือ HTC Dream โดยใช้แอนดรอยด์รุ่น 1.1 หลังจากนั้นได้ปรับพัฒนาระบบปฏิบัติการรุ่นมาเป็นลำดับ ต่อมาได้มีการออกผลิตภัณฑ์จากบริษัทต่าง ๆ ออกมาหลากหลายรุ่น หลากหลายยี่ห้อ ตามการพัฒนาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีอยู่อย่างต่อเนื่อง ทำให้สินค้าของแอนดรอยด์มีให้เลือกอย่างมากมาย

โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีการแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกัน โดยส่วนบนสุดจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้งานทำการติดต่อโดยตรง คือ ส่วนของ Applications จากนั้นจะเป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ตามลำดับ และสุดท้ายจะเป็นส่วนที่ติดต่อกับอุปกรณ์โดยผ่านทาง Linux Kernel แสดงได้ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 โครงสร้างระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ Charland and Leroux (2011)

โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีรายละเอียดแต่ละส่วนดังนี้

1. Applications ส่วนแอปพลิเคชันหรือส่วนของโปรแกรมที่มีมากับระบบปฏิบัติการ หรือเป็นกลุ่มของโปรแกรมที่ผู้ใช้งานได้ติดตั้งไว้โดยผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้โปรแกรมต่าง ๆ ได้ โดยตรง การทำงานของแต่ละโปรแกรมจะเป็นไปตามที่ผู้พัฒนาโปรแกรมได้ออกแบบและเขียนคำสั่งโปรแกรมเอาไว้

2. Application Framework เป็นส่วนที่มีการพัฒนาขึ้นเพื่อให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรมได้สะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยนักพัฒนาไม่จำเป็นต้องพัฒนาในส่วนที่มีความยุ่งยากมาก ๆ เพียงแค่ทำการศึกษาถึงวิธีการเรียกใช้งาน Application Framework ในส่วนที่ต้องการใช้งาน แล้วนำมาใช้งาน ประกอบด้วยหลายกลุ่ม ดังนี้

2.1 Activities Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จัดการเกี่ยวกับวงจรการทำงานของหน้าต่างโปรแกรม (Activity)

2.2 Content Providers เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของโปรแกรมอื่น และสามารถแบ่งปันข้อมูลให้โปรแกรมอื่นเข้าถึงได้

2.3 View System เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับการจัดการโครงสร้างของหน้าจอที่แสดงผลในส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface)

2.4 Telephony Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของโทรศัพท์ เช่น หมายเลขโทรศัพท์ เป็นต้น

2.5 Resource Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งในการเข้าถึงข้อมูลทรัพยากรในโทรศัพท์ที่เป็นข้อความหรือรูปภาพ เป็นต้น

2.6 Location Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ระบบปฏิบัติการได้รับค่าจากอุปกรณ์

2.7 Notification Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จะถูกเรียกใช้เมื่อโปรแกรมต้องการแสดงผลให้กับผู้ใช้งานผ่านทางแถบสถานะ (Status Bar) ของหน้าจอ

3. Libraries เป็นส่วนของชุดคำสั่งที่พัฒนาด้วย C/C++ โดยแบ่งชุดคำสั่งออกเป็นกลุ่มตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ประกอบด้วยชุดคำสั่ง ดังนี้

3.1 System C library เป็นกลุ่มของไลบรารีมาตรฐาน

3.2 Media Libraries เป็นกลุ่มการทำงานมัลติมีเดีย

3.3 Surface Manager เป็นกลุ่มการจัดการรูปแบบหน้าจอ 2D และ 3D

3.4 Free Type เป็นกลุ่มของบิตแมป (Bitmap) และเวกเตอร์ (Vector)

3.5 SQLite เป็นกลุ่มของฐานข้อมูล

3.6 Browser Engine เป็นกลุ่มของการแสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์

4. Android Runtime จะมี Dalvik Virtual Machine ที่ถูกออกแบบมา เพื่อให้ทำงานบนอุปกรณ์ที่มีหน่วยความจำ (Memory) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และพลังงาน (Battery) ที่จำกัด การทำงานของ Dalvik Virtual Machine จะทำการแปลงไฟล์ที่ต้องการทำงานไปเป็นไฟล์ .DEX ก่อนการทำงาน เหตุผลก็เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้งานกับหน่วยประมวลผลกลางที่มีความเร็วไม่มาก ส่วนต่อมาเป็น Core Libraries ที่เป็นส่วนรวบรวมคำสั่งและชุดคำสั่งสำคัญ โดยถูกเขียนด้วย ภาษาจาวา

5. Linux Kernel เป็นส่วนที่ทำหน้าที่หัวใจสำคัญในการจัดการบริหารหลักของระบบปฏิบัติการ เช่น เรื่องหน่วยความจำพลังงาน ติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ความปลอดภัยเครือข่าย โดยแอนดรอยด์ ได้นำเอาส่วนนี้มาจากระบบปฏิบัติการลินุกซ์รุ่น 2.6 (Linux 2.6. Kernel) ซึ่งได้มีการออกแบบมาเป็นอย่างดี

ADDIE Model

ADDIE Model ย่อมาจาก Analysis Design Develop Implement Evaluate คือ การออกแบบระบบการเรียนการสอน กล่าวคือ กระบวนการพัฒนาโปรแกรมการสอน จากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุด มีแบบจำลองจำนวนมากมายที่นั่นออกแบบการสอนใช้และสำหรับตามความประสงค์ทางการสอนต่าง ๆ กระบวนการออกแบบการเรียนการสอนแบบ ADDIE สามารถสรุปเป็นขั้นตอนทั่วไป ได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้ (Danks, 2011)

1. ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) ขั้นตอนการวิเคราะห์เป็นรากฐานสำหรับขั้นตอนการออกแบบการสอนขั้นตอนอื่น ๆ ในระหว่างขั้นตอนนี้ จะต้องระบุปัญหา ระบุแหล่งของปัญหา และวินิจฉัยคำตอบที่ทำได้ ขั้นตอนนี้อาจประกอบด้วยเทคนิคการวินิจฉัยเฉพาะ เช่น การวิเคราะห์

ความต้องการ (ความจำเป็น) การวิเคราะห์งาน การวิเคราะห์ภารกิจ ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้ มักประกอบด้วย เป้าหมาย และรายการภารกิจที่จะสอน ผลลัพธ์เหล่านี้จะถูกนำไปยังขั้นตอนการออกแบบต่อไป

2. ขั้นตอนการออกแบบ (Design) ขั้นตอนการออกแบบเกี่ยวข้องกับการใช้ผลลัพธ์จากขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อวางแผนกลยุทธ์สำหรับการพัฒนาการสอน ในระหว่างขั้นตอนนี้จะต้องกำหนดโครงร่างวิธีการให้บรรลุถึงเป้าหมายการสอน ซึ่งได้รับการ วิจัยในระหว่างขั้นตอนการวิเคราะห์และขยายผล ประกอบด้วยรายละเอียดแต่ละส่วน ดังนี้

2.1 การออกแบบ Courseware (การออกแบบบทเรียน) ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา แบบทดสอบก่อนบทเรียน (Pre-test) สื่อ กิจกรรม วิธีการนำเสนอ และแบบทดสอบหลังบทเรียน (Post-test)

2.2 การออกแบบผังงาน (Flowchart) และการออกแบบบทดำเนินเรื่อง (Storyboard)

2.3 การออกแบบหน้าจอภาพ (Screen Design) การจัดพื้นที่ของจอภาพเพื่อใช้ในการนำเสนอเนื้อหา ภาพ และส่วนประกอบอื่นๆ สิ่งที่ต้องพิจารณา ได้แก่ 1) การกำหนดความละเอียดภาพ (Resolution) 2) การจัดพื้นที่แต่ละหน้าจอภาพในการนำเสนอ 3) การเลือกรูปแบบและขนาดของตัวอักษรทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ 4) การกำหนดสี ได้แก่ สีของตัวอักษร (Font Color) สีของฉากหลัง (Background) สีของส่วนอื่น ๆ 5) การกำหนดส่วนอื่นๆ ที่เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้บทเรียน

3. ขั้นการพัฒนา (Development) (ขั้นตอนการสร้าง/เขียนโปรแกรมและผลิตเอกสารประกอบการเรียน) ขั้นตอนการพัฒนาสร้างขึ้นบนบนขั้นตอนการวิเคราะห์และการออกแบบ จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือ สร้าง แผนการสอนและสื่อของบทเรียน ในระหว่างขั้นตอนนี้จะต้องพัฒนาการสอน และสื่อทั้งหมดที่ใช้ในการสอนและเอกสารสนับสนุนต่าง ๆ สิ่งเหล่านี้จะประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์ (เช่น เครื่องมือสถานการณ์จำลอง) และ ซอฟต์แวร์ (เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน) ประกอบด้วยรายละเอียดแต่ละส่วน ดังนี้

3.1 การเตรียมการ เกี่ยวกับองค์ประกอบดังนี้ 1) การเตรียมข้อความ 2) การเตรียมภาพ 3) การเตรียมเสียง 4) การเตรียมโปรแกรมจัดการบทเรียน

3.2 การสร้างบทเรียน หลังจากได้เตรียมข้อความ ภาพ เสียง และส่วนอื่นเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปเป็นการสร้างบทเรียน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดการ เพื่อเปลี่ยน Story Board ให้กลายเป็นบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.3 การสร้างเอกสารประกอบการเรียน หลังจากสร้างบทเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นต่อไปจะเป็น การตรวจสอบและทดสอบความสมบูรณ์ขั้นต้นของบทเรียน

4. ขั้นการนำไปใช้ (Implementation) เป็นขั้นตอนการดำเนินการให้เป็นผล หมายถึง การนำสิ่งที่แท้จริงของการสอน ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบชั้นเรียน หรือห้องทดลอง หรือรูปแบบโดยใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์เป็นฐานก็ตาม จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือการนำส่งการสอน อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ขั้นตอนนี้จะต้องให้การส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียนในสารปัจจัยต่าง ๆ สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนในวัตถุประสงค์ต่างๆ และเป็นหลักประกันในการถ่ายโอนความรู้ของผู้เรียนจากสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ไปยังการทำงานได้เป็นการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ไปใช้โดยใช้กับกลุ่มตัวอย่างมา เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของบทเรียนในขั้นต้น หลังจากนั้น จึงทำการปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริง เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมและประสิทธิภาพ

5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) การประเมินผล คือ การเปรียบเทียบกับการเรียนการสอนแบบปกติโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม เรียนด้วยบทเรียน ที่สร้างขึ้น 1 กลุ่ม และเรียนด้วยการสอนปกติอีก 1 กลุ่ม หลังจากนั้นจึงให้ผู้เรียนทั้งสองกลุ่ม ทำแบบทดสอบชุดเดียวกัน และแปลผลคะแนนที่ได้สรุปเป็นประสิทธิภาพของบทเรียนขั้นตอนนี้วัดผล ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการสอน การประเมินผลเกิดขึ้นตลอดกระบวนการออกแบบการสอนทั้งหมด กล่าวคือ ภายในขั้นตอนต่าง ๆ และระหว่างขั้นตอนต่าง ๆ และภายหลังการดำเนินการให้เป็นผลแล้ว การประเมินผลอาจจะเป็นการประเมินผลเพื่อพัฒนา (Formative evaluation) หรือการประเมินผลรวม (Summative evaluation) โดยสองขั้นตอนนี้ดำเนินการดังนี้

5.1 การประเมินผลเพื่อพัฒนา (Formative evaluation) ดำเนินการต่อเนื่องในภายในและระหว่างขั้นตอนต่างๆ จุดมุ่งหมายของการประเมินผลชนิดนี้คือ เพื่อปรับปรุงการสอนก่อนที่จะนำแบบฉบับขั้นสุดท้ายไปใช้ให้เป็นผล

5.2 การประเมินผลรวม (Summative evaluation) โดยปกติเกิดขึ้นภายหลังการสอนเมื่อแบบฉบับขั้นสุดท้ายได้รับการดำเนินการใช้ให้เป็นผลแล้ว การประเมินผลประเภทนี้จะประเมินประสิทธิผลการสอนทั้งหมด ข้อมูลจากการประเมินผลรวมโดยปกติมักจะถูกใช้ เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับการสอน

งานวิจัยนี้ใช้ ADDIE Model เป็นขั้นตอนในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ATABI ในรูปแบบแอปพลิเคชันบนมือถือ เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันบนมือถือที่ประยุกต์ตามแนวคิดของบลูม

Cheong et al. (2012) ได้ศึกษาการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือด้วยระบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นการเปรียบเทียบการเรียนรู้ในห้องเรียนโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือกับการเรียนรู้แบบบรรยาย การออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

ร่วมกันแบบทันทีทันใดระหว่างนักเรียนในห้องเรียน และส่งเสริมกระบวนการทางปัญญาขั้นสูงตาม ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูมปรับใหม่ มีการนำวิธีเดลฟายมาประยุกต์ในการกำหนดลำดับขั้นตอนของ กิจกรรมการเรียนการสอนที่มีความสอดคล้องกับลำดับขั้นทางปัญญาร่วมด้วย จากผลการทดลอง ชี้ให้เห็นว่า แอปพลิเคชันบนมือถือตามแนวคิดของบลูม กระตุ้นให้เกิดการคิดขั้นสูงในผู้เรียน ส่งเสริม การเรียนรู้แบบร่วมมือ สร้างแรงจูงใจในการเรียนวิชานั้น ๆ มากยิ่งขึ้น และสะท้อนให้เห็นถึง กระบวนการทางปัญญาจากสถานการณ์ที่สร้างขึ้น

Chuang (2015) ได้ศึกษาระบบสนับสนุนทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้สมาร์ทโฟน (SSCLS) โดยมีการประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในห้องเรียน พร้อมกับพัฒนา ให้ความสะดวก และใช้งานง่าย ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในห้องเรียนให้มากขึ้น โดยได้ออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือ เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มการเรียนการสอน (Instructional Group) ประกอบด้วย ผู้สอนและ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน 2) กลุ่มผู้เรียน (Learners Group) เป็นกลุ่มที่มี ปฏิสัมพันธ์กับแอปพลิเคชันบนมือถือโดยตรง และ 3) กลุ่มผู้ดูแลระบบ (IT Service Group) มีหน้าที่ สำคัญในการเก็บรักษาฐานข้อมูล แก้ไขความผิดพลาดและปรับปรุงแอปพลิเคชันบนมือถือ เมื่อเกิดปัญหาหรือมีความจำเป็น และมีการนำวิธีเดลฟาย (Delphi Method) มาประยุกต์ร่วมในเรื่อง การกำหนดลำดับขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีความสอดคล้องกับลำดับขั้น ทางปัญญา ตามแนวคิดของบลูมให้เห็นเป็นขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่เข้าใจได้ง่ายและชัดเจนมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ SSCLS เป็นระบบที่ส่งเสริมการคิดขั้นสูง และส่งเสริมกระบวนการทางปัญญาของบลูม จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ แสดงทัศนคติที่เป็นบวกต่อการใช้ SSCLS และ SSCLS สามารถส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนมากกว่าการบรรยายแบบดั้งเดิม นักเรียนรู้สึกว่ SSCLS ทำให้รู้สึกสนุกและมีความพึงพอใจในการนำ SSCLS มาประยุกต์ ในรายวิชาที่เรียนในห้องเรียน

Reychav and Wu (2016) ได้ศึกษาการมีส่วนร่วมระหว่างกิจกรรมทางปัญญาที่มีความ ซับซ้อนกับปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้ ในการอบรมแบบมีส่วนร่วมด้วยแอปพลิเคชันบนมือถือ โดยออกแบบ กิจกรรมในแอปพลิเคชันบนมือถือตามความซับซ้อนทางปัญญา โดยนำมิติทางด้านความรู้มาประยุกต์ ในการกำหนดระดับของกิจกรรม กำหนดให้กิจกรรมในระดับที่ 1 มีความซับซ้อนน้อยที่สุด สะท้อนเรื่องความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge) และความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge) กิจกรรมในระดับที่ 2 มีความซับซ้อนปานกลาง สะท้อนเรื่องความรู้ ในกระบวนการ (Procedural Knowledge) และกิจกรรมในระดับที่ 3 มีความซับซ้อนสูงสุด สะท้อน เรื่องความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge) ผู้ใช้แต่ละคนจะมีปฏิสัมพันธ์กับแอปพลิเคชัน บนมือถือที่ได้กำหนดกิจกรรมต่าง ๆ เอาไว้ พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้ใช้จะแสดงออกมาจากการที่ได้ ปฏิบัติกิจกรรม โดยเปรียบเทียบการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือแบบไม่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้กับแบบที่มี ปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ ทั้งแบบรายบุคคลและแบบกลุ่ม ผลปรากฏว่า แอปพลิเคชันบนมือถือแบบไม่มี

ปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ ในด้านการปฏิบัติเมื่อกิจกรรมที่มีความซับซ้อนสูงขึ้นบทบาทความเป็นทีมจะลดลง ส่วนด้านการรับรู้ มีความแตกต่างระหว่างรายบุคคลกับกลุ่ม และแอปพลิเคชันบนมือถือแบบที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ ด้านการปฏิบัติไม่มีความแตกต่างระหว่างรายบุคคลกับกลุ่มส่วนด้านการรับรู้ มีความแตกต่างระหว่างรายบุคคลกับกลุ่ม

Chuang (2017) ได้ศึกษาแอปพลิเคชันบนมือถือที่ส่งเสริมระบบคำสั่งภาษาอังกฤษระดับปานกลาง (MEMIS) โดย MEMIS เป็นแนวทางในการปรับเปลี่ยนการเรียนภาษา อังกฤษแบบบรรยายมาประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในห้องเรียนให้เป็นห้องเรียนสมัยใหม่ที่ออกแบบการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือประยุกต์ตามลำดับขั้นทางปัญญาแนวคิดของบลูม ในมิติด้านกระบวนการทางปัญญา ได้ออกแบบแอปพลิเคชันเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มการเรียนการสอน ประกอบด้วย ผู้สอนและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน ผู้สอนสามารถถ่ายโอนข้อมูลและสื่อการสอนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือได้โดยตรง สามารถสร้างคำถาม สร้างแบบทดสอบ ตรวจสอบข้อมูลของกลุ่มผู้เรียนได้ด้วยตัวเองโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือที่พัฒนาขึ้น 2) กลุ่มผู้เรียน (Learners Group) เป็นผู้ที่มีปฏิสัมพันธ์กับแอปพลิเคชันบนมือถือโดยตรง ไม่ว่าจะเป็นการตอบคำถาม การทำกิจกรรมต่าง ๆ บนมือถือ การแสดงความคิดเห็น การทดสอบ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงและติดตามผู้สอนได้จากโทรศัพท์มือถือของตัวเองผ่านทางแอปพลิเคชันบนมือถือ และ 3) กลุ่มผู้ดูแลระบบ (IT Service Group) จะมีเครื่องแม่ข่าย (Server) สำหรับเก็บข้อมูลทั้งของผู้สอนและผู้เรียน มีหน้าที่สำคัญในการเก็บรักษาฐานข้อมูล แก้ไขความผิดพลาดและปรับปรุงแอปพลิเคชันบนมือถือเมื่อเกิดปัญหา หรือมีความจำเป็น การมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับแอปพลิเคชันบนมือถือ จะต้องผ่านการรับส่งหรือดึงข้อมูลซึ่งกันและกันผ่านกลุ่มนี้ จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า MEMIS เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงการบรรยายแบบดั้งเดิมให้มีความน่าสนใจ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนในห้องเรียนมากขึ้น ส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกันและทำให้บรรลุผลการเรียนรู้ดีขึ้น

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันบนมือถือที่ประยุกต์ตามแนวคิดของบลูม ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การนำแอปพลิเคชันบนมือถือมาเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ในห้องเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น มีเจตคติเชิงบวกต่อรายวิชานั้น ๆ ทั้งการเรียนรู้เป็นรายบุคคล และการเรียนรู้แบบกลุ่ม การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือตามแนวคิดของบลูม เน้นการออกแบบด้านพุทธิพิสัยเป็นหลัก โดยได้มีการนำมิติที่ 1 ด้านความรู้ หรือมิติที่ 2 ด้านกระบวนการทางปัญญามาเป็นกรอบในการออกแบบกิจกรรมต่าง ๆ ในแอปพลิเคชันบนมือถือ ทำให้พฤติกรรมการเรียนรู้ตามลำดับขั้นทางปัญญา ได้แก่ 1) จำ 2) เข้าใจ 3) ประยุกต์ 4) วิเคราะห์ 5) ประเมินค่า และ 6) สร้างสรรค์ ของนักเรียนแสดงออกมาอย่างชัดเจน ดังนั้น ชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือตามแนวคิดของบลูมสามารถพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ได้จริง

อย่างไรก็ตาม การออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือตามแนวคิดของบลูมดังกล่าว ยังคงออกแบบด้วยมิติเดียวเท่านั้น การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ยังอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของครูในห้องเรียน ซึ่งจำกัดด้วยเวลาและสถานที่ในการเรียนรู้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาโปรแกรม ATABI ในรูปแบบของแอปพลิเคชันบนมือถือตามแนวคิดของบลูม เพื่อพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยนำมิติที่ 1 ด้านความรู้ หรือมิติที่ 2 ด้านกระบวนการทางปัญญา ทั้ง 2 มิติมาบูรณาการร่วมกัน เกิดเป็นเซลล์ที่ประสานร่วมกันระหว่างมิติของความรู้กับมิติของการใช้สมองเพื่อการเรียนรู้ ทำให้สามารถกำหนดกรอบการดำเนินงานเพื่อไปสู่เป้าหมายที่ต้องการได้ชัดเจนมากขึ้นกว่าเดิม นอกจากนี้นักเรียนสามารถนำไปฝึกด้วยตัวเอง โดยไม่จำกัดในด้านเวลาและสถานที่ ทำให้สามารถพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ได้ตลอดเวลาที่ต้องการ

ตอนที่ 4 คลื่นไฟฟ้าสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประวัติความเป็นมาของการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาระบบประสาทที่สัมพันธ์กับการทำหน้าที่ของกลุ่มเซลล์ประสาท คลื่นที่บันทึกได้นำมาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ เช่น ความผิดปกติเกี่ยวกับการนอนหลับ การวินิจฉัยโรคทางระบบประสาท การวินิจฉัยภาวะสมองตาย นอกจากนี้ยังนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิจัยโดยเฉพาะสาขาจิตวิทยาระบบประสาท (Neuropsychology)

ความเป็นมาของการบันทึกคลื่นไฟฟ้าจากผิวหนังกะโหลกศีรษะของสัตว์เริ่มต้นโดย Richard (1992, p. 56) ระบุว่ามีความเป็นไปได้ในการบันทึกคลื่นไฟฟ้าอ่อน ๆ จากกะโหลกศีรษะ การศึกษาของเขานำไปใช้ได้เฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่มนุษย์ จนกระทั่งการศึกษาของ Berger (1929, p. 84) ที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาแห่ง EEG ที่อธิบายโดยละเอียดในหลักการและคุณลักษณะของ EEG อธิบายถึง Alpha Wave Activity (8-13 รอบต่อวินาที) และระบุว่าคลื่นลดลงตามความสนใจ (Attention) จะดีขึ้น Berger เชื่อมโยงการวัด EEG กับความสนใจ ได้ระบุไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงการทำงานของคลื่น Alpha เนื่องมาจากการกระตุ้นศูนย์สมองของการทำงานเฉพาะที่ เช่น การตื่นตัวของพื้นที่สมองของการมองเห็น (Visual Cortex) เพื่อตอบสนองสิ่งกระตุ้นทางทางสายตาซึ่งทำให้เกิดการยับยั้งโดยทั่วไปในส่วนอื่น ๆ ของเปลือกสมอง สามารถอธิบายเหตุผลว่าการเปลี่ยนแปลงการทำงานของคลื่น Alpha แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงการยับยั้งของสารคอร์ติซอลที่เกิดพร้อมกับการตื่นตัวของศูนย์กลางการทำงานต่าง ๆ กัน และการเปลี่ยนแปลงการยับยั้งการตื่นตัวเช่นนี้ จำเป็นสำหรับการประมวลผลต่อสิ่งกระตุ้นภายนอกหรือภายใน (Ray, 1987, p. 75) ความสนใจที่กระจายในวงกว้างความสัมพันธ์กับการทำงานของคลื่น Alpha ในขณะที่ความสนใจเฉพาะจุดมีความสัมพันธ์

กับการลดลงหรือการหายไปของการทำงานของคลื่นอัลฟา จากการวิจัยเพิ่มเติมของ Berger พบว่า คลื่นที่มีความถี่สูงขึ้น (ซึ่งเขาเรียกว่า Beta Waves) มีความสัมพันธ์กับการทำงานของสมองแบบ เฉพาะจุด อธิบายว่าแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของแบบแผนรูปคลื่นน่าจะเป็นทาลามัส เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการกระตุ้นโดยทั่วไป ในขณะที่ข้อค้นพบเดิมส่วนใหญ่ของ Berger ยังใช้ได้แต่มีข้อสังเกตว่างานวิจัย ไม่สามารถแสดงให้เห็นว่า Subcortical Activity เท่านั้นที่เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของแบบแผน EEG งานวิจัยในปัจจุบันสนับสนุนสมมติฐานที่เป็นโครงสร้าง Subcortical เช่น Thalamus ทำหน้าที่เป็น Presynaptic Inputs ไปยัง Cortical Neural Pathways โดยที่ Presynaptic Inputs ประสานการทำงานของเซลล์ประสาทของเปลือกสมองกลุ่มใหญ่ ซึ่งทำให้เกิดการกระตุ้น ดังนั้นจึงไม่ใช่การทำงานของเซลล์ประสาทในพื้นที่ล่างของเปลือกสมองที่ถูกบันทึกแต่เป็นการทำงานของเซลล์ประสาทเปลือก สมองที่มีโครงสร้าง นักวิจัยส่วนใหญ่เห็นด้วยที่ว่าแหล่งกำเนิดที่น่าจะเป็นไปได้ของแบบแผนคลื่น สมอง ซึ่งบันทึกที่กะโหลกศีรษะเป็นการ Depolarization ของเดนไดรต์ (Dendrite) ของเซลล์ ประสาทพिरามิด (Pyramidal Neuron) ในเปลือกสมอง (Cerebral Cortex) (Ray, 1987, p. 56)

กลไกการเกิดคลื่นไฟฟ้าสมอง

ความสามารถทางปัญญาขึ้นอยู่กับการทำงานของเซลล์ประสาทที่เปลือกสมอง (Cerebral Cortex) ดังนั้นการจะเข้าใจกลไกและความแตกต่างของความสามารถทางปัญญาต้องอาศัยการศึกษา เกี่ยวกับการทำงานของสมองในส่วนนี้ ในสมองของคนเรานั้นจะมีเซลล์ประสาทและเซลล์ค้ำจุน บริเวณเนื้อเยื่อสมองที่มีการจัดเรียงอย่างเป็นระเบียบมาก ซึ่งแสดงให้เห็นโดยการสร้างศักย์ไฟฟ้าเอง อย่างเป็นจังหวะต่อเนื่องกัน (Spontaneous Rhythm) Berger เป็นบุคคลแรกที่ทำให้มีการวิเคราะห์ คลื่นไฟฟ้าสมองอย่างเป็นระบบและบัญญัติศัพท์คำว่าคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram , EEG) หมายถึงการบันทึกการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของสมอง การบันทึก คลื่นไฟฟ้าสมองนี้ทำได้โดยวางขั้วไฟฟ้า (Electrode) บนหนังศีรษะ EEG นี้ให้ข้อมูลที่มีประโยชน์ โดยบ่งชี้ถึงสภาพการทำงานของสมองในภาวะปกติและมีพยาธิสภาพและยังให้ข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของสมองระหว่างทำกิจกรรมต่าง ๆ แต่มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่ ปริมาตรของเนื้อเยื่อสมอง ความหนาของเปลือกสมอง (Cerebral Cortex Thickness) และปริมาตร ของน้ำหล่อสมองและไขสันหลัง (Niedermeyer & Silva, 1999, p. 47)

สมองประกอบด้วยเซลล์ประสาท 10^{11} เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีการติดต่อกันแต่ละเซลล์ ประสาทที่ตำแหน่งจุดประสานประสาท (Synapse) โดยอาศัยสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ซึ่งเป็นการทำงานที่เกิดจากการกระตุ้นของไอออนจากภายนอกเซลล์เข้าไปในเซลล์ ส่งผลให้ศักย์ไฟฟ้าที่ เยื่อหุ้มเซลล์จากขณะพักซึ่งมีค่าเป็นลบเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าให้มีความเป็นบวกมากขึ้นจนเกิด ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน (Action Potential) ดังนั้นคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้จึงเกิดจากผลรวมของ ศักย์ไฟฟ้าที่บริเวณจุดประสานประสาท (Synaptic Potential) เดนไดรต์จำนวนมากที่อยู่ใกล้ผิวของ

เปลือกสมองได้ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า (Electrode Site) ที่บันทึกเซลล์ประสาทที่มีการเปลี่ยนแปลง ศักย์ไฟฟ้าที่บริเวณจุดประสานประสาท การส่งสัญญาณจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งเกิดจากการไหลของกระแสไฟฟ้าระหว่างขั้วสองขั้ว (Dipole) ที่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์อยู่เสมอ เนื่องจากมีการนำเข้า (Input) เกิดการเปลี่ยนแปลงไปขั้วไฟฟ้าสองขั้วที่กล่าวนี้ ขั้วหนึ่งอยู่ที่บริเวณเดนไดรต์ในเปลือกสมองชั้นต้น ส่วนอีกขั้วหนึ่งอยู่บริเวณตัวเซลล์ที่อยู่ลึกลงไป โดยเฉพาะเซลล์ประสาทแบบพีรามิด (Pyramidal Neuron) นอกจากนี้การเปลี่ยนของคลื่นไฟฟ้าสมองยังขึ้นอยู่กับ การส่งสัญญาณประสาทระหว่างเปลือกสมองกับทาลามัสซึ่งบริเวณทั้งสองนี้สามารถให้กำเนิดสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นจังหวะได้โดยกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณทาลามัสจะส่งต่อมาที่เปลือกสมอง (Thalamocortical Network) ซึ่งเราสามารถบันทึกได้บริเวณหนังศีรษะ

กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่เซลล์ประสาทยิ่งมากและยิ่งใกล้ตำแหน่งที่เกิดไฟฟ้า สัญญาณที่บันทึกได้จะยังมีขนาดความแรงหรือได้คลื่นไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่มาก แต่อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองค่อนข้างไกลจากต้นตอของสัญญาณไฟฟ้าในเปลือกสมอง ด้วยเหตุผลนี้ขนาดของคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้จากหนังศีรษะภายนอกจะเล็กกว่าขนาดศักย์ไฟฟ้าที่ผนังเซลล์ที่บันทึกจากภายในประมาณ 100-1,000 เท่า ถ้าบันทึกจากผิวของเปลือกสมองโดยตรง (Electrocorticogram) ระหว่างการทดลองในสัตว์หรือระหว่างการผ่าตัดสมองคนจะได้คลื่นไฟฟ้าสมองขนาดใหญ่กว่าที่บันทึกจากหนังศีรษะประมาณ 10 เท่า อย่างไรก็ตามคลื่นไฟฟ้าสมองก็สะท้อนถึงศักย์ไฟฟ้าที่รวมเข้าพร้อมกันจากเซลล์ประสาทกลุ่มใหญ่กลุ่มหนึ่ง ได้มีการประมาณไว้ว่าภายใต้ขั้วไฟฟ้า (Electrode) 1 ตารางมิลลิเมตร ที่วางบนผิวของเปลือกสมองเกิดจากเซลล์ประสาทประมาณ 10,000 ตัว และลงไปลึกประมาณ 0.5 มิลลิเมตร แต่ถ้าบันทึกโดยยังมีกะโหลกศีรษะ คลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้ขนาดเดียวกันนี้ต้องได้มาจากเซลล์ประสาทมากขึ้นถึง 10 เท่า ด้วยเหตุผลนี้เองขนาดของศักย์ไฟฟ้าที่บันทึกได้ขึ้นอยู่กับจำนวนเซลล์ประสาทที่ส่งกระแสประสาทออกมาพร้อมกัน และอยู่ในตำแหน่งที่มีทิศทางเดียวกันจึงสามารถรวมกระแสประสาทได้

ชนิดคลื่นไฟฟ้าสมองจำแนกตามความถี่

การศึกษาคลื่นสมองในย่านความถี่ที่สัมพันธ์กับกิจกรรมของร่างกายมนุษย์ เมื่อวางขั้วไฟฟ้าบนหนังศีรษะได้อย่างเหมาะสมสามารถบันทึกศักย์ไฟฟ้าต่าง ๆ จากส่วนต่าง ๆ ของสมองได้ คลื่นไฟฟ้าปกติประกอบด้วยคลื่นไฟฟ้าที่มีขนาดและความถี่ต่าง ๆ กัน อย่างไรก็ตาม ระหว่างสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งทางสรีรวิทยาคือคลื่นไฟฟ้าจะมีการแกว่งขึ้นลง แต่จะพบว่ามีความถี่หนึ่งเด่นขึ้นมา คุณสมบัติที่สำคัญมากกว่าขนาดของคลื่นแต่ละคลื่นในการแปลผลคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งคลื่นไฟฟ้าสมองอาจมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล อายุ หรือในขณะหลับ หรือตื่น โดย Ramadan, Refat, Elshahed and Ali (2015, pp. 37-38) สามารถแยกประเภทของคลื่นไฟฟ้าสมองตามความถี่ของคลื่นเป็นรอบต่อวินาทีได้ 5 ประเภท ดังนี้

1. Gamma เป็นคลื่นที่มีช่วงความถี่ตั้งแต่ 30 เฮิร์ตซ์ (รอบต่อวินาที) ขึ้นไป มักใช้ยืนยันเกี่ยวกับผู้ที่มีภาวะโรคเกี่ยวกับสมอง หรือเกี่ยวข้องทางด้านความคิดและจิตใจที่กำลังแก้ปัญหา หรือความกลัว เป็นต้น

2. Beta เป็นคลื่นชนิดความถี่ 12 ถึง 30 เฮิร์ตซ์ (รอบต่อวินาที) พบได้ทั่วไป บริเวณสมองส่วนหน้า คลื่นเบต้าจะเพิ่มให้เห็นเด่นชัดขึ้นในคนสูงอายุ เกิดขึ้นเมื่อมีการใช้ความคิดในการทำงานแก้ปัญหา หรือในขณะที่กำลังสนใจอะไรบางอย่างจดจ่อ เครียด หรือตื่นเต้น วิตกกังวล

3. Alpha เป็นคลื่นที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด มีความถี่ 8-12 เฮิร์ตซ์ (รอบต่อ วินาที) ตำแหน่งที่พบได้เด่นชัด คือสมองส่วนท้าย จะตรวจได้ง่ายเมื่อหลับตา และในผู้ที่ปล่อยตัวตามสบาย ผ่อนคลาย หรือไม่ได้กำลังสนใจอะไรเป็นพิเศษ คลื่นแอลฟาจะหายไปเมื่อผู้ป่วย ลืมตา หรือใช้สมาธิ

4. Theta เป็นคลื่นชนิดความถี่ 4-8 เฮิร์ตซ์ (รอบต่อวินาที) พบได้ปกติในเด็กและในทุกอายุขณะนอนหลับใหม่ ๆ หลับไม่ลึก หรือสะลึมสะลือ พบได้ชัดที่สมองส่วนบริเวณขมับ (temporal lobe) มีความสัมพันธ์กับสภาพอารมณ์หรือเมื่อมีความสับสนหรือผิดหวัง

5. Delta คลื่นชนิดความถี่น้อยกว่า 4 เฮิร์ตซ์ (รอบต่อวินาที) ไม่พบในคนปกติที่ตื่น แต่พบได้ในคนนอนหลับลึกปกติในวัยเด็กจะพบคลื่นนี้ในระหว่างสนใจกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง หรืออาจตรวจพบเป็นคลื่นไฟฟ้าผิดปกติพบได้ในบริเวณที่มีพยาธิสภาพ

งานวิจัยนี้ศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ด้วยวิธีวัดค่าเฉลี่ยพลังงานสมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2

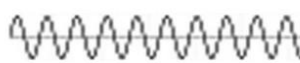
Delta wave



Theta wave



Alpha wave



Beta wave



Gamma wave



ภาพที่ 2-3 คลื่นไฟฟ้าสมองในแต่ละช่วงความถี่ (Ramadan, Refat, Elshahed, & Ali, 2015, pp. 37-38)

วิธีการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง

เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองมีหน่วยขยายสัญญาณแยกจากกันต่างหาก เพื่อให้สามารถบันทึกจากหนังศีรษะหลาย ๆ จุดไปพร้อม ๆ กัน ขั้วไฟฟ้าที่ซั้มักเป็น Silver Chloride Disks ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร วางติดกับหนังศีรษะโดยไม่ต้องโกนผมหรือใช้หมวกสำเร็จรูป โดยทั่วไปมักใช้ขั้วไฟฟ้าจำนวน 64 ช่องสัญญาณ หรือ 32 คู่ วางในรูปแบบซึ่งสามารถสุมตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้ารอบความโค้งของสมองได้ ตามมาตรฐานสากลใช้ระบบวางขั้วไฟฟ้าเรียกว่า ระบบ 10-20 (10-20 Electrode Placement System) โดยแบ่งศีรษะออกเป็น 8 ส่วน คือ Frontal Pole (FP) Frontal (F) Central (C) Parietal (P) Temporal (T) และ Occipital (O) เป็นการบันทึกที่นิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่สำหรับงานวิจัยต่าง ๆ เริ่มจากการวัดระยะจากตั้งจุดที่อยู่ระหว่างคิ้วทั้งสองข้าง ถึงปุ่มท้ายทอย (Inion) ถูกแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ คิดเป็นร้อยละ 10 และ 20 ของระยะทั้งหมด แล้ววางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าบนศีรษะส่วนที่เส้นแบ่งนั้นมาติดกัน แต่ปัจจุบันมีหมวกที่วางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสำเร็จรูปซึ่งนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยคลื่นไฟฟ้าสมองมากขึ้น ขั้วไฟฟ้าคู่หนึ่ง ๆ จะมีสัญลักษณ์ที่บ่งบอกว่าเป็นซีกซ้ายหรือซีกขวา ทางซ้ายมือจะมีชื่อเป็นเลขคี่ ส่วนทางขวามือจะมีชื่อเป็นเลขคู่ การเรียกชื่อขั้วไฟฟ้าในส่วนใดส่วนหนึ่งจะไม่เรียงกันทั้งนี้เพราะต้องการเพิ่มขั้วไฟฟ้าที่ต้องการจะบันทึกมากขึ้นกว่าเดิมจะได้สามารถเรียกชื่อขั้วไฟฟ้าใหม่ตามตัวเลขที่กระโดดข้ามไปนั้นได้ หรือบางงานวิจัยจะใช้เครื่องวัดคลื่นสมองแบบเคลื่อนที่ (Portable EEG Technology) ที่สามารถใช้งานได้ง่าย สามารถใช้วัดคลื่นสมองนอกห้องปฏิบัติการได้ มีหลากหลายรุ่นให้เลือกซื้อซึ่งเป็นอุปกรณ์เชิงพาณิชย์โดยทั่วไป ราคาไม่แพงหากเทียบกับหมวกสำเร็จรูปและกำลังมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบัน

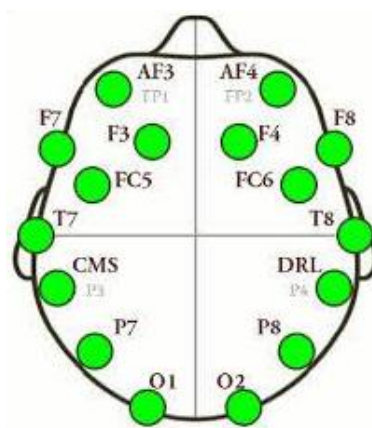
การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองทำได้ 2 วิธี คือบันทึกแบบสองขั้ว (Bipolar Recording) และแบบขั้วเดียว (Monopolar หรือ Unipolar Recording) การบันทึกแบบสองขั้วเป็นการบันทึกความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างตำแหน่งขั้วไฟฟ้า 2 อันบนหนังศีรษะ ส่วนการบันทึกแบบขั้วเดียวเป็นการบันทึกความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างตำแหน่งขั้วไฟฟ้าขั้วหนึ่งบนหนังศีรษะกับตำแหน่งขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference Electrode) ที่วางอยู่ไกลออกไป ปกตินิยมวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าอ้างอิงที่ตั้งหู (A1 และ A2) และกลางกะหม่อม (Vertex) ของกะโหลกศีรษะ (Cz) การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าทำได้โดยการพิจารณาเกี่ยวกับแอมพลิจูด (Amplitude) และแอมพลิจูด (Amplitude) ระยะตั้งแต่เริ่มกระตุ้นจนเริ่มตอบสนองหรือระยะแฝง (Latency) การกระจายของคลื่นไฟฟ้าสมอง การวิเคราะห์ในปัจจุบันใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทำให้มีความสะดวกมากขึ้น

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เครื่องวัดคลื่นสมองแบบเคลื่อนที่รุ่น Emotiv EPOC Neuroheadset จำนวน 14 Channels โดยเครื่องนี้มีการจดทะเบียนของบริษัท Software Development Kit (SDK) ซึ่งมีการพัฒนา Neurotechnology

ที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพสูงและเป็น Neuroheadset แบบไร้สาย (Wireless) สามารถแสดงผลวิเคราะห์และบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram) ได้ทั้งหมด 14 ช่องสัญญาณ ใช้หลักการตรวจวิเคราะห์จาก The 10-20 Systems หรือ International 10-20 Systems โดยแสดงผลคลื่นไฟฟ้าสมองตามตำแหน่งต่อไปนี้ AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1 และ O2 มีตำแหน่งอ้างอิง 2 จุด คือ CMS และ DRL ซึ่งตรงกับตำแหน่ง P3 และ P4 ตามลำดับ (ดังภาพที่ 2-5) เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมองนี้ไม่ได้ใช้เป็นเครื่องมือทางการแพทย์ในการวินิจฉัยโรคแต่เหมาะกับการใช้ศึกษาวิจัยได้โดยปลอดภัยไม่มีภาวะแทรกซ้อนหรือผลข้างเคียงใด ๆ ทางทางการแพทย์ ดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 Emotiv EPOC Neuroheadset (Lacko, Vleugels, Fransen, Huysmans, De Bruyne, Van Hulle, & Verwulgen, 2017)



ภาพที่ 2-5 ตำแหน่งอิเล็กโทรดของ Emotiv EPOC Neuroheadset (McMahan, Parberry, & Parsons, 2015)

1. คุณสมบัติของ Emotiv EPOC

Emotiv EPOC เป็นเครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีความละเอียดสูง มีหลายช่องสัญญาณ เป็นแบบพกพาซึ่งออกแบบไว้สำหรับงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งมีคุณสมบัติที่เด่นชัดดังนี้

1.1 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพและสถานะทางอารมณ์

ชุดเครื่องมือนี้ตรวจสอบสถานะทางอารมณ์แบบทันทีทันใด (Real-Time) เปิดมุมมองพิเศษการมีปฏิสัมพันธ์ด้วยการยินยอมให้คอมพิวเตอร์ตอบสนองต่ออารมณ์ของผู้ใช้ ลักษณะต่าง ๆ สามารถเปลี่ยนการตอบสนองต่อความรู้สึกของผู้ใช้ เช่น ดนตรี ฉาก แสง สี เสียง ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนตามประสบการณ์ของผู้ใช้แบบทันทีทันใด สามารถตรวจสอบสถานะของผู้ใช้เพื่อให้สามารถปรับแต่งและปรับค่าต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์ได้ เครื่องมือนี้สามารถรวมเข้ากับอุปกรณ์นำเข้าอื่น ๆ ได้ เช่น อุปกรณ์ติดตามดวงตา (Eye Tracking Device) ในการให้ผลตอบกลับแบบทันทีทันใด การเชื่อมต่อระหว่างสิ่งเร้ากับผู้ใช้สามารถตรวจสอบได้จากระดับการมีส่วนร่วม ระดับความรู้สึกเบื่อหน่าย ระดับความตื่นเต้น ระดับความผิดหวัง และระดับการทำสมาธิแบบทันทีทันใด

1.2 การแสดงออกทางสีหน้า

สัญญาณที่ใช้นี้วัดโดย Emotiv EPOC ในการแปลผลการแสดงออกทางสีหน้าของผู้ใช้แบบทันที ที่ให้ความเป็นธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งที่เข้ามาในชีวิต เมื่อผู้ใช้ยืมสัญลักษณ์ของพวกเขาสามารถจำลองการแสดงออก ก่อนที่พวกเขาจะทราบความรู้สึกของตัวเอง ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งที่ปัญญาประดิษฐ์ (AI) สามารถตอบสนองความเป็นธรรมชาติของผู้ใช้ในแบบที่มนุษย์มีเท่านั้นจนกระทั่งปัจจุบัน

1.3 การสั่งการทางสมอง

ชุดเครื่องมือนี้สามารถอ่านและแปลความหมายตั้งแต่การมีสติของผู้ใช้จนถึงความตั้งมั่นแน่วแน่ ผู้ใช้สามารถจัดการกับวัตถุเสมือนหรือวัตถุที่เป็นจริง โดยใช้พลังความคิดของพวกเขาสำหรับครั้งแรก และสามารถที่จะจินตนาการพลังงานเหนือธรรมชาติได้

เครื่องมือวัดคลื่นสมองแบบเคลื่อนที่รุ่น Emotiv EPOC Neuroheadset จะประมวลผลคลื่นสัญญาณไฟฟ้าสมอง และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ทำกรวัดได้แบบทันทีทันใด (Real Time) โดยผ่านซอฟต์แวร์ประยุกต์ต่าง ๆ ที่สนับสนุนการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมอง เช่น Emotiv Pro, Emotiv App, Emotiv PCI, TestBench™, และ EEGLAB เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ Emotiv Pro เป็นซอฟต์แวร์สำหรับบันทึกข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองที่วัดได้จาก Emotiv EPOC Neuroheadset

2. คุณลักษณะของ Emotiv EPOC

Emotiv EPOC มีคุณลักษณะดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2-2 คุณลักษณะของ Emotiv EPOC

รายการ	คุณลักษณะ
จำนวนช่องสัญญาณ	14 ช่องสัญญาณ และมีจุดอ้างอิง 2 ตำแหน่ง คือ P3, P4
ตำแหน่งช่องสัญญาณ	AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1 และ O2
Sampling Method	Sequential Sampling. Single ADC
Sampling Rate	128 SPS (2048 Hz internal)
Resolution	14 bits 1 LSB = 0.51 μ V (16 bit ADC, 2 bits Instrumental Noise Floor Discarded)
Bandwidth	0.2 - 45Hz, Digital Notch Filters at 50Hz and 60Hz
Filtering	Built in Digital 5th Order Sinc Filter
Dynamic Range (Input Referred)	8400 μ V (pp)
Coupling Mode	AC Coupled
การเชื่อมต่อ	เชื่อมต่อด้วยสัญญาณ Wireless, 2.4GHz band
Power	LiPoly
การใช้งานแบตเตอรี่	12 ชั่วโมง
การวัดความต้านทาน	คุณภาพการติดต่อแบบทันทีทันใด (Real Time)

3. ชนิดคลื่นไฟฟ้าสมองจำแนกตามความถี่

คลื่นไฟฟ้าสมองตามความถี่ของคลื่นเป็นรอบต่อวินาทีที่สามารถบันทึกได้ จำแนกได้ ดังนี้

- 3.1 Theta เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ระหว่าง 4-8 Hz
- 3.2 Alpha เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ระหว่าง 8-12 Hz
- 3.3 Low Beta เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ระหว่าง 12-16 Hz
- 3.4 Low Beta เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ระหว่าง 16-25 Hz
- 3.5 Gamma เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ระหว่าง 25-45 H

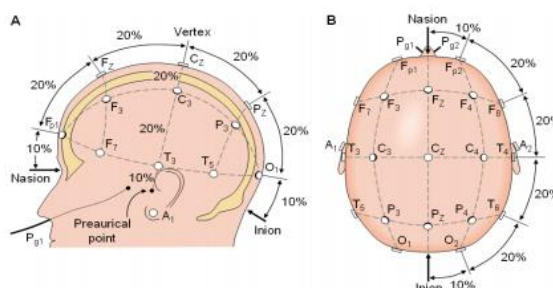
สำหรับการงานวิจัยนี้ใช้ความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Low Beta และ High Beta ที่วัดได้จากเครื่อง Emotiv EPOC Neuroheadset ผ่านโปรแกรม Emotiv Pro มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดและการวิเคราะห์รูปแบบคลื่นตามช่วงความถี่

รูปแบบคลื่นที่อธิบายข้างต้นสามารถตรวจพบได้ในการบันทึก EEG โดยเฉพาะรูปแบบคลื่น Beta เป็นรูปแบบคลื่นที่เห็นได้ชัดแต่ในขณะที่ยังมีรูปแบบคลื่นหนึ่งปรากฏชัดที่สุดในการบันทึก EEG ช่วงความถี่คลื่นอื่น ๆ ส่งผลให้คลื่นซับซ้อน เนื่องจากยากที่จะตรวจพบองค์ประกอบทั้งหมดของรูปแบบคลื่นที่ซับซ้อน จึงได้พัฒนาเทคนิคทางสถิติเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้านิยมใช้ Fast Fourier Transform (FFT) ซึ่งอาศัย Algorithm ที่พัฒนาโดย Cooley and Tukey (1965, p. 86) ซึ่ง Algorithm นี้อยู่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆ ที่ปรับให้เรียบร้อยแล้วเรียกว่า การประมาณค่า (Spectral Density Estimate) การพล็อต Spectral Density แสดงแอมพลิจูดของแต่ละช่วงความถี่ในการบันทึกค่าซึ่งแอมพลิจูดเหล่านี้บางครั้งเรียกว่า กำลัง (Power) ของช่วงความถี่ค่าประมาณกำลังเหล่านี้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

การวางขั้ววัดไฟฟ้าตามระบบ 10-20

การวางขั้ววัดไฟฟ้าตามระบบ 10-20 เป็นวิธีการวางขั้วไฟฟ้าตามมาตรฐานของอเมริกันอัสโซซิเอชัน (American EEG Society) หลักการวาง คือ ใช้ระยะระหว่างตำแหน่งบนกระดูก (Bony Landmarks) เพื่อสร้างเป็นตารางที่มีการตัดกันที่ร้อยละ 10-20 ของระยะแต่ละเส้นที่วัดเพื่อวางขั้วไฟฟ้าตามตำแหน่งนั้น ๆ มาตรฐานในการกำหนดตำแหน่งการวัดสัญญาณ (The Ten-Twenty System, The International 10-20 System of Electrode Placement) เป็นวิธีปฏิบัติการณ์เพื่อหาตำแหน่งวางขั้ววัดไฟฟ้าตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยการวัดศีรษะ แล้วแบ่งส่วนออกเป็นร้อยละ 10 และร้อยละ 20 (ระยะที่วัดได้แต่ละเส้นคิดเป็นร้อยละ 100) ตัวเลข 10-20 หมายถึง ตำแหน่งวางขั้ววัดแต่ละจุดถูกกำหนดให้วางอยู่บนจุดแบ่งตัดกันที่ร้อยละ 10 หรือร้อยละ 20 ของเส้นที่วัดระยะทางแต่ละเส้นบนศีรษะ ดังแสดงในภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 10-20 System (Sharbrough et al., 1991)

จากภาพที่ 2-6 10 - 20 System ขั้ววัดจะวางอยู่ตำแหน่งตัดกันที่ร้อยละ 10 และ ร้อยละ 20 ของระยะทางที่แบ่งบนเส้นวัดศีรษะแต่ละเส้น

หลักการและวิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

คลื่นสมองเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งได้มาจากการส่งสัญญาณเคมีทางชีวภาพในร่างกายมนุษย์ การวัดพลังงานไฟฟ้าบริเวณสมองด้วยเครื่องมือ อิเล็กโทรเอ็นฟาโลแกรม (Electroencephalogram: EEG) ทำให้นักวิจัยทางประสาทวิทยาศาสตร์ พบว่ามนุษย์สามารถควบคุมคลื่นสมอง และสารที่หลังจากสมองได้ หากมีการฝึกฝนทางจิตให้ควบคุมสภาวะอารมณ์และจิตใจได้ ทำให้พบความจริงว่าการเลือกตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกมีผลโดยตรงต่อสภาวะภายในที่เป็นคลื่นไฟฟ้าสมอง หลักการบันทึกการเคลื่อนไหวทางไฟฟ้าของสมองและตำแหน่งต่าง ๆ ในสมองไว้ดังต่อไปนี้

1. การบันทึกด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrical Recording)

ขั้นตอนการจัดเก็บสัญญาณอ็อลิ์ชันตอนแรก คือ ใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าขั้ววัดสัญญาณ (Electrode) ตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าจากบริเวณหนังศีรษะของผู้ใช้ทดลองขั้ววัดดังกล่าวจะมีหลายแบบทั้งแบบที่เป็นแผ่นแปะ (Plate) แบบหมวกครอบศีรษะ (Cap) และแบบเคลื่อนที่ (Headset) สามารถวัดสัญญาณได้พร้อมกันหลายจุด สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากขั้ววัดจะมีขนาดแรงดันต่ำมากในระดับมิลลิโวลต์ (mV) จึงต้องขยายสัญญาณด้วยเครื่องขยายเฉพาะที่เรียกว่า ไบโอมพลิฟายเออร์ (Bio Amplifier) ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการป้องกันและกำจัดสัญญาณรบกวนที่ดีที่สุดและขยายสัญญาณในย่านความถี่ต่าง ๆ เช่น คลื่นสมองได้ดี จากนั้นจะแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยเครื่องดิจิทัลิเซอร์ (Digitizer) และสัญญาณดิจิทัลจะถูกบันทึกไว้โดยคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปใช้งานต่อไป การส่งสัญญาณดิจิทัลระหว่างดิจิทัลิเซอร์และคอมพิวเตอร์นั้น จะต้องทำให้มีวงจรไฟฟ้าแยกจากกัน เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ไหลย้อนกลับมาถึงขั้ววัดซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ ซึ่งการแยกวงจรไฟฟ้าออกจากกันอาจทำได้โดยใช้สื่อนำแสง แทนสื่อนำไฟฟ้า โดยทำการแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นแสงก่อนส่งและแสงจะถูกแปลงกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าทางด้านตัวรับ ดังภาพที่ 2-6

2. การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography)

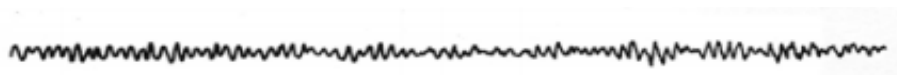
คลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram) มักเรียกย่อว่า คลื่นสมอง หรือ EEG คือ การบันทึกผลรวมของศักย์ไฟฟ้านอกเซลล์ของกลุ่มเซลล์ประสาทในสมองที่อยู่ใต้บริเวณอิเล็กโทรด (ขั้วไฟฟ้า) บันทึกสัญญาณที่บันทึกได้คือสัญญาณเดียวกับของ Electrocorticogram (ECOG) เพียงแต่ EEG ขนาดเล็กกว่าและมีความถี่ต่ำกว่า เพราะเป็นการบันทึกที่ไกลออกจากแหล่งกำเนิด และเป็นการบันทึกผ่านชั้นกะโหลกศีรษะและหนังศีรษะ เป็นผลรวมการทำงานของกลุ่มเซลล์ประสาทปกติจะวางขั้วไฟฟ้าเป็นคู่ที่บริเวณ Frontal, Parietal, Occipital และ Temporal Lobe ทั้งสองซีกสมอง ความถี่ที่บันทึกได้จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-50 Hz (ปกติ 1-30 Hz) มีความสูงคลื่นขนาด

10-100 μV ทั่วไปจะอยู่ในช่วง 10-50 μV แม้ว่าความถี่ค่อนข้างซับซ้อนและขนาดเปลี่ยนแปลงมาก ในเวลาช่วงสั้น ๆ (สุพรพิมพ์ เจียสกุล, 2548, หน้า 47) สถานะของการรับรู้ในความคิด ความรู้สึก ความเข้าใจ ความฝันและการมีเหตุมีผล ซึ่งสถานะการมีสติของแต่ละบุคคลนั้นไม่ว่าจะอยู่ในช่วง ระหว่างที่รู้สึกตัว หลับ หรือครึ่งหลับครึ่งตื่น สามารถวัดได้ 2 ลักษณะ คือ

2.1 การสังเกตที่พฤติกรรม การควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ตั้งแต่การใช้สมาธิในการควบคุม ได้สูงสุดไปจนถึงสถานะที่ไม่รู้สึกตัว

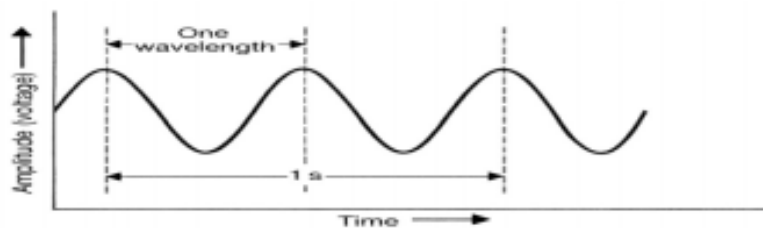
2.2 การวัดด้วยเครื่อง Electroencephalogram (EEG) เป็นการบันทึกกระบวนการเคลื่อนไหวของสมองโดยใช้กระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นการแสดงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 2 จุดบริเวณหนังศีรษะ มีรายละเอียดดังนี้

เมื่อประสาทตื่นตัวมีการเคลื่อนไหว จะแสดงออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า การเคลื่อนไหวทางไฟฟ้านั้นต่อมาจากเส้นประสาทในสมอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถทำการบันทึกได้ในบริเวณที่ใกล้กับผิวหนังด้านนอกของศีรษะ ขั้วไฟฟ้าที่มีสายไฟต่อกันเป็นวงจรไฟฟ้าติดอยู่ที่ศีรษะ โดยมีแก้วผสมตะกั่วกับเกลือที่เป็นสื่อทางไฟฟ้า การทำงานจะเริ่มขึ้นเมื่อได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากศีรษะแล้วส่งคลื่นไปยังตัวเครื่อง ซึ่ง EEG จะทำการเปลี่ยนสภาพคลื่นทันที ด้วยเหตุนี้ระบบ EEG จะแสดงผลการผันแปรกระแสไฟฟ้าของประสาทไว้ล่วงหน้าก่อนทำการบันทึกตัวอย่างการทำงานของระบบ EEG ที่แสดงเป็นลักษณะคลื่น ดังภาพที่ 2-7 ถึงแม้ว่าจะแสดงเพียง 1 คลื่นแต่สามารถอธิบายได้ 2 ทางด้วยกัน



ภาพที่ 2-7 ระบบ EEG ที่เป็นลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมอง (Sharbrough et al., 1991)

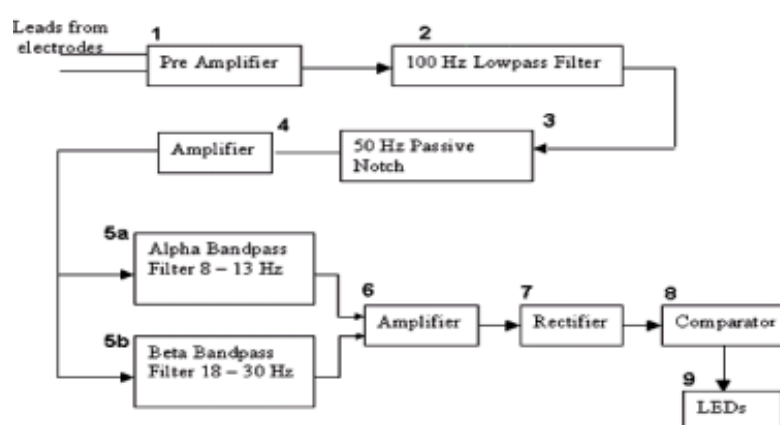
2.2.1 ความกว้างของคลื่น (Amplitude) หมายความว่า มีการบันทึกการเคลื่อนไหวทางไฟฟ้า ในขณะที่อยู่ในระดับที่ต่ำของแรงดันไฟฟ้า เพราะฉะนั้นการขยายกว้างของคลื่นจึงแคบมากเทียบ เป็น Microvolts ดังภาพที่ 2-8 เป็นแนวขยายกว้างออกของคลื่นตั้งแต่ 0.5 จนถึง 100 mV. ซึ่ง EEG สามารถบันทึกความกว้างของคลื่นได้ประมาณ 100 ครั้ง น้อยกว่า Electrocardiogram (EKG) ที่บันทึกได้ประมาณ 1,000 ครั้ง



ภาพที่ 2-8 แรงดันไฟฟ้าและความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Sharbrough et al., 1991)

2.2.2 ความถี่ของคลื่น (Frequency) หมายความว่า รอบการหมุนของคลื่นตั้งแต่เริ่มขยายกว้างออกจนคลื่นกลับอยู่ในระดับสูงสุดจนถึงน้อยที่สุด ซึ่งความถี่จะวัด Hz (Hertz) โดยรอบ การหมุนในครั้งที่ 2 อาจจะมีผันแปรจาก 1 ถึง 30 Hz

3. เครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG Apparatus)



ภาพที่ 2-9 การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (Sharbrough et al., 1991)

เครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ปัจจุบันมีสองลักษณะใหญ่ ๆ คือ เครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองแบบดั้งเดิม (Conventional EEG) ที่ใช้ในการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองลงบนกระดาษบันทึกต่อเนื่อง และเครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองชนิดใช้คอมพิวเตอร์ในการเก็บบันทึกสัญญาณและแสดงผล (Digital EEG) องค์ประกอบหลักของเครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง มีดังนี้

3.1 กล่องต่อขั้ววัดไฟฟ้า (Input Box, Electrode Board หรือ Head Box) เป็นกล่องที่ใช้ต่อเชื่อมขั้ววัดไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง เดิมออกแบบขั้วไฟฟ้าเป็นตัวเมีย ปัจจุบันเปลี่ยนเป็นขั้วชนิดปลอกอดกัยมีชื่อในระบบ 10 - 20 ในกล่องอาจมีเครื่องวัดความต้านทาน

(Impedance) อยู่ด้วย สำหรับเครื่องดิจิทัล อีอีจีมักจะรวมตัวขยายสัญญาณและตัวแปลงสัญญาณ Analog to Digital ไว้ในกล่องนี้

3.2 ตัวเลือกช่องสัญญาณ (Input Selector Switches) เป็นสวิตช์ใช้เชื่อมสัญญาณ จากกล่องต่อขั้ววัดเข้ากับเครื่องขยายสัญญาณแต่ละช่อง (Channel) โดยแต่ละช่องขยายสัญญาณจะมีขั้วสองขั้ว เรียกว่า กริด1 (Grid 1) และ กริด2 (Grid 2) ตัวช่องสัญญาณจะช่วยให้เราสามารถเลือกที่จะใช้ขั้ววัดใดต่อเชื่อมเข้ากับ กริด1หรือ กริด2 ของช่องสัญญาณใด ๆ ได้อย่างอิสระ นอกจากนี้ยังมีตัวเลือกสัญญาณกลาง (Master Switch) ใช้เป็นตัวเชื่อมขั้วไฟฟ้าตามรูปแบบการแสดงผล Montage ที่ต้องการ โดยหมุนหรือกดเพียงครั้งเดียว ส่วนในเครื่องดิจิทัลไม่มีตัวเลือกช่องสัญญาณ ใช้การเชื่อมสัญญาณแต่ละขั้ววัดเข้ากับกริด1 ของเครื่องขยายสัญญาณแต่ละช่อง แล้วใช้การคำนวณด้วยซอฟต์แวร์ในการเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลแทน

3.3 เครื่องกำเนิดสัญญาณมาตรฐาน (Calibration) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณเพื่อใช้ทดสอบการทำงานของเครื่องขยายสัญญาณ เครื่องกรองสัญญาณ และการแสดงผล โดยมีสัญญาณต่างชนิด ต่างขนาดในการทดสอบ

3.4 เครื่องขยายสัญญาณ (Amplifiers) ทำหน้าที่สองอย่าง คือ คัดเลือกสัญญาณ คลื่นไฟฟ้าสมองออกจากสัญญาณรบกวนและขยายสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

3.5 เครื่องกรองสัญญาณ (Filters) ทำหน้าที่ลดทอนสัญญาณที่มีความถี่ตรงกับที่ระบุไว้ เนื่องจากคลื่นไฟฟ้าสมองโดยเฉลี่ยมีความถี่อยู่ในช่วง 1-30 Hz ยกเว้น Spike หรือ Sharp Wave จะมีความถี่สูงกว่า ความเข้าใจในเรื่องนี้จะช่วยอธิบายการเลือกใช้เครื่องกรองสัญญาณที่เหมาะสม เครื่องกรองสัญญาณสามารถสร้างด้วยการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อกรองสัญญาณจริง เรียกว่า ตัวกรองอะนาล็อก (Analog Filter) ส่วนการสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อกรองสัญญาณที่ถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณ Digital แล้วเรียกว่า Digital Filter

3.6 เครื่องแสดงผล (Pen Writing Unit) คือ เครื่องมือที่บันทึกสัญญาณลงบนกระดาษบันทึกต่อเนื่อง ที่นิยมใช้กัน คือ Oscillographic Pen ซึ่งประกอบจากด้ามปากกายึดติดอยู่บนขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก (Galvanometer) ปากกาดังกล่าวมีขดลวดสปริงดึงปากกาให้กลับมาสู่จุดกึ่งกลาง เมื่อสัญญาณไฟฟ้าผ่านขดลวด ปากกาจะขยับขึ้นลงตามสัญญาณ ทำให้ปากกาที่มักมีท่อน้ำหมึกอยู่ที่ปลายปากกาเขียนคลื่นลงบนกระดาษบันทึกต่อเนื่องได้ นอกจาก Oscillographic Pen แล้วยังมีการใช้เครื่องอื่น เช่น กระดาษไวความร้อน (Thermal Paper), Injet Printer และแสดงผลเป็นแผ่นกระดาษพิมพ์ครั้งละแผ่นโดย Laser Printer เป็นต้น

3.7 การแปลงสัญญาณและการแสดงผลในเครื่อง Digital EEG (Analog to Digital Conversion) เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองในปัจจุบันได้พัฒนาจากระบบดั้งเดิมมาเป็นการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการบันทึกและแสดงผลคลื่นไฟฟ้าสมอง ข้อแตกต่างที่สำคัญของ Digital EEG และ

เครื่อง EEG ดั้งเดิม (Analog EEG) คือ Digital EEG ใช้การบันทึกสัญญาณจากทุก ๆ ขั้ววัดไฟฟ้าพร้อมกันโดยเทียบกับจุดอ้างอิงเดียวกัน แล้วจึงนำสัญญาณไปจัดรูปแบบการแสดงผล (Montage) ที่ต้องการในภายหลัง ดังนั้นจึงสามารถปรับขนาดการแสดงผล (Sensitivity), Montage, Filters และนำไปวิเคราะห์ภายหลังได้สะดวก สิ่งที่ต้องคำนึงถึงการแปลงสัญญาณจาก Analog ไปเป็น Digital มีดังนี้

3.7.1 อัตราการวัดสัญญาณ (Sampling Rate) ต้องทำได้อย่างน้อยเป็นสองเท่าของความถี่สูงสุด จึงจะสามารถทำให้การแสดงผลคงสภาพรูปสัญญาณดั้งเดิมได้อย่างถูกต้อง ถ้าสัญญาณที่แสดงผลผิดเพี้ยนไป เช่น เป็นคลื่นความถี่ที่ต่ำกว่าความเป็นจริง ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า Aliasing ในทำนองเดียวกันเมื่อ Sampling Rate สูงพอทำให้ได้สัญญาณที่ถูกต้อง ค่า Dwell time ตามปกติ EEG จะถูกสุ่มที่ 200 Hz จะมี dwell time = 5 ms

3.7.2 ความละเอียดของสัญญาณที่วัดได้แต่ละค่า (Bit Number) ในทางปฏิบัติ กำหนดให้มีการสุ่มสัญญาณอย่างน้อย 2 ยกกำลัง 12 = 4096 ระดับ

3.7.3 ช่วงที่เหมาะสมของสัญญาณ เป็นช่วงของสัญญาณที่ขยายแล้วกับเรื่องแปลงสัญญาณ (Input Voltage Range) จะต้องไม่มีการสูญเสียของสัญญาณการแสดงผลของสัญญาณ ในเครื่อง Digital EEG ใช้การคำนวณเพื่อสร้างรูปคลื่นตามรูปแบบของการแสดงผลที่เราต้องการ (Montage Reformatting) เนื่องจาก Digital EEG เก็บสัญญาณในรูปแบบที่ให้ Grid ของทุกช่องขยายต่อเชื่อมกับขั้ววัดไฟฟ้าตำแหน่งเดียวกัน (Common Electrode Reference) ดังนั้น สามารถแสดงผลตามรูปแบบที่ต้องการได้โดยไม่จำกัด

4. รูปแบบการแสดงผล (Montage)

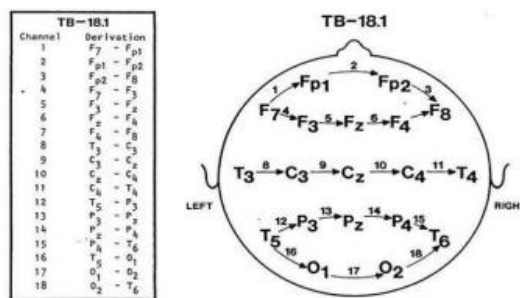
การอ่านคลื่นไฟฟ้าสมองมีหลักการสำคัญ คือ การสร้างการแผ่กระจายของสัญญาณบนหนังศีรษะ (Distribution of The Electrical Signal Over The Scalp) เนื่องจากวิธีการวัด EEG นั้นเป็นการเปรียบเทียบ Grid 1 และ Grid 2 สัญญาณอาจเข้ามาได้ทั้งสองขั้ว ดังนั้น จึงอาศัยการจัดรูปแบบแสดงผลเพื่อนำข้อมูลจากคลื่นไฟฟ้าสมองหลาย ๆ ช่องมาพิจารณาร่วมกันเพื่อประมาณการแผ่กระจายของสัญญาณบนหนังศีรษะ ในทางปฏิบัติมีการจัด Montage เป็นสองกลุ่ม ใหญ่ ๆ ได้แก่

4.1 Bipolar Montage สร้างโดยการต่อขั้ววัดไฟฟ้าบนหนังศีรษะจากจุดที่เป็น Active point เข้ากับ Grid 1 และ Grid 2 ของแต่ละช่องขยายสัญญาณเรียงเป็นแนวหน้าไปหลัง (Longitudinal Bipolar Montage) เป็นแนวขวาง (Transverse Bipolar Montage) การจัดแบบแสดงผลวิธีนี้จะหักลบสัญญาณที่เหมือนกันในขั้ววัดไฟฟ้าข้างเคียง จึงสามารถแสดงสัญญาณจากค่าผลต่างของขั้ววัดไฟฟ้า ทำให้เห็นสัญญาณที่มีขนาดไม่ใหญ่มากกระจายออกมาเฉพาะที่ได้ดี จำเป็นต้องอ่านข้อมูลจากสองแนวเป็นอย่างน้อย เพื่อให้ได้ตำแหน่งแผ่กระจายคลื่นไฟฟ้าสมองที่แน่นอน

4.2 Reference Montage สามารถจัดได้หลายแบบ ในทางปฏิบัติจัดให้ Grid 2 ของทุกช่องขยายสัญญาณ (Channels) ต่อรวมกันที่ขั้ววัดไฟฟ้าเดียว (Common Electrode Reference Montage) ที่ตำแหน่งที่ไม่กระทบต่อสัญญาณที่จะทำการศึกษา เช่น ที่ดั้งหู คอ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วจะหาตำแหน่งที่ไม่ถูกรบกวนโดยสมบูรณ์นั้นทำไม่ได้ การแสดงผลนี้ช่วยให้เห็นการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดเป็นบริเวณกว้างเด่นชัด ข้อควรระวัง คือ อาจมีสัญญาณเข้ามารบกวนที่คลื่น Reference ไปปรากฏทุกช่องสัญญาณ เรียกว่า Reference Contamination มีการดัดแปลง โดยนำขั้ววัดไฟฟ้าหลายขั้วรวมกัน เรียกว่า Average Reference Montage หรือ Weighted Reference Montage ด้วยการต่อความต้านทานสูง ๆ เข้าขั้ววัด Reference เป็นต้น

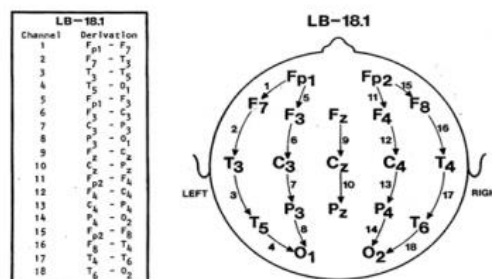
5. การจัดวางรูปแบบแสดงผล (Montage Design)

5.1 การจัดวางรูปแบบแสดงผล แบบการจัดวางขั้ววัดไฟฟ้าจากซ้ายไปขวา



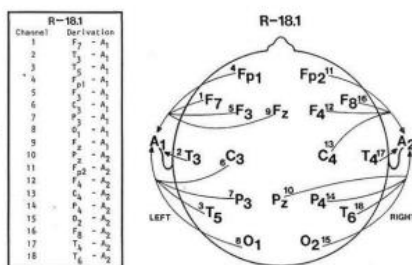
ภาพที่ 2-10 การจัดวางรูปแบบแสดงผลแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าจากซ้ายไปขวา (Sanei, 2007, p.59)

5.2 การจัดวางรูปแบบแสดงผล แบบการจัดวางขั้ววัดไฟฟ้าจากหน้าไปหลัง



ภาพที่ 2-11 การจัดวางรูปแบบแสดงผลแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าจากหน้าไปหลัง (Sanei, 2007, p.59)

5.3 การจัดวางรูปแบบแสดงผล แบบการจัดเรียงขั้ววัดไฟฟ้าให้เป็นไปตามกายวิภาค



ภาพที่ 2-12 การจัดวางรูปแบบแสดงผลแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าให้เป็นไปตามกายวิภาค (Sanei, 2007, p.59)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมายังไม่พบว่า มีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์โดยตรง เนื่องจากคลื่นไฟฟ้าสมองที่วัดได้และเห็นได้ชัดเจนจะเกี่ยวข้องกับหน้าที่การทำงานของสมอง (Cognitive Function) และส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับทางการแพทย์ในการวินิจฉัยโรค หรือความบกพร่องทางสมอง แต่ในทางการศึกษานั้นเน้นที่จะวัดทางพฤติกรรมมากกว่า อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นพบว่า การคิดวิเคราะห์นั้นมีความสัมพันธ์กับเชาวน์ปัญญา (Intelligent) และความคิดสร้างสรรค์ (Creating) (Sternberg, 1985, p. 97; Kao, 2014, p. 84) รวมถึงการให้เหตุผลและแก้ปัญหาเชิงวิเคราะห์ และจากการศึกษาคำนิยามและบริบทของการคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) ในมิติการคิด ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford มีความหมายที่สอดคล้องและตรงกันกับคำนิยามการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูม ดังนั้น จึงได้ศึกษาวิจัยเหล่านี้มาเป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นในการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ดังนี้

Razoumnikova (2000) ได้ศึกษาหน้าที่การทำงานของพื้นที่สมองที่มีความแตกต่างกันระหว่างการคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) กับการคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) ซึ่งเป็นการศึกษาเชิงสำรวจโดยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ในการทดลองนั้นได้วัดคลื่น 6 คลื่น ที่มีความถี่ระหว่าง 4-30 Hz ได้แก่ คลื่น Theta 1, Theta 2, Alpha 1, Alpha 2, Beta 1, และ Beta 2 ผลการศึกษาปรากฏว่า รูปแบบของการเกิดคลื่นมีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับคลื่นที่ใช้เป็นฐาน (Rest) โดยคลื่น Alpha 1, Alpha 2 จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และการแสดงออกจากการทดสอบมีความสัมพันธ์กับสมองส่วนหน้า มีการเชื่อมต่อระหว่างสมองสองซีกให้ประสานการทำงานด้วยกันได้เป็นอย่างดี

Benedek et al., (2011) ได้ศึกษาการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการจากบนลงล่าง (Top-Down Processing) ของการคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) กับการคิด

แบบอเนกนัย (Divergent Thinking) โดยมีแนวคิดว่าการคิดแบบอเนกนัย เป็นการคิดทางเดียวเป็นกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งแคบ และมีทางเลือกน้อยจนได้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดเท่าที่คิดได้จากสิ่งแวดล้อมของปัญหานั้น จึงเป็นแบบที่เรียกว่า ความคิดวิเคราะห์ ส่วนการคิดแบบอเนกนัยเป็นการคิดหลากหลายทาง ต้องอาศัยจินตนาการ (Imagination) และความตั้งใจจริง ผลจากการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การคิดทั้งสองแบบนี้จะทำงานที่บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Cortical) ทำให้คลื่น Alpha มีการเปลี่ยนแปลง และการเปลี่ยนแปลงของคลื่นที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับกระบวนการจากบนลงล่าง

Jauk et al. (2012) ได้ศึกษารูปแบบที่มีความแตกต่างกันของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการทดสอบการคิดแบบอเนกนัย กับการคิดแบบอเนกนัย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่าง กระบวนการคิดแบบอเนกนัย กับกระบวนการคิดแบบอเนกนัย ซึ่งมีหลักฐานเชิงประจักษ์จากการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ในช่วงความถี่ Alpha ปรากฏว่า กระบวนการคิดแบบอเนกนัยจะมีค่าพลังงานที่สูงกว่ากระบวนการคิดแบบอเนกนัย แสดงถึงความสัมพันธ์กับกระบวนการทางปัญญาที่สูงกว่า นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างของบริเวณส่วนสมองที่ถูกกระตุ้นของสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) และสมองส่วนข้าง (Parietal Lobe)

Amin, Malik, Badruddin, and Chooi (2013) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองกับงานการให้เหตุผลทางจิตที่ซับซ้อน (Complex Mental) เป็นการทดสอบเขาวนปัญญาของนักศึกษามหาวิทยาลัยที่เข้าร่วมการทดลองโดยสมัครใจ ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองถูกบันทึกในสถานะพัก (เปิดตาและปิดตา) และระหว่างการทดสอบ IQ ด้วยการวิเคราะห์ตำแหน่งขั้วไฟฟ้ามากกว่า 12 ตำแหน่งบริเวณทิวหนั่งศีรษะ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ระหว่างการทดสอบ IQ คลื่นความถี่ Alpha พบบริเวณสมองส่วนข้าง (Parietal Lobe) สมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe) และสมองส่วนข้าง-ท้ายทอย (Parieto-Occipital) พบพลังงานเฉลี่ยที่ลดลงอย่างมากของคลื่นความถี่ Beta ระหว่างการทดสอบไอคิวที่บริเวณสมองส่วนข้าง (Parietal Lobe) สมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe) และสมองส่วนข้าง-ท้ายทอย (Parieto-Occipital) เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) แสดงให้เห็นความซับซ้อนสูงในสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างการทดสอบ IQ มากกว่าการหลับตา แสดงให้เห็นการกระตุ้นคอร์เทกซ์สูงและความซับซ้อนของคลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างการทดสอบ IQ มากกว่าสถานะพัก

Bazanov and Vernon (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแปลผลของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้า Alpha ในการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่มีความน่าสนใจอย่างมาก โดยเฉพาะบทบาทที่ว่าด้วยการรับรู้จิต-อารมณ์ และด้านสรีรวิทยาของมนุษย์ การตรวจสอบนี้พยายามที่จะอธิบาย คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ในขณะที่มีการทำกิจกรรม โดยตรวจสอบดัชนีดังต่อไปนี้ 1) ความถี่สูงสุดของ Alpha 2) ขนาดการเปิดใช้งานซึ่งวัดโดยแอมพลิจูด Alpha และ 3) ดัชนีอัลฟา "จังหวะอัลฟาโนมัติ" ซึ่งรวมถึง

Chuderski and Jastrzebski (2018) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการแก้ปัญหาเชิงลึกกับการคิดวิเคราะห์ ได้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาเชิงสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงการแก้ปัญหาเชิงลึกกับการคิดวิเคราะห์ และความจำขณะทำงาน ซึ่งการแก้ปัญหาเชิงลึกเป็นกลไกที่เหนือชั้นมากกว่าการคิดวิเคราะห์ แต่มีการทำงานที่สัมพันธ์ใกล้ชิดกัน โดยที่การแก้ปัญหาเชิงลึกอาศัยความจำขณะทำงานและการคิดวิเคราะห์เป็นกลไกการทำงานร่วมกัน และมีความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยความจำขณะทำงานกับการคิดวิเคราะห์ เมื่อหน่วยความจำขณะทำงานดี ส่งผลให้กลไกการคิดวิเคราะห์ที่ดีขึ้นตาม

Truelove-Hill, Erickson, Anderson, Kossoyan, and Kounios (2018) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การเติบโตของเส้นโค้งต่อผลที่จะเกิดขึ้นจากการรับรู้ต่อไปในอนาคตด้วยการแก้ปัญหาแบบความเข้าใจเชิงลึกกับการแก้ปัญหาเชิงคิดวิเคราะห์ โดยการทดสอบการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองการวิเคราะห์ภายใต้โดเมนความถี่ 2-50 Hz ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การแก้ปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันไกลโพ้น จะใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบความเข้าใจเชิงลึก แต่การแก้ปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้ จะแก้ปัญหด้วยการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาทั้งสองแบบนี้เห็นความแตกต่างที่เกิดขึ้นอย่างเด่นชัดในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta (13-30 Hz) และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F7, F8, T7, T8, และ P7 จะมีค่าเฉลี่ยพลังงานที่สูงกว่าตำแหน่งขั้วไฟฟ้าอื่น ๆ

Strmiska and Koudelkova (2019) ได้ศึกษาการวิเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ Brain Computer Interface (BCI) เป็นเครื่องมือการติดต่อสื่อสารโดยตรงระหว่างสมองกับคอมพิวเตอร์ เพื่อประมวลผลกิจกรรมของสมองในขณะนั้นได้ทันทีให้กลุ่มตัวอย่างแก่สมการอย่างง่าย และสมการที่ซับซ้อนที่ต้องใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงตรรกะและคิดวิเคราะห์ ในขณะที่ทำกิจกรรมปรากฏว่าช่วงความถี่คลื่นสมอง Beta มีการเปลี่ยนแปลง และพบมีการทำกิจกรรมของสมองที่สูงมากบริเวณสมองส่วนหน้าทางซีกซ้าย เมื่อต้องแก้สมการที่ซับซ้อน ส่วนการแก้สมการอย่างง่ายส่วนใหญ่พบการทำกิจกรรมของสมองบริเวณส่วนหน้าและสมองส่วนข้างทางด้านขวา

Williams, Kappen, Hassall, Wright, and Krigolson (2019) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดที่มีความแตกต่างของมนุษย์ คือ การคิดเชิงสัญชาตญาณ ซึ่งรวดเร็ว เป็นไปโดยอัตโนมัติและง่าย ๆ และการคิดเชิงวิเคราะห์ ซึ่งช้า ครุ่นคิด และพยายาม โดยทำการทดสอบด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อถอดรหัสกลไกประสาทที่เกี่ยวข้อง ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของช่วงความถี่ Alpha บริเวณส่วนขมับ โดยจะเพิ่มสูงขึ้นหากมีการคิดเชิงสัญชาตญาณ และลดลงหากมีการคิดเชิงวิเคราะห์ สะท้อนให้เห็นถึงการคิดเชิงสัญชาตญาณจะเข้าถึงหน่วยความจำระยะยาวแบบอัตโนมัติ โดยปราศจากการรับรู้ข้อมูลอื่น ๆ ในขณะที่ การคิดเชิงวิเคราะห์ ต้องการความมีส่วนร่วมของศูนย์การควบคุมการทำงานของสมอง กับกระบวนการของหน่วยความจำขณะทำงาน เพื่อประสานการทำงานร่วมกัน

Ricco, Koshino, Sierra, Bonsel, Monteza, and Owens (2021) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างบุคคลในการคิดเชิงวิเคราะห์ และความซับซ้อนของการอนุมานในการให้เหตุผลแบบมีเงื่อนไข ทฤษฎีกระบวนการคู่ของการให้เหตุผลมีการประมวลผลพื้นฐาน 2 ประเภท ซึ่งการประมวลผลแบบที่ 1 นั้น ใช้สัญชาตญาณ ฮิวริสติก คู่ขนาน และอัตโนมัติ และไม่ต้องการหน่วยความจำขณะทำงาน หรือความคิดที่มีสติ ในทางตรงกันข้าม การประมวลผลแบบที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ อัลกอริธึม อนุกรม การไตร่ตรอง และความพยายาม โดยใช้ทรัพยากรจากหน่วยความจำขณะทำงานและการมีส่วนร่วมในการคิดอย่างมีสติสัมปชัญญะ นอกจากนี้ การประมวลผลเชิงคิดวิเคราะห์เชิงตรรกะสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ขึ้นอยู่กับการดึงทรัพยากรที่ใช้งานได้จากหน่วยความจำขณะทำงาน

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า ในสมองของมนุษย์มีบทบาทหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกัน สามารถเห็นได้จากคลื่นสมองที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามการถูกกระตุ้นด้วยการทดสอบแบบต่าง ๆ เช่นเดียวกันเมื่อสมองมีการคิดวิเคราะห์ คลื่น Alpha Beta มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพื้นฐานที่ไม่มีการทำอะไรและพื้นที่สมองที่มีพลังงานสูงเมื่อมีการคิดวิเคราะห์ คือ สมองส่วนหน้า ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษา การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงความถี่ Alpha (8-12 Hz) Beta1 (12-16 Hz) และ Beta2 (16-25 Hz)

บทที่ 3

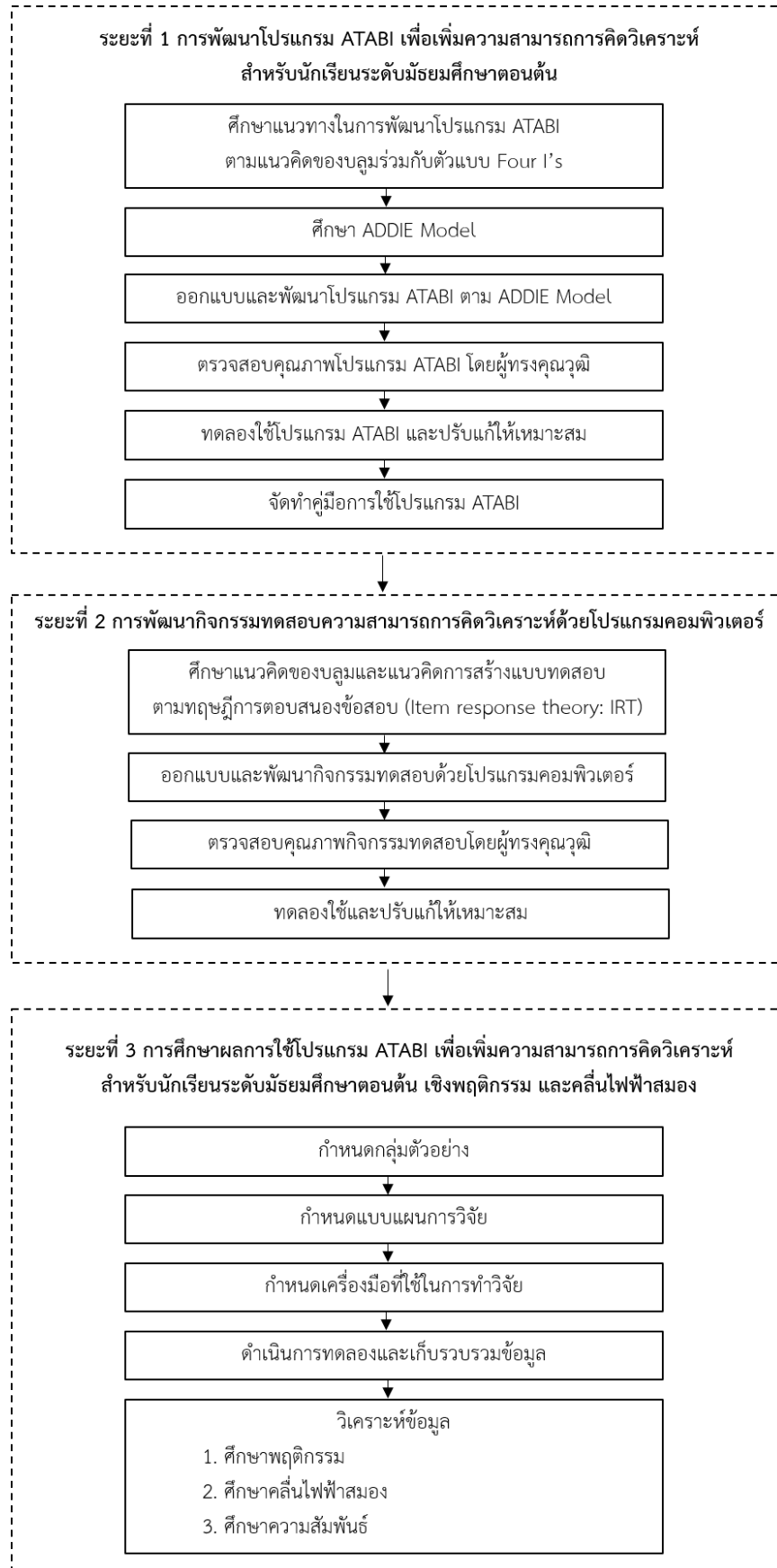
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์และการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ในประเด็นการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาการตอบสนอง จากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง และระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม เปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha Beta1 และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง และระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ซึ่งการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ระยะที่ 2 การพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

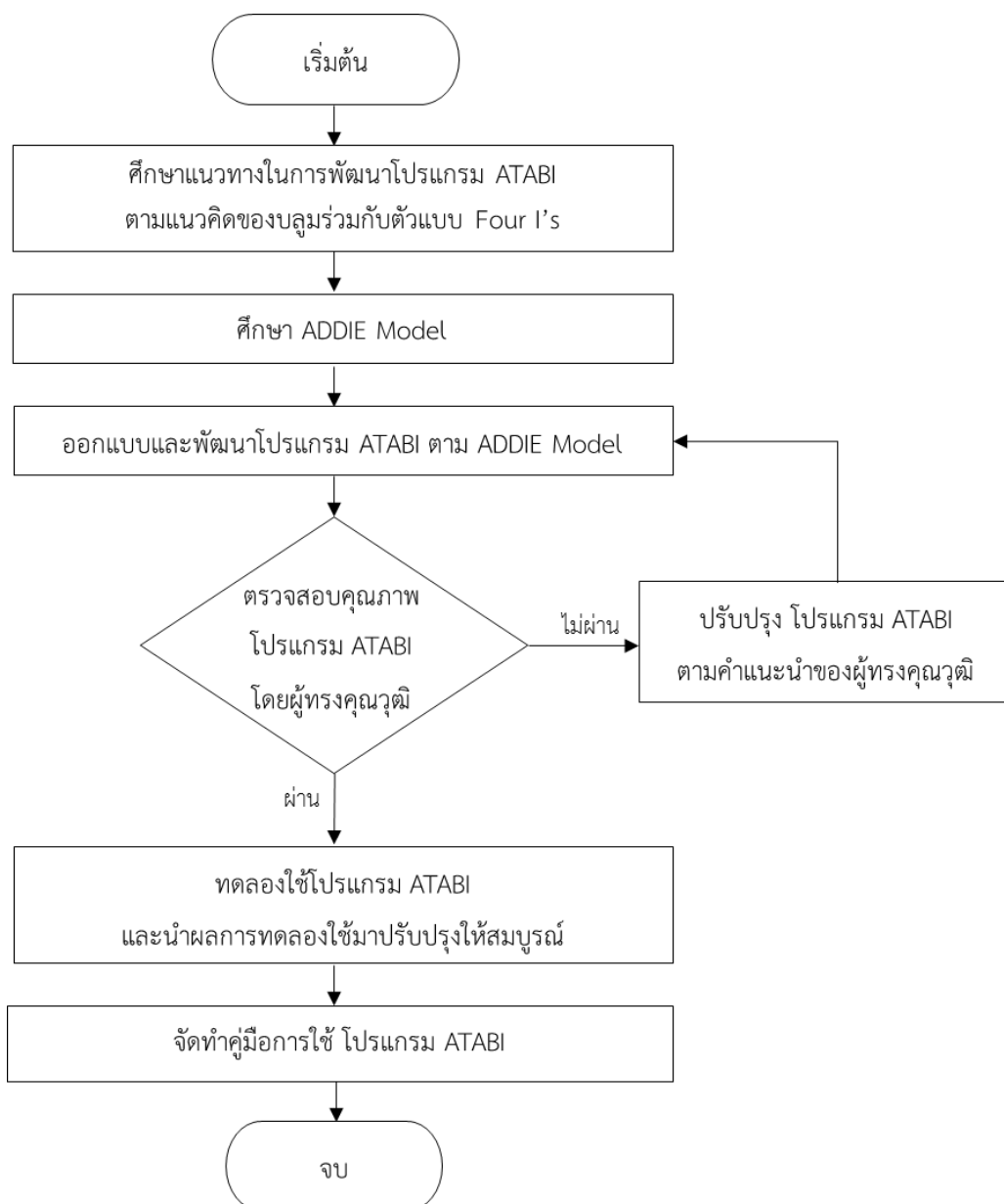
ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เชิงพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง



ภาพที่ 3-1 ระยะดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

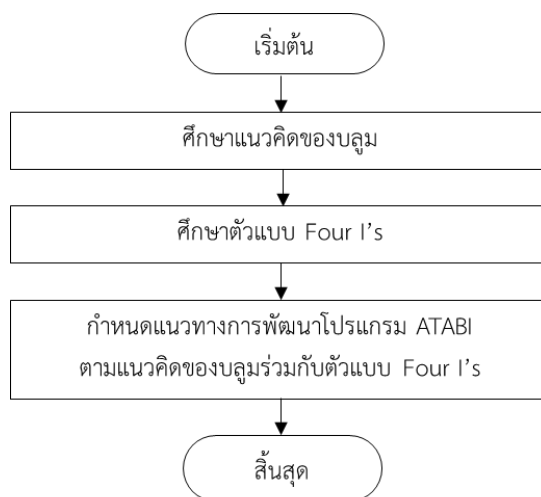
การพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

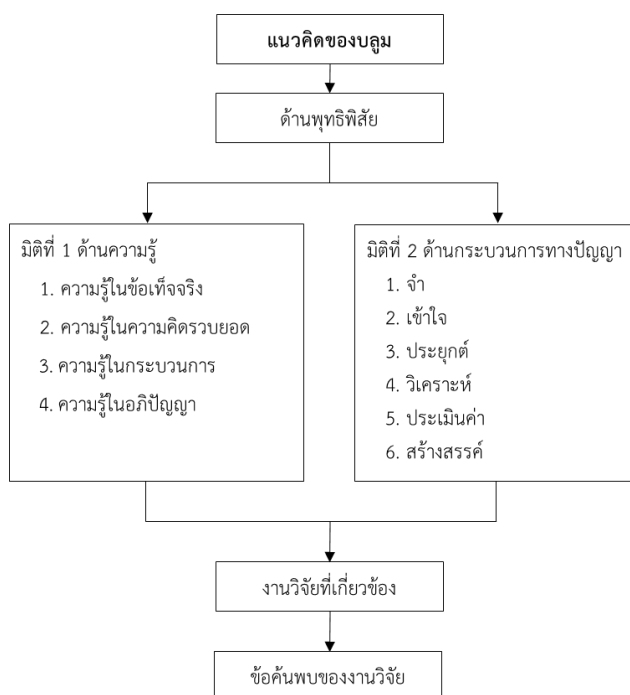
ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการพัฒนาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1.1 การศึกษาแนวคิดของบลูม (Bloom's Revised Taxonomy)



ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการศึกษาแนวคิดของบลูม

จากการศึกษาแนวคิดของบลูมในด้านพุทธิพิสัย ได้แบ่งออกเป็น 2 มิติ คือ มิติที่ 1 ด้านความรู้ การกำหนดให้นักเรียนเรียนรู้เรื่องอะไรบ้าง ประกอบด้วย 1) ความรู้ในข้อเท็จจริง 2) ความรู้ในความคิดรวบยอด 3) ความรู้ในกระบวนการ และ 4) ความรู้ในอภิปัญญา มิติที่ 2 ด้านกระบวนการทางปัญญา การกำหนดให้นักเรียนเรียนรู้อย่างไร ประกอบด้วย ชั้นที่ 1 จำ ชั้นที่ 2 เข้าใจ ชั้นที่ 3 ประยุกต์ ชั้นที่ 4 วิเคราะห์ ชั้นที่ 5 ประเมินค่า และชั้นที่ 6 สร้างสรรค์ เมื่อพิจารณา ทั้ง 2 มิติ เกิดเป็นเซลล์ประสานร่วมกัน 24 เซลล์ ระหว่างมิติด้านความรู้กับมิติด้านกระบวนการทางปัญญา (Anderson et al., 2001) สำหรับการวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการคิดวิเคราะห์เป็นหลัก เพราะการคิดวิเคราะห์เป็นรากฐานของการคิดขั้นสูงอื่น ๆ หากมีการวางรากฐานให้ดี สามารถที่จะต่อยอดหรือพัฒนาการคิดขั้นสูงอื่น ๆ ได้ง่ายขึ้น จึงเกิดเป็นเซลล์ประสานร่วมกันที่การวิจัยนี้ทำการศึกษ จำนวนทั้งหมด 16 เซลล์ ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 เซลล์ประสานระหว่างมิติด้านความรู้กับมิติด้านกระบวนการทางปัญญา

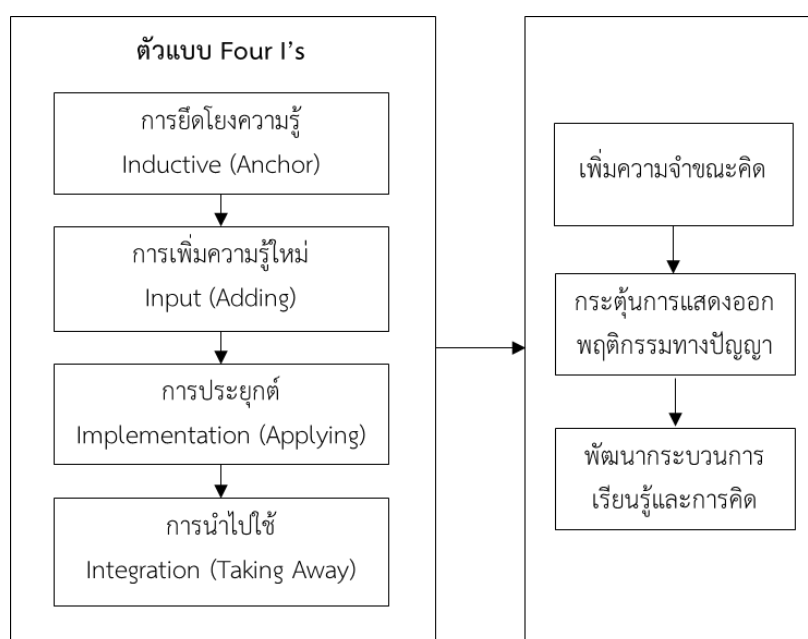
มิติด้านความรู้	มิติด้านกระบวนการทางปัญญา					
	จำ (Remembering)	เข้าใจ (Understanding)	ประยุกต์ (Applying)	วิเคราะห์ (Analyzing)	ประเมินค่า (Evaluating)	สร้างสรรค์ (Creating)
ความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge)	✓	✓	✓	✓		
ความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge)	✓	✓	✓	✓		
ความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge)	✓	✓	✓	✓		
ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge)	✓	✓	✓	✓		

มีงานวิจัยหลายงาน ที่ได้มีการนำแนวคิดของบลูม มาเป็นกรอบในการออกแบบ แอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้ทางปัญญา งานวิจัยของ Reyhav and Wu (2016) ได้ออกแบบกิจกรรมในแอปพลิเคชันบนมือถือตามความซับซ้อนทางปัญญา โดยนำมิติทางด้านความรู้มาประยุกต์ในการกำหนดระดับของกิจกรรมที่มีความซับซ้อนที่แตกต่างกัน ผู้ใช้แต่ละคน มีปฏิสัมพันธ์กับแอปพลิเคชันบนมือถือที่ได้กำหนดกิจกรรมต่าง ๆ เอาไว้ พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้ใช้แสดงออกมาจากการที่ได้ปฏิบัติกิจกรรม และในงานวิจัยของ Cheong et al. (2012) Chuang (2015) และ Chuang (2017) ได้มีการนำมิติด้านกระบวนการทางปัญญามาจัดลำดับกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของนักเรียน ได้สร้างคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน ผ่านทางแอปพลิเคชันบนมือถือ เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามในเรื่องนั้น ๆ แล้วนำ

คำถามดังกล่าวมาอภิปรายร่วมกันในห้องเรียนอีกครั้งหนึ่ง โดยได้ดำเนินการจัดรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้การสอนตามลำดับชั้นทางปัญญาทั้ง 6 ชั้น ได้แก่ ชั้นที่ 1 จำ ชั้นที่ 2 เข้าใจ ชั้นที่ 3 ประยุกต์ ชั้นที่ 4 วิเคราะห์ ชั้นที่ 5 ประเมินค่า และ ชั้นที่ 6 สร้างสรรค์ ทำให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ในแต่ละลำดับชั้น มีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ในรายวิชานั้น ๆ เพิ่มมากขึ้น และมีเจตคติที่ดีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรม เห็นได้ว่าการนำแอปพลิเคชันบนมือถือที่ออกแบบตามแนวคิดของบลูมสามารถพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ แต่ในงานวิจัยที่ผ่านมา มีเพียงการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือโดยการกำหนดมิติใดมิติหนึ่งมาเป็นกรอบการดำเนินการตามแนวคิดของบลูมเท่านั้น ยังไม่พบว่า มีการนำแนวทางทั้ง 2 มิติ คือ มิติด้านความรู้ และมิติด้านกระบวนการทางปัญญา มาเป็นกรอบในการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ และผูกติดกับวิชาใดวิชาหนึ่งที่ต้องการพัฒนา ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงสนใจพัฒนาโปรแกรม ATABI ในรูปแบบของแอปพลิเคชันบนมือถือตามแนวคิดของบลูมด้านพุทธิพิสัยทั้ง 2 มิติ มาเป็นกรอบในการออกแบบโปรแกรม ทำให้เกิดเป็นเซลล์ที่ประสานร่วมกันระหว่างมิติของความรู้กับมิติของการใช้สมองเพื่อการเรียนรู้ ทำให้สามารถกำหนดเนื้อหาและกิจกรรมการพัฒนาที่ชัดเจนได้มากขึ้นกว่าเดิมและเป็นการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ให้เกิดขึ้นในตัว of นักเรียนโดยตรง

1.2 การศึกษาตัวแบบ Four I's

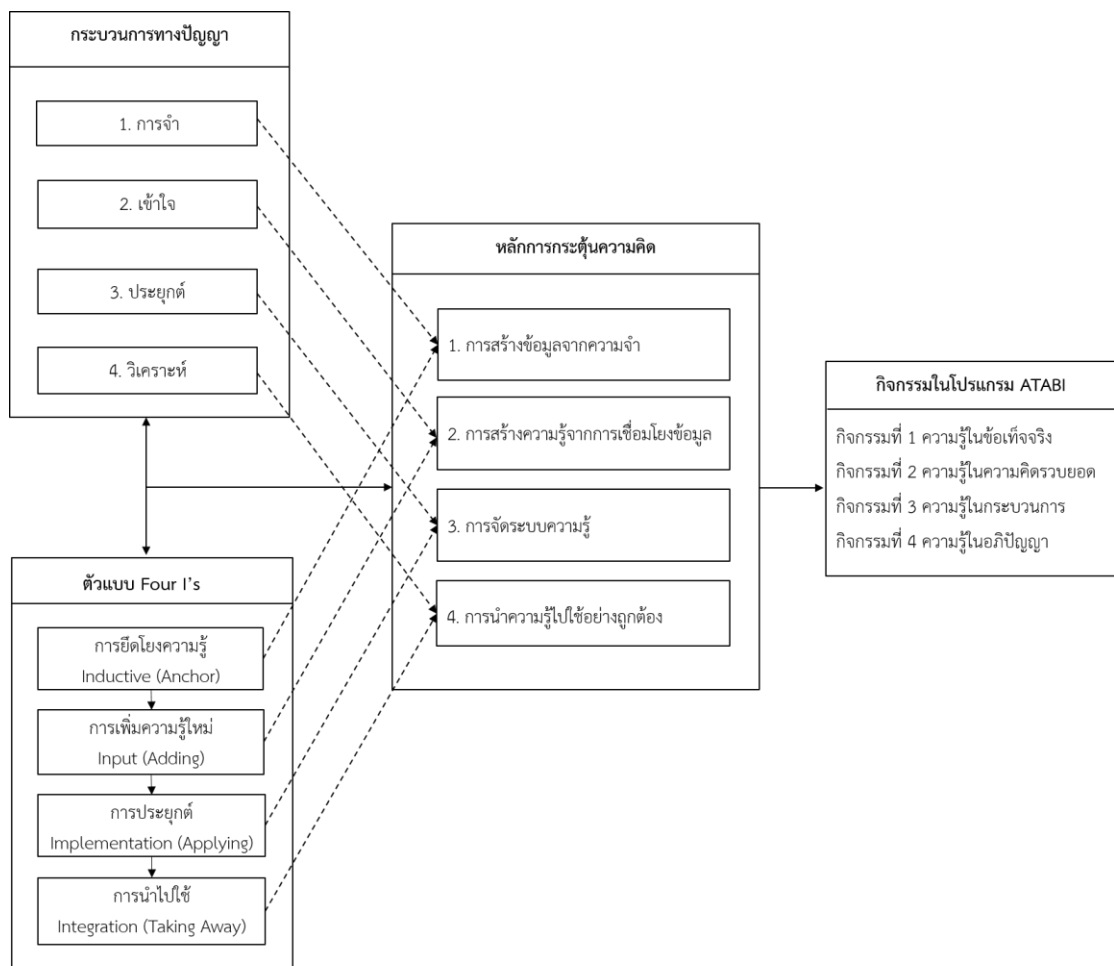


ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนการศึกษาตัวแบบ Four I's

ตัวแบบ Four I's เป็นตัวแบบสำหรับการส่งเสริมการเรียนรู้และการคิด ถือว่าเป็นตัวแบบที่มีความสำคัญในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการ เพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมบรรลุเป้าหมายของกิจกรรมได้ดี และเป็นเครื่องมือที่สามารถตรวจสอบและวัดได้ง่าย ประกอบด้วย

- 1) การยึดโยงความรู้ การดึงความรู้ที่มีอยู่ในเรื่องนั้น ๆ ออกมา
- 2) การเพิ่มความรู้ใหม่ การนำความรู้ใหม่ที่ได้รับมาเชื่อมโยงกับความรู้เก่าที่มี
- 3) การประยุกต์ การนำความรู้มาประยุกต์ในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ใหม่ ๆ และ
- 4) การนำไปใช้ นำไปใช้ในสถานการณ์จริง หรือ ฝึกปฏิบัติบ่อย ๆ สม่่าเสมอจนเกิดทักษะ จากหลักการดังกล่าวนี้ ทำให้แสดงพฤติกรรมทางปัญญาออกมาได้อย่างชัดเจน ซึ่งมีผลต่อการเรียนรู้และความคิด (Vella, 2008, pp. 62-66)

1.3 การกำหนดแนวทางการพัฒนาโปรแกรม ATABI ตามแนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's



ภาพที่ 3-6 แนวทางการพัฒนาโปรแกรม ATABI ตามแนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's

จากการศึกษาแนวคิดของบลูมและตัวแบบ Four I's ทำให้สามารถกำหนดแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม ATABI ได้ดังนี้

1.3.1 การกำหนดหลักการกระตุ้นความคิด

การบูรณาการระหว่างแนวคิดของบลูม ในมิติด้านกระบวนการทางปัญญา และตัวแบบ Four I's ทำให้ได้หลักการใหม่ ที่สามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และความคิด ซึ่งมีความสอดคล้องกับลำดับขั้นทางปัญญาของบลูม ดังนี้

- 1) การสร้างข้อมูลจากความจำ หลักการนี้สอดคล้องกับลำดับขั้นทางปัญญาของบลูม ขั้นที่ 1 จำ เกิดจากการประยุกต์ระหว่าง ขั้นที่ 1 จำ ตามแนวคิดของบลูมร่วมกับ หลักการข้อที่ 1 การยึดโยงความรู้ ของตัวแบบ Four I's
- 2) การสร้างความรู้จากการเชื่อมโยงข้อมูล หลักการนี้สอดคล้องกับลำดับขั้นทางปัญญาของบลูม ขั้นที่ 2 เข้าใจ เกิดจากการประยุกต์ระหว่าง ขั้นที่ 2 เข้าใจ ตามแนวคิดของบลูมร่วมกับ หลักการข้อที่ 2 การเพิ่มความรู้ใหม่ ของตัวแบบ Four I's
- 3) การจัดระบบความรู้ หลักการนี้สอดคล้องกับลำดับขั้นทางปัญญาของบลูม ขั้นที่ 3 ประยุกต์ เกิดจากการประยุกต์ระหว่าง ขั้นที่ 3 ประยุกต์ ตามแนวคิดของบลูมร่วมกับ หลักการข้อที่ 3 การประยุกต์ ของตัวแบบ Four I's
- 4) การนำความรู้ไปใช้อย่างถูกต้อง หลักการนี้สอดคล้องกับลำดับขั้นทางปัญญาของบลูม ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ เกิดจากการประยุกต์ระหว่าง ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ ตามแนวคิดของบลูมร่วมกับ หลักการข้อที่ 4 การนำไปใช้ ของตัวแบบ Four I's

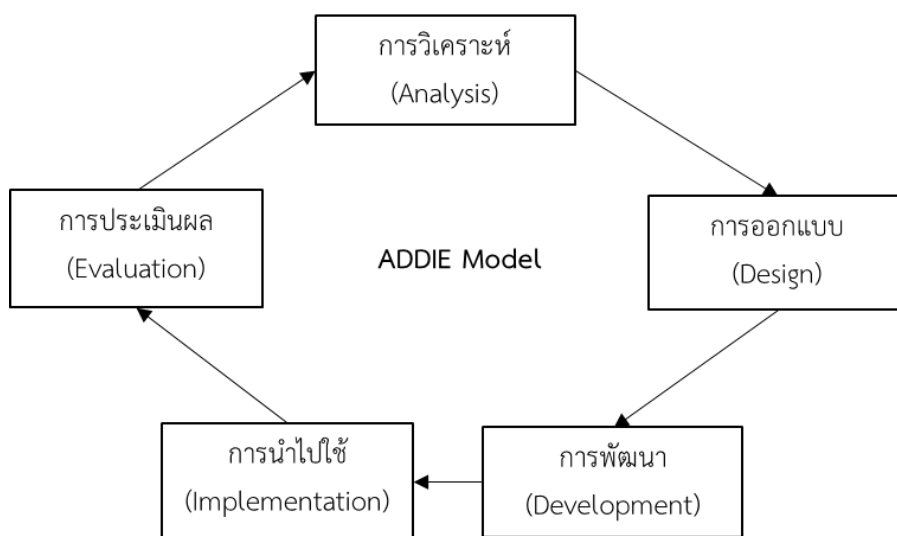
1.3.2 การกำหนดกิจกรรมในโปรแกรม ATABI

การกำหนดกิจกรรมจากแนวคิดของบลูม ด้านพุทธิพิสัย ในมิติด้านความรู้ ว่าต้องการให้นักเรียนเรียนรู้เรื่องอะไร มี 4 กิจกรรม ดังนี้

- กิจกรรมที่ 1 ความรู้ในข้อเท็จจริง
- กิจกรรมที่ 2 ความรู้ในความคิดรวบยอด
- กิจกรรมที่ 3 ความรู้ในกระบวนการ
- กิจกรรมที่ 4 ความรู้ในอภิปัญญา

ในแต่ละกิจกรรมจะมีหลักการกระตุ้นความคิดทั้ง 4 ข้อ ที่เป็นหลักการใหม่อันเกิดจากการบูรณาการระหว่างแนวคิดของบลูมและตัวแบบ Four I's ดังที่กล่าวมาข้างต้น มากระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดตามลำดับขั้นทางปัญญาของบลูม ตั้งแต่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ จนกระทั่ง วิเคราะห์ ที่การวิจัยนี้ต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน โดยเนื้อหาในกิจกรรมทั้ง 4 กิจกรรมนี้ จะมีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

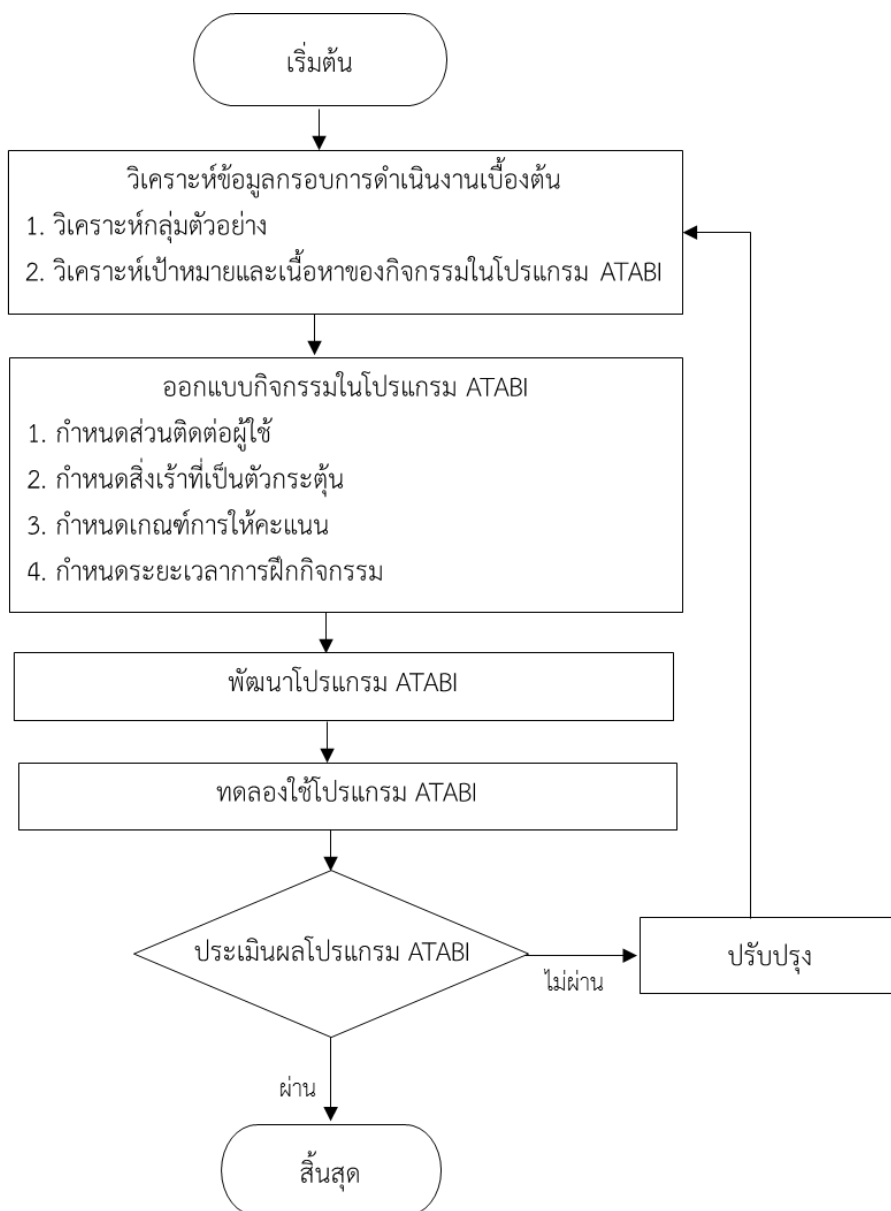
2. ศึกษา ADDIE Model



ภาพที่ 3-7 ขั้นตอนการศึกษา ADDIE Model (Danks, 2011)

ADDIE Model การออกแบบระบบการเรียนการสอน เป็นกระบวนการพัฒนาโปรแกรมการสอน จากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุด ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้ 1) ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) เป็นพื้นฐานสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลที่จำเป็น เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในขั้นตอนต่อไป 2) ขั้นการออกแบบ (Design) เป็นการวางแผนกลยุทธ์สำหรับพัฒนาโครงสร้างวิธีการให้บรรลุถึงเป้าหมาย 3) ขั้นการพัฒนา (Development) เป็นขั้นตอนการสร้างหรือเขียนโปรแกรม 4) ขั้นการนำไปใช้ (Implementation) เป็นขั้นตอนการดำเนินการให้เป็นผลตามเป้าหมายที่ต้องการ 5) ขั้นการประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินผลลัพธ์จากการดำเนินงานเพื่อคุณภาพรวมทั้งหมดและพัฒนาให้ดีขึ้น (Danks, 2011)

3. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ATABI ซึ่งเป็นไปตามกระบวนการออกแบบของ ADDIE Model มีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3-8 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ATABI

3.1. วิเคราะห์ข้อมูลประกอบการดำเนินงานเบื้องต้น

3.1.1 วิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง

วิเคราะห์กลุ่มนักเรียนโดยใช้ข้อมูลจากเอกสารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน โรงเรียนธีรกาณ์บ้านไธสง ในการหาความแตกต่างระหว่างบุคคล ระดับความรู้ พื้นฐานบุคลิกลักษณะ

พิเศษ ความสนใจ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นแนวทางการกำหนดรูปแบบการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน

3.1.2 วิเคราะห์เป้าหมายและเนื้อหาของกิจกรรมในโปรแกรม ATABI ตามแนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's

กิจกรรมสำหรับเพิ่มความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ประกอบด้วย 4 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 ความรู้ในข้อเท็จจริง ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย ได้แก่ 1) พรรณคดีไทยที่ฉันรู้จัก 2) อ่านฉันสิ 3) ฉันเป็นแบบไหน 4) ฉันเป็นใคร

กิจกรรมที่ 2 ความรู้ในความคิดรวบยอด ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย ได้แก่ 1) คำทักทาย 2) ระดับภาษา 3) ฉันอยู่ไหน 4) ภาษาพาเพลิน

กิจกรรมที่ 3 ความรู้ในกระบวนการ ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย ได้แก่ 1) ปัญหาในชีวิตประจำวัน 2) เข้าใจปัญหา 3) รู้ทันปัญหา 4) วิเคราะห์ปัญหา

กิจกรรมที่ 4 ความรู้ในอภิปัญญา ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย ได้แก่ 1) อาชีพที่รู้จัก 2) คุณสมบัติของอาชีพที่ดี 3) จัดกลุ่มอาชีพ 4) อาชีพในฝัน

3.2 ออกแบบกิจกรรมในโปรแกรม ATABI มีการกำหนดรายละเอียดส่วนต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 กำหนดส่วนติดต่อกับผู้ใช้

1) คำชี้แจง คือ ส่วนเริ่มต้นของการทำกิจกรรม ประกอบด้วยคำอธิบายในการฝึกปฏิบัติ พร้อมยกตัวอย่างให้เห็นภาพอย่างชัดเจน เพื่อเตรียมความพร้อมและความเข้าใจก่อนฝึกปฏิบัติจริงในกิจกรรมนั้น ๆ

2) กิจกรรมฝึกปฏิบัติ คือ ส่วนสำหรับฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์

3) ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) คือ คะแนนหลังจากการทำกิจกรรมในแต่ละกิจกรรม แสดงในรูปของคะแนนที่ตอบถูก และคำนวณเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของการตอบถูกทั้งหมดจากทุกข้อรวมกัน แสดงเป็นระดับ และมีการแสดงข้อความในการสร้างขวัญและกำลังใจ ตามระดับคะแนนที่ได้

3.2.2 กำหนดสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น

1) แนวคิดการใช้คำถามเป็นฐาน (Question Based Learning) คือ การใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิดทุกขั้นตอน ตั้งแต่เริ่มแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย แล้วจะได้ข้อสรุปจากการคิดวิเคราะห์ในแต่ละขั้น เพื่อตัดสินใจเลือกคำตอบที่ถูกต้องในกิจกรรมนั้น ๆ

2) พื้นหลัง (Background) คือ การสร้างฉากพื้นหลังของกิจกรรมต่าง ๆ ในแอปพลิเคชันบนมือถือ จากการศึกษาทฤษฎีการรับรู้เกี่ยวกับภาพและพื้นหลัง ปรากฏว่า สามารถจัดหมวดหมู่การรับรู้ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ภาพ จะเป็นจุดเน้นหรือจุดสำคัญ ปรากฏอย่างเด่นชัด ทำให้เกิดการรับรู้ก่อน 2) พื้นหลัง เป็นส่วนรองลงมา จึงมองเห็นอยู่ข้างหลังภาพ ปรากฏติดต่อกัน

เป็นผืนขนาดใหญ่ ไม่มีขอบเขตที่จำกัด (Koffka, 2013, pp. 177-210) ฉะนั้น ถ้าพื้นหลังมีลวดลาย หรือมีหลากหลายสี จะทำให้การมองเห็นภาพไม่ชัดเจนและอาจเกิดเป็นภาพลวงตาได้ (อุบลวรรณ ภวากานันท์, 2555, หน้า 63) ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ฉากพื้นหลังของกิจกรรมต่าง ๆ มีเพียง สีเดียว ไม่มีลวดลาย เพื่อให้นักเรียนสามารถมองเห็นข้อมูลได้อย่างชัดเจนมากที่สุด แต่จะมีสีที่ แตกต่างกันไปในแต่ละกิจกรรม เพื่อความน่าสนใจในการทำกิจกรรมของนักเรียน

3) เสียง (Sound Effect) คือ การกำหนดเสียงกระตุ้นให้เกิดความเข้าใจและตื่นตัว ในการทำกิจกรรม เพิ่มความน่าสนใจในการทำกิจกรรม จะกำหนดการแสดงผลเฉพาะเมื่อมีปฏิริยาโต้ตอบระหว่างแอปพลิเคชันกับผู้ใช้ เช่น ในขณะที่เลือกคำตอบ ในการแสดงข้อมูลย้อนกลับ ไม่มีเสียงบรรเลงตลอดการเปิดใช้งานโปรแกรม ATABI จะกำหนดเสียงเป็นส่วน ๆ ไป

3.2.3 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

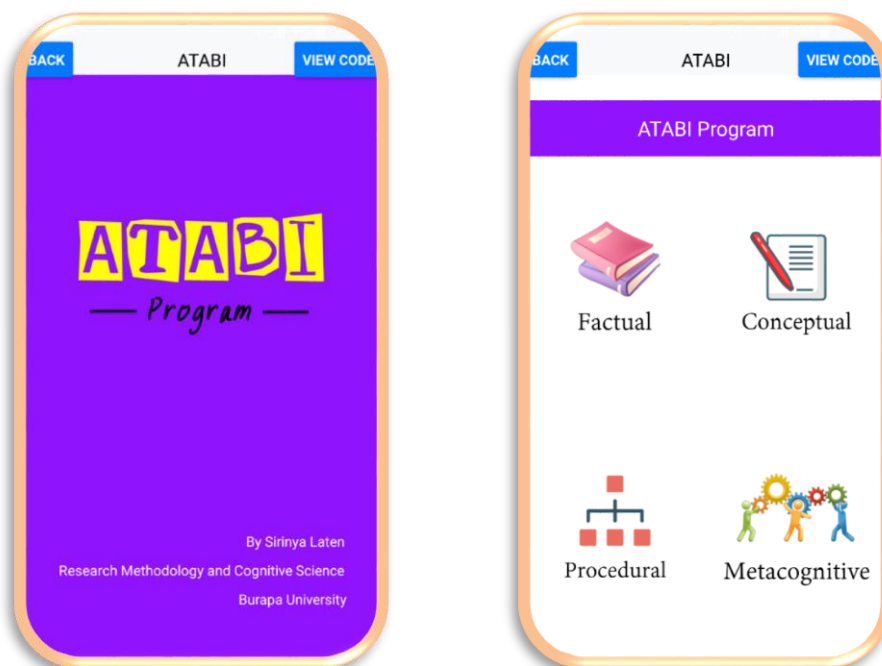
3.2.4 กำหนดระยะเวลาการฝึกกิจกรรม

จากการศึกษาวิจัยของ Valcke, De Wever, Zhu, and Deed (2009) ที่ได้ ศึกษาการส่งเสริมกระบวนการทางปัญญาในกลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยเมนูเครื่องมือที่ประยุกต์ตามแนวคิดของบลูม มีระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง 2 สัปดาห์ ผลลัพธ์ของการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ส่งผลกระทบต่อทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังมีข้อจำกัดที่ว่า ระยะเวลา 2 สัปดาห์ค่อนข้างน้อยเกินไป Art-in (2014) ได้จัดทำแผนการสอนจำนวน 12 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการพัฒนาความสามารถ การคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียน ส่งผลให้การวัดและประเมินผลทางด้าน การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนมากกว่าเกณฑ์ 70% ที่กำหนดไว้ ส่วน Chuang (2015) ได้ศึกษาระบบสนับสนุนทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้สมาร์ทโฟน (SSCLS) มีการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในห้องเรียน โดยใช้เวลา 18 สัปดาห์ ผลลัพธ์ของการศึกษาชี้ให้เห็นว่า สามารถส่งเสริมการคิดขั้นสูงและส่งเสริมกระบวนการทางปัญญาของบลูม และนักเรียนส่วนใหญ่แสดงทัศนคติที่เป็นบวกต่อการใช้สมาร์ทโฟนในห้องเรียน Chuang (2017) มีการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในห้องเรียนตามลำดับขั้นทางปัญญาของบลูม ในการส่งเสริมระบบคำสั่งภาษาอังกฤษ โดยใช้เวลาหนึ่งภาคเรียน (ประมาณ 18 สัปดาห์) ผลลัพธ์ของการศึกษาชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนในห้องเรียนมากขึ้น ส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกันและทำให้บรรลุผลการเรียนรู้ดีขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าว จะเห็นว่างานวิจัยที่ผ่านมาดำเนินการภายใต้ วิชาใดวิชาหนึ่ง จึงดำเนินการทดลองในรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นระยะเวลา อย่างน้อย 12 ชั่วโมง จึงเห็นผลลัพธ์ของการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดระยะเวลาในการฝึกด้วยโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ตอนต้น เป็นเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง ซึ่งมีการฝึกใช้โปรแกรม ATABI สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 4 สัปดาห์

3.3 พัฒนาโปรแกรม ATABI

จากขั้นตอนการออกแบบให้นำมากำหนด Story Board กำหนดลำดับเนื้อหาต่าง ๆ เพื่อให้เห็นโครงร่างของกิจกรรมที่ชัดเจน จากนั้นนำไปเขียนโปรแกรมสำหรับทำให้อยู่ในรูปแบบแอปพลิเคชัน โดยการกำหนดซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ และดำเนินการสร้างตามที่ได้ ออกแบบไว้



ภาพที่ 3-9 ตัวอย่างโปรแกรม ATABI

3.3.1 คุณสมบัติของฮาร์ดแวร์ที่รองรับการใช้งานโปรแกรม ATABI

ในการติดตั้งโปรแกรม ATABI เพื่อใช้งาน ควรมีฮาร์ดแวร์ที่รองรับการประมวลผลของโปรแกรม โดยมีคุณสมบัติขั้นต่ำดังต่อไปนี้

- 1) ใช้กับสมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต ที่เป็นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 5.0 ขึ้นไป
- 2) ขนาดของหน้าจอ 4.95 นิ้วขึ้นไป
- 3) แรม 1 GB ขึ้นไป
- 4) ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

3.3.2 วิธีการติดตั้งโปรแกรม ATABI

การวิจัยนี้ใช้สมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์ในติดตั้งโปรแกรม ATABI สำหรับฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มตัวอย่าง มีวิธีการดังนี้

1) ตรวจสอบการอนุญาตติดตั้งไฟล์จากภายนอกในสมาร์ทโฟน โดยเข้าไปที่เมนูตั้งค่า (Setting) แล้วเลือกเมนูความปลอดภัย (Security) หลังจากนั้นเลือกเครื่องหมายถูกในช่องไม่รู้จักที่มา (Unknown Sources) เพื่อให้สมาร์ทโฟนสามารถติดตั้งโปรแกรมจากแหล่งอื่น ๆ ได้นอกเหนือ Play Store

2) เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับสมาร์ทโฟน โดยเลือกการเชื่อมต่อแบบ “อุปกรณ์สื่อ (media device)”

3) คัดลอกไฟล์ APK จากคอมพิวเตอร์ลงในสมาร์ทโฟน

4) แตะไฟล์ APK ที่อยู่ในสมาร์ทโฟน โดยระบบถามว่า “แน่ใจที่จะติดตั้งไฟล์นี้หรือไม่” เมื่อตอบว่าใช่ ไฟล์ APK ถูกติดตั้งในสมาร์ทโฟน เมื่อติดตั้งเสร็จทำให้ได้โปรแกรม ATABI พร้อมสำหรับใช้งาน

3.3.3 ขั้นตอนการฝึกปฏิบัติโดยใช้โปรแกรม ATABI

การฝึกปฏิบัติโดยใช้โปรแกรม ATABI เพื่อให้สามารถใช้งานได้ถูกต้อง ต้องมีการปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1) เตรียมความพร้อมก่อนการฝึกปฏิบัติ โดยผู้รับการฝึกจะได้รับคู่มือการใช้โปรแกรม ATABI คนละ 1 เล่ม เพื่อทำการศึกษาให้เข้าใจก่อนการใช้โปรแกรม พร้อมกับผู้วิจัยได้อธิบายรายละเอียดและสาธิตตัวอย่างการใช้โปรแกรม ATABI ให้ผู้รับการฝึกเข้าใจมากยิ่งขึ้น

2) เมื่อเริ่มการฝึกปฏิบัติ ผู้รับการฝึกเปิดโปรแกรม ATABI จากสมาร์ทโฟนที่เตรียมไว้ ด้วยท่าทางที่สบายและผ่อนคลาย

3) เริ่มต้นโปรแกรมจะมีคำชี้แจง อ่านให้เข้าใจก่อนเข้าสู่โปรแกรมเพื่อเริ่มการฝึกปฏิบัติ

4) เริ่มการฝึกปฏิบัติจากกิจกรรมที่ 1 ความรู้ในข้อเท็จจริงก่อน โดยมีกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม คือ วรรณคดีไทยที่ฉันรู้จัก อ่านฉันสิ ฉันเป็นแบบไหน และฉันเป็นใคร ให้ฝึกปฏิบัติตามลำดับ โดยโปรแกรมแสดงผลคะแนนในทุก ๆ กิจกรรมย่อยที่ฝึกปฏิบัติเสร็จ ให้กลุ่มทดลองบันทึกคะแนนในแบบบันทึกคะแนนร่วมด้วยทุกครั้ง เพื่อพัฒนาการระหว่างการฝึกปฏิบัติ

5) หลังจากฝึกกิจกรรมที่ 1 เรียบร้อยแล้ว ต่อด้วยการฝึกปฏิบัติกิจกรรมที่ 2 ความรู้ในความคิดรวบยอด มีกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม คือ การสื่อสาร ระดับภาษา ฉันอยู่ไหน และภาษาพาเพลิน ให้ฝึกปฏิบัติตามลำดับ โดยโปรแกรมแสดงผลคะแนนในทุก ๆ กิจกรรมย่อยที่ฝึกปฏิบัติเสร็จ ให้กลุ่มทดลองบันทึกคะแนนในแบบบันทึกคะแนนร่วมด้วยทุกครั้ง เพื่อพัฒนาการระหว่างการฝึกปฏิบัติ

6) หลังจากฝึกกิจกรรมที่ 2 เรียบร้อยแล้ว ต่อด้วยการฝึกปฏิบัติกิจกรรมที่ 3 ความรู้ในกระบวนการ มีกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม คือ ปัญหาในชีวิตประจำวัน เข้าใจปัญหา รู้ทันปัญหา และวิเคราะห์ปัญหา ให้ฝึกปฏิบัติตามลำดับ โดยโปรแกรมแสดงผลคะแนนในทุก ๆ กิจกรรมย่อยที่ฝึกปฏิบัติเสร็จ ให้กลุ่มทดลองบันทึกคะแนนในแบบบันทึกคะแนนร่วมด้วยทุกครั้ง เพื่อพัฒนาการระหว่างการฝึกปฏิบัติ

7) หลังจากฝึกกิจกรรมที่ 3 เรียบร้อยแล้ว ต่อด้วยการฝึกปฏิบัติกิจกรรมที่ 4 ความรู้ในอภิปัญญา ซึ่งเป็นกิจกรรมสุดท้าย มีกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม คือ อาชีพที่รู้จัก คุณสมบัติของอาชีพที่ดี จัดกลุ่มอาชีพ และอาชีพในฝัน ให้ฝึกปฏิบัติตามลำดับ โดยโปรแกรมแสดงผลคะแนนในทุก ๆ กิจกรรมย่อยที่ฝึกปฏิบัติเสร็จ ให้กลุ่มทดลองบันทึกคะแนนในแบบบันทึกคะแนนร่วมด้วยทุกครั้ง เพื่อพัฒนาการระหว่างการฝึกปฏิบัติ

4. ตรวจสอบคุณภาพโปรแกรม ATABI โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

นำโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ที่สร้างขึ้น มาให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพ จำนวน 3 คน ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 คน ประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) โดยการประเมินความสอดคล้อง เหมาะสม ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) คำชี้แจง 2) กิจกรรมฝึกปฏิบัติ และ 3) ข้อมูลป้อนกลับ ด้านสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น ด้านเกณฑ์การให้คะแนน และด้านระยะเวลาในการฝึกกิจกรรม โดยที่ดัชนีความตรงตามเนื้อหา (I-CVI) ควรมีค่าไม่น้อยกว่า .78 และดัชนีความตรงตามเนื้อหาทั้งหมด (S-CVI) ควรมีค่าไม่น้อยกว่า .09 (Polits, Beck, & Owen, 2007)

5. ปรับปรุงโปรแกรม ATABI ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

6. ทดลองใช้โปรแกรม ATABI และนำผลการทดลองใช้มาปรับปรุงให้สมบูรณ์

นำโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการทดลอง แต่เป็นกลุ่มที่มีบริบทใกล้เคียงกัน จำนวน 30 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมในการใช้งานโปรแกรม โดยพิจารณาให้คะแนนความเหมาะสมของส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ได้แก่ คำสั่ง กิจกรรมฝึกปฏิบัติ ข้อมูลป้อนกลับ และสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert, 1967) คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

การแปลผลเป็นระดับใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 - 5.00 แสดงว่ามีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.41 - 4.20 แสดงว่ามีความเหมาะสมในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.61 - 3.40 แสดงว่ามีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81 - 2.60 แสดงว่ามีความเหมาะสมในระดับน้อย

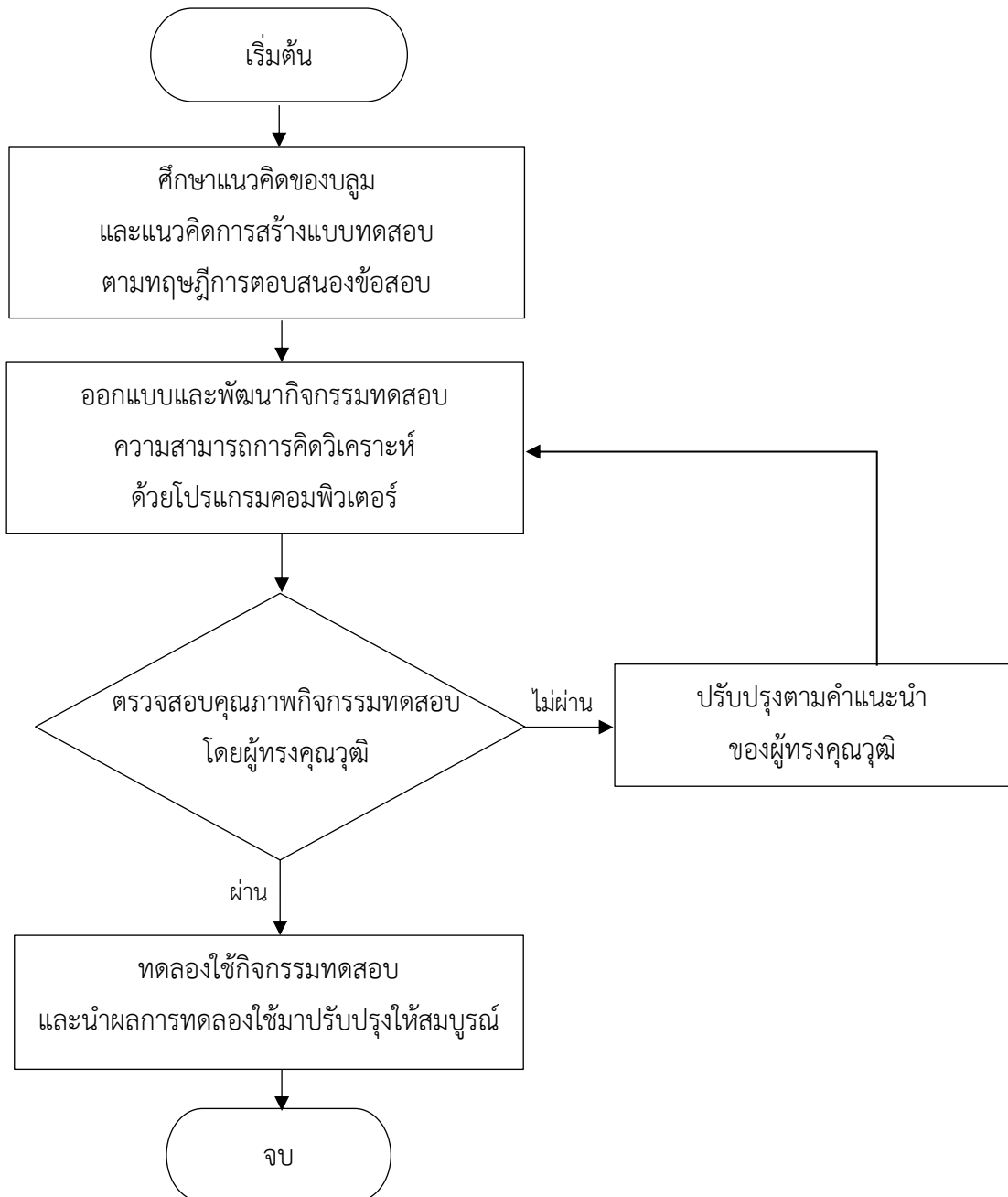
คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.80 แสดงว่ามีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยทำการสรุปผลการทดลองใช้ และปรับแก้ให้เหมาะสมอีกครั้งก่อนนำไปใช้จริง

7. จัดทำคู่มือการใช้โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อไปใช้เก็บข้อมูลจริงต่อไป

ระยะที่ 2 การพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้



ภาพที่ 3-10 ขั้นตอนการพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาแนวคิดของบลูมและแนวคิดการสร้างแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ การศึกษาแนวคิดของบลูมเพื่อนำมากำหนดโครงสร้างในการพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ งานวิจัยหลาย ๆ งานที่ผ่านมาได้มีการวัดและประเมินผลการทดสอบด้านความรู้ จากการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์โดยการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ ด้วยการสร้างแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องกับแนวคิดของบลูม เพื่อต้องการประเมินว่าความรู้ที่ผู้เรียนได้รับสะท้อนถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับใด ส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบหลายตัวเลือก (Multiple choice) (Chuang et al., 2012; Reyhav & Wu, 2016; Chuang, 2017) หรือมีการผสมผสานแบบทดสอบแบบถูกผิด (Yes/No) ร่วมด้วย (Reyhav & Wu, 2016) สะท้อนให้เห็นพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนตามลำดับขั้นทางปัญญา ได้แก่ ขั้นที่ 1 จำ ขั้นที่ 2 เข้าใจ ขั้นที่ 3 ประยุกต์ ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ ขั้นที่ 5 ประเมินค่า และขั้นที่ 6 สร้างสรรค์

นอกจากนี้ได้ศึกษาแนวคิดการสร้างแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า (Dichotomous Item Response Theory) ที่ให้ค่าคะแนนเป็น 2 ค่า คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถที่มีอยู่ภายในบุคคล (Latent trait or ability) กับผลการตอบข้อสอบ จากค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งค่าความยากง่ายของข้อสอบ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555, หน้า 51) รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการทดสอบทั้งฉบับ ทั้งความตรง ดัชนีความตรงตามเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) เป็นการประเมินความตรงตามเนื้อหา โดยพิจารณาทีละข้อว่าสอดคล้องกับทฤษฎีหรือเนื้อหา เน้นที่ระดับความเห็นด้วยของผู้เชี่ยวชาญต่อข้อความนั้น ๆ แล้วนำมาคำนวณค่า CVI (Lawshe, 1975) และความเที่ยง (Reliability) ความคงเส้นคงวาของผลการวัดจากการที่นำแบบทดสอบชุดนั้นไปทดสอบกับนักเรียนไม่ว่าจะทดสอบจำนวนกี่ครั้ง คะแนนที่ได้จะไม่แตกต่างกัน โดยวิธีแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson : KR) KR-20 (Kuder & Richardson, 1937) เพื่อให้ได้กิจกรรมการทดสอบที่มีมาตรฐาน

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดโครงสร้างการพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์จากแนวคิดของบลูม ในมิติที่ 1 ด้านความรู้ และมิติที่ 2 ด้านกระบวนการทางปัญญาร่วมกับตัวแบบ Four I's ให้มีความสอดคล้องกับความสามารถการคิดวิเคราะห์ที่ทดสอบ โดยกิจกรรมการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ 1) การวิเคราะห์ความแตกต่าง 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ 3) การวิเคราะห์คุณลักษณะ ทั้ง 3 ตอนเป็นแบบทดสอบหลายตัวเลือก (Multiple choice) แบบ 4 ตัวเลือก การให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน ซึ่งกิจกรรมที่ทำการทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์มีความสอดคล้องกับแอปพลิเคชัน

บนมือถือตามแนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's ที่พัฒนาขึ้น ทำให้วัดได้ตรงตามที่กำหนด

2. ออกแบบการพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 กำหนดกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

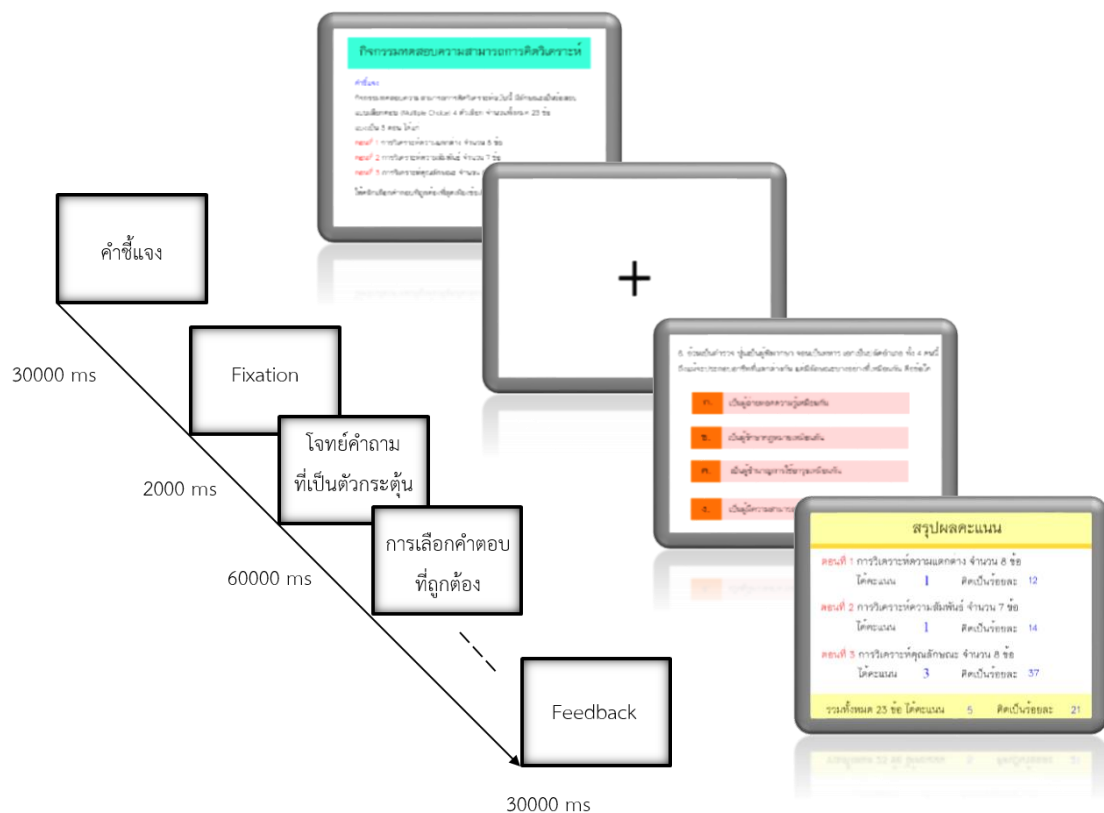
กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ มีจำนวนข้อทั้งหมด 23 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

2.1.1 ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง เปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนประกอบต่าง ๆ ของข้อมูลที่กำหนดให้ รวมทั้งหมด 8 ข้อ

2.1.2 ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พิจารณาถึงความเชื่อมโยงความต่อเนื่องของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างเป็นระบบ รวมทั้งหมด 7 ข้อ

2.1.3 ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ สรุปหลักการหรือลักษณะเหมือนร่วมกันของข้อมูล และการตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนด รวมทั้งหมด 8 ข้อ

2.2 กำหนดเวลาการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์



ภาพที่ 3-11 Paradigm ของกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

การกำหนดเวลาการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มตัวอย่าง ได้มีการบันทึกเวลาที่กลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการทดลอง ในช่วงการทดลองใช้ (Try Out) มาเป็นแนวทางในการกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ โดยพิจารณาเวลาในการทำสูงสุดของเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม เพื่อให้มั่นใจว่ากลุ่มตัวอย่างทุกคน สามารถทำกิจกรรมได้ทันเวลา

กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 3 ตอน จากภาพที่ 3-11 เริ่มจากอ่านคำชี้แจง ให้เข้าใจว่าต้องทำอะไร ใช้เวลา 30 วินาที จากนั้นเริ่มเข้าสู่การทำกิจกรรม ข้อที่ 1 จะมีช่วงเว้นระยะ 2 วินาทีก่อนเข้าสู่คำถามข้อที่ 1 เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีใจจดจ่อกับกิจกรรม ในแต่ละข้อ ต่อมาจะปรากฏโจทย์คำถาม พร้อมคำตอบ 4 ตัวเลือก ในระหว่างนี้กลุ่มตัวอย่างสามารถ เลือกคำตอบที่คิดว่าถูกต้องได้ทันที ใช้เวลาข้อละ 60 วินาที เมื่อเลือกคำตอบแล้ว จะเลื่อนไปทำ กิจกรรมข้อต่อไปโดยอัตโนมัติ ทำแบบนี้จนกว่าจะครบทุกข้อของคำถามตอนที่ 1 ต่อไปจะมีคำสั่งให้ ทำความเข้าใจใหม่ เมื่อข้อคำถามมีการเปลี่ยนจากตอนที่ 1 ไปตอนที่ 2 หรือจากตอนที่ 2 ไปตอนที่ 3 กระบวนการทั้งหมดที่กล่าวมาจะเริ่มต้นขึ้นอีกครั้งหนึ่งจนจบตอน กลุ่มตัวอย่างเริ่มทำกิจกรรม ทดสอบตั้งแต่กิจกรรมในตอนที่ 1 ต่อด้วยกิจกรรมตอนที่ 2 และกิจกรรมตอนที่ 3 เป็นกิจกรรมสุดท้าย แล้วโปรแกรมจะทำการแสดงสรุปผลคะแนนทั้งหมดที่กลุ่มตัวอย่างตอบถูกทางหน้าจอ 30 วินาที ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมแบบทดสอบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ใช้เวลาทั้งหมด ประมาณ 25 นาที

2.3 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนการคิดวิเคราะห์

ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

3. ตรวจสอบคุณภาพกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

นำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ที่สร้างขึ้น มาให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบ คุณภาพ จำนวน 3 คน ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 คน ประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหา (CVI) ของกิจกรรม ทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ โดยการประเมินความสอดคล้อง เหมาะสม ด้านจุดประสงค์ การเรียนรู้ กิจกรรมที่ใช้ในการทดสอบ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ และเกณฑ์การให้คะแนน โดยที่ ดัชนีความตรงตามเนื้อหาข้อ (I-CVI) ควรมีค่าไม่น้อยกว่า .78 และดัชนีความตรงตามเนื้อหาทั้ง ฉบับ (S-CVI) ควรมีค่าไม่น้อยกว่า .09 (Polits, Beck, & Owen, 2007)

4. ปรับปรุงกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

5. ทดลองใช้กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์และนำผลการทดลองใช้มา ปรับปรุงให้สมบูรณ์

นำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการทดลอง แต่เป็นกลุ่มที่มีบริบทใกล้เคียงกัน จำนวน 30 คน

เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยวิเคราะห์หาความเที่ยงทั้งฉบับของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน KR-20 วิเคราะห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบ (p) และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (r) เป็นรายข้อ โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185)

5.1 เกณฑ์ในการพิจารณาค่าความยากง่ายของข้อสอบ โดยค่าความยากง่ายของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ .00 - 1.00 โดยทั่วไปข้อสอบที่มีความหมายยากง่ายพอเหมาะควรมีค่าตั้งแต่ .20 - .80 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

.81 - 1.00 หมายถึง เป็นข้อสอบง่ายเกินไป ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

.60 - .80 หมายถึง เป็นข้อสอบค่อนข้างง่าย (ดี)

.40 - .59 หมายถึง เป็นข้อสอบยากง่ายปานกลาง (ดีมาก)

.20 - .39 หมายถึง เป็นข้อสอบค่อนข้างยาก (ดี)

.00 - .19 หมายถึง เป็นข้อสอบยากมาก ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบถูกหมด แสดงว่า ข้อนั้นง่ายมาก p มีค่าเท่ากับ 1.00 แต่ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบผิดหมด แสดงว่า ข้อนั้นยากมาก p มีค่าเท่ากับ .00

5.2 เกณฑ์ในการพิจารณาค่าอำนาจจำแนก ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบที่ดีควรมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

.60 - 1.00 หมายถึง อำนาจจำแนกดีมาก

.40 - .59 หมายถึง อำนาจจำแนกดี

.20 - .39 หมายถึง อำนาจจำแนกพอใช้

.10 - .19 หมายถึง อำนาจจำแนกต่ำ ควรปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

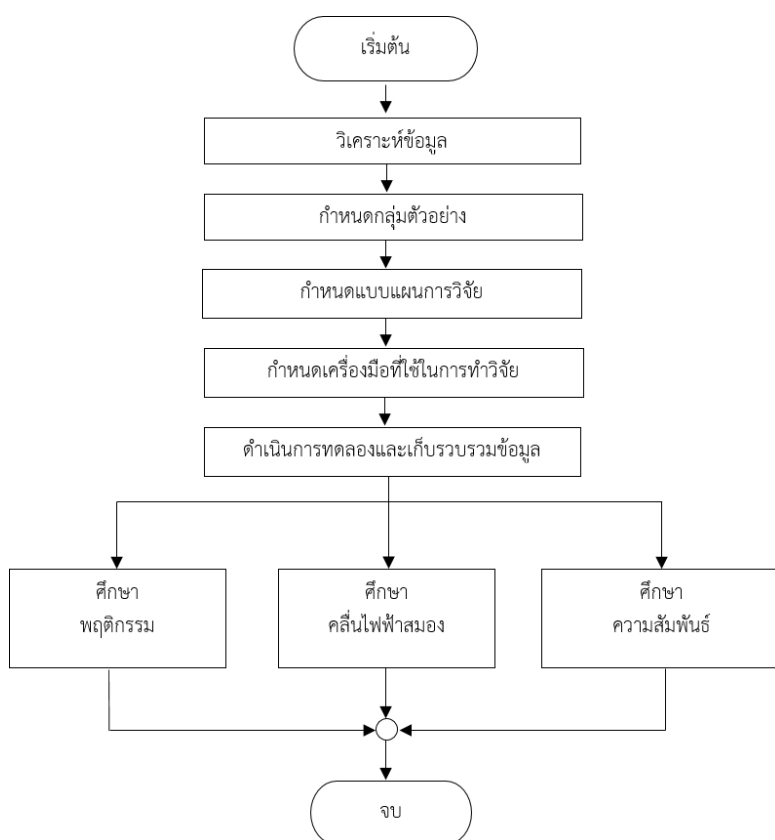
-1.00 - .09 หมายถึง จำแนกต่ำมาก ควรปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

ถ้า r มีค่าเป็นลบหรือน้อยกว่า 0 แสดงว่า ไม่สามารถจำแนกได้ เพราะข้อสอบข้อนั้นจำแนกกลับ แสดงถึงคนเก่งทำไม่ได้ คนอ่อนทำได้ ถือเป็นข้อสอบที่ไม่ดี ควรตัดทิ้ง

นำผลที่ได้จากการทดลองใช้ ไปปรับปรุงและสร้างกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิด วิเคราะห์ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริงในการวิจัยต่อไป

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เชิงพฤติกรรม และคลื่นไฟฟ้าสมอง

โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นและผ่านการทดลองใช้แล้ว มาใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI ดังกล่าว โดยการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนอง เวลาการตอบสนอง พลังงานสมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha Beta1 และ Beta2 และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha Beta1 และ Beta2 ขณะทดสอบด้วยกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ โดยใช้เทคนิคการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research Technique) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม ATABI 2) กลุ่มควบคุม คือ กลุ่มที่เรียนตามระบบการศึกษาขั้นพื้นฐาน กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ กลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม ATABI วัตถุประสงค์ก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and Posttest Control Group Design) ตามขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3-12 การศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เชิงพฤติกรรม และคลื่นไฟฟ้าสมอง

1. กำหนดกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนธีรกาหนาทบ้านโฮ้ง อำเภอบ้านโฮ้ง จังหวัดลำพูน ปีการศึกษา 2562 จำนวน 60 คน ที่มีอายุระหว่าง 13 - 15 ปี ที่อาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย แล้วคัดกรองกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด

เกณฑ์คัดเข้า (Inclusions Criteria)

1. สัญชาติไทย
2. สุขภาพแข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีประวัติการบาดเจ็บหรือกระทบกระเทือนทางศีรษะ
3. ไม่มีภาวะซึมเศร้า ประเมินโดยใช้แบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น (Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale: CES-D) ของกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข
4. มีสติสัมปชัญญะสมบูรณ์ สื่อสารเข้าใจ และอ่านออกเขียนได้
5. การมองเห็นเป็นปกติ ประเมินโดย Jeager's Chart
6. ถนัดมือขวา ประเมินโดยแบบวัดความถนัดในการใช้มือของ Edinburgh Handedness
7. ไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถคิดวิเคราะห์โดยการใช้อุปกรณ์เคชัณบนมือถือมาก่อน

8. กลุ่มตัวอย่างยินดีและเต็มใจเข้าร่วมการวิจัย
9. ผู้ปกครองยินดีและเต็มใจให้กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์คัดออก (Exclusions Criteria)

1. ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ต่อเนื่อง
2. มีปัญหาสุขภาพ หรือเจ็บป่วย ที่ต้องรักษาตัวระหว่างการเข้าร่วมการวิจัย

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการใช้โปรแกรม G*Power3 (Faul, Edfelder, Land, & Buchner, 2007) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ขนาดอิทธิพลของตัวแปร (Effect Size) ที่ .80 และอำนาจการทดสอบ (Power Test) ที่ .80 ผลการคำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองจำนวน 21 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 21 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 42 คน แต่เพื่อป้องกันการขาดหายไปของกลุ่มตัวอย่างระหว่างทำการทดลอง การวิจัยนี้จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองจำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 60 คน ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับฉลากแบบไม่คืนที่

2. กำหนดแบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ศึกษากลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and Posttest Control Group Design) (Edmonds & Kennedy, 2017, p. 37)

ตารางที่ 3-2 แบบแผนการวิจัยวัดก่อนและหลังการทดลอง

Assignment	Group	Pretest	Treatment	Posttest
R	E	O ₁	X	O ₂
	C	O ₁	-	O ₂

————— Time —————▶

เมื่อ E หมายถึง กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม ATABI

C หมายถึง กลุ่มควบคุม คือ กลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม ATABI

X หมายถึง การได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 1 ชั่วโมง

O₁ หมายถึง การวัดผลตัวแปรตามก่อนได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม ATABI

O₂ หมายถึง การวัดผลตัวแปรตามหลังได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม ATABI

3. กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

3.1 โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่พัฒนาขึ้นในระยะที่ 1 นำมาใช้กับสมาร์ตโฟนที่เป็นระบบปฏิบัติการ Android แบ่งส่วนติดต่อกับผู้ใช้ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.1.1 คำชี้แจง เป็นส่วนเริ่มต้นของการทำกิจกรรม ประกอบด้วยคำอธิบายในการฝึกปฏิบัติ พร้อมยกตัวอย่างให้เห็นภาพอย่างชัดเจน เพื่อเตรียมความพร้อมและความเข้าใจก่อนฝึกปฏิบัติจริงในกิจกรรมนั้น ๆ

3.1.2 กิจกรรมฝึกปฏิบัติ เป็นส่วนสำหรับฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม โดยกิจกรรมที่ 1 ความรู้ในข้อเท็จจริง กิจกรรมที่ 2 ความรู้ในความคิดรวบยอด กิจกรรมที่ 3 ความรู้ในกระบวนการ และกิจกรรมที่ 4 ความรู้ในอภิปัญญา

3.1.3 ข้อมูลย้อนกลับ เป็นการแสดงคะแนนหลังจากการทำกิจกรรมในแต่ละกิจกรรม แสดงในรูปของคะแนนที่ตอบถูก และคำนวณเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของการตอบถูกทั้งหมดจากทุกข้อรวมกัน แสดงเป็นระดับ (ดีเยี่ยม ดี ปานกลาง ผ่าน ไม่ผ่าน) และมีการแสดงข้อความในการสร้างขวัญและกำลังใจ ตามระดับคะแนนที่ได้

3.2 กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 23 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง จำนวน 8 ข้อ ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จำนวน 7 ข้อ และ ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ จำนวน 8 ข้อ

3.3 เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองรุ่น Emotiv EPOC Neuroheadset จำนวน 14 ช่องสัญญาณ เป็นระบบไร้สายเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง สามารถแสดงผลวิเคราะห์และบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram) ได้ทั้งหมด 14 ช่องสัญญาณ ใช้หลักการตรวจวิเคราะห์จาก The 10-20 Systems หรือ International 10-20 Systems โดยแสดงผลคลื่นไฟฟ้าสมองตามตำแหน่งต่อไปนี้ AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1 และ O2 มีตำแหน่งอ้างอิง 2 จุด คือ CMS และ DRL ซึ่งตรงกับตำแหน่ง P3 และ P4

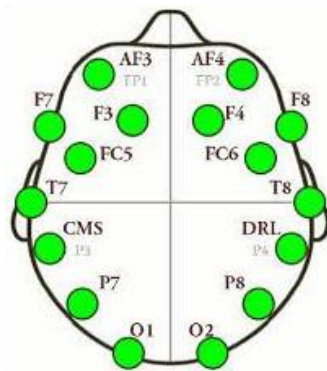


ภาพที่ 3-13 เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองรุ่น Emotiv EPOC Neuroheadset (Lacko, Vleugels, Fransen, Huysmans, De Bruyne, Van Hulle, & Verwulgen, 2017)

เครื่องวัดคลื่นสมองแบบเคลื่อนที่รุ่น Emotiv EPOC Neuroheadset ประมวลผลคลื่นสัญญาณไฟฟ้าสมอง และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ทำกรวัดได้แบบทันทีทันใด (Real Time) โดยผ่าน Emotiv Pro ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์สำหรับบันทึกข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองที่วัดได้จาก Emotiv EPOC Neuroheadset ได้ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองแต่ละย่านความถี่ ได้แก่ Theta (4-8 Hz), Alpha (8-12 Hz), Beta1 (12-16 Hz), Beta2 (16-25 Hz) และ Gamma (25-45 Hz) ใช้วิธีการวัดแบบสองขั้ว บันทึกความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้า (Electrode) ตำแหน่งหนึ่งบนหนังศีรษะกับขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference Electrode) ที่กระดูกหลังหูข้างขวาและซ้าย ความถี่ 128 เฮิร์ตซ์ (Hz) มีความกว้างของแถบคลื่นความถี่ 0.2-45 เฮิร์ตซ์ (Hz) ตัวกรองอยู่ที่ 50 เฮิร์ตซ์ (Hz) และ 60 เฮิร์ตซ์ (Hz) สำหรับตำแหน่งขั้วไฟฟ้าทั้งหมด 14 ตำแหน่ง แบ่งตามบริเวณได้ดังนี้

- 1) บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal) ที่ตำแหน่ง AF3, AF4, F3, F4, F7, F8
- 2) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) ที่ตำแหน่ง FC5, FC6

- 3) บริเวณเปลือกสมองส่วนขมับ (Temporal) ที่ตำแหน่ง T7, T8
- 4) บริเวณเปลือกสมองส่วนข้าง (Parietal) ที่ตำแหน่ง P7, P8
- 5) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital) ที่ตำแหน่ง O1, O2



ภาพที่ 3-14 ตำแหน่งอิเล็กโทรดของ Emotiv EPOC Neuroheadset (McMahan, Parberry, & Parsons, 2015)

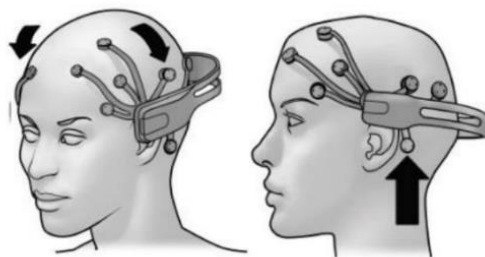
ดังนั้น เมื่อต้องการใช้งาน Emotiv EPOC Neuroheadset จะต้องมีการเชื่อมต่อโปรแกรม Emotiv Pro เข้าด้วยกัน โดยเริ่มจากการติดตั้ง Emotiv Pro มีวิธีการดังนี้

- 1) เข้าสู่เว็บไซต์ www.emotiv.com เพื่อทำการดาวน์โหลด Emotiv-Installer-Win
- 2) ติดตั้งโปรแกรม Emotiv Pro ลงเครื่องคอมพิวเตอร์
- 3) ยอมรับข้อตกลงใบอนุญาตผู้ใช้โปรแกรม (User License) และจะได้รับไฟล์ข้อมูล

เพื่อทำการยืนยันการใช้งาน ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้งานโปรแกรมตามระยะเวลาและประเภทของผู้ใช้งาน

เมื่อทำการติดตั้งโปรแกรม Emotiv Pro ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการแล้ว ทำการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม Emotiv Pro กับ Emotiv EPOC Neuroheadset เพื่อใช้งาน ดังนี้

- 1) เปิดเข้าสู่หน้าจอของโปรแกรม Emotiv Pro และเปิดเครื่อง Emotiv EPOC Neuroheadset ให้นำแบตเตอรี่ใส่เต็มแล้ว
- 2) เสียบ USB dongle ที่มาพร้อมกับ Emotiv EPOC Neuroheadset กับคอมพิวเตอร์ เพื่อเชื่อมต่อเครื่องกับโปรแกรมเข้าหากัน
- 3) เมื่อโปรแกรม Emotiv Pro ขึ้นข้อความ Connect Headset สามารถเริ่มการใช้งานได้
- 4) สวม Emotiv EPOC Neuroheadset ตามตำแหน่งที่เหมาะสม เริ่มจากด้านบนของกะโหลกศีรษะ และค่อย ๆ เลื่อนไปบนศีรษะ โดยที่จุดอ้างอิงมี 2 จุด อยู่บริเวณหลังหูทั้งสองข้าง ดังรูป



ภาพที่ 3-15 แสดงการสวม Emotiv EPOC Neuroheadset

5) ตรวจสอบคุณภาพสัญญาณการเชื่อมต่อก่อนจะทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยที่ สีเขียว หมายถึง ดี สีส้ม หมายถึง ปานกลาง สีแดง หมายถึง ต่ำ สีดำ หมายถึง ต่ำมาก ซึ่งจะมีตัวเลข แสดงคุณภาพการเชื่อมต่อแบบทันทีทันใด ถ้าตัวเลข 100 % นั้นแสดงถึงทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าเป็น สีเขียว มีคุณภาพสัญญาณดี สามารถดำเนินการต่อไปได้

6) ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งจะมีการบันทึกข้อมูลพื้นฐาน (Baseline) สำหรับ เปรียบเทียบข้อมูลที่ต้องการ เริ่มจากการลืมนตา 15 วินาที และตามด้วยการหลับตา 15 วินาที จากนั้น เตรียมพร้อมสำหรับการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ต่อ เพื่อบันทึกคลื่นไฟฟ้า สมองที่ต้องการ

7) เมื่อเสร็จสิ้นการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง จะได้ไฟล์ข้อมูลที่แสดงอยู่บนรายการของ โปรแกรม Emotiv Pro จากนั้นทำการส่งออกไฟล์ข้อมูลดังกล่าวเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป การส่งออกไฟล์ข้อมูลจาก Emotiv Pro เป็นไฟล์ประเภท Microsoft Excel Comma Separated Values File (.csv) ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้ทันที มีวิธีการดังนี้

1) การตัดคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงที่ต้องการ ซึ่งข้อมูลที่ส่งออกมาจะเป็นค่าพลังงาน สัมบูรณ์ (Absolute Power) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่ Theta (4-8 Hz), Alpha (8-12 Hz), Beta1 (12-16 Hz), Beta2 (16-25 Hz) และ Gamma (25-45 Hz) ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าทั้ง 14 ตำแหน่ง สำหรับงานวิจัยนี้ตัดเอาค่าพลังงานสัมบูรณ์เฉพาะของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 เท่านั้น

2) ตัดสัญญาณรบกวน โดยสังเกตได้จากค่าพลังงานสัมบูรณ์ที่มีค่าโตมากกว่าค่าอื่น ๆ มาก ๆ แสดงถึงการถูกรบกวนจากปัจจัยอื่นภายนอก

3) คำนวณหาค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ทุกจุดตำแหน่งขั้วไฟฟ้า โดยนำค่าพลังงานสัมบูรณ์ตั้งแต่เวลาที่เริ่มทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ จนถึงเวลาสิ้นสุดการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

มารวมกัน และหารด้วยจำนวนค่าพลังงานสัมบูรณ์ทั้งหมดจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ จะได้ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของตำแหน่งนั้น ๆ ออกมา ทำแบบนี้จนครบทุก ตำแหน่งของทุกช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองทีละคน จนครบทุกคน และนำค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ ของแต่ละคน มาหาค่าเฉลี่ยรวมอีกครั้งหนึ่งตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าทั้ง 14 ตำแหน่ง

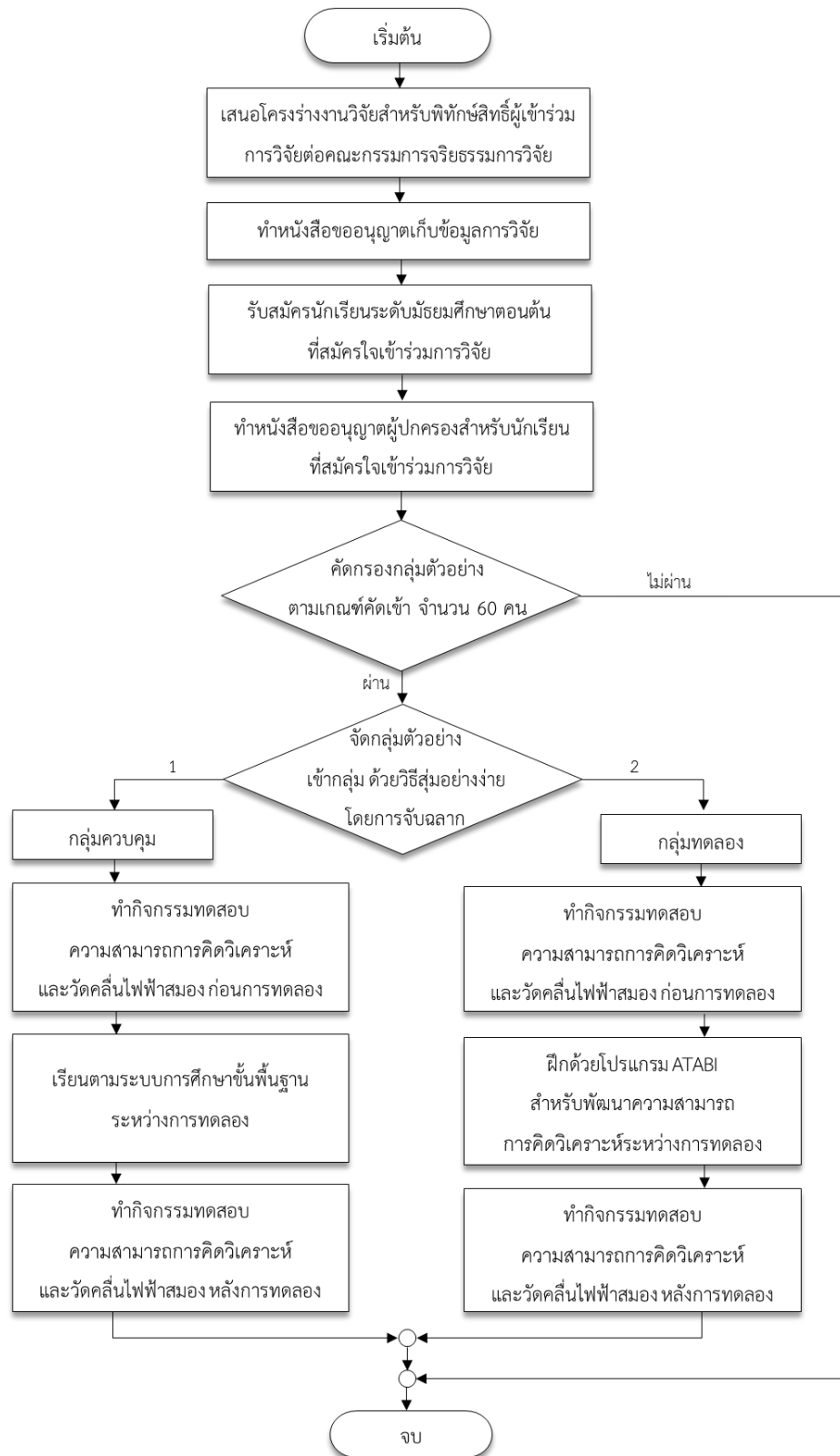
3.4 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับ อายุ ระดับชั้น ประวัติ การเจ็บป่วย โรคประจำตัว การมองเห็น การบาดเจ็บที่สมองหรือการผ่าตัดสมอง

3.5 แบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น (Center for Epidemiologic Studies Depression Scale: CES-D) ฉบับภาษาไทย ของกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข ประกอบด้วย ข้อคำถาม 20 ข้อ ความเที่ยงของ CES-D มีค่าเท่ากับ 0.86 คะแนนของ CES-D จะเพิ่มขึ้นตามความ รุนแรงของภาวะซึมเศร้า คะแนนเต็มทั้งหมด 60 คะแนน คะแนนที่ 22 เป็นจุดตัดที่ใช้คัดกรองภาวะ ซึมเศร้า โดยคะแนน CES-D มีความไวร้อยละ 72 ความจำเพาะร้อยละ 85 และความแม่นยำร้อยละ 82 เป็นเครื่องมือที่สามารถแยกวัยรุ่นที่ซึมเศร้าออกจากวัยรุ่นที่ไม่ซึมเศร้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ง่ายต่อการใช้และสามารถวิเคราะห์ผลได้รวดเร็ว จึงเหมาะสำหรับเป็นเครื่องมือตรวจหาและ ประกอบการวินิจฉัยภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น การให้คะแนนจะให้ตามความรุนแรงหรือความถี่ของ อาการซึมเศร้า มี 4 ระดับ คือ ไม่เลย (< 1 วัน) ให้ 0 คะแนน นาน ๆ ครั้ง (1-2 วัน) ให้ 1 คะแนน บ่อย ๆ (3-4 วัน) ให้ 2 คะแนน และตลอดเวลา (5-7 วัน) ให้ 3 คะแนน การแปลผล เมื่อรวมคะแนน ทุกข้อแล้วนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปกติ ดังนี้ คะแนนรวมสูงกว่า 22 ถือว่าอยู่ในข่ายภาวะซึมเศร้า

3.6 แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือของ Edinburgh Handedness (Oldfield, 1971) เป็นแบบประเมินการใช้มือในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การวาดรูป การแปรงฟัน การเขียนหนังสือ การจับมีด มีจำนวน 20 ข้อ ให้ออกความถนัดในการใช้มือข้างขวาหรือข้างซ้ายที่ ตรงกับการทำกิจกรรมนั้น ๆ การแปลผลคะแนน ถ้านัดมือขวาจะให้ค่าที่เป็นบวก ถ้านัดมือซ้าย จะให้ค่าที่เป็นลบ

3.7 การวัดระดับสายตาระยะใกล้ (Near Vision) ด้วยเจเกอร์ชาร์ต (Jaeger's Chart) มีลักษณะเป็นแผ่นป้ายที่มีตัวเลขเขียนเรียงกันลงมาเป็นแถว ๆ จากแถวบนสุดซึ่งมีขนาดใหญ่สุดจนถึง แถวล่างสุดซึ่งมีขนาดเล็กสุด ใช้การวัดสายตาทีละข้างและทำในที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ โดยให้อ่าน ตั้งแต่แถวที่อยู่บนสุด จนถึงแถวล่างที่มีขนาดตัวเลขตัวเล็กที่สุด ค่าที่อ่านได้แล้วบันทึกค่าไว้ โดยแต่ละ แถวจะมีตัวเลขกำกับ เช่น เจ 1 (J1) เจ 2 (J2) เป็นต้น เพื่อบอกระดับของสายตา โดยผู้ที่อ่านได้ ระดับ "J1" ถือว่าเป็นผู้มีสายตาปกติ

4. ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล



ภาพที่ 3-16 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ 1) ระยะก่อนการทดลอง 2) ระยะการทดลอง 3) ระยะหลังการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระยะก่อนการทดลอง

1.1 เสนอโครงร่างงานวิจัยสำหรับการพิทักษ์สิทธิ์ผู้เข้าร่วมการวิจัยต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยของวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งเป็นผู้ดำเนินการตรวจสอบจริยธรรมในการวิจัย โดยชี้แจงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัย ให้อาสาสมัครผู้เข้ารับการทดลองได้ทราบรายละเอียดว่า การเข้าร่วมการทดลองเป็นไปด้วยสมัครใจ มีความยินดีเข้าร่วมการทดลอง และสามารถปฏิเสธการเข้าร่วมการทดลองได้ตลอดเวลา โดยไม่มีผลกระทบอื่นใดทั้งสิ้น และชี้แจงว่า ผู้วิจัยเก็บรักษาข้อมูลที่ได้จากการทดลองไว้เป็นความลับ การนำเสนอข้อมูลจะนำเสนอในภาพรวม เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาเท่านั้น การวิจัยยึดการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมของการศึกษาวิจัยในมนุษย์อย่างแท้จริง

1.2 ทำหนังสือจากวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา พร้อมแนบรายละเอียดของการวิจัยถึงผู้อำนวยการโรงเรียนธีรกานท์บ้านโฮ้ง อำเภอบ้านโฮ้ง จังหวัดลำพูน เพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับนักเรียน และขออนุญาตเก็บข้อมูลการวิจัย

1.3 ติดต่อประสานงานกับผู้อำนวยการโรงเรียนธีรกานท์บ้านโฮ้ง อำเภอบ้านโฮ้ง จังหวัดลำพูน เพื่อขออนุญาตดำเนินการรับสมัครนักเรียนเข้าร่วมการวิจัยและคัดกรองนักเรียน เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

1.4 ทำหนังสือขออนุญาตผู้ปกครองให้นักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย พร้อมแนบรายละเอียดของการวิจัยเพื่อประกอบการพิจารณา

1.5 นัดหมายและดำเนินการประชุมนักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ณ โรงเรียนธีรกานท์บ้านโฮ้ง อำเภอบ้านโฮ้ง จังหวัดลำพูน เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย และดำเนินการคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 60 คน ซึ่งในขั้นตอนของการสมัครการทำวิจัยสัดส่วนของนักเรียนหญิงมีมากกว่านักเรียนชาย และจากงานวิจัยของ ศิริินภา จามรมาน, ปนัดดา ชำนาญสุข, ปัทมา พุ่มมาพันธุ์ และทรศนะ ใจชุ่มชื่น (2555) ปัจจัยเรื่อง เพศ ส่งผลต่อความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกเพศหญิงในการเป็นกลุ่มตัวอย่างการทดลอง และสุ่มกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการคัดกรองด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย โดยการจับฉลากแบบไม่คืนที่จัดเข้ากลุ่มควบคุม 30 คน และจัดเข้ากลุ่มทดลอง 30 คน

1.6 นัดหมายและประชุมนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการคัดเลือก ณ โรงเรียนธีรกานท์บ้านโฮ้ง อำเภอบ้านโฮ้ง จังหวัดลำพูน เพื่อชี้แจงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง การเตรียมตัวก่อนเข้ารับการทดลอง และให้กรอกแบบฟอร์มแสดงความยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัย จากนั้นทำ

ตารางนัดหมายเพื่อดำเนินการทดลอง

1.7 ดำเนินการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์และวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการโรงเรียนธีรภานท์บ้านโฮ่ง อำเภอ บ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน ในแต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 15 คน ตามกำหนดการที่วางไว้ ดังนี้

ตารางที่ 3-3 กำหนดการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองระยะก่อนการทดลอง

กลุ่มการทดลอง	วัน	วัน เดือน ปี	เวลา
กลุ่มทดลอง ชุดที่ 1	วันเสาร์	8 กุมภาพันธ์ 63	9.00-18.00
กลุ่มควบคุม ชุดที่ 1	วันอาทิตย์	9 กุมภาพันธ์ 63	9.00-18.00
กลุ่มทดลอง ชุดที่ 2	วันเสาร์	15 กุมภาพันธ์ 63	9.00-18.00
กลุ่มควบคุม ชุดที่ 2	วันอาทิตย์	16 กุมภาพันธ์ 63	9.00-18.00

2. ระยะการทดลอง

2.1 นัดหมายและประชุมกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน เพื่อชี้แจงวิธีการดำเนินการทดลอง ด้วยการฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยการใช้โปรแกรม ATABI ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น รวมถึงการเตรียมพร้อมการปฏิบัติตนในระหว่างการทดลอง

2.2 กำหนดตารางนัดหมายในการฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลอง ด้วยการใช้โปรแกรม ATABI โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 15 คน สถานที่ในการฝึก คือ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ตามกำหนดการที่วางไว้ ดังตารางที่ 3-4 สำหรับกลุ่มควบคุมให้ดำเนินการเรียนการสอนในระบบการศึกษาขั้นพื้นฐานตามปกติ โดยไม่มีการฝึกใช้โปรแกรม ATABI

ตารางที่ 3-4 กำหนดการฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองด้วยการใช้โปรแกรม ATABI

วัน	กลุ่มทดลอง ชุดที่ 1			กลุ่มทดลอง ชุดที่ 2		
	วัน เดือน ปี	เวลา		วัน	วัน เดือน ปี	เวลา
จันทร์	10 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00		จันทร์	17 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00
พุธ	12 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00		พุธ	19 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00
ศุกร์	14 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00		ศุกร์	21 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00
จันทร์	17 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00		จันทร์	24 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00
พุธ	19 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00		พุธ	26 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

กลุ่มทดลอง ชุดที่ 1			กลุ่มทดลอง ชุดที่ 2		
วัน	วัน เดือน ปี	เวลา	วัน	วัน เดือน ปี	เวลา
ศุกร์	21 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00	ศุกร์	28 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00
จันทร์	24 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00	จันทร์	2 มีนาคม 63	12.00-13.00
พุธ	26 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00	พุธ	4 มีนาคม 63	12.00-13.00
ศุกร์	28 กุมภาพันธ์ 63	12.00-13.00	ศุกร์	6 มีนาคม 63	12.00-13.00
จันทร์	2 มีนาคม 63	12.00-13.00	จันทร์	9 มีนาคม 63	12.00-13.00
พุธ	4 มีนาคม 63	12.00-13.00	พุธ	11 มีนาคม 63	12.00-13.00
ศุกร์	6 มีนาคม 63	12.00-13.00	ศุกร์	13 มีนาคม 63	12.00-13.00

2.3 กลุ่มทดลองดำเนินการเรียนการสอนในระบบการศึกษาขั้นพื้นฐานตามปกติ และดำเนินการฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยการใช้โปรแกรม ATABI ต่อเนื่องกัน 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 1 ชั่วโมง



ภาพที่ 3-17 ตัวอย่างการฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยการใช้โปรแกรม ATABI

3. ระยะเวลาหลังการทดลอง

3.1 ดำเนินการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์และวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ระยะเวลาหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการโรงเรียนธีรภานท์บ้านโฮ่ง อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน หลังจากทีกลุ่มทดลองดำเนินการฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยการ ใช้โปรแกรม ATABI ครบตามกำหนดเวลาแล้ว ในแต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 15 คน ตามกำหนดการที่วางไว้ ดังนี้

ตารางที่ 3-5 กำหนดการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองระยะหลังการทดลอง

กลุ่มการทดลอง	วัน	วัน เดือน ปี	เวลา
กลุ่มทดลอง ชุดที่ 1	วันเสาร์	7 มีนาคม 63	9.00-18.00
กลุ่มควบคุม ชุดที่ 1	วันอาทิตย์	8 มีนาคม 63	9.00-18.00
กลุ่มทดลอง ชุดที่ 2	วันเสาร์	14 มีนาคม 63	9.00-18.00
กลุ่มควบคุม ชุดที่ 2	วันอาทิตย์	15 มีนาคม 63	9.00-18.00

เก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเอง ดังนี้

1. ผู้วิจัยทำการคัดกรองนักเรียนที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเลือกที่กำหนด และยินดีเข้าร่วมการวิจัย พร้อมลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 60 คน

2. ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการโรงเรียนธีรภานท์บ้านโฮ่ง อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน โดยได้มีการกำหนดการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ในการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์และการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมองตามวันและเวลาที่กำหนด ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 วัดความดันโลหิต เป็นการตรวจร่างกายเพื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพหัวใจและหลอดเลือดของกลุ่มตัวอย่างเบื้องต้น เพื่อเตรียมร่างกายให้อยู่ในสภาวะปกติก่อนจะทำการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง



ภาพที่ 3-18 ตัวอย่างการวัดความดันโลหิตของกลุ่มตัวอย่าง

2.2 กลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ควบคู่กับการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ด้วยเครื่อง Emotiv EPOC Neuroheadset 14 ช่องสัญญาณ ติดตั้งขั้วบันทึกตามหลักการวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากล (10-20 international system of EEG electrode placement) และตำแหน่งอ้างอิง ซึ่งตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสามารถแบ่งตามบริเวณที่บันทึกได้ครอบคลุมบริเวณ ดังนี้

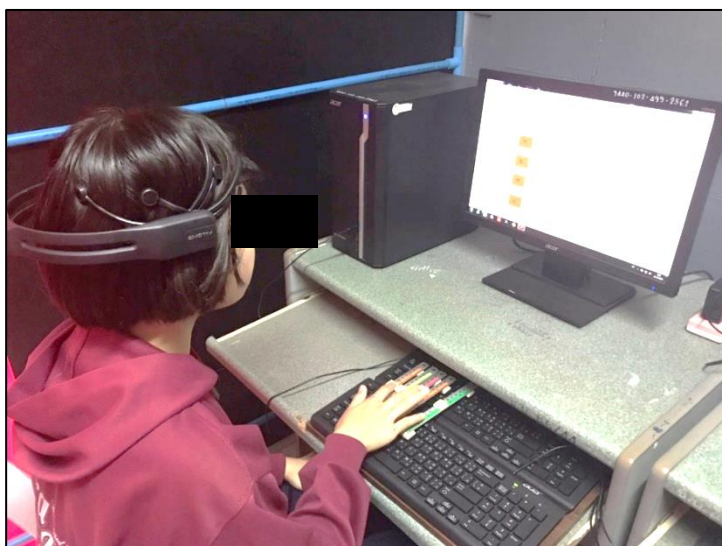
- 1) บริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal) ที่ตำแหน่ง AF3, AF4, F3, F4, F7, F8
- 2) บริเวณสมองส่วนกลาง (Central) ที่ตำแหน่ง FC5, FC6
- 3) บริเวณสมองส่วนขมับ (Temporal) ที่ตำแหน่ง T7, T8
- 4) บริเวณสมองด้านข้าง (Parietal) ที่ตำแหน่ง P7, P8
- 5) บริเวณสมองส่วนท้ายทอย (Occipital) ที่ตำแหน่ง O1, O2
- 6) ตำแหน่งอ้างอิง ที่ตำแหน่ง P3, P4 (mastoid process)

กลุ่มตัวอย่างสวมเครื่อง Emotiv EPOC Neuroheadset ตามตำแหน่งอย่างเหมาะสม ข้อมูลที่ได้เป็นค่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีรูปแบบโดเมนความถี่ (Frequency Domain) สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของแต่ละช่วงความถี่ ได้แก่ Theta (4-8 Hz), Alpha (8-12 Hz), Low Beta (12-16 Hz), High Beta (16-25 Hz), และ Gamma (25-45 Hz)



ภาพที่ 3-19 ตัวอย่างการสวมเครื่อง Emotiv EPOC Neuroheadset ให้กับกลุ่มตัวอย่าง

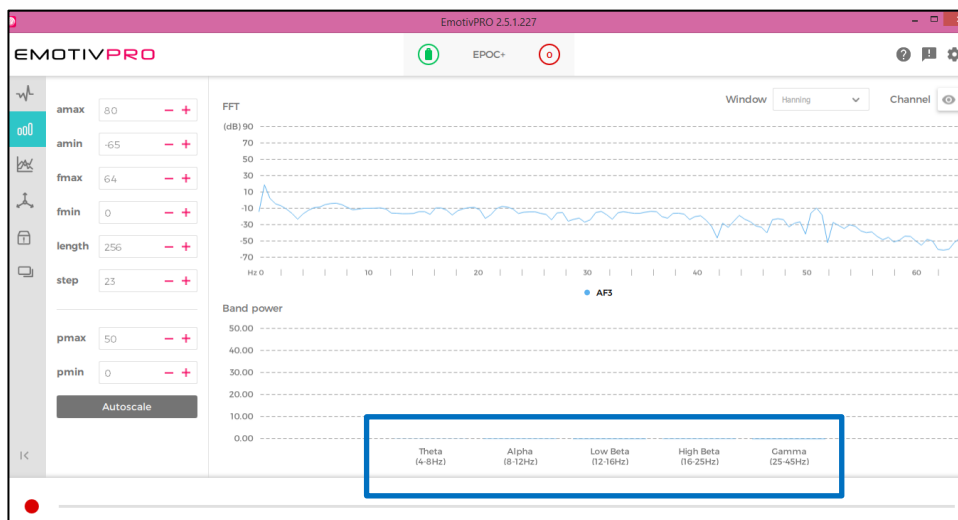
ขณะทำการทดสอบ กลุ่มตัวอย่างมองไปที่หน้าจอ ทำการบันทึกค่าพื้นฐานเบื้องต้น (Baseline) โดยการให้หลับตาและลืมตา และเริ่มทำการเข้าสู่การทำกิจกรรมทดสอบ จะปรากฏหน้า คำชี้แจงเป็นอันดับแรก เมื่ออ่านจบแล้ว กดปุ่ม Y หมายถึง ต่อไป เมื่อปรากฏข้อความ กลุ่มตัวอย่าง อ่านคำถามให้เข้าใจ แล้วเลือกกดปุ่มบนแป้นพิมพ์เลือกคำตอบที่ถูกต้อง โดย ปุ่ม A, S, D, และ F แทนด้วย ก, ข, ค, และ ง ตามลำดับ จนครบทุกข้อ หน้าสุดท้ายจะปรากฏข้อมูลย้อนกลับเพื่อรายงาน ผลคะแนนที่กลุ่มตัวอย่างทำถูก ถือเป็น การสิ้นสุดการทดลอง ในขณะที่ทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์จะประมวลผลคลื่นสัญญาณไฟฟ้าสมอง และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ทำ การวัดผ่านโปรแกรม Emotiv Pro ซึ่งสามารถนำค่าพลังงานสมบูรณ์ที่บันทึกได้มาทำการวิเคราะห์ ข้อมูลต่อไป



ภาพที่ 3-20 ตัวอย่างการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ควบคู่กับการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง



ภาพที่ 3-21 ตัวอย่างการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Emotiv Pro



ภาพที่ 3-22 ตัวอย่างภาพหน้าจอแสดงโดเมนความถี่ของโปรแกรม Emotiv Pro

3. รวบรวมข้อมูลและตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลทั้งความถูกต้องของการตอบสนอง และเวลาการตอบสนอง รวมถึงคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ทั้งระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ผล

4. นำข้อมูลคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาการตอบสนอง มาวิเคราะห์ข้อมูล และนำคลื่นไฟฟ้าสมองมาประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ 1) ตัดคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ Alpha Beta1 และ Beta2 2) ตัดสัญญาณรบกวน (Artifact Reduction) และ 3) คำนวณหาค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2

5. ดำเนินการนำข้อมูลความถูกต้องของการตอบสนองกับคลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้จากการวัดขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มาศึกษาความสัมพันธ์

5. วิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ตามผลการวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1) การวิเคราะห์ผลการประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหาโปรแกรม ATABI โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ด้วยดัชนีความตรงตามเนื้อหารายข้อ (I-CVI) และดัชนีความตรงตามเนื้อหาทั้งฉบับ (Average S-CVI)

2) การวิเคราะห์ผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ระยะที่ 2 การพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1) การวิเคราะห์ผลการประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ด้วยดัชนีความตรงตามเนื้อหารายข้อ (I-CVI) และดัชนีความตรงตามเนื้อหาทั้งฉบับ (Average S-CVI)

2) การวิเคราะห์ผลการทดลองใช้กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยค่าความเที่ยงทั้งฉบับของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน KR-20 ค่าความยากง่ายของข้อสอบ และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อ

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เชิงพฤติกรรม และคลื่นไฟฟ้าสมอง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

1) การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยความถี่ และร้อยละ

10) การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะเวลาหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)

11) การวิเคราะห์พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ทั้งระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลอง ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

12) การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)

13) การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test)

14) การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test)

15) การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะเวลาหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)
ผลการศึกษาในลักษณะความสัมพันธ์

1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะเวลาหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการศึกษา คลื่นไฟฟ้าสมอง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์และการวัด คลื่นไฟฟ้าสมอง ในประเด็นการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาการตอบสนอง จากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองของกลุ่ม ทดลอง การนำเสนอผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ระยะที่ 2 การพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เชิงพฤติกรรม และคลื่นไฟฟ้าสมอง

ความหมายและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

n	หมายถึง	จำนวนตัวอย่าง (Sample Size)
M	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)
SD	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
df	หมายถึง	องศาอิสระ (Degrees of freedom)
t	หมายถึง	ค่าสถิติที (t-test)
p	หมายถึง	ความน่าจะเป็น (Probability)
*	หมายถึง	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
**	หมายถึง	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1. ผลการประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหาโปรแกรม ATABI โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's หรือเรียกว่า โปรแกรม ATABI ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ผู้ทรงคุณวุฒิทุกคนให้คะแนนความเห็นทุกรายการประเมินของกิจกรรมในโปรแกรม ATABI ทั้ง 4 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง กิจกรรมที่ 2 กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด กิจกรรมที่ 3 กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ และกิจกรรมที่ 4 กิจกรรมความรู้ในอภิปราย สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ โดยดัชนีความตรงตามเนื้อหา (I-CVI) ของทุกข้อ มีค่าเท่ากับ 1 และดัชนีความตรงตามเนื้อหาทั้งฉบับ (Average S-CVI) มีค่าเท่ากับ 1

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI

โปรแกรม ATABI หลังจากได้ทำการปรับปรุงแล้ว ได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 30 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI ผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI ได้แบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม ได้แก่ 1) กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง 2) กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด 3) กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ และ 4) กิจกรรมความรู้ในอภิปราย โดยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=30)		
		Mean	SD	ระดับความเหมาะสม
1	คำสั่งอ่านและเข้าใจง่าย	5.00	-	มากที่สุด
2	ขนาดของตัวอักษร	4.27	.58	มากที่สุด
3	สีของตัวอักษร	4.13	.73	มาก
4	การสื่อความหมายของรูปภาพ	4.30	.65	มากที่สุด
5	ขนาดของรูปภาพประกอบ	4.60	.56	มากที่สุด
6	เสียงประกอบ	5.00	-	มากที่สุด
7	พื้นหลัง	4.57	.63	มากที่สุด
8	ปุ่มสำหรับเลือกคำตอบ	4.57	.63	มากที่สุด
9	ข้อมูลป้อนกลับ	4.50	.68	มากที่สุด

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=30)		
		Mean	SD	ระดับความเหมาะสม
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.55	.50	มากที่สุด

- ไม่สามารถคำนวณค่าได้

จากตารางที่ 4-1 การประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง ซึ่งประกอบด้วย คำสั่ง กิจกรรมฝึกปฏิบัติ สิ่งเราที่เป็นตัวกระตุ้น และข้อมูลป้อนกลับพบว่า รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ คำสั่งอ่านและเข้าใจง่าย และเสียงประกอบ ($M=5.00$, $SD=$ -) มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือ ขนาดของรูปภาพประกอบ ($M=4.60$, $SD=.56$) มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด และน้อยที่สุด คือ สีของตัวอักษร ($M=4.13$, $SD=.73$) มีระดับความเหมาะสมมาก สรุปลักษณะภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.55$, $SD=.50$)

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=30)		
		Mean	SD	ระดับความเหมาะสม
1	คำสั่งอ่านและเข้าใจง่าย	4.40	.62	มากที่สุด
2	ขนาดของตัวอักษร	4.57	.63	มากที่สุด
3	สีของตัวอักษร	4.57	.63	มากที่สุด
4	การสื่อความหมายของรูปภาพ	4.63	.62	มากที่สุด
5	ขนาดของรูปภาพประกอบ	4.43	.63	มากที่สุด
6	เสียงประกอบ	4.57	.63	มากที่สุด
7	พื้นหลัง	4.40	.68	มากที่สุด
8	ปุ่มสำหรับเลือกคำตอบ	4.57	.63	มากที่สุด
9	ข้อมูลป้อนกลับ	4.30	.70	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.49	.64	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-2 การประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด ซึ่งประกอบด้วย คำสั่ง กิจกรรมฝึกปฏิบัติ สิ่งเราที่เป็นตัวกระตุ้น และข้อมูล

ป้อนกลับ พบว่า รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ การสื่อความหมายของรูปภาพ ($M=4.63$, $SD=.62$) มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือ ขนาดของตัวอักษร สีของตัวอักษร เสียงประกอบ และปุ่มสำหรับเลือกคำตอบ ($M=4.57$, $SD=.63$) มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด และน้อยที่สุด คือ ข้อมูลป้อนกลับ ($M=4.30$, $SD=.70$) มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด สรุปลงโดยภาพรวม มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.49$, $SD=.64$)

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ($n=30$)		
		Mean	SD	ระดับความเหมาะสม
1	คำสั่งอ่านและเข้าใจง่าย	4.37	.67	มากที่สุด
2	ขนาดของตัวอักษร	4.50	.63	มากที่สุด
3	สีของตัวอักษร	4.47	.63	มากที่สุด
4	การสื่อความหมายของรูปภาพ	4.33	.61	มากที่สุด
5	ขนาดของรูปภาพประกอบ	4.57	.63	มากที่สุด
6	เสียงประกอบ	4.57	.63	มากที่สุด
7	พื้นหลัง	4.23	.68	มากที่สุด
8	ปุ่มสำหรับเลือกคำตอบ	4.20	.71	มาก
9	ข้อมูลป้อนกลับ	4.67	.48	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.43	.65	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-3 การประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ ซึ่งประกอบด้วย คำสั่ง กิจกรรมฝึกปฏิบัติ สิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น และข้อมูลป้อนกลับ พบว่า รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อมูลป้อนกลับ ($M=4.67$, $SD=.48$) มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือ ขนาดของรูปภาพประกอบ และเสียงประกอบ ($M=4.57$, $SD=.63$) มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด และน้อยที่สุด คือ ปุ่มสำหรับเลือกคำตอบ ($M=4.20$, $SD=.71$) มีระดับความเหมาะสมมาก สรุปลงโดยภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.43$, $SD=.65$)

ตารางที่ 4-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=30)		
		Mean	SD	ระดับความเหมาะสม
1	คำสั่งอ่านและเข้าใจง่าย	4.67	.55	มากที่สุด
2	ขนาดของตัวอักษร	4.27	.64	มากที่สุด
3	สีของตัวอักษร	4.53	.63	มากที่สุด
4	การสื่อความหมายของรูปภาพ	4.80	.41	มากที่สุด
5	ขนาดของรูปภาพประกอบ	4.57	.63	มากที่สุด
6	เสียงประกอบ	4.17	.70	มาก
7	พื้นหลัง	4.53	.63	มากที่สุด
8	ปุ่มสำหรับเลือกคำตอบ	4.50	.51	มากที่สุด
9	ข้อมูลป้อนกลับ	4.27	.69	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.48	.60	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-4 การประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม ATABI กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา ซึ่งประกอบด้วย คำสั่ง กิจกรรมฝึกปฏิบัติ สิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น และข้อมูลป้อนกลับ พบว่า รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ การสื่อความหมายของรูปภาพ ($M=4.80$, $SD=.41$) มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือ คำสั่งอ่านและเข้าใจง่าย ($M=4.67$, $SD=.55$) มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด และน้อยที่สุด คือ เสียงประกอบ ($M=4.17$, $SD=.70$) มีระดับความเหมาะสมมาก สรุปโดยภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.48$, $SD=.60$)

สรุปได้ว่า โปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มความสามารถ การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้

3. ลักษณะของโปรแกรม ATABI

โปรแกรม ATABI มีลักษณะเป็นไฟล์ Android Package Kit (APK) สำหรับระบบแอนดรอยด์ พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้เวลาในการฝึกปฏิบัติเป็นเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง เนื้อหาในโปรแกรมเกี่ยวข้องกับเรื่องราว เหตุการณ์ และสถานการณ์โดยทั่วไปในบริบทของคนไทย ประกอบไปด้วย 4 กิจกรรม ดังนี้

3.1 กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge) ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม ดังนี้

1) วรรณคดีไทยที่ฉันรู้จัก มีลักษณะเป็นภาพต่าง ๆ จำนวน 20 ภาพ ผสมผสานกัน ทั้งที่เป็นนิทานทั่วไป การ์ตูน เรื่องราวอิงประวัติศาสตร์ นิทานอีสป วรรณคดีไทย ปรากฏขึ้นทีละภาพ เพื่อให้ให้นักเรียนเลือกว่าภาพที่ปรากฏนั้นเป็นวรรณคดีไทยหรือไม่

2) อ่านฉันสิ มีลักษณะเป็นนิทานให้อ่าน จำนวน 1 เรื่อง ชื่อเรื่องว่า กล้าพิชัย เมื่ออ่านนิทานจบแล้ว มีกิจกรรมให้ทำซึ่งเชื่อมโยงข้อมูลจากนิทานที่อ่านก่อนหน้า โดยเลือกข้อมูล ที่ตรงกับบุคลิกและลักษณะนิสัยของตัวละครในนิทานที่กำหนดให้

3) ฉันเป็นแบบไหน มีลักษณะเป็นข้อความสั้น ๆ จำนวน 20 ข้อความ เกี่ยวกับ บุคลิกและลักษณะนิสัยของตัวละครที่กำหนด โดยปรากฏขึ้นทีละข้อความ แล้วให้เลือกตอบว่าใช่หรือไม่

4) ฉันเป็นใคร มีลักษณะเป็นคำจำกัดความสั้น ๆ จำนวน 6 ข้อความ ที่บรรยาย เกี่ยวกับตัวละครในนิทาน แล้วให้จับคู่ข้อความที่ปรากฏว่าตรงกับตัวละครใด

3.2 กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge) ประกอบไปด้วย กิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม ดังนี้

1) การสื่อสาร มีลักษณะเป็นภาพการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน จำนวน 20 ภาพ ในบางภาพจะแฝงเรื่องของการสื่อสารเข้าไป ปรากฏขึ้นทีละภาพ เพื่อให้ให้นักเรียนเลือกว่า ภาพที่ปรากฏนั้นเป็นการสื่อสารหรือไม่ โดยอาจเป็นการสื่อสารผ่านเทคโนโลยี การสื่อสารด้วยการใช้ สัญลักษณ์ การสื่อสารโดยผ่านอุปกรณ์หรือเครื่องมือต่าง ๆ การสื่อสารผ่านทางประสาทสัมผัส ผสมผสานกัน

2) ระดับภาษา มีลักษณะเป็นข้อมูลบรรยายพร้อมภาพประกอบ เรื่อง ระดับภาษา อ่านให้เข้าใจ หลังจากนั้นก็มีกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับข้อมูลก่อนหน้า โดยให้พิจารณาข้อความที่ปรากฏว่า ข้อความใดถูก ข้อความใดผิด จำนวน 10 ข้อ

3) ฉันอยู่ไหน มีลักษณะเป็นภาพการประชุมในระดับที่แตกต่างกัน จำนวน 3 รูป ปรากฏทีละรูป หลังจากนั้นก็มีคำถามให้เลือกตอบ จำนวน 9 ข้อ สามารถเลือกคำตอบได้มากกว่า 1 ข้อ จากตัวเลือกทั้งหมด 3 ข้อ โดยเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของการประชุมในระดับต่าง ๆ ดังภาพที่ปรากฏ

4) ภาษาพาเพลิน มีลักษณะเป็นข้อความเกี่ยวกับการใช้ถ้อยคำที่แตกต่างกัน โดยให้ เลือกว่า ประโยคดังกล่าวเป็นการใช้ถ้อยคำของภาษาในระดับใด จำนวน 10 ข้อ

3.3 กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge) ประกอบไปด้วย กิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม ดังนี้

1) ปัญหาในชีวิตประจำวัน มีลักษณะเป็นภาพที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่พบเจอใน ปัจจุบัน จำนวน 20 ภาพ ผสมผสานกันทั้งปัญหาในประเทศ ปัญหาในสังคม และปัญหาในชีวิต

ประจำวัน ปรากฏขึ้นทีละภาพ เพื่อให้นักเรียนเลือกว่ารูปที่ปรากฏนั้นเป็นปัญหาที่พบเจอในชีวิตประจำวันหรือไม่

2) เข้าใจปัญหา มีลักษณะเป็นข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาให้อ่านทำความเข้าใจ ซึ่งจะแบ่งปัญหาตามโครงสร้าง ได้แก่ โครงสร้างแบบลำดับ โครงสร้างแบบทางเลือก และโครงสร้างแบบทำซ้ำ แต่ละโครงสร้างจะมีตัวอย่างแสดงประกอบในลักษณะผังงาน (Flow Chart) เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น หลังจากนั้นมิจำลองปัญหาเพื่อตอบคำถามแบบหลายตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ

3) รู้ทันปัญหา มีลักษณะเป็นลำดับขั้นตอนการดำเนินการต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหา จำนวน 5 ข้อ ให้ทำการเรียงลำดับขั้นตอนดังกล่าวให้ถูกต้องตามกระบวนการแก้ปัญหา

4) วิเคราะห์ปัญหา มีลักษณะเป็นการจำลองสถานการณ์ แล้ววิเคราะห์ว่าสถานการณ์ดังกล่าวเป็นปัญหาตามโครงสร้างแบบลำดับ โครงสร้างแบบทางเลือก หรือโครงสร้างแบบทำซ้ำ จำนวน 10 ข้อ

3.4 กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge) ประกอบไปด้วย กิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม ดังนี้

1) อาชีพที่รู้จัก มีลักษณะเป็นภาพอาชีพต่าง ๆ จำนวน 20 ภาพ ผสมผสานกัน ทั้งในกลุ่มของอาชีพอิสระ อาชีพบริการ อาชีพในวงการบันเทิง อาชีพข้าราชการ อาชีพทั่วไป ปรากฏขึ้นทีละภาพ เพื่อให้นักเรียนเลือกว่าภาพที่ปรากฏนั้นเป็นอาชีพข้าราชการหรือไม่

2) คุณสมบัติของอาชีพที่ดี มีลักษณะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการประกอบอาชีพให้อ่านทำความเข้าใจ หลังจากนั้นมิจำลองให้ทำ โดยจะปรากฏภาพเกี่ยวกับอาชีพใดอาชีพหนึ่ง จำนวน ทั้งหมด 4 ภาพ ปรากฏทีละภาพ แล้วจะมีข้อมูลคุณสมบัติต่าง ๆ ประกอบ เพื่อให้เลือกว่าอาชีพดังกล่าวควรมีคุณสมบัติตามข้อใดบ้าง สามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อ

3) จัดกลุ่มอาชีพ มีลักษณะเป็นภาพอาชีพต่าง ๆ จำนวน 20 ภาพ ปรากฏทีละภาพ แล้วให้เลือกว่าอาชีพที่ปรากฏอยู่ในอาชีพกลุ่มบริการ กลุ่มภาษา กลุ่มให้ความรู้ หรือกลุ่มกฎหมาย

4) อาชีพในฝัน มีลักษณะเป็นการให้ผู้ผู้ใช้โปรแกรมประเมินตัวเอง ว่ามีลักษณะเด่น หรือความถนัดอะไรบ้าง (คณิตศาสตร์ ภาษาต่างประเทศ สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ศิลปะ (ดนตรี นาฏศิลป์ ศิลปะ) วิทยาศาสตร์ การงานอาชีพ (งานบ้าน เกษตร คหกรรม อุตสาหกรรม) เทคโนโลยี ภาษาไทย พลศึกษา) เมื่อประเมินเสร็จแล้วให้ผู้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกอาชีพที่สอดคล้องกับความรู้และความถนัดของตัวเองโดยการพิมพ์ข้อมูลลงไปตามต้องการ จากนั้นให้คิดพิจารณาว่า อาชีพในฝันที่อยากเป็นนั้นควรพัฒนาตนเองเพิ่มเติมคืออะไรบ้าง เพื่อให้ประสบความสำเร็จในอาชีพดังกล่าว โดยการพิมพ์ข้อมูลลงไปด้วยตนเอง

สำหรับทุกกิจกรรมเมื่อทำเสร็จแล้ว มีการแสดงผลข้อมูลป้อนกลับทุกครั้ง โดยแสดงผลคะแนนที่ได้จากการทำกิจกรรมดังกล่าวให้ทราบ พร้อมกับข้อความในการสร้างขวัญและกำลังใจ ยกเว้น กิจกรรมจัดกลุ่มอาชีพ และอาชีพในฝัน จะไม่มีการแสดงผลคะแนน

ระยะที่ 2 การพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1. ผลการประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน วิเคราะห์หาค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหาทั้งฉบับ (Average S-CVI) เท่ากับ .94

โดยตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 12 ข้อ มีค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา (S-CVI) เท่ากับ .95 ผู้ทรงคุณวุฒิให้คะแนนความคิดเห็นต่อข้อสอบจำนวน 10 ข้อ สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ โดยดัชนีความตรงตามเนื้อหารายข้อ (I-CVI) มีค่าเท่ากับ 1 ยกเว้น 2 ข้อ ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ มีค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหารายข้อ (I-CVI) เท่ากับ .67

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 12 ข้อ มีค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา (S-CVI) เท่ากับ .92 ผู้ทรงคุณวุฒิให้คะแนนความคิดเห็นต่อข้อสอบจำนวน 10 ข้อ สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ โดยดัชนีความตรงตามเนื้อหารายข้อ (I-CVI) มีค่าเท่ากับ 1 ยกเว้น 2 ข้อ ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ มีค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหารายข้อ (I-CVI) เท่ากับ .67 และ .33 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 12 ข้อ มีค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา (S-CVI) เท่ากับ .95 ผู้ทรงคุณวุฒิให้คะแนนความคิดเห็นต่อข้อสอบจำนวน 10 ข้อ สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ โดยดัชนีความตรงตามเนื้อหารายข้อ (I-CVI) มีค่าเท่ากับ 1 ยกเว้น 2 ข้อ ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ มีค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหารายข้อ (I-CVI) เท่ากับ .67

ดังนั้น จึงเหลือข้อสอบจำนวน 30 ข้อ จากทั้งหมด 36 ข้อ สำหรับนำไปทดลองใช้ (Try Out)

2. ผลการทดลองใช้กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ หลังจากได้ทำการปรับปรุงแล้ว ได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 30 คน โดยการวิเคราะห์ความเที่ยงทั้งฉบับของคูเตอร์-ริชาร์ดสัน KR-20 วิเคราะห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบ และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อ พบว่า กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์มีความเที่ยงทั้งฉบับ เท่ากับ .87

โดยตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง มีจำนวนทั้งหมด 10 ข้อ มีค่าความเที่ยงรายด้าน เท่ากับ .70 เป็นข้อสอบที่ใช้ได้จำนวน 8 ข้อ และข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 2 ข้อ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ มีจำนวนทั้งหมด 10 ข้อ มีค่าความเที่ยงรายด้านเท่ากับ .69 เป็นข้อสอบที่ใช้ได้จำนวน 7 ข้อ และข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 3 ข้อ

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ มีจำนวนทั้งหมด 10 ข้อ มีค่าความเที่ยงรายด้านเท่ากับ .69 เป็นข้อสอบที่ใช้ได้จำนวน 8 ข้อ และข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 2 ข้อ

กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์หลังจากผู้วิจัยได้ตัดข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ออก จึงได้นำไปวิเคราะห์ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ .89 และค่าความเที่ยงรายด้าน ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง มีค่าเท่ากับ .73 ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ มีค่าเท่ากับ .70 และตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ มีค่าเท่ากับ .76

ดังนั้น กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ที่นำไปใช้ในการทดลองจริง มีจำนวนทั้งหมด 23 ข้อ โดยตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง มีจำนวน 8 ข้อ ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ มีจำนวน 7 ข้อ และตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ มีจำนวน 8 ข้อ

สรุปได้ว่า กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้

3. ลักษณะของกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีลักษณะเป็นไฟล์นามสกุล .exe (Execute File) ใช้สำหรับทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง จำนวน 8 ข้อ ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จำนวน 7 ข้อ และตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ จำนวน 8 ข้อ รวมทั้งหมด 23 ข้อ เป็นแบบทดสอบหลายตัวเลือก (Multiple choice) แบบ 4 ตัวเลือก การให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน มีส่วนประกอบ ดังนี้

1. คำสั่ง แสดงคำสั่งชี้แจงให้ผู้ทำกิจกรรมทดสอบเข้าใจว่าแบบทดสอบมีกี่ตอน และต้องการให้ทำอะไร
2. Fixation แสดงเครื่องหมายบวกอยู่กลางหน้าจอ เป็นเวลา 2 วินาที สำหรับให้ผู้ทำกิจกรรมมีใจจดจ่อกับสิ่งที่จะทำตรงหน้า
3. โจทย์คำถาม แสดงโจทย์คำถามพร้อมตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก คลิกเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และไปข้อต่อไปโดยอัตโนมัติ
4. ข้อมูลป้อนกลับ แสดงคะแนนสำหรับข้อที่ทำถูก พร้อมแสดงคำร้อยละ แยกเป็นตอน และสรุปผลคะแนนรวมจากคะแนนเต็มทั้งหมด 23 คะแนน พร้อมร้อยละ การแสดงผลข้อมูลป้อนกลับนี้เมื่อเสร็จสิ้นการทำกิจกรรมทดสอบครบทั้ง 3 ตอน

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เชิงพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ประวัติการเจ็บป่วยทางจิตเวช โรคประจำตัว ภาวะซีมเศร้า การมองเห็น ความถนัดในการใช้มือ สมาร์ทโฟน และประวัติการฝึกความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ด้วยแอปพลิเคชันบนมือถือ ดังนี้

ตารางที่ 4-5 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลอง (n=30)		กลุ่มควบคุม (n=30)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เพศหญิง	30	100.00	30	100.00
อายุ				
13 ปี	12	40.00	13	43.33
14 ปี	8	26.67	9	30.00
15 ปี	10	33.33	8	26.67
ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยทางจิตเวช	30	100.00	30	100.00
ไม่มีโรคประจำตัว	30	100.00	30	100.00
ไม่มีภาวะซีมเศร้า	30	100.00	30	100.00
การมองเห็นปกติ	30	100.00	30	100.00
ถนัดมือขวา	30	100.00	30	100.00
มีสมาร์ทโฟน	30	100.00	30	100.00
ไม่มีประวัติการฝึกความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ด้วยแอปพลิเคชันบนมือถือ	30	100.00	30	100.00

จากตารางที่ 4-5 พบว่า กลุ่มทดลองเป็นเพศหญิง จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ส่วนใหญ่มีอายุ 13 ปี คิดเป็นร้อยละ 40.00 กลุ่มทดลองทุกคนไม่มีประวัติการเจ็บป่วยทางจิตเวช ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีภาวะซีมเศร้า การมองเห็นปกติ ถนัดมือขวา มีสมาร์ทโฟน และไม่มีประวัติการฝึกความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ด้วยแอปพลิเคชันบนมือถือ

กลุ่มควบคุมเป็นเพศหญิง จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ส่วนใหญ่มีอายุ 13 ปี คิดเป็นร้อยละ 43.33 กลุ่มควบคุมทุกคนไม่มีประวัติการเจ็บป่วยทางจิตเวช ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีภาวะซึมเศร้า การมองเห็นปกติ ถนัดมือขวา มีสมาร์ทโฟน และไม่มีประวัติการฝึกความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ด้วยแอปพลิเคชันบนมือถือ

ผลการศึกษาในลักษณะเชิงพฤติกรรม

1. ความถูกต้องของการตอบสนอง

1.1 ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลอง ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

คนที่	ความถูกต้องของการตอบสนอง (คะแนน)			
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	ระยะก่อนการทดลอง (23 ข้อ)	ระยะหลังการทดลอง (23 ข้อ)	ระยะก่อนการทดลอง (23 ข้อ)	ระยะหลังการทดลอง (23 ข้อ)
1	14	16	14	16
2	14	14	13	12
3	11	17	12	15
4	10	15	17	21
5	16	16	14	18
6	10	15	16	14
7	14	14	18	18
8	12	15	17	15
9	10	12	18	18
10	14	14	13	11
11	14	15	17	17
12	12	12	12	14
13	15	16	10	14
14	11	14	13	12

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

คนที่	ความถูกต้องของการตอบสนอง (คะแนน)			
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	ระยะก่อนการทดลอง (23 ข้อ)	ระยะหลังการทดลอง (23 ข้อ)	ระยะก่อนการทดลอง (23 ข้อ)	ระยะหลังการทดลอง (23 ข้อ)
15	12	12	13	11
16	9	10	10	11
17	15	16	11	11
18	13	14	10	11
19	15	14	13	12
20	12	17	11	13
21	14	21	11	10
22	12	18	10	13
23	12	15	15	18
24	15	20	12	16
25	11	17	14	12
26	12	20	16	16
27	14	19	14	12
28	11	15	11	11
29	10	16	13	11
30	15	22	13	13
<i>M</i>	12.63	15.70	13.37	13.87
<i>SD</i>	1.92	2.76	2.46	2.86

จากตารางที่ 4-6 พบว่า กลุ่มทดลอง ระยะก่อนการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องของการตอบสนอง 12.63 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.92 ระยะหลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องของการตอบสนอง 15.70 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.76 และกลุ่มควบคุมระยะก่อนการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องของการตอบสนอง 13.37 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.46 ระยะหลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องของการตอบสนอง 13.87 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.86

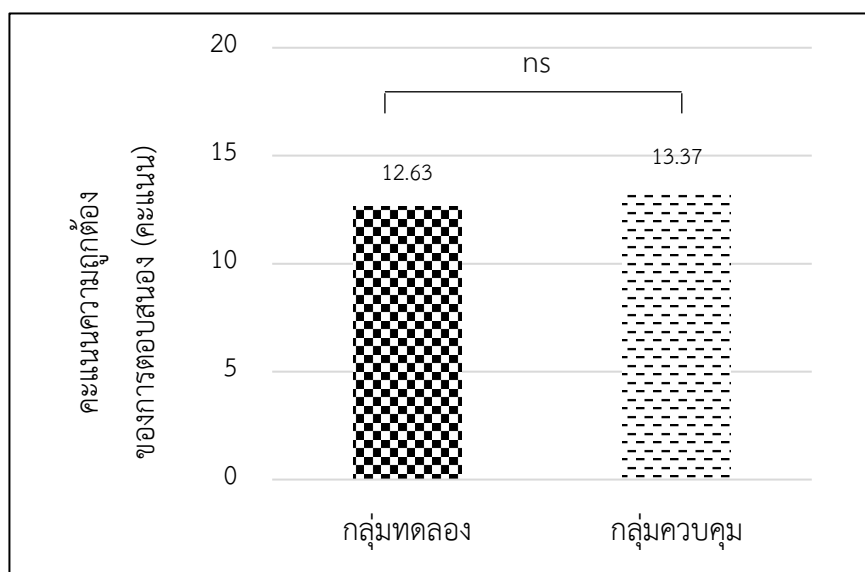
1.2 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4-7 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ

ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มการทดลอง	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mean difference</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
กลุ่มทดลอง	30	12.63	1.92	-0.73	58	-1.29	.20
กลุ่มควบคุม	30	13.37	2.46				

จากตารางที่ 4-7 พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง 12.63 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.92 และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง 13.37 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.46 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) พบว่า ไม่แตกต่างกัน ($t = -1.29, p > .05$)



ns = Non Significant

ภาพที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ

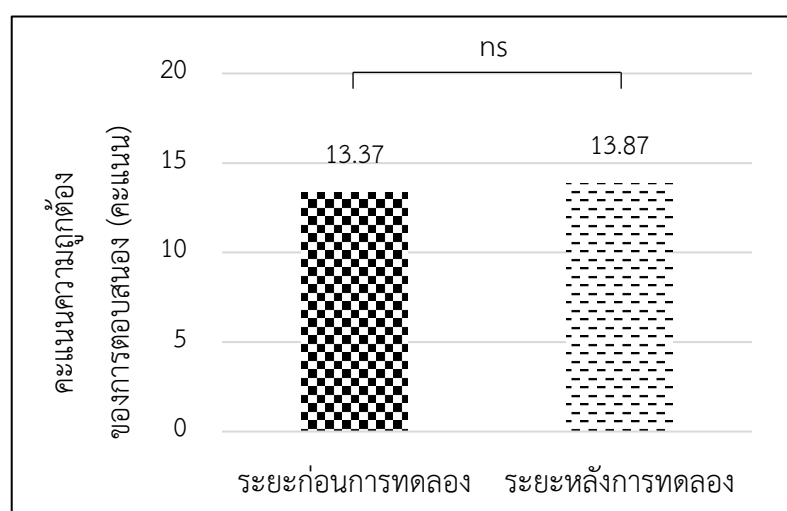
ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

1.3 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4-8 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ
การคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ระยะการทดลอง	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mean difference</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
ระยะก่อนการทดลอง	30	13.37	2.46	.50	29	1.30	.21
ระยะหลังการทดลอง	30	13.87	2.86				

จากตารางที่ 4-8 พบว่า ระยะก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง 13.37 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.46 และระยะหลังการทดลองกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง 13.87 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.86 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) พบว่าไม่แตกต่างกัน ($t = 1.30, p > .05$)



ns = Non Significant

ภาพที่ 4-2 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ
การคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

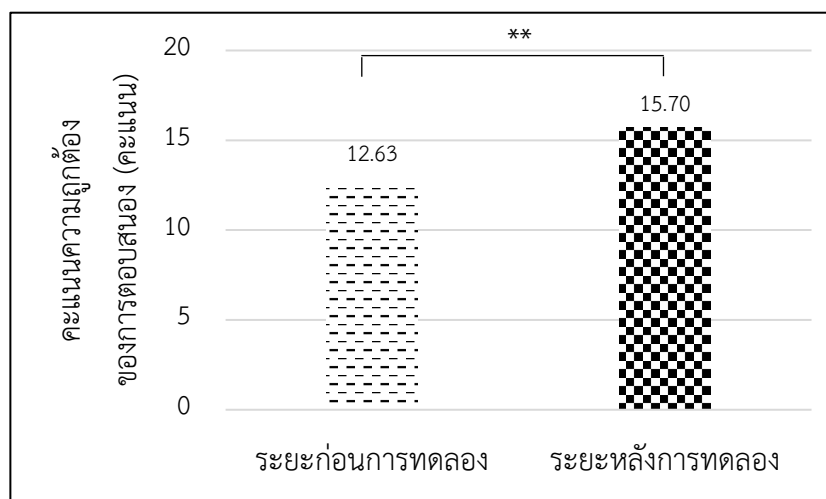
1.4 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่ม ทดลอง

ตารางที่ 4-9 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ
ความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลอง
ของกลุ่มทดลอง

ระยะการทดลอง	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mean difference</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
ระยะก่อนการทดลอง	30	12.63	1.92	3.07	29	6.30**	<.01
ระยะหลังการทดลอง	30	15.70	2.76				

** $p < .01$

จากตารางที่ 4-9 พบว่า ระยะก่อนการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง 12.63 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.92 และระยะหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง 15.70 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.76 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลอง ระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลอง ด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองระยะหลังการทดลองมากกว่าระยะก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t = 6.30, p < .01$)



ภาพที่ 4-3 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

1.5 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

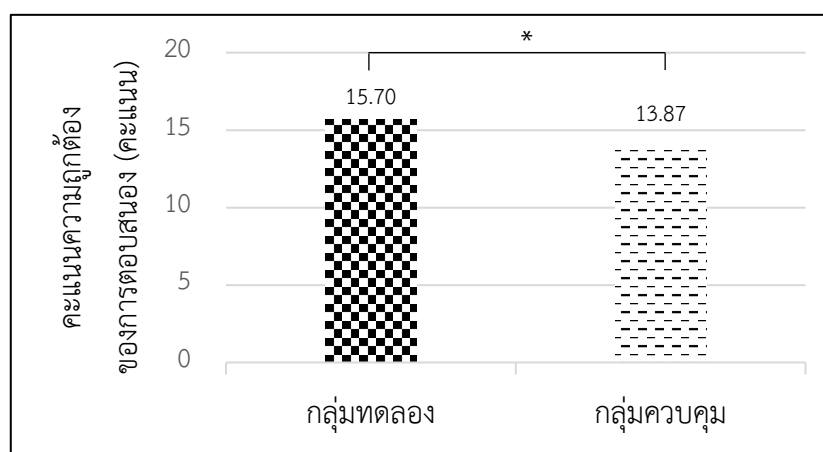
ตารางที่ 4-10 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มการทดลอง	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mean difference</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
กลุ่มทดลอง	30	15.70	2.76	1.83	58	2.53*	.01
กลุ่มควบคุม	30	13.87	2.86				

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-10 พบว่า ระยะหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง 15.70 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.76 และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง 13.87 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.86 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนน

ความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 2.53, p < .05$)



ภาพที่ 4-4 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะเวลาหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

สรุปได้ว่า โปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้น ทำให้คะแนนความถูกต้องของการตอบสนองเพิ่มขึ้น ดังนั้น โปรแกรม ATABI สามารถเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้

2. เวลาการตอบสนอง

2.1 ผลการวิเคราะห์เวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะเวลาก่อนการทดลองและระยะเวลาหลังการทดลองด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์เวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

คนที่	เวลาการตอบสนอง (มิลลิวินาที)			
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	ระยะก่อนการทดลอง	ระยะหลังการทดลอง	ระยะก่อนการทดลอง	ระยะหลังการทดลอง
1	33680.91	17990.44	23944.60	22930.29
2	29061.35	23208.60	43439.27	41375.20
3	21888.62	27331.46	29246.27	26031.12

ตารางที่ 4-11 (ต่อ)

คนที่	เวลาการตอบสนอง (มิลลิวินาที)			
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	ระยะก่อนการทดลอง	ระยะหลังการทดลอง	ระยะก่อนการทดลอง	ระยะหลังการทดลอง
4	35764.99	23555.16	30645.78	28999.40
5	21717.42	19083.40	29223.95	28884.47
6	38726.83	32453.00	44520.06	50396.00
7	23936.57	19985.78	27033.91	25911.25
8	40993.54	26413.95	30554.12	30522.67
9	27223.66	28202.01	28130.99	28853.57
10	46446.68	23980.47	36860.18	35591.96
11	31635.74	17139.54	38689.51	37071.39
12	25893.04	15794.22	24470.17	25017.55
13	24059.07	16552.58	42974.09	42470.41
14	22646.23	22055.16	29277.63	25201.99
15	15483.14	16888.02	30506.81	27264.99
16	31956.14	29410.58	29488.02	30840.32
17	31846.34	27240.91	43432.45	41217.76
18	44246.35	24278.19	26419.10	25324.46
19	29906.38	17783.79	31392.14	33998.19
20	29239.64	28327.13	27906.02	24741.65
21	33048.92	21983.89	35485.14	32891.47
22	28599.70	26171.94	37406.04	31118.31
23	36719.19	22610.85	25216.90	21473.85
24	28386.14	19022.60	39321.41	38001.18
25	41840.84	30884.85	29018.95	29867.48
26	29244.49	18948.85	30617.28	32590.07
27	43888.01	24802.40	29104.51	32230.70
28	30436.03	26000.41	44317.36	44227.94
29	30745.74	16763.33	35435.01	34484.83

ตารางที่ 4-11 (ต่อ)

คนที่	เวลาการตอบสนอง (มิลลิวินาที)			
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	ระยะก่อนการทดลอง	ระยะหลังการทดลอง	ระยะก่อนการทดลอง	ระยะหลังการทดลอง
30	30809.93	21238.49	35843.36	37926.45
<i>M</i>	31335.72	22870.07	32997.37	32248.56
<i>SD</i>	7346.17	4695.74	6325.60	6966.79

จากตารางที่ 4-11 พบว่า ระยะก่อนการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 31335.72 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7346.17 ระยะหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 22870.07 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4695.74 และระยะก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 32997.37 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6325.60 ระยะหลังการทดลอง กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 32248.56 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6966.79

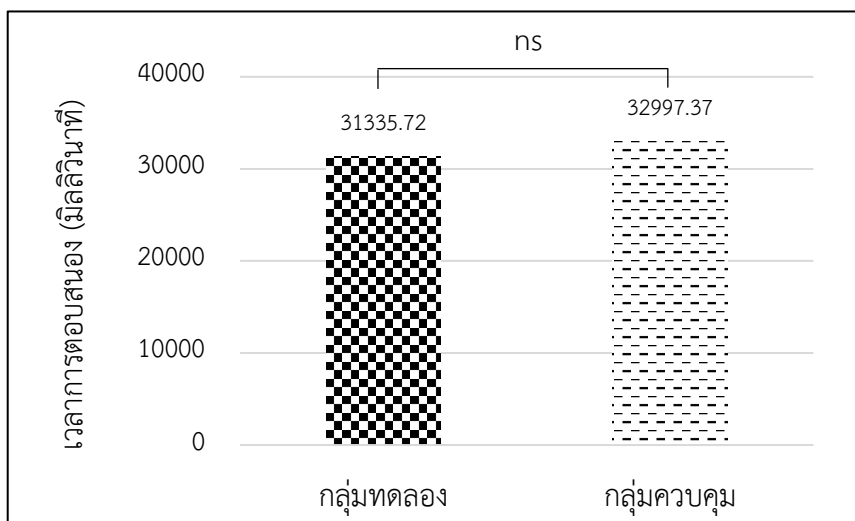
2.2 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4-12 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มการทดลอง	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mean difference</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
กลุ่มทดลอง	30	31335.72	7346.17	1661.64	58	-.939	.35
กลุ่มควบคุม	30	32997.37	6325.60				

จากตารางที่ 4-12 พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 31335.72 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7346.17 และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 32997.37 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6325.60 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง จากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลอง

กับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) พบว่าไม่แตกต่างกัน ($t = -9.39, p > .05$)



ns = Non Significant

ภาพที่ 4-5 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

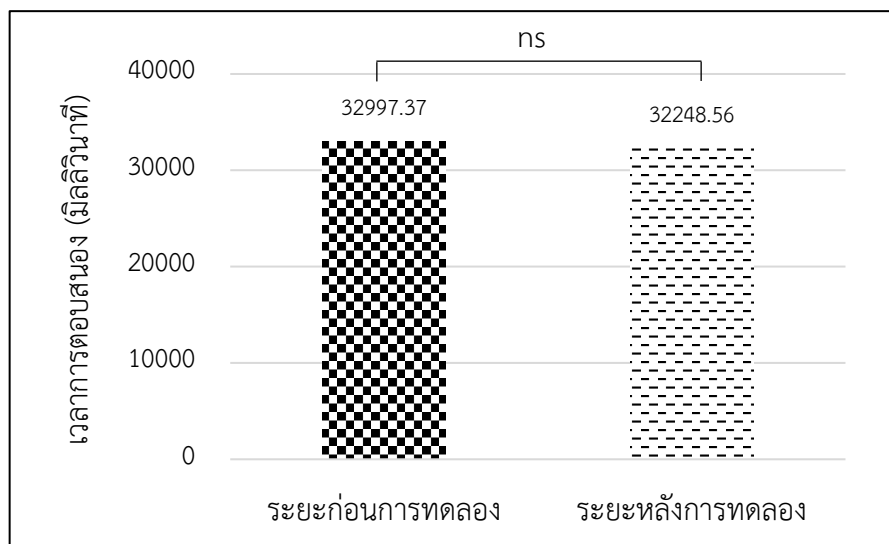
2.3 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4-13 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ระยะการทดลอง	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mean difference</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
ระยะก่อนการทดลอง	30	32997.37	6325.60	748.80	29	-1.66	.11
ระยะหลังการทดลอง	30	32248.56	6966.79				

จากตารางที่ 4-13 พบว่า ระยะก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 32997.37 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6325.60 และระยะหลังการทดลอง กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 32248.56 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6966.79 เมื่อทำการทดสอบ

ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) พบว่า ไม่แตกต่างกัน ($t = -1.66, p > .05$)



ns = Non Significant

ภาพที่ 4-6 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

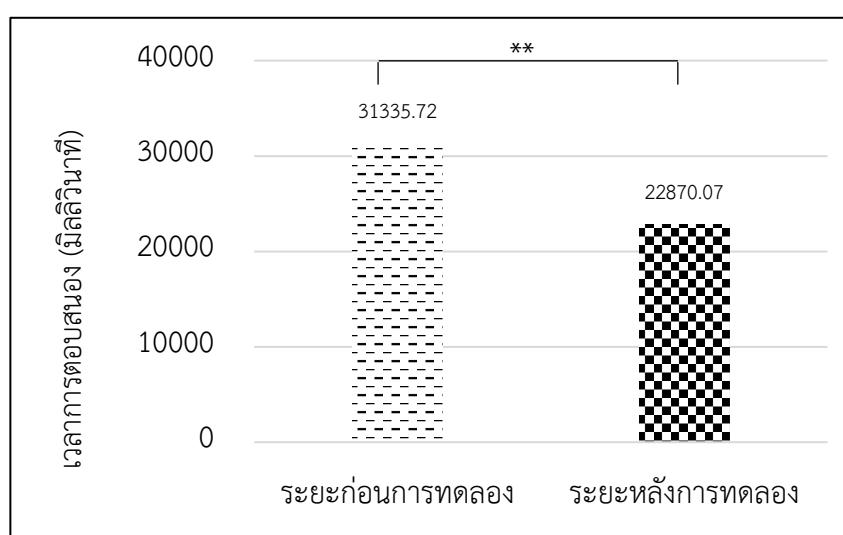
2.4 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 4-14 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ระยะการทดลอง	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mean difference</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
ระยะก่อนการทดลอง	30	31335.72	7346.17	8465.66	29	6.81**	<.01
ระยะหลังการทดลอง	30	22870.07	4695.74				

** $p < .01$

จากตารางที่ 4-14 พบว่า ระยะเวลาก่อนการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 31335.72 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7346.17 และระยะหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 22870.07 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4695.74 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลอง ด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) พบว่า ค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองระยะหลังการทดลองน้อยกว่าระยะก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t = 6.81, p < .01$)



ภาพที่ 4-7 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

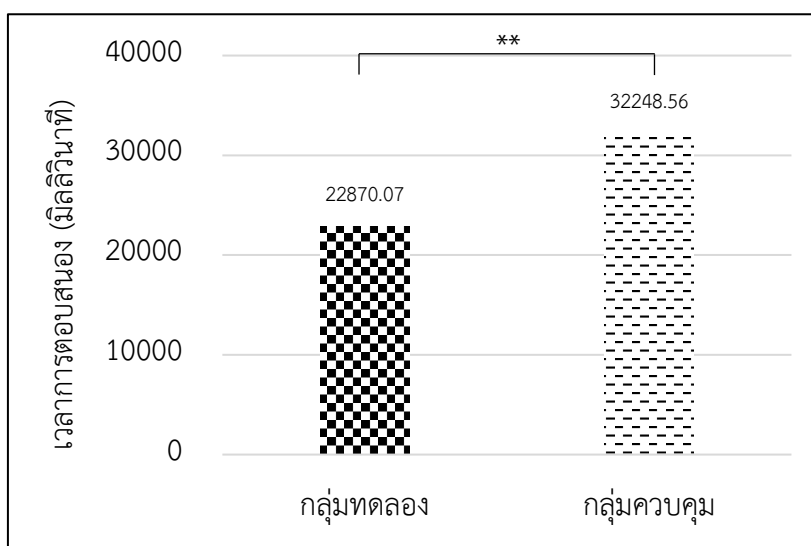
2.5 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4-15 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มการทดลอง	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mean difference</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
กลุ่มทดลอง	30	22870.07	4695.74	-9378.50	58	-6.11**	<.01
กลุ่มควบคุม	30	32248.56	6966.79				

** $p < .01$

จากตารางที่ 4-15 พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 22870.07 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4695.74 และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง 32248.56 มิลลิวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6966.79 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง จากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) พบว่า ค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ระยะหลัง การทดลองของกลุ่มทดลองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t = -6.11$, $p < .01$)



ภาพที่ 4-8 ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

สรุปได้ว่า โปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้น ทำให้เวลาการตอบสนองลดลง ดังนั้น โปรแกรม ATABI สามารถเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้

ผลการศึกษาในลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมอง

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยการวิเคราะห์พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, และ AF4 ดังนี้

1. ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha

1.1 ผลการวิเคราะห์พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ทั้งระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลอง ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4-16 ผลการวิเคราะห์พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ทั้งระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลอง

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	ค่าสถิติ	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha (μV)			
		กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
		ระยะก่อน การทดลอง	ระยะหลัง การทดลอง	ระยะก่อน การทดลอง	ระยะหลัง การทดลอง
AF3	M	3.69	4.40	3.59	3.68
	SD	1.13	1.26	.48	.79
F7	M	3.21	3.73	3.36	3.25
	SD	.54	.82	.63	.60
F3	M	3.29	4.14	3.37	3.21
	SD	.97	1.11	.72	.64
FC5	M	2.67	3.21	2.52	2.55
	SD	.43	.81	.43	.39
T7	M	2.73	2.75	2.52	2.34
	SD	.50	.37	.53	.45
P7	M	2.51	2.75	2.18	2.20
	SD	.40	.35	.81	.31
O1	M	2.90	3.04	2.59	2.63
	SD	.57	.37	.65	.46

ตารางที่ 4-16 (ต่อ)

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	ค่าสถิติ	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha (μV)			
		กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
		ระยะก่อน	ระยะหลัง	ระยะก่อน	ระยะหลัง
		การทดลอง	การทดลอง	การทดลอง	การทดลอง
O2	<i>M</i>	3.35	3.85	3.23	3.17
	<i>SD</i>	.96	1.13	.69	.79
P8	<i>M</i>	2.83	3.58	2.34	2.31
	<i>SD</i>	.72	.98	1.07	.73
T8	<i>M</i>	3.78	3.92	3.82	3.79
	<i>SD</i>	1.06	1.34	.84	1.13
FC6	<i>M</i>	3.44	4.11	3.15	3.64
	<i>SD</i>	1.04	1.51	.53	1.17
F4	<i>M</i>	3.47	4.60	3.85	3.77
	<i>SD</i>	.81	1.53	1.44	1.00
F8	<i>M</i>	3.77	4.08	3.90	4.06
	<i>SD</i>	.87	1.04	.58	1.19
AF4	<i>M</i>	3.79	4.41	3.97	3.98
	<i>SD</i>	1.25	1.12	.65	.94
ภาพรวม	<i>M</i>	3.24	3.75	3.17	3.18
	<i>SD</i>	.80	.98	.72	.76

จากตารางที่ 4-16 พบว่า พลังงานสัมบูรณ์ขณะทำกิจกรรมการทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ระยะก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF4 เท่ากับ 3.79 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.25 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P7 เท่ากับ 2.51 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .40 ระยะหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F4 เท่ากับ 4.60 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.53 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า T7 และ P7 เท่ากับ 2.75 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .37 และ .35 ตามลำดับ

พลังงานสัมบูรณ์ขณะทำกิจกรรมการทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มควบคุม ในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ระยะก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์สูงสุดที่ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า AF4 เท่ากับ 3.97 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .65 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P7 เท่ากับ 2.18 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .81 ระยะหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F8 เท่ากับ 4.06 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.19 ต่ำสุดที่ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า P7 เท่ากับ 2.20 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .31

พลังงานสัมบูรณ์ขณะทำกิจกรรมการทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์โดยภาพรวม ของกลุ่มทดลองในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ระยะก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ เท่ากับ 3.24 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .80 ระยะหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ เท่ากับ 3.75 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .98 ส่วนกลุ่มควบคุมในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ระยะก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์เท่ากับ 3.17 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ .72 ระยะหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์เท่ากับ 3.18 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ .76

1.2 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุม

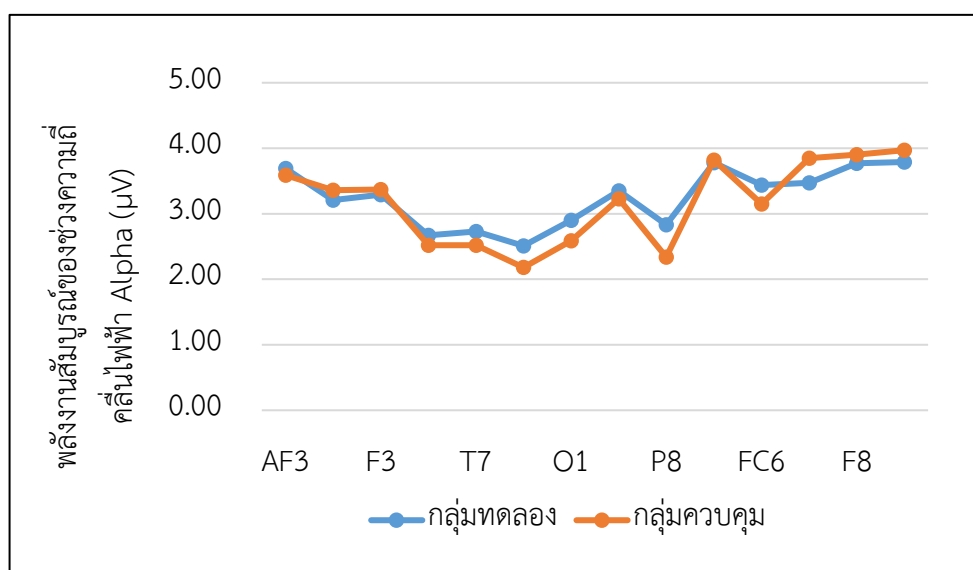
ตารางที่ 4-17 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่ม ทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha (μV)							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	3.69	1.13	3.59	.48	.10	58	.45	.65
F7	3.21	.54	3.36	.63	-.15	58	-1.00	.32
F3	3.29	.97	3.37	.72	-.08	58	-.38	.71
FC5	2.67	.43	2.52	.43	.15	58	1.42	.16
T7	2.73	.50	2.52	.53	.21	58	1.55	.13
P7	2.51	.40	2.18	.81	.33	58	1.97	.05
O1	2.90	.57	2.59	.65	.31	58	1.96	.06

ตารางที่ 4-17 (ต่อ)

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha (μV)							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
O2	3.35	.96	3.23	.69	.12	58	.53	.60
P8	2.83	.72	2.34	1.07	.49	58	2.00	.05
T8	3.78	1.06	3.82	.84	-.04	58	-.14	.89
FC6	3.44	1.04	3.15	.53	.29	58	1.34	.19
F4	3.47	.81	3.85	1.44	-.38	58	-1.26	.21
F8	3.77	.87	3.90	.58	-.13	58	-.68	.50
AF4	3.79	1.25	3.97	.65	-.18	58	-.71	.48

จากตารางที่ 4-17 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) พบว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน



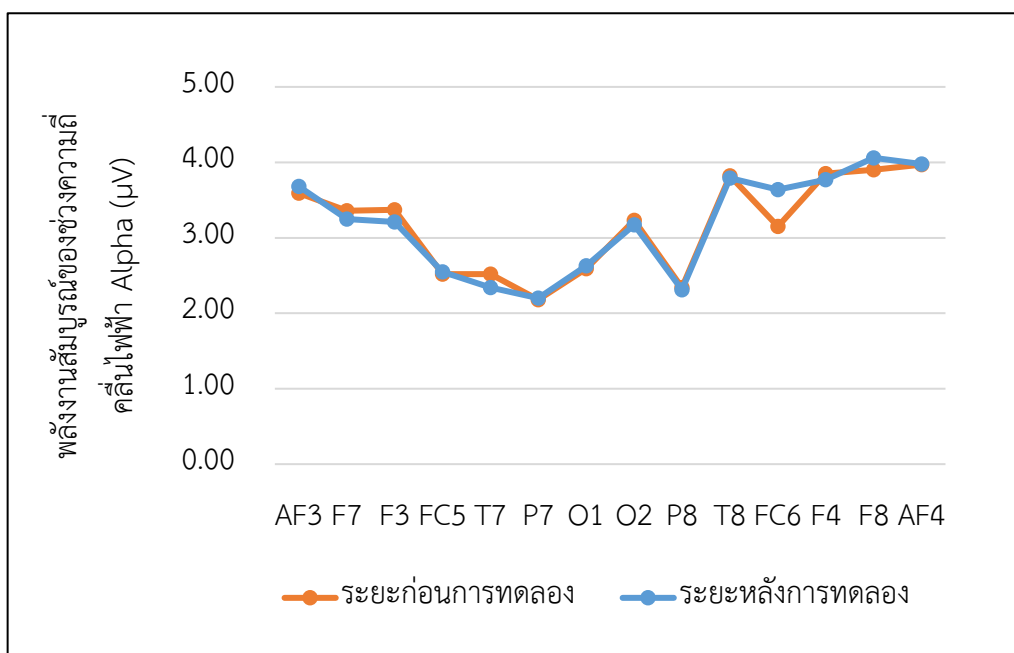
ภาพที่ 4-9 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

1.3 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4-18 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha (μV)							
	ระยะก่อนการทดลอง		ระยะหลังการทดลอง		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	3.59	.48	3.68	.79	.09	58	.59	.56
F7	3.36	.63	3.25	.60	-.11	58	-.85	.40
F3	3.37	.72	3.21	.64	-.17	58	-1.13	.27
FC5	2.52	.43	2.55	.39	.04	58	.53	.60
T7	2.52	.53	2.34	.45	-.18	58	-2.04	.05
P7	2.18	.81	2.20	.31	.02	58	.19	.85
O1	2.59	.65	2.63	.46	.04	58	.43	.67
O2	3.23	.69	3.17	.79	-.06	58	-.38	.71
P8	2.34	1.07	2.31	.73	-.03	58	-.22	.83
T8	3.82	.84	3.79	1.13	-.03	58	-.12	.91
FC6	3.15	.53	3.64	1.17	.49	58	2.03	.05
F4	3.85	1.44	3.77	1.00	-.09	58	-.46	.65
F8	3.90	.58	4.06	1.19	.16	58	.73	.47
AF4	3.97	.65	3.98	.94	.01	58	.06	.95

จากตารางที่ 4-18 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) พบว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4-10 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

1.4 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 4-19 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

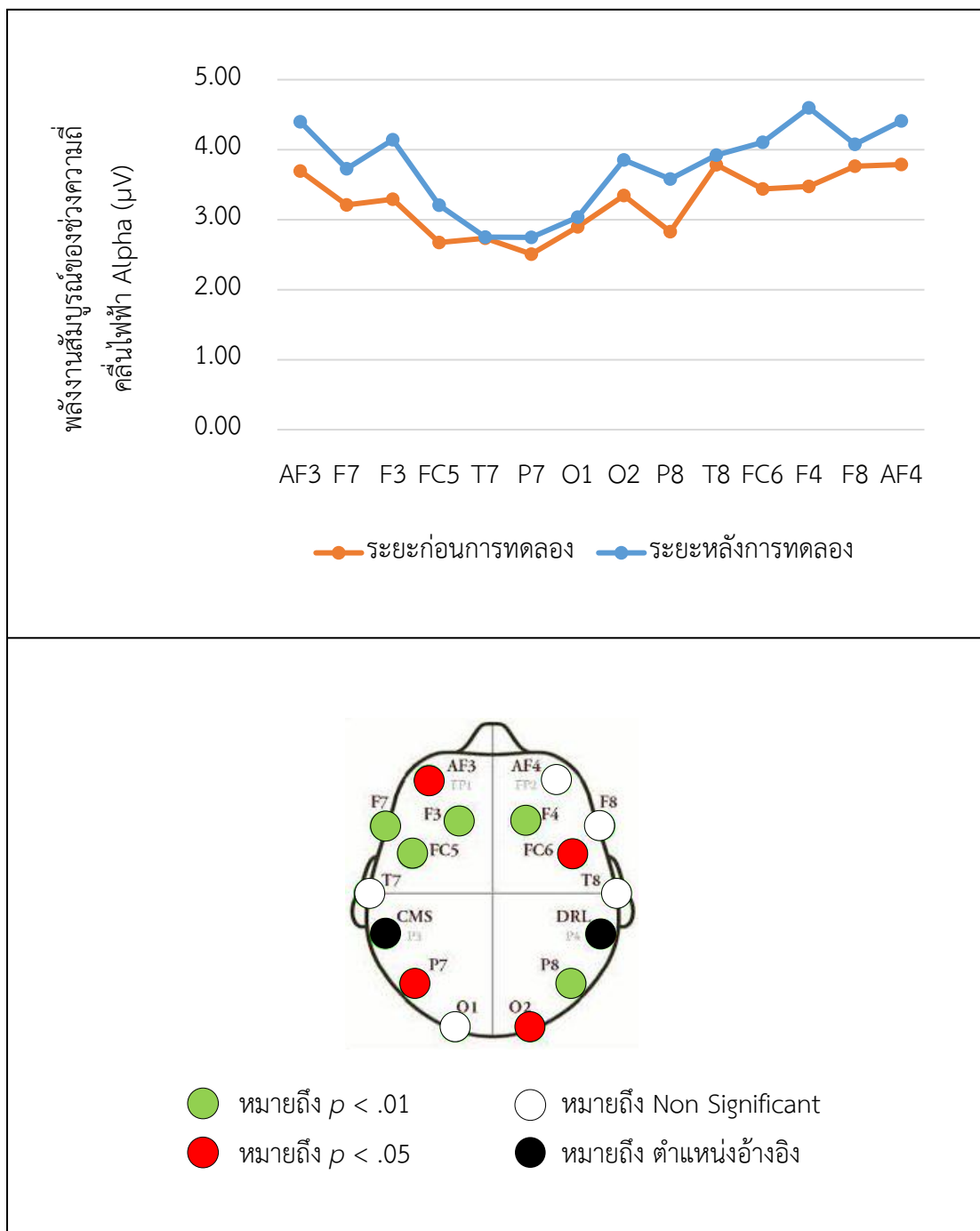
ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha (µV)							
	ระยะก่อนการทดลอง		ระยะหลังการทดลอง		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	3.69	1.13	4.40	1.26	.71	29	2.11*	.04
F7	3.21	.54	3.73	.82	.52	29	2.86**	<.01
F3	3.29	.97	4.14	1.11	.85	29	2.89**	<.01
FC5	2.67	.43	3.21	.81	.53	29	2.84**	<.01

ตารางที่ 4-19 (ต่อ)

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha (μV)							
	ระยะก่อนการทดลอง		ระยะหลังการทดลอง		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
T7	2.73	.50	2.75	.37	.02	29	.17	.87
P7	2.51	.40	2.75	.35	.24	29	2.53*	.02
O1	2.90	.57	3.04	.37	.14	29	1.27	.21
O2	3.35	.96	3.85	1.13	.51	29	2.13*	.04
P8	2.83	.72	3.58	.98	.75	29	3.00**	<.01
T8	3.78	1.06	3.92	1.34	.14	29	.17	.87
FC6	3.44	1.04	4.11	1.51	.67	29	2.23*	.03
F4	3.47	.81	4.60	1.53	1.13	29	3.13**	<.01
F8	3.77	.87	4.08	1.04	.31	29	1.23	.23
AF4	3.79	1.25	4.41	1.12	.62	29	1.68	.10

** $p < .01$, * $p < .05$

จากตารางที่ 4-19 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t-test) พบว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองสูงกว่าระยะก่อนการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F7, F3, FC5, P8, และ F4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, P7, O2, และ FC6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 4-11 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

1.5 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

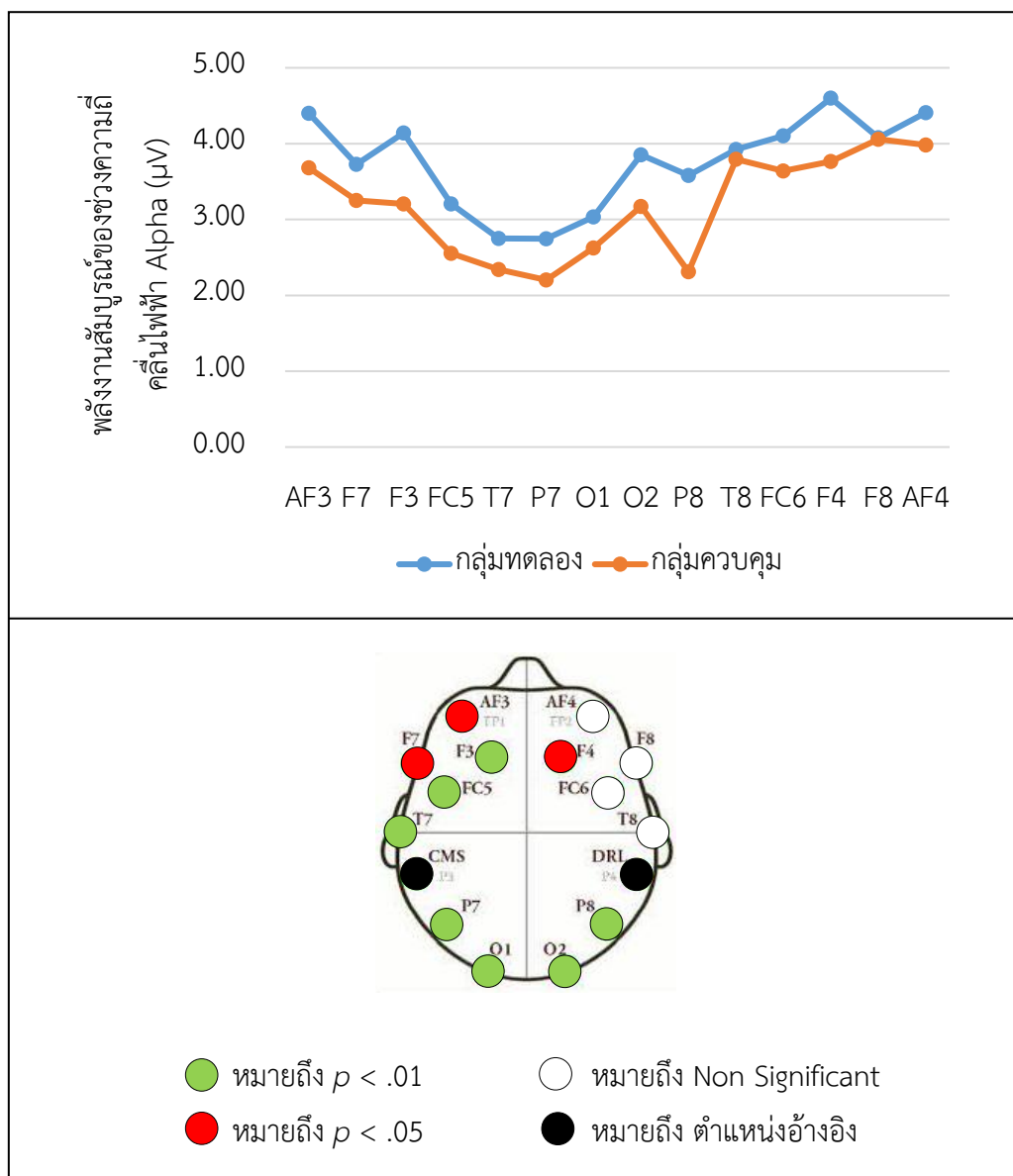
ตารางที่ 4-20 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha (μV)							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	4.40	1.26	3.68	.79	.72	58	2.63*	.01
F7	3.73	.82	3.25	.60	.48	58	2.57*	.01
F3	4.14	1.11	3.21	.64	.94	58	4.02**	<.01
FC5	3.21	.81	2.55	.39	.65	58	3.99**	<.01
T7	2.75	.37	2.34	.45	.41	58	3.84**	<.01
P7	2.75	.35	2.20	.31	.54	58	6.37**	<.01
O1	3.04	.37	2.63	.46	.41	58	3.79**	<.01
O2	3.85	1.13	3.17	.79	.68	58	2.70**	<.01
P8	3.58	.98	2.31	.73	1.27	58	5.70**	<.01
T8	3.92	1.34	3.79	1.13	.13	58	.40	.69
FC6	4.11	1.51	3.64	1.17	.47	58	1.34	.19
F4	4.60	1.53	3.77	1.00	.83	58	2.49*	.02
F8	4.08	1.04	4.06	1.19	.02	58	.06	.95
AF4	4.41	1.12	3.98	.94	.43	58	1.61	.11

** $p < .01$, * $p < .05$

จากตารางที่ 4-20 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent t-test) พบว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรม

ทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, FC5, T7, P7, O1, O2, และ P8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, และ F4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 4-12 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

สรุปได้ว่า โปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้น ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha สูงขึ้น

2. ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1

2.1 ผลการวิเคราะห์พลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ทั้งระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4-21 ผลการวิเคราะห์พลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ทั้งระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	ค่าสถิติ	พลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 (μV)			
		กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
		ระยะก่อน การทดลอง	ระยะหลัง การทดลอง	ระยะก่อน การทดลอง	ระยะหลัง การทดลอง
AF3	<i>M</i>	3.57	2.97	3.39	3.34
	<i>SD</i>	1.16	.41	.57	.56
F7	<i>M</i>	3.18	2.78	3.26	3.17
	<i>SD</i>	.84	.40	.48	.56
F3	<i>M</i>	3.19	2.82	3.29	3.06
	<i>SD</i>	.72	.41	.87	.45
FC5	<i>M</i>	2.78	2.50	2.88	2.90
	<i>SD</i>	.41	.21	.34	.40
T7	<i>M</i>	3.03	2.46	2.94	2.70
	<i>SD</i>	.69	.36	.62	.38
P7	<i>M</i>	2.84	2.39	2.90	2.59
	<i>SD</i>	.53	.24	.79	.32
O1	<i>M</i>	2.98	2.59	3.02	3.01
	<i>SD</i>	.60	.30	.54	.58
O2	<i>M</i>	3.34	3.15	3.57	3.54
	<i>SD</i>	1.06	.65	1.07	.94
P8	<i>M</i>	3.27	3.00	2.90	3.05
	<i>SD</i>	1.16	.67	.82	.92

ตารางที่ 4-21 (ต่อ)

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	ค่าสถิติ	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 (μV)			
		กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
		ระยะก่อน การทดลอง	ระยะหลัง การทดลอง	ระยะก่อน การทดลอง	ระยะหลัง การทดลอง
T8	<i>M</i>	3.78	3.24	4.18	3.94
	<i>SD</i>	.90	.76	.99	1.21
FC6	<i>M</i>	3.47	3.04	3.27	3.59
	<i>SD</i>	.84	.58	.73	1.03
F4	<i>M</i>	3.27	2.91	3.33	3.34
	<i>SD</i>	.89	.41	.59	.48
F8	<i>M</i>	3.93	3.06	3.77	3.73
	<i>SD</i>	.95	.47	.78	.98
AF4	<i>M</i>	3.62	3.06	3.61	3.46
	<i>SD</i>	1.02	.49	1.03	.64
ภาพรวม	<i>M</i>	3.30	2.86	3.31	3.24
	<i>SD</i>	.84	.45	.73	.68

จากตารางที่ 4-21 พบว่า พลังงานสัมบูรณ์ขณะทำกิจกรรมการทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ระยะก่อนการทดลอง มีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F8 เท่ากับ 3.93 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .95 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า FC5 เท่ากับ 2.78 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .41 ระยะหลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า T8 μV เท่ากับ 3.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .76 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P7 เท่ากับ 2.39 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .24

พลังงานสัมบูรณ์ขณะทำกิจกรรมการทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มควบคุมในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ระยะก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า T8 เท่ากับ 4.18 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .99 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า FC5 เท่ากับ 2.88 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .34 ระยะหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์

สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า T8 เท่ากับ 3.94 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.21 ต่ำสุด ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P7 เท่ากับ 2.59 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .32

พลังงานสัมบูรณ์ขณะทำกิจกรรมการทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์โดยภาพรวมของกลุ่มทดลองในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ระยะก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์เท่ากับ 3.30 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .84 ระยะหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์เท่ากับ 2.86 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .45 ส่วนกลุ่มควบคุมในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ระยะก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์เท่ากับ 3.31 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .73 ระยะหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์เท่ากับ 3.24 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .68

2.2 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

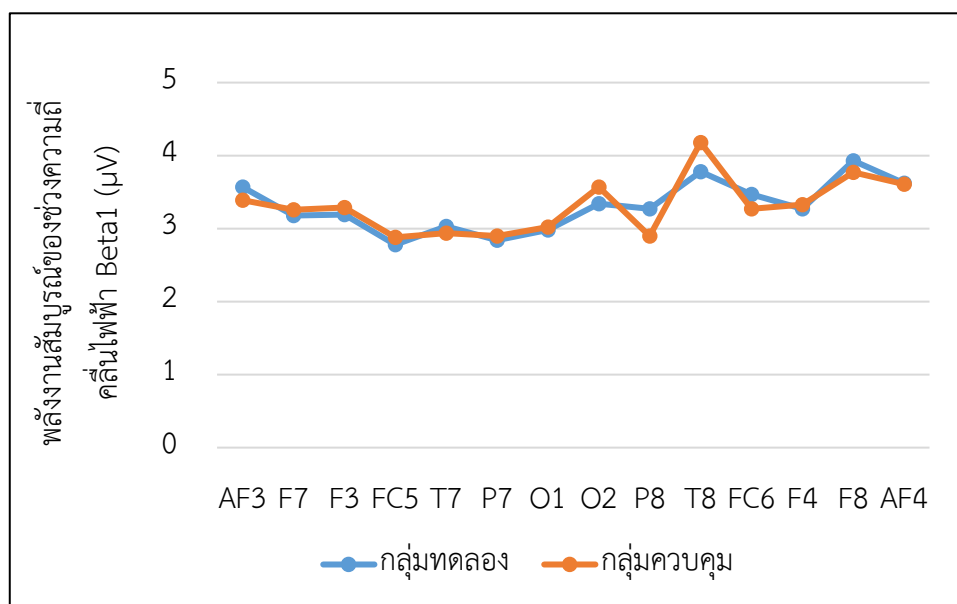
ตารางที่ 4-22 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 (μV)							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	3.57	1.16	3.39	.57	.18	58	.75	.46
F7	3.18	.84	3.26	.48	-.08	58	-.47	.64
F3	3.19	.72	3.29	.87	-.10	58	-.48	.63
FC5	2.78	.41	2.88	.34	-.11	58	-1.12	.27
T7	3.03	.69	2.94	.62	.08	58	.50	.62
P7	2.84	.53	2.90	.79	-.06	58	-.37	.72
O1	2.98	.60	3.02	.54	-.04	58	-.29	.77
O2	3.34	1.06	3.57	1.07	-.23	58	-.84	.41
P8	3.27	1.16	2.90	.82	.37	58	1.43	.16
T8	3.78	.90	4.18	.99	-.39	58	-1.61	.11
FC6	3.47	.84	3.27	.73	.20	58	.98	.33

ตารางที่ 4-22 (ต่อ)

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 (μV)							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
F4	3.27	.89	3.33	.59	-.06	58	-.32	.75
F8	3.93	.95	3.77	.78	.16	58	.72	.48
AF4	3.62	1.02	3.61	1.03	.02	58	.06	.95

จากตารางที่ 4-22 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent t-test) พบว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน



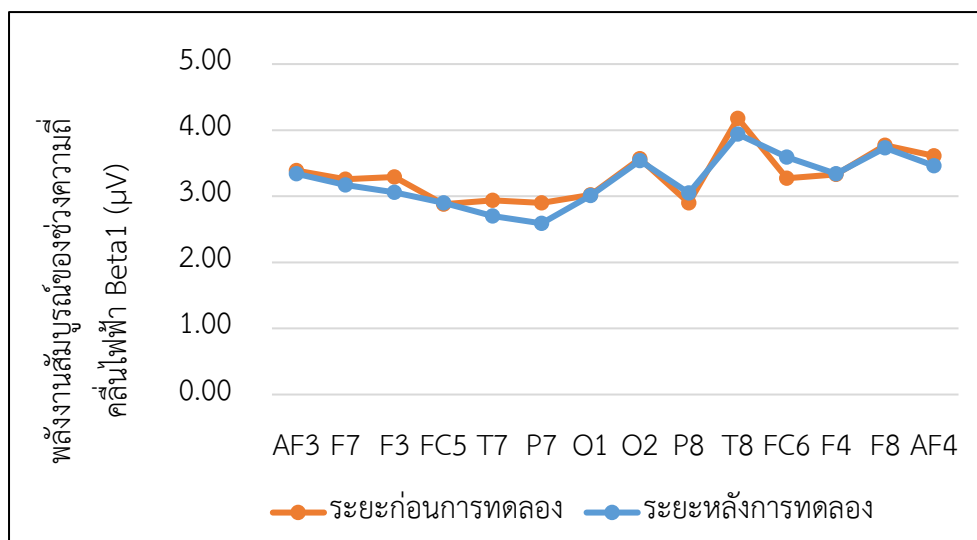
ภาพที่ 4-13 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2.3 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1
ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลัง
การทดลองของกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4-23 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำ
กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะ
หลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 (μV)							
	ระยะก่อนการทดลอง		ระยะหลังการทดลอง		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	3.39	.57	3.34	.56	-.05	29	-.68	.50
F7	3.26	.48	3.17	.56	-.09	29	-.95	.35
F3	3.29	.87	3.06	.45	-.23	29	-1.53	.14
FC5	2.88	.34	2.90	.40	.02	29	.22	.83
T7	2.94	.62	2.70	.38	-.24	29	-1.91	.07
P7	2.90	.79	2.59	.32	-.31	29	-2.01	.05
O1	3.02	.54	3.01	.58	-.01	29	-.13	.90
O2	3.57	1.07	3.54	.94	-.03	29	-.18	.86
P8	2.90	.82	3.05	.92	.15	29	1.04	.31
T8	4.18	.99	3.94	1.21	-.24	29	-1.56	.13
FC6	3.27	.73	3.59	1.03	.32	29	1.89	.07
F4	3.33	.59	3.34	.48	.01	29	.10	.92
F8	3.77	.78	3.73	.98	-.04	29	-.29	.77
AF4	3.61	1.03	3.46	.64	-.15	29	-.74	.46

จากตารางที่ 4-23 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่
คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อน
การทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระ
ต่อกัน (Dependent *t*-test) พบว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4-14 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

2.4 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 4-24 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

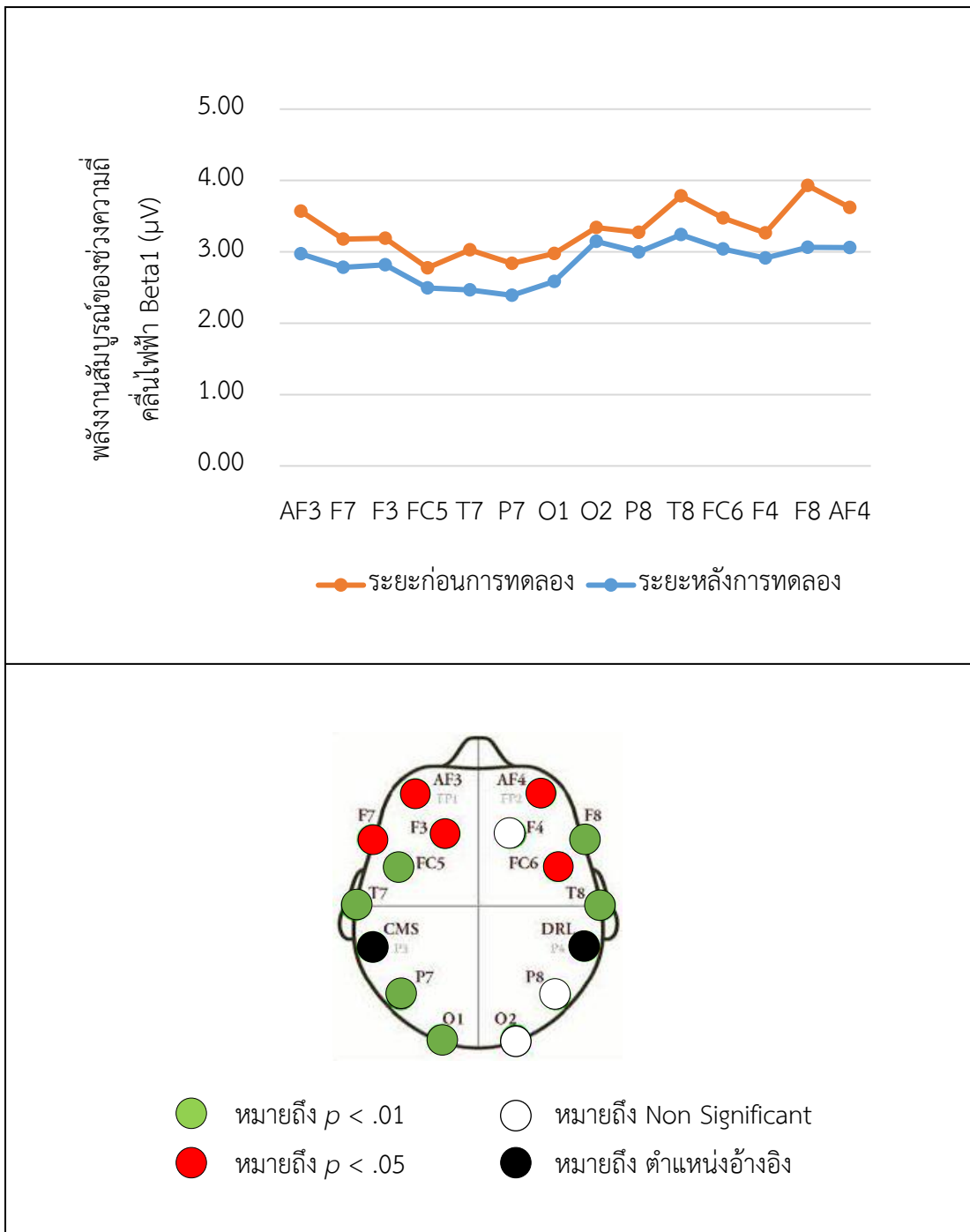
ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 (µV)							
	ระยะก่อนการทดลอง		ระยะหลังการทดลอง		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	3.57	1.16	2.97	.41	-.60	29	-2.55*	.02
F7	3.18	.84	2.78	.40	-.39	29	-2.54*	.02
F3	3.19	.72	2.82	.41	-.37	29	-2.08*	.04
FC5	2.78	.41	2.50	.21	-.28	29	-2.96**	<.01
T7	3.03	.69	2.46	.36	-.56	29	-3.64**	<.01

ตารางที่ 4-24 (ต่อ)

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 (μV)							
	ระยะก่อนการทดลอง		ระยะหลังการทดลอง		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
P7	2.84	.53	2.39	.24	-.45	29	-3.86**	<.01
O1	2.98	.60	2.59	.30	-.39	29	-3.53**	<.01
O2	3.34	1.06	3.15	.65	-.19	29	-1.01	.32
P8	3.27	1.16	3.00	.67	-.27	29	-.97	.34
T8	3.78	.90	3.24	.76	-.54	29	-3.06**	<.01
FC6	3.47	.84	3.04	.58	-.43	29	-2.33*	.03
F4	3.27	.89	2.91	.41	-.35	29	-1.93	.06
F8	3.93	.95	3.06	.47	-.87	29	-5.08**	<.01
AF4	3.62	1.02	3.06	.49	-.56	29	-2.62*	.01

** $p < .01$, * $p < .05$

จากตารางที่ 4-24 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t -test) พบว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองต่ำกว่าระยะก่อนการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า FC5, T7, P7, O1, T8, และ F8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, F3, FC6, และ AF4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 4-15 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

2.5 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1
ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลอง
กับกลุ่มควบคุม

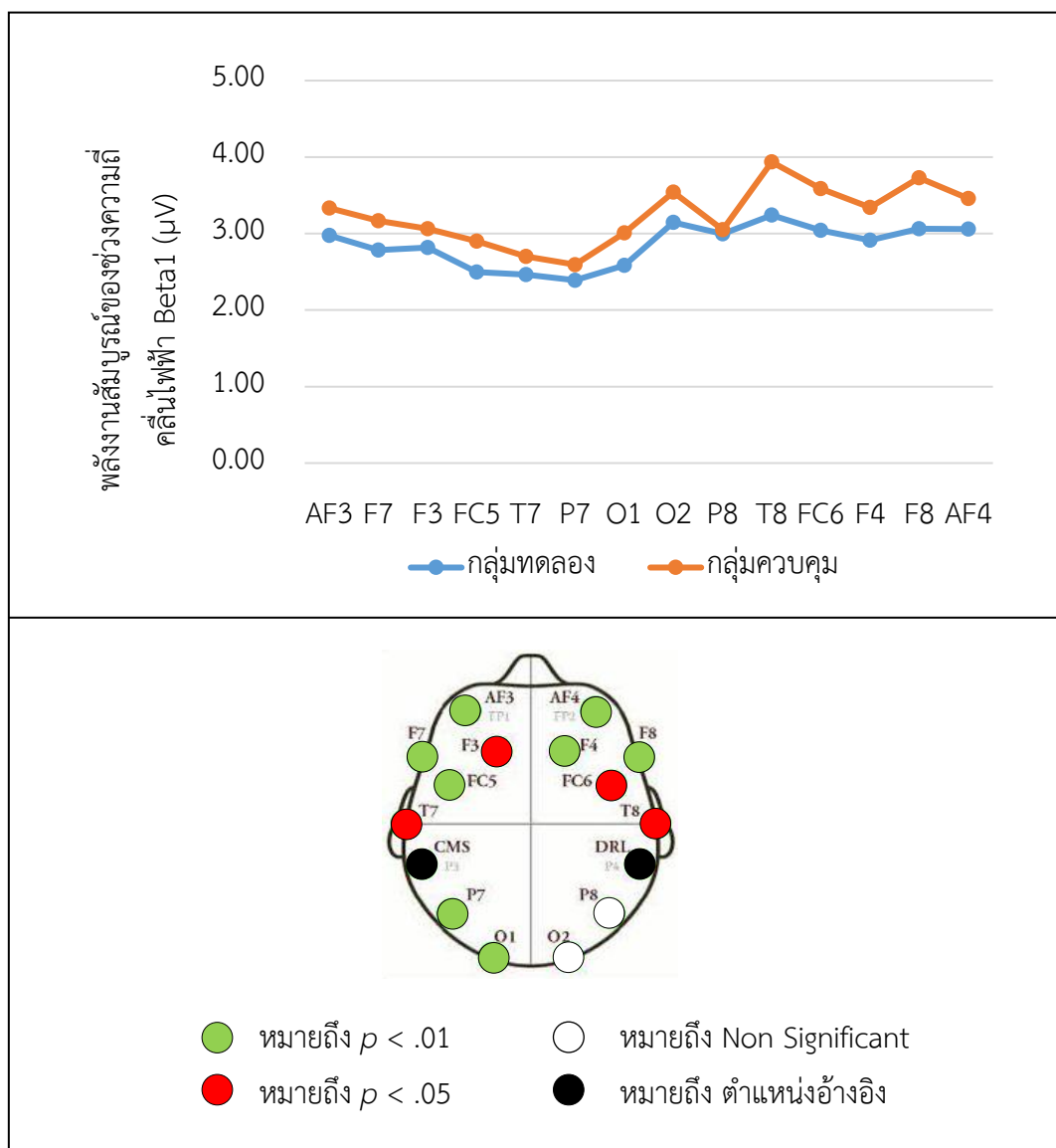
ตารางที่ 4-25 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำ
กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่ม
ทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 (μV)							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	2.97	.41	3.34	.56	-.36	58	-2.84**	<.01
F7	2.78	.40	3.17	.56	-.38	58	-3.05**	<.01
F3	2.82	.41	3.06	.45	-.25	58	-2.21*	.03
FC5	2.50	.21	2.90	.40	-.41	58	-4.93**	<.01
T7	2.46	.36	2.70	.38	-.24	58	-2.48*	.02
P7	2.39	.24	2.59	.32	-.20	58	-2.82**	<.01
O1	2.59	.30	3.01	.58	-.42	58	-3.55**	<.01
O2	3.15	.65	3.54	.94	-.39	58	-1.89	.06
P8	3.00	.67	3.05	.92	-.05	58	-.25	.80
T8	3.24	.76	3.94	1.21	-.69	58	-2.67*	.01
FC6	3.04	.58	3.59	1.03	-.55	58	-2.53*	.01
F4	2.91	.41	3.34	.48	-.43	58	-3.70**	<.01
F8	3.06	.47	3.73	.98	-.66	58	-3.34**	<.01
AF4	3.06	.49	3.46	.64	-.40	58	-2.73**	<.01

** $p < .01$, * $p < .05$

จากตารางที่ 4-25 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่
คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลอง
ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent
t-test) พบว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรม

ทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, FC5, P7, O1, F4, F8, และ AF4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, T7, T8, และ FC6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 4-16 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

สรุปได้ว่า โปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้น ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ต่ำลง

3. ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2

3.1 ผลการวิเคราะห์พลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ทั้งระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์พลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ทั้งระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	ค่าสถิติ	พลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 (μV)			
		กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
		ระยะก่อน การทดลอง	ระยะหลัง การทดลอง	ระยะก่อน การทดลอง	ระยะหลัง การทดลอง
AF3	<i>M</i>	3.61	3.05	3.27	3.33
	<i>SD</i>	1.64	.91	.52	.50
F7	<i>M</i>	2.78	2.57	3.21	2.93
	<i>SD</i>	.50	.53	1.31	.40
F3	<i>M</i>	3.27	3.07	3.73	3.13
	<i>SD</i>	1.04	.96	1.45	.42
FC5	<i>M</i>	2.79	2.77	2.94	3.18
	<i>SD</i>	.54	1.16	.71	1.15
T7	<i>M</i>	3.05	2.36	3.21	2.76
	<i>SD</i>	.95	.37	1.65	.37
P7	<i>M</i>	2.63	2.30	3.11	2.80
	<i>SD</i>	.48	.23	1.29	.47
O1	<i>M</i>	2.72	2.37	2.86	3.09
	<i>SD</i>	.57	.21	.82	.97
O2	<i>M</i>	2.86	2.57	3.15	2.95
	<i>SD</i>	.51	.30	1.14	.40
P8	<i>M</i>	2.72	2.62	2.80	2.67
	<i>SD</i>	.65	.48	.90	.37

ตารางที่ 4-26 (ต่อ)

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	ค่าสถิติ	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 (μV)			
		กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
		ระยะก่อน	ระยะหลัง	ระยะก่อน	ระยะหลัง
		การทดลอง	การทดลอง	การทดลอง	การทดลอง
T8	<i>M</i>	3.44	2.85	3.76	3.30
	<i>SD</i>	1.12	.88	1.51	.53
FC6	<i>M</i>	3.07	2.75	2.88	3.03
	<i>SD</i>	.87	.59	.37	.44
F4	<i>M</i>	3.24	3.13	3.53	3.77
	<i>SD</i>	.70	1.65	1.08	1.35
F8	<i>M</i>	3.26	2.68	3.49	3.18
	<i>SD</i>	.86	.61	1.44	.47
AF4	<i>M</i>	3.45	2.96	3.28	3.33
	<i>SD</i>	1.53	.51	.83	.45
ภาพรวม	<i>M</i>	3.06	2.72	3.23	3.10
	<i>SD</i>	.86	.67	1.07	.59

จากตารางที่ 4-26 พบว่าพลังงานสัมบูรณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ระยะก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3 เท่ากับ 3.61 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.64 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P7 เท่ากับ 2.63 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .48 ระยะหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F4 เท่ากับ 3.13 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.65 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P7 เท่ากับ 2.30 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .23

พลังงานสัมบูรณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มควบคุมในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ระยะก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า T8 เท่ากับ 3.76 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.51 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P8 เท่ากับ 2.80 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .90 ระยะหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F4 เท่ากับ 3.77 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.35 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P8 เท่ากับ 2.67 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .37

พลังงานสัมพันธ์ขณะทำกิจกรรมการทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์โดยภาพรวมของกลุ่มทดลองในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ระยะก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์เท่ากับ 3.06 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .86 ระยะหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์เท่ากับ 2.72 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .67 ส่วนกลุ่มควบคุมในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ระยะก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์เท่ากับ 3.23 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.07 ระยะหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์เท่ากับ 3.10 μV ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .59

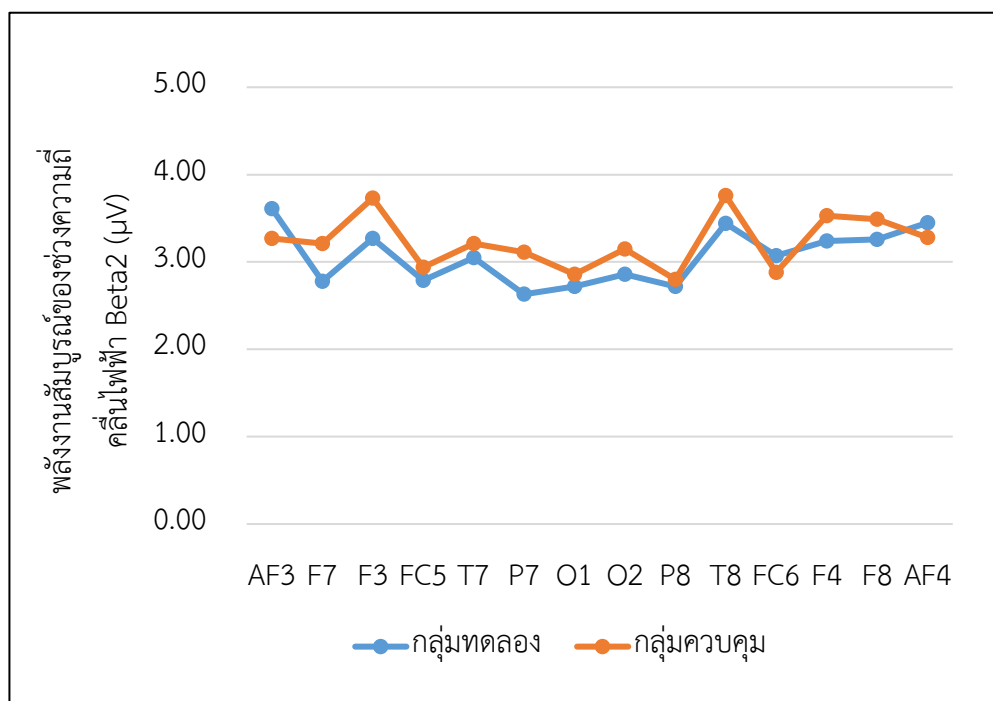
3.2 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2

ขณะทำกิจกรรมการทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4-27 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมการทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 (μV)							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	3.61	1.64	3.27	.52	.34	58	1.10	.28
F7	2.78	.50	3.21	1.31	-.43	58	-1.68	.10
F3	3.27	1.04	3.73	1.45	-.46	58	-1.40	.17
FC5	2.79	.54	2.94	.71	-.15	58	-.91	.37
T7	3.05	.95	3.21	1.65	-.16	58	-.45	.66
P7	2.63	.48	3.11	1.29	-.48	58	-1.91	.06
O1	2.72	.57	2.86	.82	-.14	58	-.78	.44
O2	2.86	.51	3.15	1.14	-.29	58	-1.26	.21
P8	2.72	.65	2.80	.90	-.08	58	-.38	.71
T8	3.44	1.12	3.76	1.51	-.32	58	-.93	.36
FC6	3.07	.87	2.88	.37	.19	58	1.10	.28
F4	3.24	.70	3.53	1.08	-.29	58	-1.25	.22
F8	3.26	.86	3.49	1.44	-.23	58	-.75	.46
AF4	3.45	1.53	3.28	.83	.17	58	.54	.59

จากตารางที่ 4-27 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent t-test) พบว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน



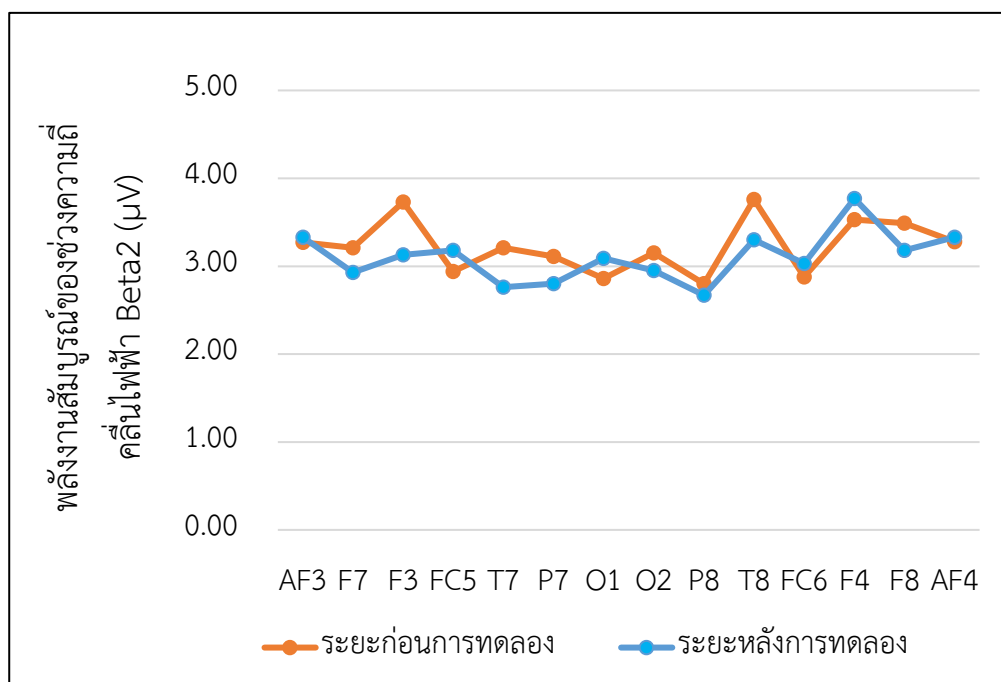
ภาพที่ 4-17 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

3.3 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4-28 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 (μV)							
	ระยะก่อนการทดลอง		ระยะหลังการทดลอง		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	3.27	.52	3.33	.50	.06	29	.67	.51
F7	3.21	1.31	2.93	.40	-.28	29	-1.15	.26
F3	3.73	1.45	3.13	.42	-.60	29	-2.04	.05
FC5	2.94	.71	3.18	1.15	.24	29	.89	.38
T7	3.21	1.65	2.76	.37	-.45	29	-1.44	.16
P7	3.11	1.29	2.80	.47	-.31	29	-1.28	.21
O1	2.86	.82	3.09	.97	.23	29	.94	.35
O2	3.15	1.14	2.95	.40	-.20	29	-.91	.37
P8	2.80	.90	2.67	.37	-.13	29	-.76	.45
T8	3.76	1.51	3.30	.53	-.46	29	-1.60	.12
FC6	2.88	.37	3.03	.44	.15	29	1.57	.13
F4	3.53	1.08	3.77	1.35	.24	29	1.54	.13
F8	3.49	1.44	3.18	.47	-.31	29	-1.06	.30
AF4	3.28	.83	3.33	.45	.05	29	.45	.66

จากตารางที่ 4-28 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) พบว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4-18 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

3.4 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 4-29 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

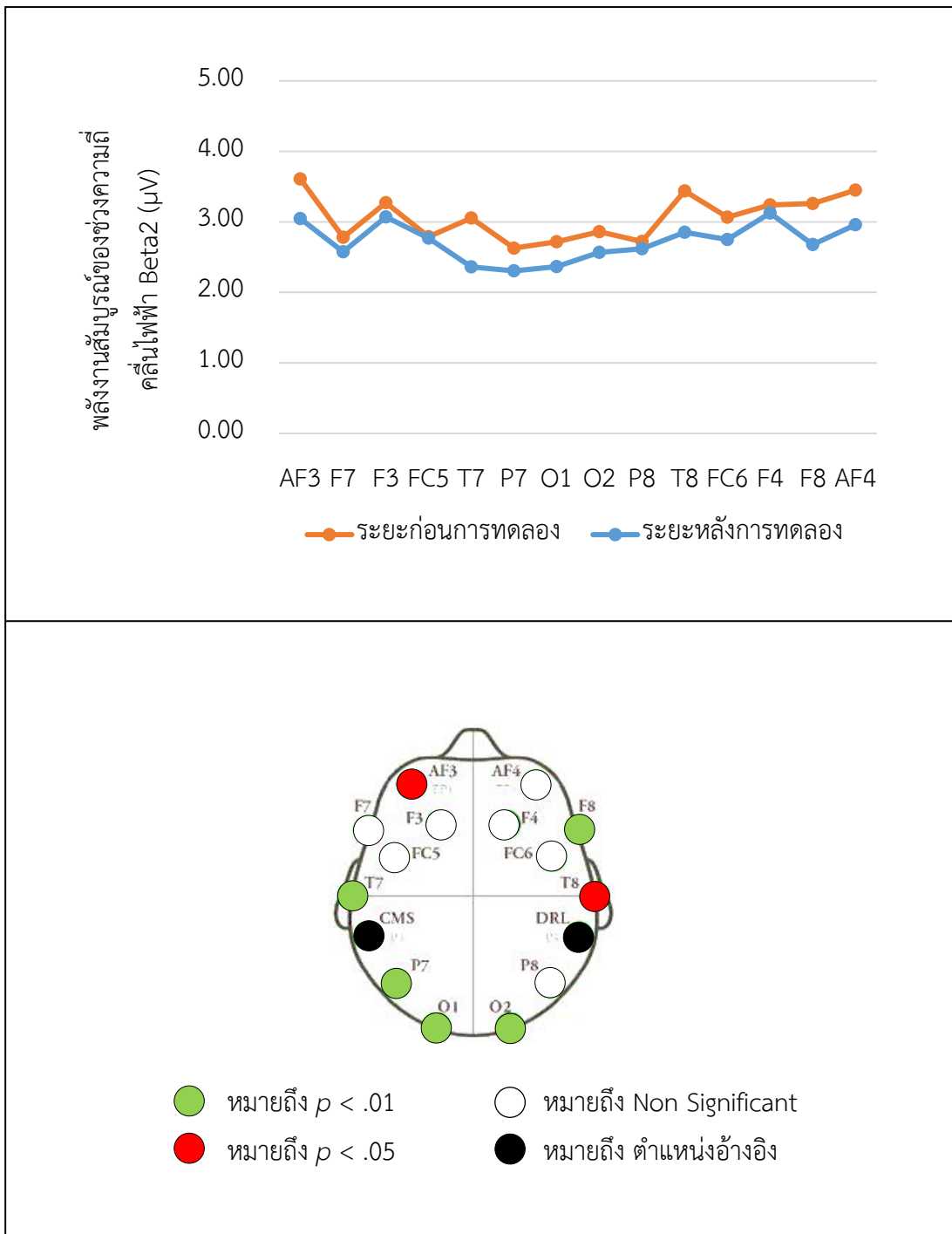
ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 (µV)							
	ระยะก่อนการทดลอง		ระยะหลังการทดลอง		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	3.61	1.64	3.05	.91	-.56	29	-2.31*	.03
F7	2.78	.50	2.57	.53	-.21	29	-1.50	.14

ตารางที่ 4-29 (ต่อ)

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 (μV)							
	ระยะก่อนการทดลอง		ระยะหลังการทดลอง		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
F3	3.27	1.04	3.07	.96	-.20	29	-.79	.44
FC5	2.79	.54	2.77	1.16	-.02	29	-.66	.95
T7	3.05	.95	2.36	.37	-.69	29	-3.87**	<.01
P7	2.63	.48	2.30	.23	-.32	29	-3.22**	<.01
O1	2.72	.57	2.37	.21	-.35	29	-3.21**	<.01
O2	2.86	.51	2.57	.30	-.29	29	-3.95**	<.01
P8	2.72	.65	2.62	.48	-.10	29	-.63	.54
T8	3.44	1.12	2.85	.88	-.59	29	-2.26*	.03
FC6	3.07	.87	2.75	.59	-.32	29	-1.89	.07
F4	3.24	.70	3.13	1.65	-.12	29	-.35	.73
F8	3.26	.86	2.68	.61	-.58	29	-3.18**	<.01
AF4	3.45	1.53	2.96	.51	-.49	29	-1.70	.10

** $p < .01$, * $p < .05$

จากตารางที่ 4-29 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t -test) พบว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองต่ำกว่าระยะก่อนการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า T7, P7, O1, O2, และ F8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, และ T8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 4-19 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

3.5 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2
ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลอง
กับกลุ่มควบคุม

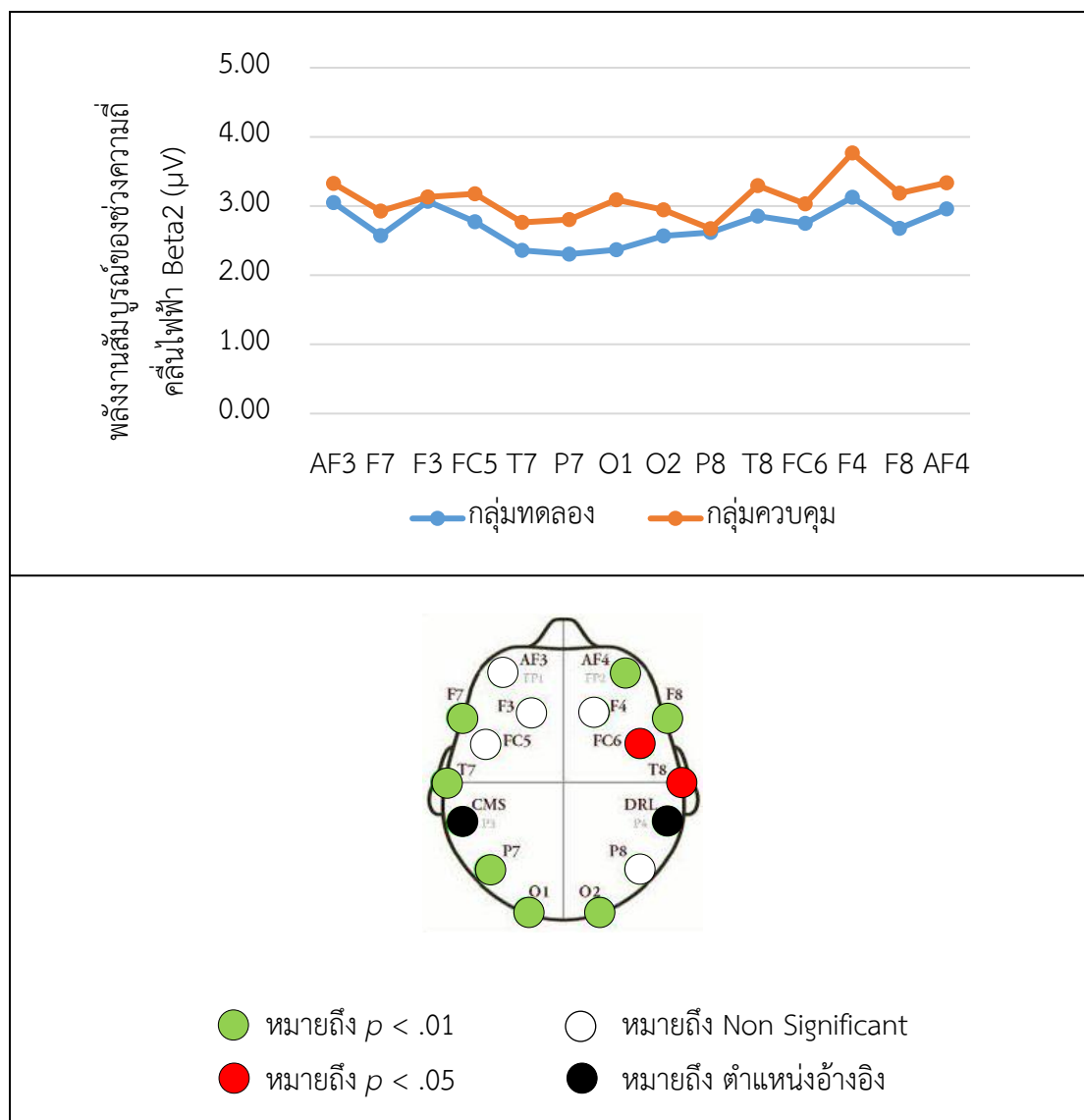
ตารางที่ 4-30 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำ
กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่ม
ทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	พลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 (μV)							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean difference	df	t	p
	M	SD	M	SD				
AF3	3.05	.91	3.33	.50	-.28	58	-1.49	.14
F7	2.57	.53	2.93	.40	-.35	58	-2.91**	<.01
F3	3.07	.96	3.13	.42	-.06	58	-.33	.75
FC5	2.77	1.16	3.18	1.15	-.40	58	-1.35	.18
T7	2.36	.37	2.76	.37	-.40	58	-4.20**	<.01
P7	2.30	.23	2.80	.47	-.50	58	-5.21**	<.01
O1	2.37	.21	3.09	.97	-.72	58	-3.99**	<.01
O2	2.57	.30	2.95	.40	-.38	58	-4.13**	<.01
P8	2.62	.48	2.67	.37	-.05	58	-.49	.63
T8	2.85	.88	3.30	.53	-.44	58	-2.35*	.02
FC6	2.75	.59	3.03	.44	-.28	58	-2.10*	.04
F4	3.13	1.65	3.77	1.35	-.64	58	-1.65	.11
F8	2.68	.61	3.18	.47	-.51	58	-3.61**	<.01
AF4	2.96	.51	3.33	.45	-.38	58	-3.06**	<.01

** $p < .01$, * $p < .05$

จากตารางที่ 4-30 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่
คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลอง
ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent
t-test) พบว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรม

ทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F7, T7, P7, O1, O2, F8, และ AF4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า T8, และ FC6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 4-20 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

สรุปได้ว่า โปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้น ทำให้พลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ต่ำลง

ผลการศึกษาในลักษณะความสัมพันธ์

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะเวลาหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, และ AF4 ด้วยสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ดังนี้

ตารางที่ 4-31 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2

	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
Alpha	.06	.04	.04	.06	.12	.12	.06	.04	.33*	.05	.06	.09	.02	.10
Beta1	-.14	-.16	-.10	-.37*	-.22	-.12	-.15	-.16	-.01	-.14	-.15	-.22	-.34*	-.12
Beta2	-.17	-.27	-.14	-.05	-.15	-.21	-.26	-.08	-.04	-.07	-.06	-.16	-.40*	-.06

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-35 พบว่า ระยะเวลาหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ความถูกต้องของการตอบสนองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P8 ($r = .33$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความถูกต้องของการตอบสนองมีความสัมพันธ์เชิงลบกับพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า FC5 ($r = -.37$) และ F8 ($r = -.34$) และช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F8 ($r = -.40$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า ความถูกต้องของการตอบสนองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha บริเวณสมองส่วนข้าง (P8) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 บริเวณสมองส่วนหน้า (FC5 และ F8) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 บริเวณสมองส่วนหน้า (F8)

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ศึกษาผลการใช้โปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในประเด็นการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาการตอบสนอง จากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ศึกษาพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ระยะเวลาการทดลองของกลุ่มทดลอง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนธีรกาณ์บ้านไธสง อำเภอบ้านไธสง จังหวัดลำพูน ที่มีอายุระหว่าง 13 - 15 ปี ที่อาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย คัดกรองกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด และใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับฉลากแบบไม่คืนที่สุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่ม แบบแผนการทดลองเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research Design) โดยการวัดก่อน-หลังการทดลอง (Pretest and Posttest Control Group Design) แบ่งเป็น กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม ATABI จำนวน 30 คน กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม ATABI จำนวน 30 คน รวมเป็นจำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โปรแกรม ATABI กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ และเครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองรุ่น Emotiv EPOC Neuroheadset สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

สรุปผลการวิจัย

ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาโปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

โปรแกรม ATABI พัฒนาขึ้นโดยการประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีลักษณะเป็นไฟล์ Android Package Kit (APK) สำหรับระบบแอนดรอยด์ ประกอบไปด้วย 4 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 ความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge) เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับข้อความรู้ที่เป็นข้อความจริงเฉพาะเรื่อง

กิจกรรมที่ 2 ความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge) เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความรู้ที่แสดงถึงความสามารถในการจัดแยกหมวดหมู่สิ่งของต่าง ๆ ออกเป็นประเภท ความสามารถในการอธิบายลักษณะ และความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ

กิจกรรมที่ 3 ความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge) เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ วิธีการ หรือขั้นตอนของการกระทำกิจกรรมต่าง ๆ

กิจกรรมที่ 4 ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge) เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิธีคิดของสมอง การรับรู้ การเข้าใจตนเอง และการตระหนักถึงวิธีแก้ปัญหาของตนเอง

หลักการกระตุ้นความคิดในแต่ละกิจกรรม มีดังนี้

1. การสร้างข้อมูลจากความจำ เป็นการดึงความรู้ที่มีอยู่เดิมให้แสดงออกมา
2. การสร้างความรู้จากการเชื่อมโยงข้อมูล เป็นการเพิ่มเติมความรู้ใหม่ผนวกกับความรู้เดิม

เพื่อสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ออกมา

3. การจัดระบบความรู้ เป็นการประยุกต์ความรู้ที่ได้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย
4. การนำความรู้ไปใช้อย่างถูกต้อง เป็นการวิเคราะห์ปัญหาแล้วหาคำตอบที่ถูกต้อง

โดยใช้เวลาในการฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง พร้อมจัดทำคู่มือการใช้งาน ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน วิเคราะห์หาค่าดัชนี

ความตรงตามเนื้อหา (CVI) เท่ากับ 1 แปลได้ว่ามีความเหมาะสมในระดับมาก และนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน วิเคราะห์การประเมินความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม โดยภาพรวมกิจกรรมที่ 1 ความรู้ในข้อเท็จจริง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.55, SD=.50$) กิจกรรมที่ 2 ความรู้ในความคิดรวบยอด มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.49, SD=.64$) กิจกรรมที่ 3 ความรู้ในกระบวนการมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.43, SD=.65$) และ กิจกรรมที่ 4 ความรู้ในอภิปัญญา มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.48, SD=.60$) สรุปได้ว่า โปรแกรม ATABI มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้ สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ข้อ 1

2. ผลการพัฒนากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีลักษณะเป็นไฟล์นามสกุล .exe (Execute File) แบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง

จำนวน 8 ข้อ ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จำนวน 7 ข้อ และตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ จำนวน 8 ข้อ รวมทั้งหมด 23 ข้อ เป็นแบบทดสอบหลายตัวเลือก (Multiple choice) แบบ 4 ตัวเลือก การให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน วิเคราะห์หาค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา (CVI) เท่ากับ .94 และนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน วิเคราะห์หาค่าความเที่ยง (Reliability) เท่ากับ .89 สรุปได้ว่า กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถนำไปใช้ทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้ สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ข้อ 2

3. ผลการใช้โปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ในประเด็นดังนี้

3.1 ผลการใช้โปรแกรม ATABI สำหรับเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ เชิงพฤติกรรม

1) ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent t -test) ผลปรากฏว่า ไม่แตกต่างกัน

2) ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t -test) ผลปรากฏว่า ไม่แตกต่างกัน

3) ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t -test) ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองระยะหลังการทดลองมากกว่าระยะก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4) ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent t -test) ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองของกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5) ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent t -test) พบว่า ไม่แตกต่างกัน

6) ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ

ทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t -test) พบว่า ไม่แตกต่างกัน

7) ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t -test) ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนองระยะหลังการทดลองน้อยกว่าระยะก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

8) ผลการเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent t -test) ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนเวลาการตอบสนองของกลุ่มทดลองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สรุปได้ว่า โปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้น สามารถเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้ โดยโปรแกรม ATABI ทำให้คะแนนความถูกต้องของการตอบสนองเพิ่มขึ้น และเวลาการตอบสนองลดลง จากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ข้อ 3.1

3.2 ผลการใช้โปรแกรม ATABI ต่อการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง

1) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent t -test) ผลปรากฏว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน

2) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t -test) ผลปรากฏว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน

3) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t -test) ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ระยะหลังการทดลองสูงกว่าระยะก่อนการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F7, F3, FC5, P8, และ F4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, P7, O2, และ FC6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่ม

ควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ระยะหลังการทดลองสูงกว่า กลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, FC5, T7, P7, O1, O2, และ P8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, และ F4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับ กลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)

6) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลัง การทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) ผลปรากฏว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน

7) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลัง การทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ระยะหลัง การทดลองต่ำกว่าระยะก่อนการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า FC5, T7, P7, O1, T8, และ F8 อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, F3, FC6, และ AF4 อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

8) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับ กลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) ผลปรากฏ ว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ระยะหลังการทดลองต่ำกว่า กลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, FC5, P7, O1, F4, F8, และ AF4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, T7, T8, และ FC6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

9) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับ กลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) ผลปรากฏว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน

10) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลัง

การทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) ผลปรากฏว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน

11) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระหว่างระยะก่อนการทดลองกับระยะหลัง การทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรม ทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองต่ำกว่าระยะก่อนการทดลอง ที่ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า T7, P7, O1, O2, และ F8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, และ T8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

12) ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับ กลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F7, T7, P7, O1, O2, F8, และ AF4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า T8, และ FC6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า โปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้น สามารถเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยโปรแกรม ATABI ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่ คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha สูงขึ้น และพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 และ Beta2 ต่ำลง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ข้อ 3.2

4. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสัมบูรณ์ ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta1, และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถ การคิดวิเคราะห์ ระยะหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ เพียร์สัน (Pearson Correlation) ผลปรากฏดังนี้

4.1 ความถูกต้องของการตอบสนองมีความความสัมพันธ์เชิงบวกกับพลังงานสัมบูรณ์ ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 ความถูกต้องของการตอบสนองมีความความสัมพันธ์เชิงลบกับพลังงานสัมบูรณ์ ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า FC5 และ F8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

4.3 ความถูกต้องของการตอบสนองมีความความสัมพันธ์เชิงลบกับพลังงานสัมบูรณ์ของ ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า ความถูกต้องของการตอบสนองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพลังงานสัมพันธ์ของ ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับพลังงานสัมพันธ์ของช่วงความถี่ คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 และ Beta2 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ข้อ 4

อภิปรายผลการวิจัย

โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's หรือเรียกว่า โปรแกรม ATABI พัฒนาขึ้นโดยประยุกต์แนวคิดของบลูม มิติด้านกระบวนการทางปัญญา (จำ เข้าใจ ประยุกต์ และ วิเคราะห์) (Anderson et al., 2001) ร่วมกับตัวแบบ Four I's (การยึดโยงความรู้ การเพิ่มความรู้ใหม่ การประยุกต์ และการนำไปใช้) (Vella, 2008, pp. 62-66) มาออกแบบร่วมกัน มีลักษณะเป็นไฟล์ Android Package Kit (APK) สำหรับระบบแอนดรอยด์ แบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม ตามมิติด้านความรู้ ของบลูม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 ความรู้ในข้อเท็จจริง กิจกรรมที่ 2 ความรู้ในความคิดรวบยอด กิจกรรม ที่ 3 ความรู้ในกระบวนการ และกิจกรรมที่ 4 ความรู้ในอภิปัญญา กิจกรรมเหล่านี้ช่วยกระตุ้นสมอง ให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เป็นกระบวนการคิดที่เริ่มจากระดับพื้นฐานไปยังการคิดระดับสูง เปรียบเสมือนการเรียนรู้จากวิธีง่ายไปยาก สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Reychar and Wu (2016) ที่ได้มีการประยุกต์แนวคิดของบลูม มาเป็นกรอบในการออกแบบกิจกรรมในแอปพลิเคชันบนมือถือ ตามความซับซ้อนทางปัญญาของบลูม นำมิติทางด้านความรู้มาประยุกต์ในการกำหนดระดับของ กิจกรรม กำหนดให้กิจกรรมในระดับที่ 1 มีความซับซ้อนน้อยที่สุด สะท้อนเรื่องความรู้ในข้อเท็จจริง และความรู้ในความคิดรวบยอด กิจกรรมในระดับที่ 2 มีความซับซ้อนปานกลาง สะท้อนเรื่องความรู้ ในกระบวนการ และกิจกรรมในระดับที่ 3 มีความซับซ้อนสูงสุด สะท้อนเรื่องความรู้ในอภิปัญญา ผู้ใช้แต่ละคนจะมีปฏิสัมพันธ์กับแอปพลิเคชันบนมือถือที่ได้กำหนดกิจกรรมต่าง ๆ เอาไว้ พฤติกรรม การเรียนรู้ของผู้ใช้จะแสดงออกมาจากการที่ได้ปฏิบัติกิจกรรม

กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พัฒนาขึ้นตาม คำนิยามการคิดวิเคราะห์ของบลูม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ ทำให้สามารถประเมิน ความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ และกิจกรรมทดสอบ ความสามารถการคิดวิเคราะห์นี้เป็นแบบทดสอบหลายตัวเลือก (Multiple choice) พัฒนาตาม แนวคิดการสร้างแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบตรงให้คะแนน 2 ค่า คือ ตอบถูก ได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถที่มีอยู่ภายใน บุคคล (Latent trait or ability) กับผลการตอบข้อสอบ (ศิริชัย กาญจนาวาสี, 2555, หน้า 51) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cheong, Bruno, and Cheong (2012) ในการสร้างแบบทดสอบที่มีความ

สอดคล้องกับแนวคิดของบลูม เป็นแบบทดสอบหลายตัวเลือกเช่นกัน เพื่อต้องการประเมินว่าความรู้ที่ได้รับสะท้อนถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับใดได้อย่างชัดเจน

ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's (โปรแกรม ATABI) เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 1 ชั่วโมง พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ภายหลังจากทดลองมากกว่าระยะก่อนการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มในระยะหลังการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เพราะโปรแกรม ATABI ที่พัฒนามาจากการประยุกต์แนวคิดของบลูม ร่วมกับตัวแบบ Four I's สามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และความคิด โดยดึงความรู้ที่มีอยู่เดิมให้แสดงออกมา เพิ่มเติมความรู้ใหม่ผนวกกับความรู้เดิมเพื่อสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ ประยุกต์ความรู้ที่ได้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และวิเคราะห์ปัญหาแล้วหาคำตอบที่ถูกต้อง เปรียบเสมือนเป็นเครื่องมือสำหรับกระตุ้นสมองให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดตามลำดับขั้นทางปัญญาของบลูม ตั้งแต่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ จนกระทั่ง วิเคราะห์ ทำให้แสดงพฤติกรรมที่ต้องการออกมา ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น และเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ในห้องเรียนแบบสมัยใหม่ ส่งเสริมการแสดงออกด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ให้เพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ภายหลังจากทดลองน้อยกว่าระยะก่อนการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มในระยะหลังการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เพราะโปรแกรม ATABI ช่วยทำให้ความจำขณะทำงานดีขึ้น (Working Memory) โดยกระตุ้นการทำงานของการบริหารจัดการสมองส่วนกลาง (Central Executive) เป็นตัวประสานงานให้การรับรู้ทางประสาทสัมผัส ความสามารถเรียกคืนข้อมูลหรือประสบการณ์เดิมที่มีในความจำระยะยาว (Long-Term Memory) ผ่านคลังเก็บข้อมูลชั่วคราว (Episodic Buffer) ที่เป็นสื่อกลางในการเก็บข้อมูล และเรียกข้อมูลได้มากขึ้น มาผนวกกับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับแล้วมาประมวลผลร่วมกัน (Williams, Kappen, Hassall, Wright, & Krigolson, 2019) ทำให้การเข้ารหัสของข้อมูลดีขึ้น จึงสามารถประมวลผลความคิดได้เร็วมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ยังมีหลากหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ไม่ว่าจะเป็น เพศ รูปแบบการเรียนรู้ (ศิรินภา จามรมาน, ปนัดดา ชำนาญสุข, ปัทมา พุ่มมาพันธุ์ และ ทรศนะ ใจชุ่มชื่น, 2555) บุคลิกภาพ เจตคติต่อการเรียน พฤติกรรมการสอนของครู บรรยายากศ ในชั้นเรียน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (เบ็ญจพร ภิรมย์ และ สมศักดิ์ ลีลา, 2554) และเชาวน์ปัญญา (สุภาพร

แดนสมปัดสา, วราพร เอราวรณ, และ มนูญ ศิวารมย์, 2556) ปัจจัยเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ปัจจัยที่เกิดขึ้นจากตัวนักเรียนเอง และปัจจัยที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน หากมองปัญหาการคิดวิเคราะห์ในภาพรวม การจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญหลัก ๆ ที่มีผลต่อความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน งานวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่า โปรแกรม ATABI ที่พัฒนาขึ้น เป็นการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่มาเป็นนวัตกรรมในการจัดการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับแอปพลิเคชัน สร้างบรรยากาศในชั้นเรียนแบบใหม่ที่น่าสนใจ เกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียน ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Cheong, Bruno, and Cheong (2012); Chuang (2015); Chuang (2017) ที่ได้มีการนำมิติด้านกระบวนการทางปัญญา มาจัดลำดับกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของนักเรียน ดำเนินการจัดรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนตามลำดับขั้นทางปัญญา ได้แก่ ขั้นที่ 1 จำ ขั้นที่ 2 เข้าใจ ขั้นที่ 3 ประยุกต์ ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ ขั้นที่ 5 ประเมินค่า และขั้นที่ 6 สร้างสรรค์ ทำให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ในแต่ละลำดับขั้น ส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงของนักเรียน นักเรียนมีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ในรายวิชานั้น ๆ เพิ่มมากขึ้น และมีเจตคติที่ดีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทั้งในแง่ของความพึงพอใจ การสร้างความน่าสนใจ และแรงจูงใจในการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tijaro-Rojas, Arce-Trigatti, Cupp, Pascal, and Arce (2016) ที่ได้ศึกษาแนวทางที่เป็นลำดับขั้นตอนสำหรับการเรียนรู้ ประยุกต์ตามแนวคิดของบลูมต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามลำดับขั้นของบลูมทั้ง 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 การจำ ขั้นที่ 2 การเข้าใจ ขั้นที่ 3 การประยุกต์ ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ และขั้นที่ 5 การประเมินค่า ความรู้ที่ได้จาก 5 ขั้นนี้เป็นพื้นฐานในการสร้างนวัตกรรมในขั้นที่ 6 การสร้างสรรค์ (Creating) ต่อไป แนวทางนี้ทำให้นักเรียนเตรียมความพร้อมที่จะสร้างหรือพัฒนาเทคโนโลยี และนวัตกรรมในสายงาน ทำให้มีการปรับเปลี่ยนห้องเรียนแบบเดิมเป็นแบบสมัยใหม่ ส่งเสริมการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น และการทำงานร่วมกัน และนักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีมากยิ่งขึ้น ดังนั้น การฝึกสมองด้วยโปรแกรม ATABI จึงสามารถเพิ่มความความสามารถการคิดวิเคราะห์ได้

ทางด้านการศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังจากฝึกสมองด้วยโปรแกรม ATABI พบว่า พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ระยะหลังการทดลองสูงกว่าระยะก่อนการทดลองที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, F3, FC5, P7, O2, P8, FC6, และ F4 และกลุ่มทดลองมีพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha สูงกว่ากลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, และ F4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha จะเกิดขึ้นเมื่อรู้สึกผ่อนคลาย และจะลดลงหรือหายไปเมื่อลืมนตา หรือเมื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ (Ramadan, Refat, Elshahed, & Ali, 2015, pp. 37-38) แอมพลิจูดที่ลดลงเมื่อลืมนตาบ่งชี้ว่ามีการ

กระตุ้นการทำงานเพิ่มขึ้น ในขณะที่การหลับตาทำให้แอมพลิจูดเพิ่มขึ้นซึ่งบ่งชี้ว่ามีการทำงานของสมองน้อยลง (Bazanov & Vernon, 2014) แสดงให้เห็นว่าการฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ATABI ส่งผลให้ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์เพิ่มขึ้น หมายถึง การใช้พลังงานสมองในการคิดวิเคราะห์ที่น้อยลง สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Williams, Kappen, Hassall, Wright, and Krigolson (2019) ที่พบว่า ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อสมองมีการคิดวิเคราะห์ และค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์มีค่าลดลงเมื่อสมองมีการคิดวิเคราะห์เมื่อเทียบกับขณะพัก (Resting State) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างใช้ความคิดมาก ๆ หรือเกิดความเครียด ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ลดลง และเมื่อสมองผ่อนคลาย ใช้พลังงานสมองน้อยลง ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha เพิ่มขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของความสามารถการคิดวิเคราะห์ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha เพิ่มขึ้น ซึ่งช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ถือว่าเป็นช่วงที่ดีในการป้อนข้อมูล สมองสามารถเปิดรับข้อมูลได้อย่างเต็มที่ และเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว เป็นสถานะที่จิตมีประสิทธิภาพสูง หากมีการฝึกฝนตัวเองให้สมองทำงานในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha เป็นประจำ จะช่วยทำให้ผ่อนคลาย การทำงานไม่อยู่บนพื้นฐานของความกลัวหรือวิตกกังวล แต่จะทำให้รู้สึกถึงความต้องการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ และมีความสุขสนุกสนานกับการใช้ชีวิตมากขึ้น เพราะฉะนั้น งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางและสนับสนุนให้กับผู้ที่สนใจจะทำงานวิจัยต่อไป ในการคิดค้นหาวิธีการหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ มากกระตุ้นให้สมองอยู่ในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha

พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ของกลุ่มที่ได้รับการฝึกสมองด้วยโปรแกรม ATABI ระยะเวลาหลังการทดลองต่ำกว่าระยะเวลาก่อนการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, T8, FC6, F8, และ AF4 และต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, T8, FC6, F4, F8, และ AF4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกสมอง ระยะเวลาหลังการทดลองต่ำกว่าระยะเวลาก่อนการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า AF3, T7, P7, O1, O2, T8, และ F8 และต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F7, T7, P7, O1, O2, T8, FC6, F8, และ AF4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน เนื่องจาก ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta เกิดขึ้นเมื่อมีการใช้ความคิดในการทำงาน แก้ปัญหา หรือในขณะที่กำลังสนใจอะไรอย่างจดจ่อ เครียด หรือตื่นเต้น วิตกกังวล (Ramadan, Refat, Elshahed, & Ali, 2015, pp. 37-38) และช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta มีความสำคัญกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การคิดเชิงตรรกะ และการคิดวิเคราะห์ และสอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่า ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta มีการทำงานของสมองที่สูงขึ้นเมื่อใช้ความคิดที่มากขึ้น (Strmiska & Koudelkova, 2019) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Truelove-Hill,

Erickson, Anderson, Kossoyan, & Kounios (2018) ที่ได้มีการวิเคราะห์การเติบโตของเส้นโค้งต่อผลที่จะเกิดขึ้นจากการรับรู้ต่อไปในอนาคตด้วยการแก้ปัญหาแบบความเข้าใจเชิงลึกกับการแก้ปัญหาเชิงจิตวิเคราะห์ โดยการทดสอบการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยการวิเคราะห์ภายใต้โดเมนความถี่ 2-50 Hz พบว่า มีความแตกต่างเกิดขึ้นอย่างเด่นชัดในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta (13-30 Hz) แสดงให้เห็นว่า ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการจิตวิเคราะห์ ดังนั้น การทำงานของสมองขณะจิตวิเคราะห์ทำให้ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองทั้ง Beta1 และ Beta2 มีการเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน เพราะฉะนั้น กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรม ATABI มีความรู้สึกผ่อนคลาย การทำงานของสมองจึงใช้พลังงานน้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกด้วยโปรแกรม ATABI ขณะทำกิจกรรมทดสอบการจิตวิเคราะห์ งานวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของความสามารถการจิตวิเคราะห์ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 และ Beta2 ลดลง ซึ่งช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 และ Beta2 เป็นช่วงคลื่นสมองที่เกิดขึ้นในขณะที่สมองอยู่ในภาวะของการทำงานที่ตื่นตัว หรือช่วงเวลาปกติในชีวิตประจำวันของเรา สำหรับคนที่เครียดมาก ๆ สมองทำงานหนัก ๆ พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 และ Beta2 ก็จะเพิ่มสูงขึ้น เพราะฉะนั้นหากมีวิธีการอื่นใดที่ทำให้พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 และ Beta2 ลดลง ก็จะทำให้สมองผ่อนคลาย และสามารถเปิดรับข้อมูล และการเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องของการตอบสนองกับพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง พบว่า ความถูกต้องของการตอบสนองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากสมองส่วนข้าง (Parietal Lobe) มีบทบาทสำคัญในการประสานข้อมูลความรู้สึกมาจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย รวมถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล และการเคลื่อนไหวของวัตถุต่าง ๆ ซึ่งการรับรู้เหล่านี้จะส่งสัญญาณไปยังสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) เพื่อทำการแปลผลการรับรู้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Amin, Malik, Badruddin, and Chooi (2013) ที่พบว่า มีการทำงานของสมองบริเวณสมองส่วนข้าง (Parietal Lobe) ขณะกลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมทดสอบการให้เหตุผลทางสมองที่ซับซ้อน การจับคู่รูปแบบ และการวิเคราะห์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Williams, Kappen, Hassall, Wright, and Krigolson, (2019) ที่พบว่า ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณสมองส่วนข้าง (Parietal Lobe) เมื่อสมองมีการจิตวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ของการจิตวิเคราะห์กับช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ที่บริเวณตำแหน่งสมองส่วนข้าง

ผู้วิจัยยังพบว่า ความถูกต้องของการตอบสนองมีความสัมพันธ์เชิงลบกับพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า FC5 และ F8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการจิตวิเคราะห์เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นกระบวนการบริหารจัดการของสมอง (Truelove-Hill, Erickson, Anderson, Kossoyan, & Kounios, 2018) โดยมีการบริหารจัดการสมองส่วนกลาง

(Central Executive) เป็นตัวประสานงานให้การรับรู้ทางประสาทสัมผัสทำงานร่วมกันและแยกออกจากกันได้ และสามารถเรียกคืนข้อมูลหรือประสบการณ์เดิมที่เคยเรียนรู้ในความจำระยะยาว (Long-Term Memory) ผ่านคลังเก็บข้อมูลชั่วคราว (Episodic Buffer) ที่เป็นสื่อกลางในการเก็บข้อมูลและเรียกข้อมูลได้มากขึ้น มาผนวกกับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับมาประมวลผลร่วมกัน เป็นการกระตุ้นความจำขณะทำงาน (Goldstein, 2011, pp. 133-137) และกระตุ้นให้เปลือกสมองส่วนหน้า (Prefrontal Cortex) ทำงานร่วมกัน (Benedek, Bergner, Könen, Fink, & Neubauer, 2011; Jauk, Benedek, & Neubauer, 2012) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Williams, Kappen, Hassall, Wright, and Krigolson (2019) ที่ได้ศึกษากลไกการทำงานของสมองในส่วนของการให้เหตุผลเชิงจิตวิเคราะห์ว่า เมื่อมีการใช้ความคิดวิเคราะห์บริเวณสมองที่ถูกกระตุ้น คือ บริเวณสมองส่วนหน้าในส่วนของความจำขณะทำงาน (Working Memory), การควบคุมทางปัญญา (Cognitive Control), และความใส่ใจ (Attention) และงานวิจัยของ Chuderski and Jastrzebski, (2018) และ Ricco, Koshino, Sierra, Bonsel, Monteza, and Owens (2021) ชี้ให้เห็นว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานกับความสามารถการคิดวิเคราะห์ เมื่อความจำขณะทำงานดี ส่งผลให้ความสามารถการคิดวิเคราะห์ที่ดีขึ้น และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Strmiska, and Koudelkova, (2019) ที่ทดสอบการทำงานของสมองเมื่อมีการคิดเชิงตรรกะและการคิดเชิงวิเคราะห์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าจะเกิดการกระตุ้นการทำงานบริเวณสมองส่วนหน้า และทำให้ช่วงความถี่คลื่นสมอง Beta มีการเปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ของการคิดวิเคราะห์กับช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 บริเวณตำแหน่งสมองส่วนหน้าที่ประสานการทำงานร่วมกันทั้งซีกซ้ายและซีกขวา

นอกจากนี้ ความถูกต้องของการตอบสนองมีความความสัมพันธ์เชิงลบกับช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Mahajan, Majmudar, Khatun, Morshed, and Bidelman (2014) ที่พบว่า ขณะทีกลุ่มตัวอย่างมีการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 บริเวณสมองส่วนหน้าที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F8 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพื้นฐาน (Baseline) แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ของการคิดวิเคราะห์กับช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ที่บริเวณตำแหน่งสมองส่วนหน้าซีกขวา และงานวิจัยของ Razoumnikova (2000) ชี้ให้เห็นว่า มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณพื้นที่สมองส่วนหน้าทั้งซีกซ้ายและซีกขวา ในทิศทางที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสถานะพัก เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีการคิดวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าการคิดวิเคราะห์มีความสัมพันธ์ระหว่างสมองทั้งสองซีก

ดังนั้น ความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับพลังงานสัมบูรณ์ที่เพิ่มขึ้นของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha และพลังงานสัมบูรณ์ที่ลดลงของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 และ Beta2

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลของการวิจัยแสดงให้เห็นว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังจากฝึกด้วยโปรแกรม ATABI มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์มากกว่าก่อนการฝึก จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลทางวิชาการที่ช่วยสนับสนุนว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้ ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการใช้โปรแกรมนี้เป็นสื่อในกระบวนการจัดการเรียนรู้ภายในสถานศึกษา
2. นักเรียนและสถานศึกษาควรตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์ เพื่อกระตุ้นการทำงานของสมองและระบบการคิดอย่างเป็นประจำและต่อเนื่อง
3. หน่วยงานต้นสังกัดที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา สามารถนำผลการศึกษาวินิจฉัยไปเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายด้านการศึกษา โดยเฉพาะการพัฒนาศักยภาพสมองของนักเรียน
4. ผลการวิจัยทางด้านประสาทจิตวิทยา (Neuropsychology) แสดงให้เห็นว่า การฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม ATABI กระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง จึงสามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ในการอ้างอิงต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1. การฝึกความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ควรเพิ่มระยะเวลาในการฝึกให้มากขึ้น เพื่อให้สามารถเห็นผลการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนยิ่งขึ้น
2. ควรพัฒนาโปรแกรมให้สามารถใช้ได้ทั้งระบบ Android และ IOS
3. งานวิจัยนี้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นเพศหญิงทั้งหมด ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาวินิจฉัยกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศชายเพิ่มเติม
4. การศึกษาวินิจฉัยครั้งต่อไป ควรพัฒนาโปรแกรมเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น นักเรียนระดับประถมศึกษา นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นต้น เพราะนักเรียนในแต่ละวัยมีความแตกต่างทางด้านพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิด และมีความต้องการในการพัฒนากระบวนการทางสมองที่แตกต่างกันไป เพื่อเป็นการพัฒนาคุณภาพการศึกษาของนักเรียนให้ครอบคลุมในทุกระดับ
5. งานวิจัยนี้มีการประเมินผล 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังการทดลอง ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการเพิ่มระยะเวลาในการประเมินผลซ้ำเป็นระยะ ๆ เช่น ประเมินผลซ้ำระยะที่ 1 หลังจากประเมินหลังการทดลอง 1 เดือน เป็นต้น เพื่อตรวจสอบความคงทนผลของโปรแกรมในการเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์ได้อย่างแท้จริง
6. การศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อเป็นการประเมินผลของโปรแกรมจากกลุ่มตัวอย่างโดยตรง

บรรณานุกรม

- กมลรัตน์ จำปาจันทร์, ไชยยศ เรืองสุวรรณ, และไพฑูริย์ สุขศรีงาม. (2556). ผลการเรียนรู้ด้วย
บทเรียนบนเว็บแบบผสมผสาน 2 รูปแบบ เรื่อง การสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย
คอมพิวเตอร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และความคงทนในการเรียนรู้
ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่างกัน. *ว.มร. (มนุษยศาสตร์
และสังคมศาสตร์)*, 7(2), 95-103.
- เกียรติศักดิ์ วจิศิริ, กานดา พูนลาภทวี, และปรัชญนันท์ นิลสุข. (2554). การพัฒนารูปแบบการสอน
เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาวิทยาลัยบ้านเกิน แขวงเวียงจันทน์ ประเทศ
ลาว. *วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 2(2), 58-66.
- คณะกรรมการจัดทำยุทธศาสตร์ชาติ. (2559). *ร่างกรอบยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ. ศ. 2560-
2579)*. กรุงเทพฯ.
- เบ็ญจพร ภิรมย์ และสมศักดิ์ ลีลา. (2554). ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อความสามารถการคิดวิเคราะห์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาศรีสะเกษ เขต 1.
วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม, 1(1), 63-70.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). การพัฒนาการคิด. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119
เทคนิคพรินติ้ง, หน้า 53-59.
- พาสนา เอกอุดมพงษ์ และสิริรักษ์ ชันตารักษ์. (2558). ศึกษาการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันมือถือ.
การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 11,
205-206.
- พิศิษฐ ตัฒทวนิช. (2557). แนวคิดการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การจัดการ
ด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมและคณะฉบับปรับปรุง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏ
ลำปาง*, 3(2), 13-25.
- พัชรี อุปะ, อรัญ ชูกระเดื่อง, และเนตรชนก จันทร์สว่าง. (2556). การสร้างแบบวัดความสามารถ
ในการวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *ว.มร. (มนุษยศาสตร์และ
สังคมศาสตร์)*, 7(1), 137-145.
- มณฑิรา วิทยาภิตติพงษ์. (2549). การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองในผู้ใหญ่: ความรู้พื้นฐานสำหรับพยาบาล.
สงขลานครินทร์เวชสาร, 24(5), 445-452.
- ลักขณา สริวัฒน์. (2550). *จิตวิทยาในชั้นเรียน*. ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา. หน้า 74-79.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 185.

- ศรัญญา การุณวรรณนะ. (2556). การใช้งาน Mobile Application ช่วยพัฒนาธุรกิจอย่างไรในสังคมออนไลน์. *วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีบริหารนคร*, 3(1), 49.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 51.
- ศิริณา จามรมาน, ปันดดา ชำนาญสุข, ปัทมา พุ่มมาพันธุ์, และทรงชนะ ใจชุ่มชื่น. (2555). การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะบุคลิกภาพ รูปแบบการเรียนรู้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38*, 441-448.
- ศรมีชัย จันทน์ทวงส์, ดลดาว ปุณณานนท์, และประชา อินัง. (2555). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาวิทยาลัยบ้านเกิน แขวงเวียงจันทน์ ประเทศลาว. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 23(2), 233-241.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2558). *รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET)*. เข้าถึงได้จาก <http://www.niets.or.th>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการวิจัย PISA 2015*. เข้าถึงได้จาก <http://pisathailand.ipst.ac.th/pisa/reports/pisa2015summaryreport>
- สายทิพย์ ทิพย์รักษ์, ไชยยศ เรืองสุวรรณ, และธรัช อารีราษฎร์. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ชั้น ม.4 ที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบ NTeQ กับการเรียนแบบปกติ. *ว.มรม. (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 9(1), 233-244.
- สุชาดา พลาชัยภิรมย์ศิลป์. (2554). “แนวโน้มการใช้โมบายแอปพลิเคชัน”. *วารสารนักบริหาร (Executive Journal)*, 31(4), 110-115.
- สุภาพร แดนสมปัดสา, วราพร เอราวรณ, และมนัญญ ศิวารมย์. (2556). โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 19(1), 153-163.
- สุพรพิมพ์ เจียสกุล. (2548). สรีรวิทยา1. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2550). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์, หน้า 108.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2551). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์ (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: ดวงกลมสมัย, หน้า 9.
- อุบลวรรณ ภวากานันท์. (2555). จิตวิทยาการรู้คิดและปัญหา (Cognitive Psychology). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, หน้า 63.

- อัญชลี วิมลศิลป์. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตัวเอง เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของ นศ. ม.เทคโนโลยี. *วารสารดุสิตบัณฑิตทางสังคมศาสตร์ (ฉบับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 6(1), 31-45.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives* (Complete edition). New York: Longman.
- Amin, H. U., Malik, A. S., Badruddin, N., & Chooi, W. T. (2013). EEG mean power and complexity analysis during complex mental task. In *2013 ICME International Conference on Complex Medical Engineering* (pp. 648-651).
- Art-in, S. (2014). The development of teacher training curriculum on learning management to develop students' analytical thinking in Thailand. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116, 939-945.
- Art-in, S. (2015). Current Situation and Need in Learning Management for Developing the Analytical Thinking of Teachers in Basic Education of Thailand. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 197, 1494-1500.
- Bazanova, O. M., & Vernon, D. (2014). Interpreting EEG alpha activity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 44, 94-110.
- Benedek, M., Bergner, S., Könen, T., Fink, A., & Neubauer, A. C. (2011). EEG alpha synchronization is related to top-down processing in convergent and divergent thinking. *Neuropsychologia*, 49(12), 3505-3511.
- Berger, H. (1929). Uber das Elektrenkephalogramm des Menschen (On the human electroencephalogram). *Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten* 87:527-70
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, F. J., & Hill, W. Krathwohl. D (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive Domain*. New York: McKay.
- Brislin, R. W. (1970). Back-translation for cross-cultural research. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 1(3), 185-216.
- Charland, A., & Leroux, B. (2011). Mobile application development: web vs. native. *Communications of the ACM*, 54(5), 51-52.

- Cheong, C., Bruno, V., & Cheong, F. (2012). Designing a mobile-app-based collaborative learning system. *Journal of Information Technology Education, 11*(1), 94-119.
- Chuang, Y. T. (2015). SSCLS: A smartphone-supported collaborative learning system. *Telematics and Informatics, 32*(3), 463-474.
- Chuang, Y. T. (2017). MEMIS: A Mobile-Supported English-Medium Instruction system. *Telematics and Informatics, 34*(2), 640-656.
- Chuderski, A., & Jastrzebski, J. (2018). The relationship of insight problem solving to analytical thinking: Evidence from psychometric studies. In *Insight* (pp. 120-142). Routledge.
- Cooley, J. W., & Tukey, J. (1965). An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series". *Math. Comput. 19*: 297–301.
- Danks, S. (2011). The ADDIE Model: Designing, Evaluating Instructional Coach Effectiveness. *ASQ Primary and Secondary Education, 4*(5), 1-6.
- Diestel, R. (2005). Graph Theory 3rd ed,“. *Graduate texts in Mathematics, 173*.
- Echeverría, A., García-Campo, C., Nussbaum, M., Gil, F., Villalta, M., Améstica, M., & Echeverría, S. (2011). A framework for the design and integration of collaborative classroom games. *Computers & Education, 57*(1), 1127-1136.
- Edmonds, W. A., & Kennedy, T. D. (2017). *An Applied Guide to Research Designs: Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. Sage Publications.
- Ennis, R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational Leadership, 43*(2), 45-48.
- Faul, F., Edfelder, E., Land, A. G., & Buchner, A., (2007). G*Power3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral and biomedical sciences. *Behavior Research Methods, 39*, 175-191.
- Guilford, J. P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. McGraw-Hill, Book Company.
- Goldenberg, D., & Galván, A. (2015). The use of functional and effective connectivity techniques to understand the developing brain. *Developmental Cognitive Neuroscience, 12*, 155-164.
- Goldstein, E. B. (2011). *Cognitive Psychology: Connecting Mind, Research and Everyday Experience*. Stamford: Cengage Learning.

- Heer, R. (2012). *A model of learning objectives*. A Taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, Iowa State University.
- Heitkötter, H., Hanschke, S., & Majchrzak, T. A. (2012). Evaluating cross-platform development approaches for mobile applications. In *International Conference on Web Information Systems and Technologies* (pp. 120). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Jaarsveld, S., Fink, A., Rinner, M., Schwab, D., Benedek, M., & Lachmann, T. (2015). Intelligence in creative processes: An EEG study. *Intelligence*, *49*, 171-178.
- Jenkins, S., Brown, R., & Rutterford, N. (2009). Comparing Thermographic, EEG, and Subjective Measures of Affective Experience During Simulated Product Interactions, *International Journal of Design*, *3*(2), 53-65.
- Jauk, E., Benedek, M., & Neubauer, A. C. (2012). Tackling creativity at its roots: Evidence for different patterns of EEG alpha activity related to convergent and divergent modes of task processing. *International Journal of Psychophysiology*, *84*(2), 219-225.
- Kao, C. Y. (2014). Exploring the relationships between analogical, analytical, and creative thinking. *Thinking Skills and Creativity*, *13*, 80-88.
- Koffka, K. (2013). *Principles of Gestalt psychology* (Vol. 44). Routledge.
- Kuder, G. F., & Richardson, M. W. (1937). The Theory of the Estimation of Test Reliability. *Psychometrika*, *2*, 151-160.
- Lacko, D., Vleugels, J., Franssen, E., Huysmans, T., De Bruyne, G., Van Hulle, M. M., & Verwulgen, S. (2017). Ergonomic design of an EEG headset using 3D anthropometry. *Applied Ergonomics*, *58*, 128-136.
- Lawshe, C. H. (1975). A Quantitative Approach to Content Validity. *Personnel Psycholoth.* *28*(4), 563-575.
- Likert, R. (1967). *The Method of Constructing an Attitude Scale*. Readings in Attitude Theory and Measurements. Ed. Martin Fishbein. New York: Wiley.

- Mahajan, R., Majmudar, C. A., Khatun, S., Morshed, B. I., & Bidelman, G. M. (2014). NeuroMonitor ambulatory EEG device: Comparative analysis and its application for cognitive load assessment. In *2014 IEEE Healthcare Innovation Conference (HIC)* (pp. 133-136).
- Marzano, R. J., Pickering, D., & Pollock, J. E. (2001). *Designing A New Taxonomy of Educational Objectives*. California: Corwin Press.
- McMahan, T., Parberry, I., & Parsons, T. D. (2015). Modality specific assessment of video game player's experience using the Emotiv. *Entertainment Computing*, 7, 1-6.
- Niedermeyer, & Silva, (1999). *Electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related*. (4th ed.). Baltimore, MD: Williams; Wikins; 1999.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.
- Piaget, J. (1964). Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176-186.
- Polit, D. F., Beck, C. T., & Owen, S. V. (2007). Is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 30(4), 459-467.
- Politsinsky, E., Demenkova, L., & Medvedeva, O. (2015). Ways of Students Training Aimed at Analytical Skills Development while Solving Learning Tasks. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 206, 383-387.
- Prauzner, T. (2015). Analysis of the results of the pedagogical research and EEG in the aspect of effective modern teaching aids in the technical education. In *SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference* (Vol. 4, pp. 480-489).
- Ramadan, R. A., Refat, S., Elshahed, M. A., & Ali, R. A. (2015). Basics of brain computer interface. In *Brain-Computer Interfaces* (pp. 31-50). Springer, Cham.
- Razoumnikova, O. M. (2000). Functional organization of different brain areas during convergent and divergent thinking: An EEG investigation. *Cognitive Brain Research*, 10(1), 11-18.

- Ray, W. (1987). A Study of Motivation Factors of Elementary School Teachers in Metropolitan Public School System. *Dissertation Abstracts International*, 48(1).
- Reychav, I., & Wu, D. (2016). The interplay between cognitive task complexity and user interaction in mobile collaborative training. *Computers in Human Behavior*, 62, 333-345.
- Ricco, R. B., Koshino, H., Sierra, A. N., Bonsel, J., Monteza, J. V., & Owens, D. N. (2021). Individual differences in analytical thinking and complexity of inference in conditional reasoning. *Thinking & Reasoning*, 27(3), 319-349.
- Richard, W. (1992). Environmental Circumstances that can Damage the Developing Brain. *Journal of Pediatrics*. Retrieved January, 2008, from http://www.chemtox.com/pregnancy/learning_disabilities.html.
- Rubinov, M., & Sporns, O. (2010). Complex network measures of brain connectivity: uses and interpretations. *Neuroimage*, 52(3), 1059-1069.
- Russel, A. M. (1956). *The Biotechnology Revolution: An International Perspective*, Bright, Sussex: Wheat Sheaf.
- Sanei, S., & Chambers, J. A. (2013). *EEG signal processing*. John Wiley & Sons.
- Schneck, C. M. (2010). A Frame of Reference for Visual Perception. In P. Kramer & J. Hinojosa (Eds.), *Frames of Reference for Pediatric Occupational Therapy* (3rd ed.). U.S.A.: Lippincott Williams & Wilkins.
- Sharbrough, F., Chatrian, G. E., Lesser, R. P., Luders, H., Nuwer, M., & Picton, T. M. (1991). American EEG society: Guidelines for standard electrode position nomenclature. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 8(12), 200-202.
- Sitthipon, A. I. (2012). Development of teachers' learning management emphasizing on analytical thinking in Thailand. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 3339-3344
- Stam, C. J., & Reijneveld, J. C. (2007). Graph theoretical analysis of complex networks in the brain. *Nonlinear Biomedical Physics*, 1(1), 1-19.
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. CUP Archive. New York: the University of Cambridge.

- Sternberg, R.J. & Beyond I.Q. (1995). *A Triachic Theory of Human Intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- Strmiska, M., & Koudelkova, Z. (2019). Analysing EEG signals for mathematical computations. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 292, p. 01043). EDP Sciences.
- Tijaro-Rojas, R., Arce-Trigatti, A., Cupp, J., Pascal, J., & Arce, P. E. (2016). A Systematic and Integrative Sequence Approach (SISA) for mastery learning: Anchoring Bloom's Revised Taxonomy to student learning. *Education for Chemical Engineers, 17*, 31-43.
- Truelove-Hill, M., Erickson, B. A., Anderson, J., Kossoyan, M., & Kounios, J. (2018). A growth-curve analysis of the effects of future-thought priming on insight and analytical problem-solving. *Frontiers in Psychology, 9*, 1311.
- Valcke, M., De Wever, B., Zhu, C., & Deed, C. (2009). Supporting active cognitive processing in collaborative groups: The potential of Bloom's taxonomy as a labeling tool. *The Internet and Higher Education, 12*(3), 165-172.
- Vella, J. (2008). *On teaching and learning: Putting the principles and practices of dialogue education into action*. San Francisco: Jossey Bass.
- Watson, G., & Glaser, E. M. (1980). *Critical thinking appraisal: Manual*. Psychological Corporation, New York: Longman.
- Williams, C. C., Kappen, M., Hassall, C. D., Wright, B., & Krigolson, O. E. (2019). Thinking theta and alpha: Mechanisms of intuitive and analytical reasoning. *NeuroImag, 189*, 574-580.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผศ.ดร.ปริญญา เรืองทิพย์ อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ดร.ศราวุธ ราชมณี อาจารย์ประจำคณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม
3. ดร.อมร สุดแสง ศึกษานิเทศน์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาชลบุรี ระยอง



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา โทร. ๒๐๗๗, ๒๐๗๘, ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔

ที่ อว ๘๑๒๔/๐๗๒๐

วันที่ ๕ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.ปริญญา เรืองทิพย์

ด้วย นางศิริกัญญา หล้าเต็น รหัสประจำตัวนิสิต ๕๘๘๑๐๑๖๔ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง “ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I’s เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: การศึกษาค้นคว้าไฟฟ้าสมอง” ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กนก พานทอง อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย ในการนี้ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยแก่นิสิตในครั้งนี้ (เอกสารดังแนบ)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ภฟ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี)

คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา



ที่ อว ๘๑๒๔/ว ๐๕๕๑

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๕ ธันวาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.ศราวุธ ราชมณี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงคุษฎีนิพนธ์ และคู่มือ จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางศิริญา หล้าเต็น รหัสประจำตัวนิสิต ๕๘๘๑๐๑๖๔ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำคุษฎีนิพนธ์เรื่อง “ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง” ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กนก พานทอง อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย ในการนี้ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยแก่นิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับคุษฎีนิพนธ์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

ฉฝ.

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี)

คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๒๒๒ ต่อ ๒๐๗๗, ๒๐๗๘

โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔

<http://www.rmcs.buu.ac.th>



ที่ อว ๘๑๒๔/ว๐๕๕๒

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๕ ธันวาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.อมร สุตแสง

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงคุษฎีนิพนธ์ และคู่มือ จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางศิริณญา หล้าเต็น รหัสประจำตัวนิสิต ๕๘๘๑๐๑๖๔ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำคุษฎีนิพนธ์เรื่อง “ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: การศึกษาค้นไฟฟ้าสมอง” ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กนก พานทอง อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย ในกรณีนี้ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยแก่นิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

ณ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี)

คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๒๒๒ ต่อ ๒๐๗๗, ๒๐๗๘

โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔

<http://www.rmcs.buu.ac.th>

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. คู่มือการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's
2. กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์
3. ตัวอย่างกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
4. เครื่องมือสำหรับเกณฑ์คัดเข้า
 - 4.1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล
 - 4.2 แบบวัดความถนัดในการใช้มือของเอดินเบอร์ก
 - 4.3 แบบคัดกรองภาวะซีมเศร่าในวัยรุ่น
 - 4.4 การวัดระดับสายตาระยะใกล้ด้วยเจอเกอร์ (Jaeger's Chart)

คู่มือการใช้โปรแกรมประยุกต์
แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's
(ATABI Program)

ศิริัญญา หล้าเต็น

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา

คำนำ

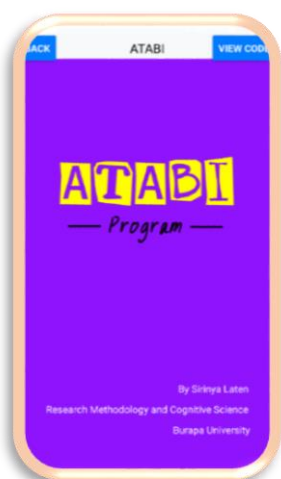
คู่มือการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's (ATABI Program) จัดทำขึ้นเพื่อให้มีความเข้าใจในการใช้โปรแกรมได้อย่างถูกต้อง โดยจะมีรูปภาพของหน้าโปรแกรม ในกิจกรรมต่าง ๆ ที่ประกอบด้วย 4 กิจกรรมหลัก ๆ ได้แก่ 1) กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge) 2) กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge) 3) กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge) และ 4) กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge) พร้อมกับอธิบายวิธีใช้งานประกอบอย่างละเอียด ให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปศึกษาการใช้โปรแกรมได้ด้วยตัวเอง

ศิริัญญา หล้าเต็น

สารบัญ

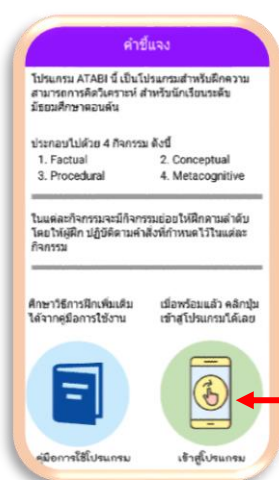
	หน้า
คำนำ	
สารบัญ	
กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง	2
กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด	4
กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ	5
กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา	7

การใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's (ATABI Program)



หน้าหลัก

เมื่อเข้าสู่โปรแกรมจะแสดงหน้าจอชื่อโปรแกรม ชื่อผู้วิจัย และชื่อสถาบันการศึกษาชั่วคราวหนึ่ง ก่อนจะเข้าสู่หน้าคำชี้แจง

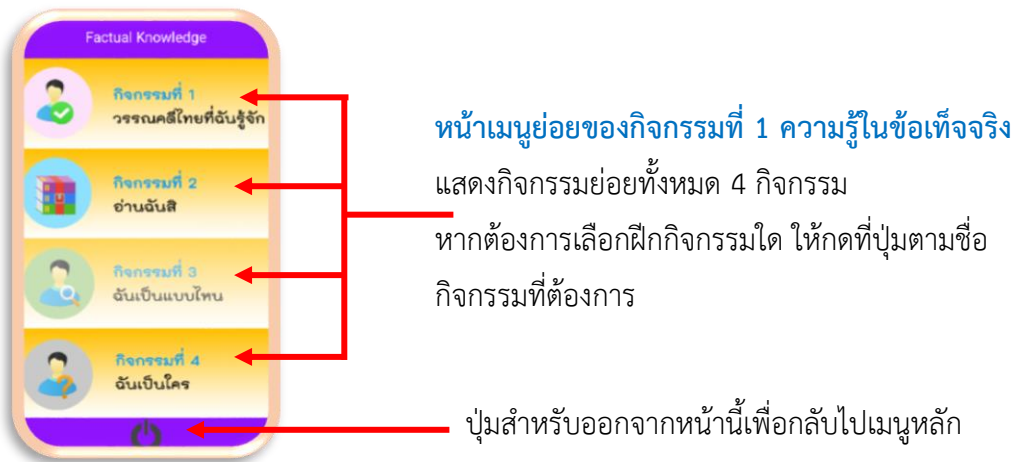
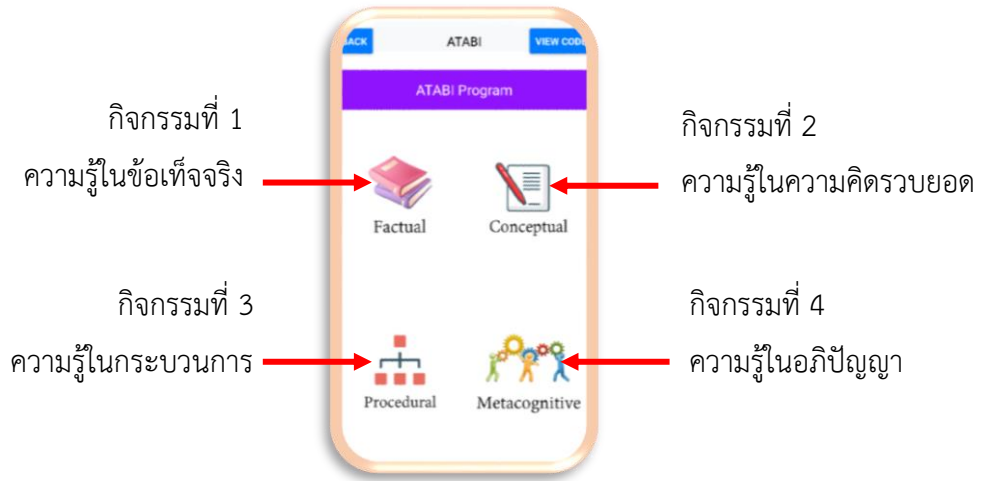


หน้าคำชี้แจง

อธิบายคุณสมบัติของโปรแกรม
วิธีการฝึก

เมื่อต้องการเข้าสู่โปรแกรม
เพื่อทำกิจกรรม กดปุ่มนี้

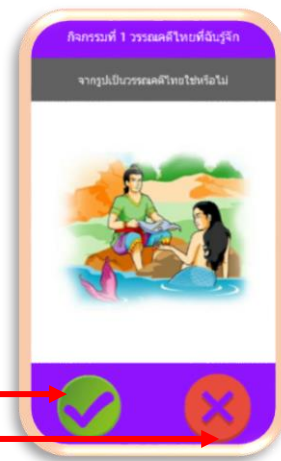
หน้าเมนูหลัก แสดงชื่อกิจกรรมทั้ง 4 กิจกรรม



ตัวอย่างกิจกรรมที่ 1 วรรณคดีไทยที่ฉันรู้จัก

มีลักษณะเป็นภาพต่าง ๆ จำนวน 20 ภาพ ผสมผสานกันทั้งที่เป็นนิทานทั่วไป การ์ตูน เรื่องราวอิงประวัติศาสตร์ นิทานอีสป วรรณคดีไทย ปรากฏขึ้นทีละภาพ เพื่อให้นักเรียนเลือกว่าภาพที่ปรากฏนั้นเป็นวรรณคดีไทยหรือไม่

ถ้าใช่ กดปุ่ม
ถ้าไม่ใช่ กดปุ่ม



ตัวอย่างกิจกรรมที่ 2 อ่านฉันทิ

อ่านนิทาน เรื่องว่า กล้าพิชัย



หน้าถัดไป

กลับไปยังหน้าก่อนหน้า

ทำกิจกรรมซึ่งเชื่อมโยงข้อมูลจากนิทานที่อ่าน โดยเลือกข้อมูลที่ตรงกับบุคลิกและลักษณะนิสัยของตัวละครในนิทานที่กำหนดให้



กดปุ่มเลือกคำตอบได้มากกว่า 1 ข้อ
เสร็จแล้วกดปุ่มส่งคำตอบ

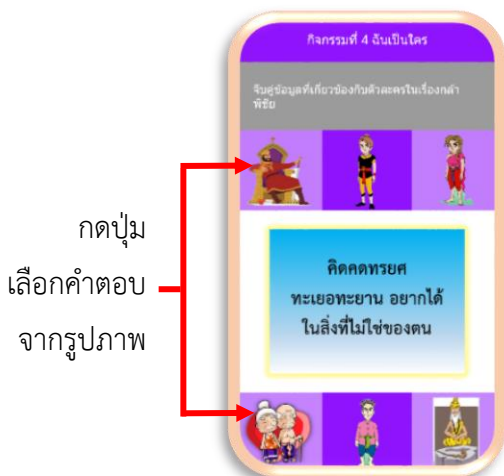
ตัวอย่างกิจกรรมที่ 3 ฉันทิเป็นแบบไหน

มีลักษณะเป็นข้อความสั้น ๆ จำนวน 20 ข้อความเกี่ยวกับบุคลิกและลักษณะนิสัยของตัวละครที่กำหนด โดยปรากฏ ขึ้นทีละข้อความ แล้วให้เลือกตอบว่าใช่หรือไม่



ถ้าใช่ กดปุ่ม

ถ้าไม่ใช่ กดปุ่ม



กดปุ่มเลือกคำตอบจากรูปภาพ

ตัวอย่างกิจกรรมที่ 4 ฉันทิเป็นใคร

มีลักษณะเป็นคำจำกัดความสั้น ๆ จำนวน 6 ข้อความ ที่บรรยายเกี่ยวกับตัวละครในนิทาน แล้วให้จับคู่ข้อความที่ปรากฏว่าตรงกับตัวละครใด โดยกดปุ่มเลือกคำตอบจากรูปภาพจะเลื่อนไปข้อถัดไปโดยอัตโนมัติ

หน้าเมนูย่อยของกิจกรรมที่ 2 ความรู้ในความคิดรวบยอด
 แสดงกิจกรรมย่อยทั้งหมด 4 กิจกรรม
 หากต้องการเลือกฝึกกิจกรรมใด ให้กดที่ปุ่ม
 ตามชื่อกิจกรรมที่ต้องการ

ปุ่มสำหรับออกจากหน้านี้เพื่อกลับไปเมนูหลัก

ตัวอย่างกิจกรรมที่ 1 การสื่อสาร

มีลักษณะเป็นภาพการทำกิจกรรมต่าง ๆ
 ในชีวิตประจำวัน จำนวน 20 ภาพ
 ปรากฏขึ้นทีละภาพ เพื่อให้เลือกว่าภาพ
 ที่ปรากฏนั้นเป็นการสื่อสารหรือไม่

ถ้าใช่ กดปุ่ม

ถ้าไม่ใช่ กดปุ่ม

ตัวอย่างกิจกรรมที่ 2 ระดับภาษา

มีลักษณะเป็นข้อมูลบรรยายพร้อม
 ภาพประกอบ
 เรื่อง ระดับภาษา
 อ่านให้เข้าใจ

กลับไปยังหน้าก่อนหน้า

หน้าถัดไป

ทำกิจกรรมที่เชื่อมโยง
 กับข้อมูลที่อ่าน
 โดยให้พิจารณาข้อความ
 ที่ปรากฏว่า ข้อความ
 ไດถูก ข้อความใดผิด

กดปุ่มเลือกคำตอบในแต่ละข้อจนครบ

เสร็จแล้วกดปุ่มส่งคำตอบ

ตัวอย่างกิจกรรมที่ 3 ฉันทน์อยู่ไหน

เลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของการประชุมในระดับต่าง ๆ ดังภาพที่ปรากฏ

สามารถเลือกคำตอบได้มากกว่า 1 ข้อ จากตัวเลือกทั้งหมด 3 ข้อ



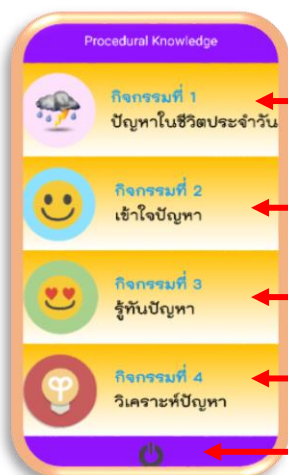
เมื่อเลือกคำตอบแล้ว กดส่งคำตอบ

ตัวอย่างกิจกรรมที่ 4 ภาษาพาเพลิน

มีลักษณะเป็นข้อความเกี่ยวกับการใช้ถ้อยคำที่แตกต่างกัน โดยให้เลือกว่า ประโยคดังกล่าว เป็นการใช้ถ้อยคำของภาษาในระดับใด จำนวน 10 ข้อ



เลือกคำตอบ โดยการกดปุ่ม ที่คิดว่าถูกต้อง แล้วจะเลื่อนไป คำถามต่อไป อัตโนมัติ



หน้าเมนูย่อยของกิจกรรมที่ 3 ความรู้ในกระบวนการ

แสดงกิจกรรมย่อยทั้งหมด 4 กิจกรรม หากต้องการเลือกฝึกกิจกรรมใด ให้กดที่ปุ่ม ตามชื่อกิจกรรมที่ต้องการ

ปุ่มสำหรับออกจากหน้านี้เพื่อกลับไปเมนูหลัก

ตัวอย่างกิจกรรมที่ 1 ปัญหาในชีวิตประจำวัน

มีลักษณะเป็นภาพที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่พบเจอในปัจจุบัน จำนวน 20 ภาพ ปรากฏขึ้นทีละภาพ เพื่อให้เลือกว่ารูปที่ปรากฏนั้นเป็นปัญหาที่พบเจอในชีวิตประจำวันหรือไม่



ตัวอย่างกิจกรรมที่ 2 เข้าใจปัญหา

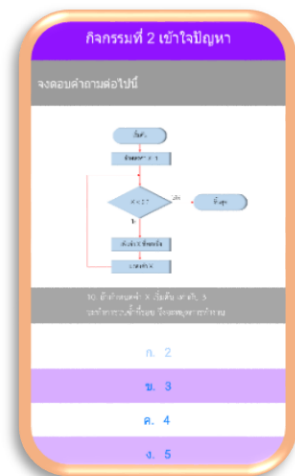
มีลักษณะเป็นข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาให้อ่านทำความเข้าใจ ซึ่งจะแบ่งปัญหาตามโครงสร้างได้แก่ โครงสร้างแบบลำดับ โครงสร้างแบบทางเลือก และโครงสร้างแบบทำซ้ำ



กลับไปยังหน้าก่อนหน้า

หน้าถัดไป

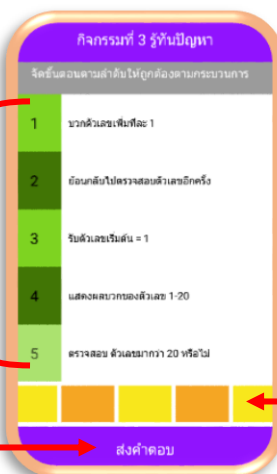
หลังจากนั้นมีโจทย์ปัญหาเพื่อตอบคำถามแบบหลายตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ โดยเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว



ตัวอย่างกิจกรรมที่ 3 รู้ทันปัญหา

ให้ทำการเรียงลำดับขั้นตอนดังกล่าวให้ถูกต้องตามกระบวนการแก้ปัญหา จำนวน 5 ข้อ

กดเลือกปุ่มตัวเลข เพื่อเรียงลำดับ



เมื่อเลือกเสร็จแล้ว กดส่งคำตอบ

ตัวเลขที่เลือก จะปรากฏในช่องนี้

ตัวอย่างกิจกรรมที่ 4 วิเคราะห์ปัญหา

เป็นการจำลองสถานการณ์ แล้ววิเคราะห์ว่าสถานการณ์ดังกล่าวเป็นปัญหาตามโครงสร้างแบบใด จำนวน 10 ข้อ



กดปุ่มเลือกคำตอบ ที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว จากนั้นจะไปข้อถัดไป โดยอัตโนมัติ



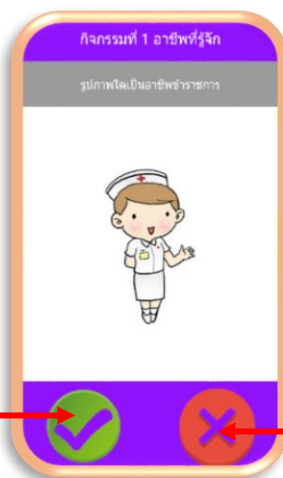
หน้าเมนูย่อยของกิจกรรมที่ 4 ความรู้ในอภิปัญญา

แสดงกิจกรรมย่อยทั้งหมด 4 กิจกรรม หากต้องการเลือกฝึกกิจกรรมใด ให้กดที่ปุ่มตามชื่อกิจกรรมที่ต้องการ

ปุ่มสำหรับออกจากหน้านี้เพื่อกลับไปเมนูหลัก

ตัวอย่างกิจกรรมที่ 1 อาชีพที่รู้จัก

มีลักษณะเป็นภาพอาชีพต่าง ๆ จำนวน 20 ภาพ ผสมผสานกันทั้งในกลุ่มของอาชีพอิสระ อาชีพบริการ อาชีพในวงการบันเทิง อาชีพข้าราชการ อาชีพทั่วไป ปรากฏขึ้นทีละภาพ ให้เลือกว่าภาพที่ปรากฏนั้นเป็นอาชีพข้าราชการหรือไม่



ถ้าใช่ กดปุ่ม

ถ้าไม่ใช่ กดปุ่ม

ตัวอย่างกิจกรรมที่ 2 คุณสมบัติของอาชีพที่ดี

มีลักษณะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการประกอบอาชีพ
ให้อ่านทำความเข้าใจ



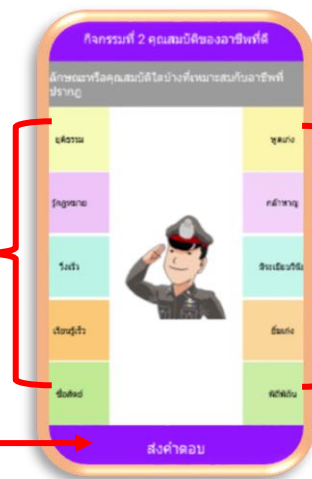
กลับไปยังหน้าก่อนหน้า

หน้าถัดไป

กดเลือกปุ่ม
เพื่อเลือก

เมื่อเลือกเสร็จแล้ว กดส่งคำตอบ

หลังจากนั้นก็มีกิจกรรมให้ทำ โดยจะปรากฏภาพเกี่ยวกับอาชีพใดอาชีพหนึ่ง จำนวนทั้งหมด 4 ภาพ ปรากฏทีละภาพ แล้วจะมีข้อมูลคุณสมบัติต่าง ๆ ประกอบ เพื่อให้เลือกว่าอาชีพดังกล่าวควรมีคุณสมบัติตามข้อใดบ้าง สามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อ



กดเลือกปุ่ม
เพื่อเลือก



ตัวอย่างกิจกรรมที่ 3 จัดกลุ่มอาชีพ

มีลักษณะเป็นภาพอาชีพต่าง ๆ จำนวน 20 ภาพ ปรากฏทีละภาพ แล้วให้เลือกว่าอาชีพที่ปรากฏอยู่ในอาชีพกลุ่มบริการ กลุ่มภาษา กลุ่มให้ความรู้ หรือกลุ่มกฎหมาย

กดปุ่มเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว จากนั้นจะไปข้อถัดไปโดยอัตโนมัติ

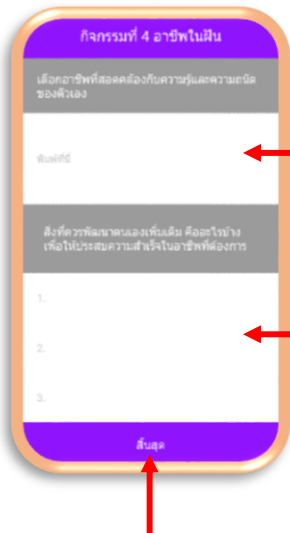
ตัวอย่างกิจกรรมที่ 4 อาชีพในฝัน

ให้ผู้ใช้โปรแกรมประเมินตัวเอง
ว่ามีลักษณะเด่นหรือความถนัดอะไรบ้าง

เมื่อเลือกเสร็จแล้วกดปุ่มถัดไป



กดเลือกปุ่ม
เพื่อเลือก



เมื่อเสร็จแล้ว กดปุ่มสิ้นสุด

เมื่อประเมินเสร็จแล้วให้เลือกอาชีพที่สอดคล้อง
กับความรู้และความถนัดของตัวเองโดยการพิมพ์
ข้อมูลลงไปตามต้องการ

จากนั้นให้คิดพิจารณาว่า อาชีพในฝันที่อยากเป็นนั้น
ควรพัฒนาตนเองเพิ่มเติมคืออะไรบ้าง เพื่อให้ประสบ
ความสำเร็จในอาชีพดังกล่าว โดยการพิมพ์ข้อมูล
ลงไปด้วยตนเอง

หน้าแสดงข้อมูลป้อนกลับ

เมื่อสิ้นสุดการทำกิจกรรมจะมีการแสดงผลข้อมูล
ป้อนกลับทุกครั้ง โดยแสดงผลคะแนนที่ได้จากการ
ทำกิจกรรมดังกล่าวให้ทราบ พร้อมกับข้อความใน
การสร้างขวัญและกำลังใจ



เมื่อต้องการไปยัง
กิจกรรมถัดไป

เมื่อต้องการฝึกกิจกรรมซ้ำอีกครั้ง

2. กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

.....

คำชี้แจง

กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ฉบับนี้ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก จำนวนทั้งหมด 23 ข้อ แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง จำนวน 8 ข้อ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จำนวน 7 ข้อ

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ จำนวน 8 ข้อ

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง

1. การพาดหัวข่าวในข้อใด มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงความคิดเห็น

- ก. เชียงรายฝนตกหนัก คร่าชีวิตหญิงชราวัย 76
- ข. วอลเลย์บอลสาวไทย ชนะด้วยคะแนน 2 ต่อ 1
- ค. รอนนี่ ซาน ฟอพระแสนดี นักอสังหาริมทรัพย์
- ง. ถึงไทยแล้ว โรคมือ เท้า ปาก สธ.หาทางป้องกัน

2. อาชีพใดต่อไปนี้ ไม่เข้าพวก

- ก. พนักงานต้อนรับ
- ข. หมอนวดแผนไทย
- ค. นักดนตรี
- ง. พ่อครัว

3. บุคคลใดต่อไปนี้ มีลักษณะของผู้ฟังและผู้ชมที่ดี

- ก. ปองตั้งจุดมุ่งหมายก่อนการฟังและดูทุกครั้ง
- ข. เปรมเคยดูรายการนี้แล้ว จึงปิดทีวี เพื่อประหยัดไฟ
- ค. คิมฟังสายชอล์ซึ่งเป็นเพื่อนสนิทพูดถึงวิภา แล้วเชื้ทันที
- ง. ปกรณ์ฟังและดูวิทยากรบรรยายอย่างตั้งใจ โดยไม่ได้จดบันทึกการฟังบรรยาย

4. พฤติกรรมในข้อใด ควรกระทำเมื่อต้องพูดรายงานเชิงวิชาการ
- วิธีใช้ถ้อยคำที่แฝงมุกตลกขบขัน
 - วิธีใช้ถ้อยคำที่แสดงความเป็นกันเองกับผู้ฟัง
 - วิธีใช้ถ้อยคำที่เป็นทางการ กระชับ เข้าใจง่าย
 - วิธีใช้ถ้อยคำที่สุภาพเพื่อให้เข้าถึงความรู้สึกของผู้ฟัง
5. พฤติกรรมใดที่แสดงออกถึงความเป็นคนไทย
- เข้าวัดทำบุญ
 - ทักทายด้วยการไหว้
 - ได้ยินเพลงชาติแล้วยืนตรง
 - ทักทายด้วยรอยยิ้ม
6. ข้อใดต่อไปนี แสดงถึงลักษณะสังคมไทยในชนบท
- คนในชุมชนเน้นการหารายได้เลี้ยงครอบครัวเป็นหลัก
 - สมาชิกในหมู่บ้านมักรวมกลุ่มช่วยเหลือซึ่งกันและกัน
 - สมาชิกในครอบครัวยึดถือเอาความคิดของตนเองเป็นหลัก
 - เด็กรุ่นใหม่ให้ความสนใจเทคโนโลยีมากกว่าการรวมกลุ่มพบปะกัน
7. สัตว์ในข้อใด ไม่ได้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน
- งู คางคก จระเข้
 - เสือดอ ช้าง แรด
 - ปลา กุ้ง ปู
 - นก ไก่ เป็ด
8. ประโยคใด ใช้ภาษาแตกต่างจากประโยคอื่น ๆ
- ปัจจุบันประเทศไทยเกิดปัญหามากมาย
 - ที่ผ่านมา งานที่นักเรียนทำส่งครู เย่มากจริง ๆ
 - แผ่นดินไหวจะเกิดและรุนแรงมากขึ้นในอนาคต
 - โรคอ้วนเป็นปัญหาสุขภาพที่หลายประเทศกำลังประสบอยู่

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

1. ข้อความใด มีความสัมพันธ์กับข้อความที่กำหนดให้

“ส้ม 5 กิโลกรัม ราคา 50 บาท”

- ก. แพทย์ 1 คน ต่อคนไข้ 10 คน
- ข. น้ำหอม 2 ขวด ราคา 50 บาท
- ค. เงาะ 5 กิโลกรัม ราคา 60 บาท
- ง. ขับรถ 1 ชั่วโมง ใช้เวลา 30 นาที

2. พิจารณาพฤติกรรมของบุคคลต่อไปนี้ นักเรียนคิดว่าบุคคลใดน่าจะประสบความสำเร็จในการฟัง

- ก. กู้กเสียบหูฟังข้างหนึ่งขณะฟังอภิปราย
- ข. ใ้กฟังการอภิปรายอย่างตั้งใจแต่ยังมีข้อสงสัย
- ค. กรณ์สนทนากันกัณฑ์เกี่ยวกับประเด็นการอภิปรายที่ฟังผ่านไปขณะฟัง
- ง. แก้วบันทึกเสียงของผู้อภิปรายขณะฟัง แล้วนำไปเปิดฟังอีกครั้งหนึ่ง

3. ในอดีตช่วงพักกลางวันนักเรียนจะนั่งอ่านหนังสือหรือล้อมวงคุยกับเพื่อนเป็นกลุ่ม ๆ แต่ปัจจุบันนี้ กลับเห็นนักเรียนแต่ละคนนั่งเล่นมือถือในมุมของใครของมัน จงอธิบายถึงสิ่งที่เกิดขึ้น

- ก. สมัยก่อนไม่มีงานเยอะทำให้นักเรียนมีเวลานั่งคุยกัน แต่ปัจจุบันงานเยอะทำให้นักเรียนต้องค้นคว้าข้อมูลในโทรศัพท์
- ข. เทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้นักเรียนต้องพัฒนาตัวเองให้เท่าทันเทคโนโลยี
- ค. นักเรียนสนใจเล่นมากกว่าเรียน
- ง. นักเรียนแบ่งเวลาไม่เป็น

4. ค่าเสียโอกาสของ ด.ญ.จอย ที่เลือกไปเที่ยวกับเพื่อนแทนการอ่านหนังสือเตรียมสอบอยู่ที่บ้านคืออะไร

- ก. การสอบไม่ผ่าน
- ข. การไม่ได้อ่านหนังสือ
- ค. การไม่ได้ปฏิบัติตนเป็นนักเรียนที่ดี
- ง. การเสียค่าใช้จ่ายในการไปเที่ยวกับเพื่อน

5. ทุกวันพ่อของฉันจะออกไปทำงานด้วยรถยนต์ส่วนตัว ใช้เวลาเดินทางหนึ่งชั่วโมง ถึงเวลาเข้างาน 9.00 น. พ่อตี วันรุ่งขึ้นพ่อตื่น 8.15 น. พ่อจะทำอย่างไร
- ก. ซ้อมเตอร์ไซต์เพราะไปได้เร็ว
 - ข. เดินไปทำงานเพราะรถไม่ติด
 - ค. อยู่บ้านไม่ไปทำงานเพราะสายแล้ว
 - ง. ขับรถยนต์ส่วนตัวด้วยความเร็วสูงสุด
6. ข้อใดแสดงความเป็นเหตุเป็นผลได้อย่างถูกต้อง
- ก. การรับประทานอาหารที่มากเกินไป ทำให้ง่วงนอน
 - ข. การออกกำลังกาย 4 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรง
 - ค. การนอนดึกก่อนวันสอบ ทำให้สอบไม่ผ่าน
 - ง. การใส่เสื้อสีแดงวันตรุษจีน ทำให้มีโชคลาภ
7. เตือนเด่นทำขนมปังโดยมีส่วนผสมของแป้ง น้ำตาล น้ำ คือ 7 : 4 : 5 ปรากฏว่า ขนมปังมีรสหวานมาก ถ้าอยากให้ขนมปังมีรสหวานน้อยลง ควรทำอย่างไร
- ก. ลดแป้ง เพิ่มน้ำ
 - ข. ลดน้ำตาล เพิ่มแป้ง
 - ค. ลดน้ำ ลดแป้ง
 - ง. เพิ่มน้ำ ลดแป้ง

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ

1. “คนส่วนใหญ่ไม่ค่อยรู้ตัว ยังคงอยากได้อะไรที่มากขึ้น ๆ ไม่ว่าจะเงินทอง เกียรติยศชื่อเสียง หรือความรัก และก็มักจะไม่ได้ตั้งใจนึก ความทุกข์ก็ยิ่งมากขึ้นตามวัยที่มากขึ้นด้วย” ใจความสำคัญของข้อความนี้ตรงกับข้อใด
 - ก. ความอยากของมนุษย์เพิ่มตามอายุ
 - ข. คนเราเมื่ออายุมากขึ้น ความต้องการจะเพิ่มมากขึ้น
 - ค. ถ้ามนุษย์อยากได้ไม่มีที่สิ้นสุด ก็จะมีแต่ความทุกข์
 - ง. ความทุกข์ของมนุษย์เกิดจากความต้องการในทรัพย์สินเงินทอง

2. จุดประสงค์ที่สำคัญของการสวดมนต์ คืออะไร
 - ก. ฝึกสมาธิ
 - ข. สวดป้องกันภูติผีปีศาจ
 - ค. ฝึกฝนความเพียรพยายาม
 - ง. สร้างความศรัทธาต่อศาสนา

3. “ชุ่มคอ โคนใจ” แนวคิดนี้มีจุดประสงค์เพื่ออะไร
 - ก. คำคม
 - ข. คำขวัญ
 - ค. คำแนะนำ
 - ง. คำโน้มน้าว

4. ข้อความต่อไปนี้ เป็นการเขียนที่มีวัตถุประสงค์อย่างไร

“มะรุุมจอมพลัง คนเรารู้จักมะรุุมเป็นยารักษาโรคผิวหนัง โรคทางเดินหายใจ โรคระบบทางเดินอาหาร และโรคภัยไข้เจ็บอื่น ๆ มานานหลายร้อยปีแล้ว และเป็นพืชที่ทนแล้ง เติบโตเร็ว มีใบที่อุดมไปด้วยวิตามินและเกลือแร่”

 - ก. การเขียนเพื่อความบันเทิง
 - ข. การเขียนโน้มน้าวให้เชื่อ
 - ค. การเขียนเพื่อให้ความรู้
 - ง. การเขียนเพื่อชี้แจง

5. ทุกครั้งที่เจนนได้ยื่นเพื่อนต่างห้องนินทาว่าร้ายเพื่อนสนิทของตน เธอจะเข้าไปพูดแก้ต่าง ชี้แจงความจริงให้แก่เพื่อนของเธอ จากพฤติกรรมของเจนน จัดว่าเป็นลักษณะของมิตรประเภทใด
- มิตรมีน้ำใจ
 - มิตรอุปการะ
 - มิตรร่วมทุกข์ร่วมสุข
 - มิตรแนะนำประโยชน์
6. อ้วนเป็นตำรวจ ปุ่นเป็นผู้พิพากษา จอนเป็นทหาร เอกเป็นปลัดอำเภอ ทั้ง 4 คนนี้ถึงแม้จะประกอบอาชีพที่แตกต่างกัน แต่มีลักษณะบางอย่างที่เหมือนกัน คือข้อใด
- เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้เหมือนกัน
 - เป็นผู้รักษากฎหมายเหมือนกัน
 - เป็นผู้ชำนาญการใช้อาวุธเหมือนกัน
 - เป็นผู้มีความสามารถทางด้านภาษาเหมือนกัน
7. เพื่อนชื่อโทรศัพท์ใหม่ ร้านจึงโหลดแอปพลิเคชันสำหรับใช้งาน พร้อมกับแนะนำว่า หากต้องการติดต่อกับเพื่อน ๆ ให้ใช้เฟสบุ๊ค หากต้องการอวดรูปสวย ๆ ให้ใช้อิน스타그램 และหากต้องการติดตามข่าวสารอย่างรวดเร็วให้ใช้ทวิตเตอร์ จากคำแนะนำนี้ นักเรียนคิดว่าร้านมีเจตนาอย่างไร
- ให้ผู้ใช้งานโทรศัพท์เป็น
 - ให้ผู้โหลดแอปพลิเคชันมาใช้
 - ให้ผู้มีความรู้เกี่ยวกับการโหลดแอปพลิเคชัน
 - ให้ผู้เข้าใจวัตถุประสงค์ของแอปพลิเคชันต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน
8. “ทองดีเห็นแม่ลูกสองคนนั่งขอทานอยู่ข้างทาง สองแม่ลูกใส่เสื้อผ้าเก่า ๆ ขาดหลุดลุ่ย ลูกนั่งร้องไห้คงเพราะหิวเป็นแน่แท้ ผู้คนก็เดินสัญจรไปมาให้เงินบ้าง ไม่ให้บ้าง แล้วทองดีก็เดินเข้าไปใกล้ ๆ พร้อมหยิบธนบัตร 1 ใบ ให้สองแม่ลูกแล้วเดินจากไป” จากเหตุการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าทองดีรู้สึกอย่างไร
- ภูมิใจ ที่อย่างน้อยได้เป็นคนหนึ่งที่มีน้ำใจช่วยเหลือสองแม่ลูก
 - เฉย ๆ เพราะมีขอทานจำนวนมากในประเทศไทย
 - หดหู่ใจ ที่ยังมีคนที่น่าสงสารแบบนี้อยู่บนโลกนี้
 - ไม่พอใจ ที่มีบางคนไม่ให้เงินสองแม่ลูก

เฉลยคำตอบ

ข้อที่	คำตอบ	เหตุผล
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง		
1	ค	เพราะ คำว่า พ่อพระแสนดี เป็นความรู้สึกส่วนตัวของนักข่าว ไม่ใช่ข้อเท็จจริง
2	ง	เพราะ ข้อ ก ข และ ค เป็นอาชีพที่ให้บริการและเน้นความพึงพอใจของลูกค้า
3	ก	เพราะการตั้งจุดมุ่งหมายก่อนทำสิ่งใด ทำให้สามารถประเมินผลว่าบรรลุสิ่งที่ตั้งไว้หรือไม่
4	ค	เพราะ มุ่งเสนอสารหรือข้อมูลอันเป็นความรู้อย่างมีหลักวิชา จึงต้องใช้ถ้อยคำที่เป็นทางการ และมุ่งให้ได้ผลตามจุดประสงค์โดยเร็ว โดยประหยัดการใช้ถ้อยคำและเวลาให้มากที่สุด
5	ข	เพราะ เอกลักษณะของคนไทยคือการไหว้
6	ข	เพราะ สังคมไทยในชนบทคนในหมู่บ้านจะเป็นเครือญาติและมีความสนิทสนมช่วยเหลือกันในฐานะเพื่อนบ้าน และมีการทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกันภายในหมู่บ้านเสมอ ซึ่งต่างจากสังคมเมือง ที่คนบ้านติดกัน อาจจะไม่รู้จักกัน เนื่องจากต่างคนต่างทำงาน และอาจจะมาจากต่างจังหวัดแต่มาอาศัยอยู่ในเมืองจึงไม่มีความคุ้นเคยสนิทสนมกันมากเท่าที่ควร
7	ก	เพราะ งูเป็นสัตว์เลื้อยคลาน แต่คางคกกับจระเข้เป็นสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ส่วนข้ออื่น ๆ เป็นสัตว์ที่อยู่ในประเภทเดียวกันทั้งหมด
8	ข	เพราะ เป็นการใช้ภาษาระดับกันเอง ส่วนข้ออื่น ๆ เป็นการใช้ภาษาระดับกึ่งทางการ
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์		
1	ก	เพราะ อัตราส่วนเท่ากัน คือ 1:10
2	ง	เพราะ เป็นการทบทวนจะทำให้เกิดความเข้าใจและจดจำมากยิ่งขึ้น
3	ข	เพราะ เป็นยุคที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน ทำให้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในทุก ๆ ด้านทั้งด้านการศึกษา ด้านบันเทิง ด้านการใช้งานอรรถประโยชน์อื่น ๆ จึงทำให้ต้องพัฒนาตัวเองให้รู้เท่าทันเทคโนโลยี

ข้อที่	คำตอบ	เหตุผล
4	ก	เพราะ เป็นข้อที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ทางด้านลบมากที่สุดต่อสถานการณ์ที่สำคัญที่สุดซึ่งคือการสอบ
5	ก	เพราะ ด้วยระยะทาง 1 ชั่วโมงจากบ้านไปทำงาน คงไม่สามารถเดินทางไปทำงานได้ การไม่ไปทำงานถือว่าไม่มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ซึ่งไม่ใช่ทางแก้ปัญหาที่ดี และการขับรถด้วยความเร็วสูงสุดถือว่าอันตรายอาจเกิดอุบัติเหตุได้ ดังนั้น การขี่มอเตอร์ไซด์ทำให้ลดปัญหาการติด และสามารถทำความเร็วได้ดีกว่า จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา
6	ก	เพราะ เกิดจากการที่ร่างกายถูกกระตุ้นเมื่อทานอาหารมากเกินไป โดยเฉพาะการทานสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ได้อย่างรวดเร็วจึงจะทำให้ร่างกายรู้สึก ่วง ซึม ได้ ส่วนการออกกำลังกาย 4 ชั่วโมงต่อวันทำให้ร่างกายอ่อนเพลีย เพราะใช้เวลาในการออกกำลังกายมากเกินไป ซึ่งเป็นผลที่ตรงกันข้าม และข้อ ค กับ ง เป็นเรื่องของความเชื่อ
7	ข	เพราะ การลดน้ำตาลเป็นการลดความหวานอยู่แล้ว และการเพิ่มแป้งเป็นการเพิ่มปริมาตรของขนมปังและเจือจางน้ำตาลลงอีกทางหนึ่ง

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ

1	ค	เพราะ ได้บอกถึงความต้องการของมนุษย์ในหลาย ๆ เรื่อง และหากเกิดความผิดพลาดก็จะทำให้เกิดความทุกข์ ซึ่งมีทั้งสาเหตุและผลของสิ่งนั้น ๆ ระบุอยู่
2	ก	เพราะ มีใจจดจ่อต่อสิ่งที่กำลังทำอยู่ เป็นการช่วยบริหารจัดการจิตและสมาธิ
3	ง	เพราะ เป็นข้อความที่อยากให้เห็นหรือได้ฟังสนใจ และเป็นการชักชวนให้เห็นดีเห็นงาม หรือให้ออนอ่อนตาม
4	ค	เพราะ แสดงถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นข้อเท็จจริงและความรู้โดยทั่วไปถึงสรรพคุณของมะรุุม
5	ค	เพราะ มิตรร่วมสุขร่วมทุกข์ คือ เพื่อนที่สนิทเหมือนญาติ ไว้วางใจกัน เชื่อในกันและกัน คอยช่วยเหลือเกื้อกูลกัน ส่วนมิตรมีน้ำใจ คือ เพื่อนที่มีทุกข์ร่วมทุกข์มีสุขร่วมเสพ ส่วนมิตรอุปการะ คือ เพื่อนที่มีบุญคุณ และมิตรแนะนำประโยชน์ คือ เพื่อนที่คอยแนะนำแต่ทางที่ดี
6	ข	เพราะ ทั้ง 4 อาชีพนี้หน้าที่หลักคือการรักษากฎหมาย

ข้อที่	คำตอบ	เหตุผล
7	ง	เพราะ ได้อธิบายถึงการใช้แอปพลิเคชันต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสมกับความต้องการใช้งานได้อย่างชัดเจน
8	ค	เพราะ การเห็นสองแม่ลูกใส่เสื้อผ้าขาดหลุดลุ่ย และ ลูกนั่งร้องไห้เพราะหิว จึงเกิดความหดหู่ และการให้เงินเพื่อช่วยเหลือเพราะสงสาร ที่เห็นคนอื่นมีชีวิตที่ลำบากแบบนี้

3. ตัวอย่างกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

คำชี้แจง

กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์ฉบับนี้ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก จำนวนทั้งหมด 23 ข้อ แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง จำนวน 8 ข้อ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จำนวน 7 ข้อ

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ จำนวน 8 ข้อ

ให้คลิกเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ถัดไป

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง จำนวน 8 ข้อ

จงใช้เมาส์คลิกเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

เริ่มทำแบบทดสอบ

1. การพาดหัวข่าวในข้อใด มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงความคิดเห็น

ก. เชียงรายฝนตกหนัก คร่าชีวิตหญิงชราวัย 76

ข. วอลเลย์บอลสาวไทย ชนะด้วยคะแนน 2 ต่อ 1

ค. รอนนี่ ซาน พ่อพระแสนดี นักอสังหาริมทรัพย์

ง. สิงไทยแล้ว ไรคมือ เท้า ปาก ส.หาทางป้องกัน

2. อาชีพใดต่อไปนี้ ไม่เข้าพวก

ก. พนักงานต้อนรับ

ข. หมอนวดแผนไทย

ค. นักดนตรี

ง. พ่อครัว

3. บุคคลใดต่อไปนี้ มีลักษณะของผู้ฟังและผู้ชมที่ดี

ก. ปองฟังจดมุ่งหมายก่อนการฟังและดูทุกครั้ง

ข. เปรมเคยดูรายการนี้แล้ว จึงปิดทีวี เพื่อประหยัดไฟ

ค. คิมฟังสายซิงซึ่งเป็นเพื่อนสนิทพูดถึงวิชา แล้วเขย่งหนี

ง. ปกรณ์ฟังและดูวิทยากรบรรยายอย่างตั้งใจ โดยไม่ได้จับบันทึกการบรรยาย

4. พฤติกรรมในข้อใด ควรกระทำเมื่อต้องพูดรายงานเชิงวิชาการ

ก. ใช้ถ้อยคำที่แฝงมุกตลกขบขัน

ข. ใช้ถ้อยคำที่แสดงความเป็นกันเองกับผู้ฟัง

ค. ใช้ถ้อยคำที่เป็นทางการ กระชับ เข้าใจง่าย

ง. ใช้ถ้อยคำที่สุภาพเพื่อให้เข้าถึงความรู้สึกของผู้ฟัง

5. พฤติกรรมใดที่แสดงออกถึงความเป็นคนไทย

ก. เข้าวัดทำบุญ

ข. ทักทายด้วยการไหว้

ค. ได้ยินเพลงชาติแล้วยืนตรง

ง. ทักทายด้วยรอยยิ้ม

6. ข้อใดต่อไปนี้ แสดงถึงลักษณะสังคมไทยในชนบท

ก. คนในชุมชนเน้นการหารายได้เลี้ยงครอบครัวเป็นหลัก

ข. สมาชิกในหมู่บ้านมักรวมกลุ่มช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

ค. สมาชิกในครอบครัวยึดถือเอาความคิดของตนเองเป็นหลัก

ง. เด็กรุ่นใหม่ให้ความสำคัญเทคโนโลยีมากกว่าการรวมกลุ่มพบปะกัน

7. สัตว์ในเขตอบชื้น ไม่ได้อยู่ ในกลุ่มเดียวกัน

ก. งู คางคก จระเข้

ข. เสือ ช้าง แรด

ค. ปลา กุ้ง ปู

ง. นก ไก่ เป็ด

8. ประโยคใด ใช้ภาษาแตกต่างจากประโยคอื่น ๆ

ก. ปัจจุบันประเทศไทยเกิดปัญหามากมาย

ข. ที่ผ่านมา งานที่นักเรียนทำส่งครู เยี่ยมมากจริง ๆ

ค. แผ่นดินไหวจะเกิดและรุนแรงมากขึ้นในอนาคต

ง. ไรศอวันเป็นปัญหาสุขภาพที่หลายประเทศกำลังประสบอยู่

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จำนวน 7 ข้อ

จงใช้เมาส์คลิกเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

เริ่มทำแบบทดสอบ

1. ข้อความใด มีความสัมพันธ์กับข้อความที่กำหนดให้
"ส้ม 5 กิโลกรัม ราคา 50 บาท"

ก. แพทย์ 1 คน คอยคนไข้ 10 คน

ข. น้ำหอม 2 ขวด ราคา 50 บาท

ค. เงาะ 5 กิโลกรัม ราคา 60 บาท

ง. ขับรถ 1 ชั่วโมง ใช้เวลา 30 นาที

2. พิจารณาพฤติกรรมของบุคคลต่อไปนี้ นักเรียนคิดว่าบุคคลใด น่าจะประสบความสำเร็จในการฟัง

ก. กู้เสียงหูฟังข้างหนึ่งขณะฟังอภิปราย

ข. โต้ฟังการอภิปรายอย่างตั้งใจแต่ยังไม่ขอสงสัย

ค. การสนทนากับคนที่เกี่ยวกับประเด็นการอภิปรายที่ฟังผ่านไปขณะฟัง

ง. แก้วน้ำที่กเสียงของผู้อภิปรายขณะฟัง แล้วนำไปเปิดฟังอีกครั้งหนึ่ง

3. ในอดีตช่วงพักกลางวันนักเรียนจะนั่งอ่านหนังสือหรือล่องมวงคุยกับเพื่อนเป็นกลุ่ม ๆ แต่ปัจจุบันนี้กลับเห็นนักเรียนแต่ละคนนั่งเล่นมือถือในมุมของใครของมัน จงอธิบายถึงสิ่งที่เกิดขึ้น

ก. สมัยก่อนไม่มีงานเยอะทำให้นักเรียนมีเวลานั่งคุยกัน แต่ปัจจุบันงานเยอะทำให้นักเรียนต้องค้นหาข้อมูลในโทรศัพท์

ข. เทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้นักเรียนต้องพัฒนาตัวเองให้เท่าทันเทคโนโลยี

ค. นักเรียนสนใจเล่นมากกว่าเรียน

ง. นักเรียนแบ่งเวลาไม่เป็น

4. คำเสียโอกาสของ ค.ณ.จอย ที่เลือกไปเที่ยวกับเพื่อนแทนการอ่านหนังสือเตรียมสอบอยู่ที่บ้านคืออะไร

- ก. การสอบไม่ผ่าน
- ข. การไม่ได้อ่านหนังสือ
- ค. การไม่ได้ปฏิบัติตนเป็นนักเรียนที่ดี
- ง. การเสียค่าใช้จ่ายในการไปเที่ยวกับเพื่อน

5. ทุกวันพ่อของฉันทิ้งรถออกไปทำงานด้วยรถยนต์ส่วนตัว ใช้เวลาเดินทางหนึ่งชั่วโมง ถึงเวลาเช้างาน 9.00 น. พอดี วันรุ่งขึ้นพ่อตื่น 8.15 น. พ่อจะทำอย่างไร

- ก. ซ่อมเครื่องยนต์เพราะไปได้เร็ว
- ข. เดินไปทำงานเพราะรถไม่ติด
- ค. อยู่บ้านไม่ไปทำงานเพราะสายแล้ว
- ง. ขับรถยนต์ส่วนตัวด้วยความเร็วสูงสุด

6. ข้อใดแสดงความเป็นเหตุเป็นผลได้อย่างถูกต้อง

- ก. การรับประทานอาหารที่มากเกินไป ทำให้ง่วงนอน
- ข. การออกกำลังกาย 4 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรง
- ค. การนอนดึกก่อนวันสอบ ทำให้สอบไม่ผ่าน
- ง. การใส่เสื้อสีแดงวันตรุษจีน ทำให้โชคดีลาภ

7. เดือนเด่นทำขนมปังโดยมีส่วนผสมของแป้ง น้ำตาล น้ำ คือ 7 : 4 : 5 ปรากฏว่าขนมปังมีรสหวานมาก ถ้าอยากให้ขนมปังมีรสหวานน้อยลง ควรทำอย่างไร

- ก. ลดแป้ง เพิ่มน้ำ
- ข. ลดน้ำตาล เพิ่มแป้ง
- ค. ลดน้ำ ลดแป้ง
- ง. เพิ่มน้ำ ลดแป้ง

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ
จำนวน 8 ข้อ

จงใช้เมาส์คลิกเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

เริ่มทำแบบทดสอบ

1. "คนส่วนใหญ่ไม่ค่อยรู้ตัว ยังคงอยากได้อะไรที่มากขึ้น ๆ ไม่ว่าจะเป็นเงินทอง เกียรติยศชื่อเสียง หรือความรัก และมักจะไม่คิดถึงใจนึก ความทุกข์ที่ยิ่งมากขึ้นตามวัยที่มากขึ้นด้วย" ใจความสำคัญของข้อความนี้ตรงกับข้อใด

- ก. ความอยากของมนุษย์เพิ่มตามอายุ
- ข. คนเราเมื่ออายุมากขึ้น ความต้องการจะเพิ่มมากขึ้น
- ค. ถ้ามนุษย์อยากได้ไม่มีที่สิ้นสุด ก็จะมีแต่ความทุกข์
- ง. ความทุกข์ของมนุษย์เกิดจากความต้องการในทรัพย์สินเงินทอง

2. จุดประสงค์ที่สำคัญของการสวดมนต์ คืออะไร

- ก. ผิดสมาธิ
- ข. สวดป้องกันภูติผีปีศาจ
- ค. ผิดนความเพียรพยายาม
- ง. สร้างความศรัทธาต่อศาสนา

3. "ขุมคอ โคนใจ" แนวคิดนี้มีจุดประสงค์เพื่ออะไร

- ก. คำคม
- ข. คำขวัญ
- ค. คำแนะนำ
- ง. คำโน้มน้าว

4. ข้อความต่อไปนี้ เป็นการเขียนที่มีวัตถุประสงค์อย่างไร
 “มะรุมาจอมพลัง คนเรารู้จักมะรุมาเป็นยารักษาโรคผิวหนัง โรคทางเดินหายใจ โรคระบบทางเดินอาหาร และโรคภัยไข้เจ็บอื่น ๆ มานานหลายร้อยปีแล้ว และเป็นพืชที่ทนแล้ง เติบโตเร็ว มีใบที่อุดมไปด้วยวิตามินและเกลือแร่”

ก. การเขียนเพื่อให้ความบันเทิง

ข. การเขียนโน้มน้าวให้เชื่อ

ค. การเขียนเพื่อให้ความรู้

ง. การเขียนเพื่อชี้แจง

5. ทุกครั้งที่เงินไดอินเพื่อนต่างห้องนิหาว่าร้ายเพื่อนสนิทของตน เธอจะเข้าไปพูดแก้ต่าง ชี้แจงความจริงให้แก่เพื่อนของเธอ จากพฤติกรรมของเงิน จัดว่าเป็นลักษณะของมิตรประเภทใด

ก. มิตรน้ำใจ

ข. มิตรอุปการะ

ค. มิตรร่วมทุกข์ร่วมสุข

ง. มิตรแนะนำประโยชน์

6. ชวนเป็นตำรวจ ปุ่นเป็นผู้พิพากษา จอนเป็นทหาร เอกเป็นปลัดอำเภอ ทั้ง 4 คนนี้ถึงแม้จะประกอบอาชีพที่แตกต่างกัน แต่มีลักษณะบางอย่างที่เหมือนกัน คือข้อใด

ก. เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้เหมือนกัน

ข. เป็นผู้รักษากฎหมายเหมือนกัน

ค. เป็นผู้ชำนาญการใช้อาวุธเหมือนกัน

ง. เป็นผู้มีความสามารถทางด้านภาษาเหมือนกัน

7. เพื่อนซื้อโทรศัพท์ใหม่ ร้านจึงโหลดแอปพลิเคชันสำหรับใช้งาน พร้อมกับแนะนำว่า หากต้องการติดต่อกับเพื่อน ๆ ให้ใช้เฟสบุ๊ค หากต้องการออคูบสไลค์ ๆ ให้ใช้อินสตาแกรม และหากต้องการติดตามข่าวสารอย่างรวดเร็วให้ใช้ทวิตเตอร์ จากคำแนะนำนี้ นักเรียนคิดว่าร้านมีเจตนาอย่างไร

ก. ให้ผู้ใช้ใช้งานโทรศัพท์เป็น

ข. ให้ผู้ใช้โหลดแอปพลิเคชันมาใช้

ค. ให้ผู้ใช้มีความรู้เกี่ยวกับการโหลดแอปพลิเคชัน

ง. ให้ผู้ใช้เข้าใจวัตถุประสงค์ของแอปพลิเคชันต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน

8. “ทองดีเห็นแม่ลูกสองคนนั่งชอทานอยู่ข้างทาง สองแม่ลูกใส่เสื้อผ้าเก่า ๆ ซาดหลลลุย ลูกนั่งร้องไห้ คงเพราะหิวแน่แท้ ผู้คนก็เดินสัญจรไปมาให้เงินบ้าง ไม่ใบบ้าง แล้วทองดีก็เดินเข้าไปใกล้ ๆ พร้อมหยิบธนบัตร 1 ใบ โห้สองแม่ลูกแล้วเดินจากไป” จากเหตุการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าทองดีรู้สึกอย่างไร

ก. ภูมิใจ ที่อย่างน้อยได้เป็นคนหนึ่งที่เมตตาใจช่วยเหลือสองแม่ลูก

ข. เฉย ๆ เพราะมีชอทานจำนวนมากในประเทศไทย

ค. หตุนุใจ ที่ยังมีคนที่น่าสนใจแบบนี้อยู่บนโลกนี้

ง. ไม่พอใจ ที่มีบางคนไม่ให้เงินสองแม่ลูก

สรุปผลคะแนน

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง จำนวน 8 ข้อ

ได้คะแนน 8 คิดเป็นร้อยละ 100

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จำนวน 7 ข้อ

ได้คะแนน 7 คิดเป็นร้อยละ 100

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ จำนวน 8 ข้อ

ได้คะแนน 7 คิดเป็นร้อยละ 87

รวมทั้งหมด 23 ข้อ ได้คะแนน 22 คิดเป็นร้อยละ 95

4. เครื่องมือสำหรับเกณฑ์คัดเข้า

4.1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง หน้าข้อความที่เป็นคำตอบหรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวท่านมากที่สุด

1. เพศ
 - ชาย หญิง
2. อายุ.....ปี
3. สัญชาติ
 - ไทย อื่น ๆ โปรดระบุ
4. ระดับชั้น
 - มัธยมศึกษาปีที่ 1
 - มัธยมศึกษาปีที่ 2
 - มัธยมศึกษาปีที่ 3
5. นักเรียนเคยมีอาการเจ็บป่วยทางจิตเวชหรือไม่
 - ไม่มี
 - มี โปรดระบุ.....
6. นักเรียนมีโรคประจำตัวหรือไม่
 - ไม่มี
 - มีโรคประจำตัว โปรดระบุ.....
7. การมองเห็น
 - ปกติ
 - ต้องใส่แว่นขยายสายตา
8. นักเรียนมีสมาร์ทโฟนหรือไม่
 - ไม่มี
 - มี ระบบปฏิบัติการ เอนดรอยด์ ไอโอเอส
9. นักเรียนเคยได้รับการฝึกความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ด้วยแอปพลิเคชันบนมือถือนามาก่อนหรือไม่
 - ไม่เคย
 - เคย โปรดระบุ.....

4.2 แบบวัดความถนัดในการใช้มือของเอ็ดินเบอร์ก
(EDINBURGH HANDNESS INVENTORY)

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย × ลงในช่องว่างที่ตรงกับการใช้มือของนักเรียนในกิจกรรมต่อไปนี้

ข้อ	กิจกรรม	มือข้างที่ใช้ทำกิจกรรม	
		มือซ้าย	มือขวา
1	นักเรียนใช้มือข้างใดเขียนหนังสือ		
2	นักเรียนใช้มือข้างใดในการวาดภาพ		
3	นักเรียนใช้มือข้างใดจับยางลบในขณะที่ลบคำผิด		
4	นักเรียนใช้มือข้างใดในการขว้างลูกบอลหรือโยนวัตถุ		
5	นักเรียนใช้มือข้างใดในการจับกรรไกรตัดกระดาษ		
6	นักเรียนใช้มือข้างใดจับหวีเพื่อหวีผม		
7	นักเรียนใช้มือข้างใดจับแปรงสีฟันขณะแปรงฟัน		
8	นักเรียนใช้มือข้างใดจับช้อนขณะรับประทานอาหาร		
9	นักเรียนใช้มือข้างใดจับค้อนเมื่อตอกตะปู		
10	นักเรียนใช้มือข้างใดเพื่อไขกุญแจประตู		
11	นักเรียนใช้มือข้างใดเล่นเทนนิส / ปิงปอง / แบดมินตัน		
12	นักเรียนใช้มือข้างใดจับมีดขณะหั่น (เนื้อ, ผัก, ฯลฯ)		
13	นักเรียนใช้มือข้างใดจับไม้กวาดขณะกวาดบ้าน		
14	นักเรียนใช้มือข้างใดจับฟองน้ำขณะล้างจาน		
15	นักเรียนใช้มือข้างใดจับไม้ขนไก่ขณะปิดฝุน		
16	นักเรียนใช้มือข้างใดเปิดกล่อง		
17	นักเรียนใช้มือข้างใดเพื่อใช้โทรศัพท์มือถือ		
18	นักเรียนใช้มือข้างใดผลักประตู		
19	นักเรียนใช้มือข้างใดจับก้านไม้ขีดไฟเพื่อจุดไฟ		
20	นักเรียนใช้มือข้างใดจับแก้วเพื่อตักน้ำ		
รวมคะแนน			

4.3 แบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น

Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale (CES-D) ฉบับภาษาไทย

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง นักเรียนมีความรู้สึกดังต่อไปนี้บ่อยเพียงใดใน 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา กรุณา ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ในระยะ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา	ไม่เลย ($<$ 1 วัน)	นาน ๆ ครั้ง (1-2 วัน)	บ่อย ๆ (3-4 วัน)	ตลอดเวลา (5-7 วัน)
1. ฉันรู้สึกหงุดหงิดง่าย				
2. ฉันรู้สึกเบื่ออาหาร				
3. ฉันไม่สามารถจัดความเศร้าออกจากใจได้ แม้จะมีคนคอยช่วยเหลือก็ตาม				
4. ฉันรู้สึกว่าตนเองดีพอ ๆ กับคนอื่น				
5. ฉันไม่มีสมาธิ				
6. ฉันรู้สึกหดหู่				
7. ทุก ๆ สิ่ง que ฉันกระทำจะต้องฝืนใจ				
8. ฉันมีความหวังเกี่ยวกับอนาคต				
9. ฉันรู้สึกว่าชีวิตมีแต่สิ่งล้มเหลว				
10. ฉันรู้สึกหวาดกลัว				
11. ฉันนอนไม่เคยหลับ				
12. ฉันมีความสุข				
13. ฉันไม่ค่อยอยากคุยกับใคร				
14. ฉันรู้สึกเหงา				
15. ผู้คนทั่วไปไม่ค่อยเป็นมิตรกับฉัน				
16. ฉันรู้สึกว่าชีวิตนี้สนุกสนาน				
17. ฉันร้องไห้				
18. ฉันรู้สึกเศร้า				
19. ผู้คนรอบข้างไม่ชอบฉัน				
20. ฉันรู้สึกท้อถอยในชีวิต				
รวมคะแนน				

4.4 การวัดระดับสายตาระยะใกล้ด้วยเจเกอร์ชาร์ต (Jaeger's Chart)

ขั้นตอนการวัดสายระยะใกล้ด้วยเจเกอร์ชาร์ต

1. วัดสายตาที่ละข้าง เริ่มจากด้านขวา ก่อน ส่วนตาข้างซ้าย ให้ใช้กระดาษแข็งเล็กๆ บังตาข้างซ้ายไว้
2. ให้ผู้ที่ต้องการวัดถือเจเกอร์ชาร์ต (ภาพด้านล่าง) ห่างจากตาประมาณ 14 นิ้ว
3. ให้อ่านตัวเลขทุกตัว ออกเสียงตั้งแต่บรรทัดบนสุดลง อ่านได้ถึงบรรทัดไหน ให้บันทึกระดับสายตาระดับนั้น เช่น อ่านได้ถึงบรรทัดที่มีตัวเลข “8 7 4 5” ให้บันทึกระดับสายตาว่า “เจ 7 (J7)” เป็นต้น หรือบันทึกว่า “เจ 10+2 (J10+2)” เป็นต้น
4. เปลี่ยนมาวัดตาข้างซ้าย โดยใช้กระดาษแข็งเล็กๆ บังตาข้างขวาไว้ แล้วปฏิบัติตามข้อ 2 และข้อ 3
5. การวัดสายตาให้เริ่มจากการวัดด้วยตาเปล่าก่อน หลังจากนั้นจึงวัดขณะสวมแว่นตา



ภาคผนวก ค

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. แบบประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหาโปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's
2. ผลการประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหาโปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's
3. แบบประเมินความเหมาะสมการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's
4. ผลการเก็บข้อมูลการประเมินความเหมาะสมการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's
5. แบบประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์
6. ผลการประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์
7. ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงทั้งฉบับของคู่มือ-ริชาร์ดสัน KR-20 วิเคราะห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบ และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายชื่อ
8. ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงทั้งฉบับของคู่มือ-ริชาร์ดสัน KR-20 วิเคราะห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบ และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายชื่อ (หลังจากตัดข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์ออก)

1. แบบประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหา โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's

.....

แบบประเมินนี้สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิประเมินกิจกรรมฝึกปฏิบัติของโปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's (ATABI Program) เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยพิจารณาให้คะแนนความสอดคล้องของส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ได้แก่ คำชี้แจง กิจกรรมฝึกปฏิบัติ ข้อมูลป้อนกลับ และสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น

โดยให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งได้กำหนดระดับความสอดคล้องเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 หมายถึง มีความสอดคล้องในระดับน้อยที่สุด

ระดับ 2 หมายถึง มีความสอดคล้องในระดับน้อย

ระดับ 3 หมายถึง มีความสอดคล้องในระดับมาก

ระดับ 4 หมายถึง มีความสอดคล้องในระดับมากที่สุด

นิยามศัพท์เฉพาะ

กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge) หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับข้อความรู้ที่เป็นข้อความจริงเฉพาะเรื่อง

กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge) หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความรู้ที่แสดงถึงความสามารถในการจัดแยกหมวดหมู่สิ่งของต่าง ๆ ออกเป็นประเภท ความสามารถในการอธิบายลักษณะ และความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ

กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge) หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ วิธีการ หรือขั้นตอนของการกระทำกิจกรรมต่าง ๆ

กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge) หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิธีคิดของสมอง การรับรู้ การเข้าใจตนเอง และการตระหนักถึงวิธีแก้ปัญหาของตนเอง

หลักการกระตุ้นความคิดในแต่ละกิจกรรม

กิจกรรมที่ 1 การสร้างข้อมูลจากความจำ หมายถึง การดึงความรู้ที่มีอยู่เดิมให้แสดงออกมา

กิจกรรมที่ 2 การสร้างความรู้จากการเชื่อมโยงข้อมูล หมายถึง การเพิ่มเติมความรู้ใหม่ผนวกกับความรู้เดิม เพื่อสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ออกมา

กิจกรรมที่ 3 การจัดระบบความรู้ หมายถึง การประยุกต์ความรู้ที่ได้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

กิจกรรมที่ 4 การนำความรู้ไปใช้อย่างถูกต้อง หมายถึง การวิเคราะห์ปัญหาแล้วหาคำตอบที่ถูกต้อง

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				หมายเหตุ
		1	2	3	4	
กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge)						
1	คำชี้แจงอ่านและเข้าใจง่าย					
2	กิจกรรมฝึกปฏิบัติสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ					
3	กิจกรรมที่ 1 เรื่อง วรรณคดีไทยที่ฉันรู้จัก					
4	กิจกรรมที่ 2 เรื่อง อ่านฉันสิ					
5	กิจกรรมที่ 3 เรื่อง ฉันเป็นแบบไหน					
6	กิจกรรมที่ 4 เรื่อง ฉันเป็นใคร					
7	การกำหนดข้อมูลป้อนกลับ					
8	การกำหนดเสียงประกอบ					
9	การกำหนดพื้นหลัง					
กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge)						
1	คำชี้แจงอ่านและเข้าใจง่าย					
2	กิจกรรมฝึกปฏิบัติสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ					
3	กิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสื่อสาร					
4	กิจกรรมที่ 2 เรื่อง ระดับภาษา					
5	กิจกรรมที่ 3 เรื่อง ฉันอยู่ที่ไหน					
6	กิจกรรมที่ 4 เรื่อง ภาษาพาเพลิน					
7	การกำหนดข้อมูลป้อนกลับ					
8	การกำหนดเสียงประกอบ					
9	การกำหนดพื้นหลัง					
กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge)						
1	คำชี้แจงอ่านและเข้าใจง่าย					
2	กิจกรรมฝึกปฏิบัติสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ					
3	กิจกรรมที่ 1 เรื่อง ปัญหาในชีวิตประจำวัน					

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				หมายเหตุ
		1	2	3	4	
4	กิจกรรมที่ 2 เรื่อง เข้าใจปัญหา					
5	กิจกรรมที่ 3 เรื่อง รู้ทันปัญหา					
6	กิจกรรมที่ 4 เรื่อง วิเคราะห์ปัญหา					
7	การกำหนดข้อมูลย้อนกลับ					
8	การกำหนดเสียงประกอบ					
9	การกำหนดพื้นหลัง					
กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge)						
1	คำชี้แจงอ่านและเข้าใจง่าย					
2	กิจกรรมฝึกปฏิบัติสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ					
3	กิจกรรมที่ 1 เรื่อง อาชีพที่รู้จัก					
4	กิจกรรมที่ 2 เรื่อง คุณสมบัติของอาชีพที่ดี					
5	กิจกรรมที่ 3 เรื่อง จัดกลุ่มอาชีพ					
6	กิจกรรมที่ 4 เรื่อง อาชีพในฝัน					
7	การกำหนดข้อมูลย้อนกลับ					
8	การกำหนดเสียงประกอบ					
9	การกำหนดพื้นหลัง					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

2. ผลการประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหา
โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's

ข้อที่	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้ความเห็นว่าสอดคล้อง	I-CVI
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge)					
1	3	4	4	3	1
2	3	4	4	3	1
3	3	4	4	3	1
4	3	4	3	3	1
5	3	3	3	3	1
6	3	3	3	3	1
7	3	3	3	3	1
8	3	4	4	3	1
9	3	4	4	3	1
					S-CVI = 1
กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge)					
1	4	4	4	3	1
2	3	4	4	3	1
3	3	3	3	3	1
4	3	3	4	3	1
5	3	3	4	3	1
6	3	4	4	3	1
7	3	3	3	3	1
8	3	4	4	3	1
9	3	4	4	3	1
					S-CVI = 1
กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge)					
1	4	4	4	3	1
2	3	4	4	3	1
3	3	4	4	3	1

ข้อที่	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้ความเห็นว่าสอดคล้อง	I-CVI
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
4	4	4	4	3	1
5	4	4	4	3	1
6	4	4	4	3	1
7	3	3	3	3	1
8	3	4	4	3	1
9	3	4	4	3	1
					S-CVI = 1
กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge)					
1	4	4	4	3	1
2	3	4	4	3	1
3	3	3	3	3	1
4	3	4	4	3	1
5	3	4	4	3	1
6	3	3	3	3	1
7	3	3	3	3	1
8	3	4	4	3	1
9	3	4	4	3	1
					S-CVI = 1
Average S-CVI = 1					

3. แบบประเมินความเหมาะสมการใช้งาน

โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's

.....

แบบประเมินนี้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นประเมินกิจกรรมฝึกปฏิบัติของโปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's (ATABI Program) เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยพิจารณาให้คะแนนความเหมาะสมของส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ได้แก่ คำสั่ง กิจกรรมฝึกปฏิบัติ ข้อมูลป้อนกลับ และสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น

โดยให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งได้กำหนดระดับความเหมาะสมเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด
- ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก
- ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง
- ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย
- ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ศิริัญญา หล้าเต็น

นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge)							
1	คำสั่งอ่านและเข้าใจง่าย						
2	ขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสม						
3	สีของตัวอักษรมีความเหมาะสม						
4	รูปภาพประกอบสื่อได้ชัดเจน						
5	รูปภาพประกอบมีขนาดเหมาะสม						
6	เสียงประกอบมีความเหมาะสม						
7	พื้นหลังมีความเหมาะสม						
8	ปุ่มสำหรับเลือกคำตอบมีความเหมาะสม						
9	ข้อมูลป้อนกลับมีความเหมาะสม						
กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge)							
1	คำสั่งอ่านและเข้าใจง่าย						
2	ขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสม						
3	สีของตัวอักษรมีความเหมาะสม						
4	รูปภาพประกอบสื่อได้ชัดเจน						
5	รูปภาพประกอบมีขนาดเหมาะสม						
6	เสียงประกอบมีความเหมาะสม						
7	พื้นหลังมีความเหมาะสม						
8	ปุ่มสำหรับเลือกคำตอบมีความเหมาะสม						
9	ข้อมูลป้อนกลับมีความเหมาะสม						
กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge)							
1	คำสั่งอ่านและเข้าใจง่าย						
2	ขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสม						
3	สีของตัวอักษรมีความเหมาะสม						
4	รูปภาพประกอบสื่อได้ชัดเจน						
5	รูปภาพประกอบมีขนาดเหมาะสม						
6	เสียงประกอบมีความเหมาะสม						
7	พื้นหลังมีความเหมาะสม						

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
8	ปุ่มสำหรับเลือกคำตอบมีความเหมาะสม						
9	ข้อมูลป้อนกลับมีความเหมาะสม						
กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge)							
1	คำสั่งอ่านและเข้าใจง่าย						
2	ขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสม						
3	สีของตัวอักษรมีความเหมาะสม						
4	รูปภาพประกอบสื่อได้ชัดเจน						
5	รูปภาพประกอบมีขนาดเหมาะสม						
6	เสียงประกอบมีความเหมาะสม						
7	พื้นหลังมีความเหมาะสม						
8	ปุ่มสำหรับเลือกคำตอบมีความเหมาะสม						
9	ข้อมูลป้อนกลับมีความเหมาะสม						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

4. ผลการเก็บข้อมูลการประเมินความเหมาะสมการใช้งานโปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูม ร่วมกับตัวแบบ Four I's

4.1 กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง

คนที่	กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง								
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
1	5	5	4	4	5	5	5	5	4
2	5	4	3	5	5	5	5	5	3
3	5	4	4	5	5	5	5	5	4
4	5	4	3	4	4	5	5	5	3
5	5	5	4	4	4	5	5	5	5
6	5	5	5	4	5	5	4	5	5
7	5	4	5	3	5	5	4	5	5
8	5	4	4	3	5	5	4	5	3
9	5	5	4	4	3	5	4	5	4
10	5	4	4	4	4	5	4	4	4
11	5	4	3	5	4	5	3	5	4
12	5	4	3	5	4	5	3	5	5
13	5	4	4	4	5	5	4	4	5
14	5	4	4	5	5	5	5	4	5
15	5	5	5	5	5	5	5	4	5
16	5	5	5	4	5	5	5	3	5
17	5	5	4	4	5	5	5	3	5
18	5	5	5	5	5	5	5	4	4
19	5	4	5	4	5	5	4	4	5
20	5	4	4	4	5	5	4	5	5
21	5	4	4	4	4	5	5	5	4
22	5	4	5	4	4	5	5	4	5
23	5	5	5	5	5	5	5	5	4
24	5	4	4	5	5	5	5	5	5
25	5	4	3	5	4	5	5	4	5

คนที่	กิจกรรมความรู้ในข้อเท็จจริง								
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
26	5	4	4	3	4	5	5	4	5
27	5	3	5	4	4	5	5	5	5
28	5	4	5	4	5	5	5	5	5
29	5	5	4	5	5	5	4	5	5
30	5	3	3	5	5	5	5	5	4
Mean	5.00	4.27	4.13	4.30	4.60	5.00	4.57	4.57	4.50
<i>SD</i>	-	.58	.73	.65	.56	-	.63	.63	.68

- ไม่สามารถคำนวณค่าได้

4.2 กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด

คนที่	กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด								
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
1	4	5	5	5	4	5	5	5	5
2	4	5	5	5	4	5	5	5	5
3	4	5	5	5	5	5	5	5	4
4	4	5	5	5	4	5	5	5	5
5	4	5	4	4	5	5	4	5	5
6	5	5	5	4	5	4	4	5	4
7	5	5	5	3	4	4	5	5	4
8	5	5	4	4	4	4	5	5	4
9	5	5	4	5	4	5	3	5	3
10	5	5	4	5	3	5	5	5	3
11	5	5	3	5	3	5	5	5	4
12	5	5	3	4	4	4	5	4	4
13	3	5	4	4	4	4	5	5	5
14	4	4	4	4	5	5	5	5	5
15	4	5	5	3	5	5	4	4	4
16	3	5	5	5	4	5	4	4	5
17	4	4	4	5	5	5	4	4	5
18	4	4	5	5	5	5	4	4	5
19	4	4	5	4	4	4	5	5	4
20	4	3	4	5	4	3	5	5	4
21	4	3	4	5	5	3	4	5	4
22	4	4	5	5	4	4	4	5	3
23	4	4	5	5	4	5	4	3	3
24	5	5	5	5	5	5	3	4	4
25	5	5	5	5	5	4	3	4	4
26	5	4	5	5	5	5	4	5	5
27	5	5	5	5	5	4	4	3	5

คนที่	กิจกรรมความรู้ในความคิดรวบยอด								
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
28	5	5	5	5	5	5	5	4	4
29	5	4	5	5	5	5	5	4	5
30	5	4	5	5	5	5	4	5	5
Mean	4.40	4.57	4.57	4.63	4.43	4.57	4.40	4.57	4.30
SD	.62	.63	.63	.62	.63	.63	.68	.63	.70

4.3 กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ

คนที่	กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ								
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
1	5	4	5	5	4	4	5	5	4
2	5	4	5	5	5	4	5	4	4
3	4	4	5	5	5	3	4	4	4
4	4	5	5	5	4	4	4	4	4
5	3	5	3	5	4	5	4	5	5
6	4	5	4	5	4	5	3	5	5
7	5	5	4	5	3	5	3	5	5
8	5	5	5	5	3	4	4	4	5
9	5	5	5	5	4	4	4	4	5
10	4	5	5	4	4	4	5	5	5
11	4	5	5	5	5	3	5	5	5
12	4	5	5	5	5	5	4	5	5
13	3	5	4	4	4	5	5	5	5
14	5	5	4	4	5	5	5	5	5
15	5	4	4	4	5	4	4	4	5
16	5	5	5	3	4	5	4	3	5
17	4	5	5	3	4	5	5	3	5
18	4	4	5	4	5	5	4	4	4
19	5	4	5	4	5	5	4	5	5
20	5	4	4	5	5	5	3	5	4
21	5	3	5	4	4	5	4	3	4
22	4	3	4	4	4	5	4	3	5
23	4	4	5	4	4	5	4	4	5
24	5	4	3	4	5	4	4	4	5
25	5	5	4	4	5	4	3	3	5
26	5	5	5	4	5	5	4	4	5
27	3	4	4	4	5	5	5	4	5

คนที่	กิจกรรมความรู้ในกระบวนการ								
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
28	4	5	4	4	6	5	5	4	4
29	4	5	4	4	6	5	5	4	4
30	4	4	4	4	6	5	5	4	4
Mean	4.37	4.50	4.47	4.33	4.57	4.57	4.23	4.20	4.67
<i>SD</i>	.67	.63	.63	.61	.63	.63	.68	.71	.48

4.4 กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา

คนที่	กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา								
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
1	5	5	5	5	5	5	4	5	4
2	5	5	5	4	5	5	4	5	5
3	5	4	4	5	5	4	4	5	5
4	5	5	4	5	4	5	5	5	5
5	5	5	3	4	4	4	5	5	4
6	5	4	4	4	4	5	5	5	4
7	5	4	5	4	5	4	5	5	4
8	5	4	5	5	5	5	3	5	4
9	5	3	5	5	5	3	4	4	3
10	5	3	4	5	5	4	4	4	4
11	5	4	4	5	4	3	5	5	5
12	4	4	4	5	4	4	5	5	4
13	5	5	3	5	5	4	5	4	5
14	5	5	5	5	5	4	5	4	3
15	4	4	5	5	5	3	5	4	4
16	4	5	5	5	5	3	5	4	4
17	5	5	5	5	5	4	4	5	5
18	5	4	5	5	4	4	5	5	4
19	4	4	5	5	4	5	5	5	5
20	4	4	4	5	5	5	4	4	5
21	5	4	4	5	5	4	5	4	5
22	5	5	5	5	5	5	4	4	5
23	4	5	5	5	5	5	5	4	4
24	3	5	4	5	5	4	5	4	4
25	4	3	4	5	5	4	5	5	4
26	4	4	5	5	3	3	3	5	3
27	5	4	5	5	3	4	4	4	5

คนที่	กิจกรรมความรู้ในอภิปัญญา								
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
28	5	4	5	4	4	5	5	4	5
29	5	4	5	4	5	4	5	4	4
30	5	4	5	5	4	4	4	4	3
Mean	4.67	4.27	4.53	4.80	4.57	4.17	4.53	4.50	4.27
<i>SD</i>	.55	.64	.63	.41	.63	.70	.63	.51	.69

5. แบบประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหา กิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิประเมินกิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์
ลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ

ขอความกรุณาท่านตรวจสอบความสอดคล้องของข้อสอบกับนิยามศัพท์เฉพาะ โดยทำ
เครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีเกณฑ์พิจารณา ดังนี้

ระดับ 1 หมายถึง ข้อสอบไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

ระดับ 2 หมายถึง ข้อสอบต้องปรับปรุงมากจึงจะสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

ระดับ 3 หมายถึง ข้อสอบต้องปรับปรุงน้อยจึงจะสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

ระดับ 4 หมายถึง ข้อสอบมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะมาก

หากท่านมีความคิดเห็นเพิ่มเติมในการปรับปรุงข้อสอบให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น
ขอความกรุณาท่านระบุความคิดเห็นดังกล่าวในช่องข้อเสนอแนะ จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ศิริัญญา หล้าเต็น

นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

นิยามศัพท์เฉพาะ

การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) หมายถึง ความสามารถของสมองในการวิเคราะห์ ความแตกต่าง วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์คุณลักษณะต่าง ๆ แล้วตัดสินใจหรือแก้ปัญหาเกี่ยวกับ เรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยการประยุกต์ข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้รับอย่างมีเหตุผล ตามแนวคิดของบลูม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) วิเคราะห์ความแตกต่าง (Differentiating) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ ความแตกต่างของส่วนประกอบต่าง ๆ ของข้อมูล การระบุประเด็นสำคัญของเรื่องราว ปรากฏการณ์ รวมถึงการชี้บ่งลักษณะหรือพฤติกรรมที่เด่นชัดของสิ่งต่าง ๆ

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Organizing) หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นความ เชื่อมโยง ความต่อเนื่องของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างเป็นระบบ การแสดงความเป็นเหตุเป็นผล ของความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น รวมถึงการให้เหตุผลของความสัมพันธ์นั้น ๆ

3) วิเคราะห์คุณลักษณะ (Attributing) หมายถึง ความสามารถในการสรุปหลักการ หรือลักษณะเหมือนร่วมกันของข้อมูล การตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เหมาะสมกับสถานการณ์ การหยั่งรู้ แนวคิด ข้อคิด หรือเจตนา ที่ซ่อนอยู่ของเรื่องราวหรือปรากฏการณ์ใด ๆ ที่เกิดขึ้น

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง						
1	การพาดหัวข่าวในข้อใดใช้ภาษาเพื่อ แสดงความคิดเห็น ก. เชียงรายฝนตกหนัก คร่ำชีวิต หญิงชราวัย 76 ข. รอนนี่ ซาน พ่อพระแสนดี นักก่อสร้างริมทรัพย์ ค. ด้วยคะแนน 2 ต่อ 1 วอลเลย์บอล สาวไทย ง. ถึงไทยแล้ว โรคมือ เท้า ปาก สธ.หาทางป้องกัน					
2	การประชุมระดับพิธีการมีความแตกต่าง จากการประชุมระดับไม่เป็นทางการใน ประเด็นใด ก. สถานที่ ข. งบประมาณ ค. ภาษา ง. เวลา					
3	อาชีพใดมีความแตกต่างจากอาชีพอื่น ๆ ก. พนักงานต้อนรับ ข. หมอนวดแผนไทย ค. นักดนตรี ง. พ่อครัว					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
4	<p>บุคคลใดต่อไปนี้มีลักษณะของผู้ฟังและผู้ชมที่ดี</p> <p>ก. ปองจะตั้งจุดมุ่งหมายก่อนการฟังและดูทุกครั้ง</p> <p>ข. ผลิตไม่ชอบผู้ดำเนินรายการท่านนี้ จึงไม่รับชมรายการ</p> <p>ค. คิมฟังสายซลซึ่งเป็นเพื่อนสนิท กล่าวหาว่าดี แล้วเชื้ทันที</p> <p>ง. ปกรณ์ไม่ได้จดบันทึกการฟังบรรยายของวิทยากรเพราะคิดว่าตนเองมีความจำที่ดี</p>					
5	<p>พฤติกรรมในข้อใดควรกระทำเมื่อต้องพูดรายงานเชิงวิชาการ</p> <p>ก. วิใช้ถ้อยคำที่แฝงมุกตลกขบขัน</p> <p>ข. พิใช้ถ้อยคำแสดงความเป็นกันเองกับผู้ฟัง</p> <p>ค. ริใช้ถ้อยคำเพื่อเร้าอารมณ์ความรู้สึกของผู้ฟัง</p> <p>ง. จิใช้ถ้อยคำที่เป็นทางการ กระชับเข้าใจง่าย</p>					
6	<p>ข้อใดเป็นลักษณะเด่นของนางเอกในวรรณคดีไทย</p> <p>ก. เก่งการต่อสู้</p> <p>ข. เรียบร้อย อ่อนโยน</p> <p>ค. พุดจาฉะฉาน</p> <p>ง. เอาใจเก่ง</p>					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
7	ตัวเอกกับตัวร้ายในละครมีความแตกต่างกันในประเด็นใด ก. รูปร่างหน้าตา ข. ความรู้ ค. ลักษณะนิสัย ง. วิชาอาคม					
8	พฤติกรรมใดที่แสดงออกถึงความเป็นคนไทย ก. เข้าวัดทำบุญ ข. ทักทายด้วยการไหว้ ค. มีความรักชาติ ง. ตรงต่อเวลา					
9	ลักษณะเด่นของพนักงานต้อนรับบนเครื่องบินต้องเป็นอย่างไร ก. มีระเบียบวินัยสูง ข. พูดได้หลายภาษา ค. ติดตามข่าวสารบ้านเมืองเสมอ ง. มีใจรักการบริการ					
10	ข้อใดต่อไปนี้จะแสดงถึงลักษณะของสังคมไทยในชนบท ก. คนในชุมชนเน้นการสร้างรายได้เป็นหลัก ข. สมาชิกในครอบครัวยึดถือเอาความคิดเห็นตนเองเป็นใหญ่ ค. สมาชิกในหมู่บ้านร่วมหารือกันเพื่อพัฒนาชุมชน ง. เด็กรุ่นใหม่ให้ความสนใจเทคโนโลยีมากกว่าจริยธรรม					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
11	ข้อใดแตกต่างจากข้ออื่น ๆ ก. งู คางคก จระเข้ ข. เสือ ช้าง แรด ค. ปลา กุ้ง ปู ง. นก ไก่ เป็ด					
12	จากประโยคคำพูดต่อไปนี้ ประโยคใด ที่แตกต่างจากประโยคอื่น ๆ ก. ปัจจุบันประเทศไทยเกิดปัญหา มากมาย ข. ที่ผ่านมามีงานที่นักเรียนทำส่งครู เย่ มากจริง ๆ ค. ในอนาคตแผ่นดินไหวจะเกิดและ รุนแรงมากขึ้น ง. โรคอ้วนเป็นปัญหาสุขภาพที่หลาย ประเทศกำลังประสบอยู่					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์						
1	<p>ข้อความใดแสดงความเกี่ยวข้องกันของปริมาณสองปริมาณได้เท่ากับข้อความที่กำหนดให้</p> <p>“ส้ม 5 กิโลกรัม ราคา 50 บาท”</p> <p>ก. เงาะ 5 กิโลกรัม ราคา 60 บาท</p> <p>ข. ขับรถ 1 ชั่วโมง ใช้เวลา 30 นาที</p> <p>ค. แพทย์ 1 คน ต่อคนไข้ 10 คน</p> <p>ง. น้ำหอม 2 ขวด ราคา 50 บาท</p>					
2	<p>ข้อความใดแสดงความเกี่ยวข้องกันกับข้อความที่กำหนดให้</p> <p>“ต้น เป็นทนาย เพราะเรียนจบนิติศาสตร์”</p> <p>ก. แอม เป็นนักข่าว เพราะอยากรู้เรื่องคนอื่น</p> <p>ข. เปรม เป็นเศรษฐี เพราะถูกล็อตเตอรี่</p> <p>ค. สุ เป็นมัคคุเทศก์ เพราะเก่งภาษา</p> <p>ง. ออม เป็นนางแบบ เพราะสวย</p>					
3	<p>ปัญหาน้ำท่วม มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ถุงพลาสติกอย่างไร</p> <p>ก. ถุงพลาสติกย่อยสลายยาก ทำให้เกิดการอุดตันทางระบายน้ำ</p> <p>ข. การเผาพลาสติกทำให้เกิดควันพิษส่งผลให้สภาพอากาศแปรปรวน</p> <p>ค. ถุงพลาสติกปนเปื้อนสารเคมี ทำให้โลกร้อน</p> <p>ง. ถุงพลาสติกไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ กลายเป็นขยะปกคลุมหน้าดิน</p>					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
4	<p>พิจารณาพฤติกรรมของบุคคลที่กำหนดให้ อนุมานว่าบุคคลใต้น่าจะประสบความสำเร็จในการฟัง</p> <p>ก. กู้กเสียบหูฟังข้างหนึ่งเพื่อฟังเพลงจากคลื่นวิทยุขณะฟังอภิปราย</p> <p>ข. กรณีสันทนาทักกันตเกี่ยวกับประเด็นการอภิปรายที่ฟังผ่านไปขณะฟัง</p> <p>ค. ใ้ฟังการอภิปรายอย่างตั้งใจแต่ไม่สามารถจับใจความสำคัญของเรื่องได้</p> <p>ง. แก้วบันทึกเสียงของผู้อภิปรายขณะฟัง แล้วนำไปเปิดฟังอีกครั้งและสรุปสาระสำคัญลงในสมุด</p>					
5	<p>ในอดีตช่วงพักกลางวันนักเรียนจะนั่งอ่านหนังสือหรือล้อมวงคุยกับเพื่อนเป็นกลุ่ม ๆ แต่ปัจจุบันนี้กลับเห็นนักเรียนแต่ละคนนั่งเล่นมือถือในมุมของใครของมัน จงอธิบายถึงสิ่งที่เกิดขึ้น</p> <p>ก. สมัยก่อนไม่มีงานเยอะทำให้นักเรียนมีเวลานั่งคุยกัน แต่ปัจจุบันงานเยอะทำให้นักเรียนต้องค้นคว้าข้อมูลในโทรศัพท์</p> <p>ข. เทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้นักเรียนต้องพัฒนาตัวเองให้เท่าทันเทคโนโลยี</p> <p>ค. นักเรียนแบ่งเวลาไม่เป็น</p> <p>ง. นักเรียนสนใจเล่นมากกว่าเรียน</p>					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
6	<p>สามารถเก็บเงินได้ในห้องเรียนจึงนำไปคืนครูประจำชั้น สิ่งที่สามารถจะได้รับผลในลำดับต่อมาคือข้อใด</p> <p>ก. ได้เงินที่คืนครูประจำชั้น เพราะไม่มีใครมาแสดงความเป็นเจ้าของ</p> <p>ข. ได้รับคำชมเชยจากครูประจำชั้น</p> <p>ค. ได้รับการยกย่องจากผู้ปกครองว่ายอดเยี่ยม</p> <p>ง. ได้ถ้วยรางวัลเด็กดี</p>					
7	<p>ข้อใดแสดงความสัมพันธ์กันได้ถูกต้อง</p> <p>ก. 31 ธันวาคม : เวียนเทียนที่วัด</p> <p>ข. 15 เมษายน : เข้าวัดทำบุญร่วมกับครอบครัว</p> <p>ค. 1 พฤษภาคม : โรงเรียนหยุด</p> <p>ง. 14 กุมภาพันธ์ : รดน้ำดำหัวผู้ใหญ่</p>					
8	<p>ศาสนาเป็นปัจจัยทางวัฒนธรรมที่จะสามารถสร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างประเทศสมาชิกอาเซียนได้เพราะเหตุใด</p> <p>ก. ศาสนาต่าง ๆ ล้วนสอนให้คนเป็นคนดี มีเมตตาต่อกัน</p> <p>ข. ประชากรส่วนใหญ่ในประเทศต่าง ๆ ล้วนนับถือศาสนาเดียวกัน</p> <p>ค. ส่งเสริมให้เกิดความรู้สึกเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของประชากรในภูมิภาค</p> <p>ง. พิธีกรรมทางศาสนาที่คนส่วนใหญ่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีความต้องการกระทำร่วมกัน</p>					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
9	<p>ค่าเสียโอกาสของ ด.ญ.จอย ที่เลือกไปเที่ยวกับเพื่อนแทนการอ่านหนังสือเตรียมสอบอยู่ที่บ้านคืออะไร</p> <p>ก. การสอบไม่ผ่าน</p> <p>ข. การไม่ได้อ่านหนังสือ</p> <p>ค. การไม่ได้ปฏิบัติตนเป็นนักเรียนที่ดี</p> <p>ง. การเสียค่าใช้จ่ายในการไปเที่ยวกับเพื่อน</p>					
10	<p>ทุกวันพ่อจะออกไปทำงานด้วยรถยนต์ส่วนตัว ใช้เวลาเดินทางหนึ่งชั่วโมง ถึงเวลาเช้างาน 9.00 น. พอดี แต่หากวันไหนพ่อไปทำงานสาย จะใช้บริการวินมอเตอร์ไซด์ไปแทน วันรุ่งขึ้นพ่อตื่น 8.15 น. พ่อจะต้องทำอย่างไร</p> <p>ก. ขับรถยนต์ส่วนตัวด้วยความเร็วสูงสุด</p> <p>ข. ขึ้นรถไฟฟ้าเพราะรถไม่ติด</p> <p>ค. ใช้บริการวินมอเตอร์ไซด์เพราะไปได้เร็ว</p> <p>ง. อยู่บ้านไม่ไปทำงานเพราะสายแล้ว</p>					
11	<p>ข้อใดแสดงความเป็นเหตุเป็นผลได้อย่างถูกต้อง</p> <p>ก. การรับประทานอาหารที่มากเกินไป ทำให้ง่วงนอน</p> <p>ข. การออกกำลังกาย 4 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรง</p> <p>ค. การนอนดึกก่อนวันสอบ ทำให้สอบไม่ผ่าน</p> <p>ง. การใส่เสื้อสีแดงวันตรุษจีน ทำให้มีโชคลาภ</p>					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
12	<p>เดือนเต๋นทำขนมปังโดยมีส่วนผสมของแป้ง น้ำตาล น้ำ คือ 7 : 4 : 5 ปรากฏว่าขนมปังมีรสหวานมาก ถ้าอยากให้ขนมปังมีรสหวานน้อยลง ควรทำอย่างไร</p> <p>ก. ลดแป้ง เพิ่มน้ำ</p> <p>ข. ลดน้ำตาล เพิ่มแป้ง</p> <p>ค. ลดน้ำ ลดแป้ง</p> <p>ง. เพิ่มน้ำ ลดแป้ง</p>					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ						
1	<p>“คนส่วนใหญ่ไม่ค่อยรู้ตัว ยังคงอยากได้อะไรที่มากขึ้น ๆ ไม่ว่าจะเป็เงินทอง เกียรติยศชื่อเสียง หรือความรัก และก็มักจะไม่ได้ตั้งใจนี้ ความทุกข์ก็ยิ่งมากขึ้นตามวัยที่มากขึ้นด้วย” ใจความสำคัญของข้อความนี้ตรงกับข้อใด</p> <p>ก. ความอยากของมนุษย์เพิ่มตามอายุ</p> <p>ข. คนเราเมื่ออายุมากขึ้น ความต้องการจะเพิ่มมากขึ้น</p> <p>ค. ถ้ามนุษย์อยากได้ไม่มีที่สิ้นสุด ก็จะมีแต่ความทุกข์</p> <p>ง. ความทุกข์ของมนุษย์เกิดจากความต้องการในทรัพย์สินเงินทอง</p>					
2	<p>จุดประสงค์ที่สำคัญของการสวดมนต์คืออะไร</p> <p>ก. สวดป้องกันภูติผีปีศาจ</p> <p>ข. ฝึกสมาธิ</p> <p>ค. ฝึกฝนความเพียรพยายาม</p> <p>ง. สร้างความศรัทธาต่อศาสนา</p>					
3	<p>“ขุ่มคอ โดนใจ” แนวคิดนี้มีจุดประสงค์เพื่ออะไร</p> <p>ก. คำคม</p> <p>ข. คำขวัญ</p> <p>ค. คำแนะนำ</p> <p>ง. โฆษณา</p>					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
4	<p>คำในข้อใดมีเสียงวรรณยุกต์ตรงกับคำว่า “น้ำแข็ง”</p> <p>ก. น้ำปลา</p> <p>ข. ปลาหู</p> <p>ค. น้ำสาว</p> <p>ง. ม้าน้ำ</p>					
5	<p>“คุณพ่อบอกลูก ๆ ว่าทุกคนต้องเข้มแข็ง อดทน ร่วมมือร่วมใจกันฝ่าฟันกับภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้น เจตนาที่ซ่อนอยู่ในคำพูดของคุณพ่อ คือข้อใด</p> <p>ก. ปลุกระดม</p> <p>ข. ปลอบใจ</p> <p>ค. สร้างขวัญกำลังใจ</p> <p>ง. สร้างความสามัคคี</p>					
6	<p>ข้อความต่อไปนี้ เป็นการเขียนที่มีวัตถุประสงค์อย่างไร</p> <p>“มะรุ้มจอมพลัง คนเรารู้จักมะรุ้มเป็นยา รักษาโรคผิวหนัง โรคทางเดินหายใจ โรคระบบทางเดินอาหาร และโรคภัยไข้เจ็บอื่น ๆ มานานหลายร้อยปีแล้ว และเป็นพืชที่ทนแล้ง เติบโตเร็ว มีใบที่อุดมไปด้วยวิตามินและเกลือแร่”</p> <p>ก. การเขียนเพื่อความบันเทิง</p> <p>ข. การเขียนเพื่อให้ความรู้</p> <p>ค. การเขียนโน้มน้าวให้เชื่อ</p> <p>ง. การเขียนเพื่อชี้แจง</p>					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
7	<p>“การตัดสินใจเลือกประกอบอาชีพ ต้องรู้จักตนเองว่าชอบหรือสนใจด้านไหน รู้จักตนเอง ว่ามีความรู้ ความถนัด ความสามารถอะไรบ้าง รู้จักโลกของ อาชีพว่ามีลักษณะงานเป็นอย่างไร จะต้องทำอะไร เพื่อให้เหมาะกับสิ่งที่เรา เป็นอยู่” จากข้อความดังกล่าวต้องการ สืบถึงอะไร</p> <p>ก. ให้เลือกประกอบอาชีพ ตามความ ถนัดและความสามารถ</p> <p>ข. ให้เลือกประกอบอาชีพ ตามความ ต้องการของครอบครัว</p> <p>ค. ให้เลือกประกอบอาชีพ ตามสมัย นิยม</p> <p>ง. ให้เลือกประกอบอาชีพ ตามความ สะดวกสบาย</p>					
8	<p>ทุกครั้งที่คุณได้ยินเพื่อนต่างห้อง นินทาว่าร้ายเพื่อนสนิทของตน เธอจะเข้าไปพูดแก้ต่าง ชี้แจงความจริง ให้แก่เพื่อน ของเธอ จากพฤติกรรมของลักษณะ จัดว่าเป็นลักษณะของมิตรประเภทใด</p> <p>ก. มิตรมีน้ำใจ</p> <p>ข. มิตรอุปการะ</p> <p>ค. มิตรร่วมทุกข์ร่วมสุข</p> <p>ง. มิตรแนะนำประโยชน์</p>					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
9	<p>อ้วนเป็นตำรวจ ปุ่นเป็นผู้พิพากษา จอนเป็นทหาร เอกเป็นปลัดอำเภอ ทั้ง 4 คนนี้ถึงแม้จะประกอบอาชีพที่ แตกต่างกัน แต่มีลักษณะบางอย่างที่ เหมือนกัน คือข้อใด</p> <p>ก. เป็นผู้รักษากฎหมายเหมือนกัน ข. เป็นผู้ชายเหมือนกัน ค. มีความสามารถทางด้านภาษา เหมือนกัน ง. เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้เหมือนกัน</p>					
10	<p>เพื่อนซื้อโทรศัพท์ใหม่ ร้านจึงโหลด แอปพลิเคชันสำหรับใช้งาน พร้อมกับ แนะนำว่า หากต้องการติดต่อกับเพื่อน ๆ ให้ใช้เฟสบุ๊ก หากต้องการอวดรูปสวย ๆ ให้ใช้อินสตาแกรม และหากต้องการ ติดตามข่าวสารอย่างรวดเร็วให้ใช้ ทวิตเตอร์ จากคำแนะนำนี้ นักเรียนคิดว่า ร้านมีเจตนาอย่างไร</p> <p>ก. ให้ผู้ใช้โหลดแอปพลิเคชันมาใช้ ข. เป็นการให้ความรู้เกี่ยวกับการโหลด แอปพลิเคชัน ค. ให้ผู้ใช้ใช้งานโทรศัพท์เป็น ง. ให้ผู้ใช้เข้าใจวัตถุประสงค์ของ แอปพลิเคชันต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน</p>					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง				ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	4	
11	ไปซื้อปลาที่ตลาดสำหรับทำอาหาร หากต้องการลดการใช้ถุงพลาสติก สามารถหาอะไรมาใส่ปลาทดแทน ก. ถุงผ้า ข. กล่องโฟม ค. กล่องกระดาษ ง. กระบอกไม้ไผ่					
12	“ทองดีเห็นแม่ลูกสองคนนั่งขอทานอยู่ ข้างทาง สองแม่ลูกใส่เสื้อผ้าเก่า ๆ ขาด หลุดลุ่ย ลูกนั่งร้องไห้ คงเพราะหิวเป็นแน่ แท้ ผู้คนก็เดินสัญจรไปมาให้เงินบ้าง ไม่ให้ บ้าง แล้วทองดีก็เดินเข้าไปใกล้ ๆ พร้อม หยิบธนบัตร 1 ใบ ให้สองแม่ลูกแล้วเดิน จากไป” จากเหตุการณ์ดังกล่าว นักเรียน คิดว่าทองดีรู้สึกอย่างไร ก. เฉย ๆ เพราะมีขอทานจำนวนมาก ในประเทศไทย ข. หตหุใจ ที่ยังมีคนที่น่าสงสารแบบนี้ อยู่บนโลกนี้ ค. ไม่พอใจ ที่มีบางคนไม่ให้เงินสอง แม่ลูก ง. ดีใจ ที่อย่างน้อยได้เป็นคนหนึ่งที่มี น้ำใจช่วยเหลือสองแม่ลูก					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

6. ผลการประเมินดัชนีความตรงตามเนื้อหากิจกรรมทดสอบความสามารถการคิดวิเคราะห์

ข้อที่	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้ความเห็นว่าสอดคล้อง	I-CVI
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง					
1	3	4	4	3	1
2	3	2	3	2	.67
3	4	4	4	3	1
4	3	3	4	3	1
5	3	4	4	3	1
6	4	3	4	3	1
7	3	4	4	3	1
8	3	4	4	3	1
9	3	2	3	2	.67
10	3	4	4	3	1
11	3	3	3	3	1
12	4	4	4	3	1
					S-CVI = .95
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์					
1	3	4	4	3	1
2	3	3	2	2	.67
3	4	4	4	3	1
4	3	4	4	3	1
5	3	4	4	3	1
6	4	4	4	3	1
7	3	2	2	1	.33
8	3	4	4	3	1
9	3	4	4	3	1
10	3	4	3	3	1
11	3	3	4	3	1
12	3	4	4	3	1
					S-CVI = .92

ข้อที่	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้ความเห็นว่าสอดคล้อง	I-CVI
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ					
1	4	4	4	3	1
2	3	4	4	3	1
3	3	4	4	3	1
4	3	2	3	2	.67
5	3	4	3	3	1
6	3	4	4	3	1
7	3	4	4	3	1
8	3	3	3	3	1
9	4	4	4	3	1
10	4	4	4	3	1
11	3	3	2	2	.67
12	3	4	3	3	1
					S-CVI = .95
Average S-CVI = .94					

7. ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงทั้งฉบับของคูเตอร์-ริชาร์ดสัน KR-20 วิเคราะห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบ และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การแปลความหมาย
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง			
1	.33	.62	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
2	.43	.72	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
3	.80	.45	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
4	.80	.27	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
5	.83	.03	ง่ายเกินไป จำแนกต่ำ
6	.97	.15	ง่ายเกินไป จำแนกต่ำ
7	.77	.23	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
8	.70	.38	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
9	.50	.33	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
10	.63	.40	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
ค่าความเที่ยง (Reliability) = .70			
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์			
1	.37	.60	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
2	.90	.29	ง่ายเกินไป แต่จำแนกได้
3	.73	.37	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
4	.60	.43	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
5	.83	.10	ง่ายเกินไป จำแนกต่ำ
6	.90	.29	ง่ายเกินไป แต่จำแนกได้
7	.60	.47	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
8	.80	.34	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
9	.33	.25	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
10	.63	.38	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
ค่าความเที่ยง (Reliability) = .69			
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ			
1	.57	.44	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
2	.53	.31	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การแปลความหมาย
3	.57	.34	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
4	.87	-.27	ง่ายเกินไป จำแนกไม่ได้
5	.63	.42	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
6	.87	.11	ง่ายเกินไป จำแนกต่ำ
7	.37	.45	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
8	.80	.50	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
9	.63	.49	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
10	.40	.61	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
ค่าความเที่ยง (Reliability) = .69			
ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ = .87			

8. ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงทั้งฉบับของคูเตอร์-ริชาร์ดสัน KR-20 วิเคราะห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบ และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อ (หลังจากตัดข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์ออก)

ข้อที่ใช้ได้	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การแปลความหมาย
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่าง			
1	.33	.60	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
2	.43	.68	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
3	.80	.43	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
4	.80	.29	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
7	.77	.25	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
8	.70	.35	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
9	.50	.35	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
10	.63	.47	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
ค่าความเที่ยง (Reliability) = .73			
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์			
1	.37	.56	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
3	.73	.33	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
4	.60	.34	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
7	.60	.52	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
8	.80	.41	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
9	.33	.35	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
10	.63	.35	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
ค่าความเที่ยง (Reliability) = .70			
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณลักษณะ			
1	.57	.46	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
2	.53	.33	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
3	.57	.39	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
5	.63	.45	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
7	.37	.41	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
8	.80	.48	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
9	.63	.52	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้

ข้อที่ใช้ได้	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การแปลความหมาย
10	.40	.68	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
ค่าความเที่ยง (Reliability) = .76			
ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ = .89			

ภาคผนวก ง

เอกสารการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

1. เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและ
วิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
2. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย



เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา

๑. ชื่อเรื่องคุณิพนธ์

ชื่อเรื่อง: ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถ
การคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง

TITLE: EFFECTS OF USING APPLIED BLOOM'S REVISED TAXONOMY AND FOUR I'S MODEL
PROGRAM TO ENHANCE ANALYTICAL THINKING ABILITY FOR LOWER SECONDARY
SCHOOL STUDENTS: AN ELECTROENCEPHALOGRAM

๒. ชื่อนิติต: นางศิริกัญญา หล้าเต็น

หลักสูตร ปรัชญาคุณิพนธ์ (Ph.D.) สาขาวิชา การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
รหัส ๕๘๘๑๐๑๖๔

๓. ผลการพิจารณาของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า เค้าโครงคุณิพนธ์ดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรม
การวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ
และไม่ก่อให้เกิดภัยอันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัย กลุ่มตัวอย่าง และผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของเค้าโครงคุณิพนธ์ที่เสนอได้ ตั้งแต่วันที่ออกเอกสาร
รับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ฉบับนี้ จนถึงวันที่ ๒๖ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

ออกให้ ณ วันที่ ๒๗ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๒

ลงนาม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี)

คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

มหาวิทยาลัยบูรพา



เอกสารแสดงความยินยอม
ของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Consent Form)
(สำหรับผู้ที่อายุตั้งแต่ ๑๒ ปี แต่ไม่ถึง ๑๘ ปี)

หัวข้อขุขุณินพินธ์ เรื่อง ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: การศึกษาค้นไฟฟ้าสมอง
ชื่อผู้วิจัย นางศิริกัญญา หล้าเต็น

วันที่ทำยินยอม วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ก่อนที่จะลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย วิธีการวิจัย และรายละเอียดต่าง ๆ ตามที่ระบุในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ไว้แก่ข้าพเจ้า และข้าพเจ้าเข้าใจคำอธิบายดังกล่าวครบถ้วนเป็นอย่างดีแล้ว และผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยเกี่ยวกับการวิจัยนี้ด้วยความเต็มใจ และไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และมีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ การบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อการศึกษาและผลการเรียนที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลของข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต้องได้รับอนุญาตจากข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้วมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนามผู้ยินยอม
 (.....)

ข้าพเจ้า.....บิดามารดาหรือผู้ปกครอง ยินยอมให้
เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้

กรณีที่ข้าพเจ้าไม่สามารถอ่านหรือเขียนหนังสือได้ ผู้วิจัยได้อ่านข้อความในเอกสารแสดงความยินยอมให้แก่ข้าพเจ้าฟังจนเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้าจึงลงนามหรือประทับลายนิ้วหัวแม่มือของข้าพเจ้าในเอกสารแสดงความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม
 (.....)

บิดามารดาหรือผู้ปกครอง

ลงนามพยาน
 (.....)

หมายเหตุ กรณีที่บิดา มารดา หรือผู้ปกครองให้ความยินยอมด้วยการประทับลายนิ้วหัวแม่มือ ขอให้พิมพ์ชื่อยานลงลายมือชื่อรับรองด้วย

1. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ของกลุ่มทดลอง
ระยะก่อนการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ของกลุ่มทดลอง ระยะก่อนการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	2.74	2.80	2.59	2.42	2.37	2.38	2.46	2.80	2.39	2.79	2.89	2.72	2.73	2.69
2	3.03	3.28	2.82	2.73	2.45	2.54	3.01	3.48	2.15	2.27	2.80	3.42	3.42	3.17
3	5.93	4.63	6.12	3.90	3.17	3.34	3.93	4.59	5.59	5.55	5.86	4.86	5.83	6.90
4	2.62	3.05	2.47	2.40	2.46	2.66	3.35	4.02	2.41	3.04	4.50	2.59	3.82	2.71
5	2.74	2.80	2.59	2.42	2.37	2.38	2.46	2.80	2.39	2.79	2.89	2.72	2.73	2.69
6	4.23	3.44	4.04	2.54	3.00	2.43	2.89	3.96	3.48	3.94	2.73	4.11	4.01	4.21
7	4.78	4.30	3.32	3.14	3.07	2.77	2.67	2.43	2.92	4.44	2.88	3.30	4.08	4.14
8	6.02	2.89	3.73	2.55	2.25	2.39	2.39	3.01	2.17	3.29	3.20	3.18	4.34	3.28
9	3.55	3.83	4.00	3.51	3.52	2.36	2.59	2.68	3.25	4.25	2.89	3.59	3.06	4.26
10	3.55	3.47	3.55	2.72	3.27	4.09	4.27	5.76	2.28	6.33	6.54	5.27	6.26	3.86
11	3.47	2.76	2.97	2.65	3.73	2.58	4.15	3.53	2.71	5.79	3.45	3.90	3.72	3.25
12	3.09	3.44	4.04	2.54	2.96	2.43	2.89	3.96	3.48	3.94	2.73	4.11	4.01	4.21
13	5.81	2.84	2.84	2.61	2.91	2.49	2.61	2.64	3.08	3.72	3.36	4.24	4.24	7.11
14	3.55	3.83	6.00	3.51	2.52	2.36	2.59	2.68	3.25	4.25	2.89	3.59	3.06	4.26
15	3.11	3.03	2.97	2.79	2.43	2.31	2.65	2.53	2.84	3.17	3.05	3.20	3.48	3.37
16	3.55	3.47	3.55	2.72	2.21	3.09	3.27	5.76	2.28	5.33	5.54	5.27	5.26	3.86
17	2.82	3.05	2.47	2.40	2.46	2.66	3.35	4.02	2.41	3.04	4.50	2.59	3.82	2.81
18	4.05	3.60	3.88	2.92	2.50	2.73	3.13	4.31	3.99	3.97	3.99	3.81	4.44	4.53
19	5.23	3.44	4.04	2.54	3.00	2.43	2.89	3.96	3.48	3.94	2.73	4.11	4.01	4.21
20	3.11	3.03	2.97	2.79	2.43	2.31	2.65	2.53	2.84	3.17	3.05	3.20	3.48	3.37
21	2.44	2.55	2.34	2.17	2.12	2.13	2.21	2.55	2.14	2.54	2.64	2.47	2.48	2.44
22	2.32	2.80	2.22	2.15	2.21	2.41	3.10	3.77	2.16	2.79	4.25	2.34	3.57	2.46
23	2.44	2.55	2.34	2.17	2.12	2.13	2.21	2.55	2.14	2.54	2.64	2.47	2.48	2.44
24	4.48	4.05	3.07	2.89	3.82	2.52	2.42	2.18	2.67	4.19	2.63	3.05	3.83	3.89
25	3.25	3.58	3.75	3.26	3.27	2.11	2.34	2.43	3.00	4.00	2.64	3.34	2.81	4.01
26	3.17	2.51	2.72	2.40	3.48	2.33	3.90	3.28	2.46	5.54	3.20	3.65	3.47	3.00
27	5.51	2.59	2.59	2.36	2.66	2.24	2.36	2.39	2.83	3.47	3.11	3.99	3.99	6.86
28	2.81	2.78	2.72	2.54	2.18	2.06	2.40	2.28	2.59	2.92	2.80	2.95	3.23	3.12
29	2.52	2.80	2.22	2.15	2.21	2.41	3.10	3.77	2.16	2.79	4.25	2.34	3.57	2.56
30	4.93	3.19	3.79	2.29	2.75	2.18	2.64	3.71	3.23	3.69	2.48	3.86	3.76	3.96

2. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ของกลุ่มทดลอง
ระยะหลังการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ของกลุ่มทดลอง ระยะหลังการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	3.43	2.98	2.98	3.03	2.41	3.23	2.69	3.17	4.13	3.10	2.65	3.52	2.69	3.81
2	3.63	3.22	3.20	2.59	2.54	2.50	2.77	2.99	3.01	3.18	3.06	3.28	3.26	3.67
3	3.51	2.98	4.01	2.44	2.49	2.58	2.80	3.00	3.08	3.30	3.12	3.07	3.60	3.77
4	7.64	5.93	6.53	4.43	3.77	3.46	3.78	6.50	5.77	8.19	8.66	6.82	6.87	7.63
5	5.32	4.47	4.82	3.31	2.81	2.63	3.37	5.68	4.18	4.69	5.52	5.29	5.24	5.61
6	4.65	3.99	4.39	3.28	2.86	2.88	3.45	4.80	3.54	4.59	4.80	4.58	4.90	4.85
7	5.22	4.20	5.73	3.12	2.62	2.57	2.73	3.60	2.56	3.05	4.25	4.50	4.31	4.75
8	7.19	3.10	3.43	2.50	2.69	2.34	3.22	2.60	2.79	3.40	3.20	3.90	3.90	3.95
9	4.00	3.37	5.09	2.59	2.69	2.52	3.03	3.53	2.16	3.60	3.17	8.52	3.70	3.96
10	4.44	4.19	4.06	3.42	2.50	3.18	3.59	5.46	5.22	5.20	4.32	5.02	4.73	4.75
11	3.96	3.72	3.76	3.05	2.77	2.58	3.05	3.68	3.74	4.29	4.65	4.36	3.43	4.54
12	4.13	4.03	2.82	3.53	3.43	3.43	2.66	3.80	2.67	4.23	3.72	4.13	4.08	4.31
13	3.33	3.00	2.82	5.40	2.67	2.35	3.50	2.92	3.21	3.15	2.88	2.85	3.91	3.18
14	4.04	3.90	3.69	2.83	2.88	2.79	2.72	2.98	4.06	3.81	3.94	6.62	4.48	4.16
15	3.30	3.02	4.52	2.39	2.32	2.60	2.81	2.76	2.73	2.65	3.36	4.07	3.23	3.53
16	2.95	2.78	2.80	2.39	2.25	2.31	2.53	2.87	2.16	2.98	2.73	3.06	2.82	3.01
17	4.56	3.63	4.52	3.13	2.57	2.63	3.13	4.17	4.26	3.26	4.55	4.58	4.52	4.74
18	4.52	4.61	3.88	3.40	2.62	2.73	3.17	4.37	3.75	4.07	4.47	4.03	4.23	4.58
19	3.18	3.03	3.01	2.53	2.43	2.43	2.50	2.80	3.08	3.23	2.72	3.13	3.08	3.31
20	3.90	3.24	3.29	2.72	2.99	2.54	2.72	3.97	3.54	3.38	3.85	3.85	3.70	4.05
21	3.55	3.09	3.10	3.14	2.52	3.34	2.81	3.28	4.24	3.21	2.76	8.63	3.34	3.92
22	7.75	6.05	6.64	4.54	3.88	3.57	3.90	6.61	5.88	8.30	8.77	4.47	6.98	7.74
23	5.43	4.58	4.93	3.42	2.92	2.74	3.48	5.80	4.29	4.80	5.63	5.40	5.35	5.72
24	5.33	4.31	5.84	3.23	2.73	2.68	2.84	3.71	4.08	3.16	4.36	4.61	4.42	4.86
25	4.12	3.48	5.20	2.70	2.81	2.63	3.15	3.64	2.28	3.71	3.28	3.64	3.81	4.07
26	4.07	3.84	3.87	3.16	2.88	2.69	3.17	3.79	3.86	4.40	4.76	6.93	3.54	4.65
27	3.44	3.11	2.93	2.50	2.78	2.46	2.77	3.04	3.32	3.26	2.99	2.96	3.02	3.30
28	3.41	3.13	4.64	5.51	2.44	2.71	2.92	2.88	2.27	2.76	3.47	4.18	3.34	3.64
29	4.67	3.74	4.64	3.24	2.68	2.75	3.24	4.28	4.37	3.37	4.67	4.70	4.63	4.86
30	3.29	3.14	3.12	2.64	2.54	2.54	2.61	2.91	3.19	3.35	2.84	3.25	3.19	3.42

3. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ของกลุ่มควบคุม
ระยะก่อนการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ของกลุ่มควบคุม ระยะก่อนการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	4.01	3.12	4.60	2.60	3.19	2.17	2.78	3.47	3.70	5.08	3.15	6.98	4.27	4.87
2	3.77	3.21	3.35	2.84	2.54	3.93	3.14	3.35	3.95	3.79	3.71	3.52	3.98	3.83
3	4.84	3.82	4.51	3.26	2.70	2.83	3.01	4.06	4.14	5.01	3.32	5.17	4.01	5.19
4	4.07	3.90	3.72	2.78	2.41	2.46	2.64	3.15	1.56	3.22	3.26	3.68	3.65	3.87
5	4.00	3.74	4.17	2.85	3.37	3.95	3.93	4.82	4.04	4.88	4.24	3.93	5.14	4.13
6	3.37	4.14	3.04	2.59	2.37	2.47	2.48	3.09	2.01	3.15	2.90	3.24	3.98	3.81
7	4.02	4.72	3.05	3.42	2.82	2.28	2.94	3.26	2.01	3.93	3.75	3.11	4.57	4.87
8	3.77	3.21	3.35	2.84	2.54	3.93	3.84	3.35	3.74	3.79	3.71	3.52	3.98	3.83
9	4.00	3.74	4.17	2.85	3.37	3.85	3.95	4.82	2.13	4.88	2.28	3.93	5.14	4.13
10	4.02	4.72	3.05	3.42	2.82	2.28	2.94	3.26	3.93	3.93	3.75	3.11	4.57	4.87
11	4.01	3.12	4.60	2.60	3.19	1.67	2.78	3.47	1.90	5.08	3.15	6.98	4.27	4.87
12	3.40	2.51	3.99	1.99	2.57	1.56	2.17	2.86	2.23	4.47	2.54	6.36	3.66	4.26
13	3.16	2.60	2.74	2.23	1.93	1.52	2.53	2.74	2.09	3.18	3.10	2.91	3.37	3.22
14	4.23	3.21	3.90	2.65	2.09	1.52	1.90	3.45	1.39	4.40	2.70	4.56	3.39	4.58
15	3.46	3.28	3.11	2.17	1.80	1.85	2.03	2.54	1.85	2.61	2.65	3.07	3.04	3.26
16	3.39	3.13	3.56	2.24	2.75	2.04	2.62	4.21	1.12	4.27	3.62	3.31	4.53	3.52
17	2.75	3.53	2.43	1.98	1.76	1.86	1.86	2.48	1.23	2.53	4.24	2.63	3.37	3.20
18	3.41	4.11	2.44	2.81	2.20	1.67	2.33	2.65	2.14	3.32	3.13	2.50	3.96	4.26
19	3.16	2.60	2.74	2.23	1.93	1.42	2.53	2.74	1.53	3.18	3.10	2.91	3.37	3.22
20	3.39	3.13	3.56	2.24	2.75	3.04	2.92	4.21	1.51	4.27	3.62	3.31	4.53	3.52
21	3.41	4.11	2.44	2.81	2.20	1.67	2.43	2.65	3.25	3.32	3.13	2.50	3.96	4.26
22	3.90	3.01	4.49	2.49	3.07	1.56	2.27	3.36	4.11	4.97	3.04	6.86	4.16	4.76
23	3.31	2.42	3.90	1.90	3.49	1.47	1.58	2.77	1.40	4.38	2.45	6.28	3.57	4.17
24	3.07	2.51	2.65	2.14	2.84	1.53	2.44	2.65	1.40	3.09	3.01	2.82	3.28	3.13
25	4.14	3.12	3.81	2.56	2.00	2.13	1.51	3.36	1.54	4.31	2.62	4.47	3.31	4.49
26	3.37	3.20	3.02	2.08	1.71	1.56	1.94	2.45	1.26	2.52	2.56	2.98	2.95	3.17
27	3.30	3.04	3.47	2.15	2.67	2.25	3.63	4.12	1.49	4.18	3.54	3.23	4.44	3.43
28	2.67	3.44	2.34	1.89	1.67	1.27	1.78	2.39	1.32	2.45	2.20	2.54	3.28	3.11
29	3.32	4.02	2.35	2.72	2.12	1.58	2.24	2.56	3.91	3.23	3.05	2.41	3.87	4.17
30	3.07	2.51	2.65	2.14	2.84	2.13	2.44	2.65	2.74	3.09	3.01	2.82	3.28	3.13

4. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ของกลุ่มควบคุม
ระยะหลังการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ของกลุ่มควบคุม ระยะหลังการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	3.61	3.18	3.22	2.77	2.41	2.46	2.51	3.04	2.56	3.70	2.88	4.98	3.18	3.65
2	3.44	3.35	3.11	2.76	2.62	2.58	3.40	3.82	2.60	3.72	3.87	3.42	4.13	4.04
3	4.01	4.12	3.65	3.19	2.93	2.59	3.40	4.77	2.27	5.13	4.57	4.19	4.96	4.77
4	3.67	3.31	3.17	2.84	2.58	2.52	2.84	3.39	2.13	3.90	3.75	3.32	4.05	4.07
5	3.42	3.00	3.52	2.78	2.66	2.52	2.84	2.73	3.15	3.32	3.07	3.60	3.48	3.54
6	4.21	3.04	3.73	2.71	2.40	2.58	2.80	3.09	2.19	3.26	3.16	3.44	3.66	3.75
7	3.53	3.87	3.00	2.73	2.49	2.49	2.64	2.95	2.49	3.19	3.31	3.28	3.86	3.84
8	5.41	4.40	4.84	3.40	2.99	2.81	3.16	4.37	4.46	5.38	5.43	5.31	6.37	6.36
9	5.38	4.60	4.23	3.30	3.71	2.62	3.46	4.78	2.36	6.90	6.97	5.35	7.11	5.69
10	3.53	3.87	3.00	2.73	2.49	2.49	2.64	2.95	2.49	3.19	3.31	3.28	3.86	3.84
11	4.61	3.15	3.71	2.73	2.51	2.34	3.14	2.84	2.26	4.64	4.47	5.79	4.60	4.40
12	2.90	2.46	2.51	2.06	1.70	1.75	1.80	2.32	1.85	2.99	2.17	4.27	2.47	2.93
13	2.73	2.64	2.40	2.05	1.91	1.86	2.69	3.11	1.88	3.01	3.15	2.71	3.42	3.33
14	3.30	3.41	2.94	2.47	2.21	1.87	2.69	4.06	1.56	4.41	3.86	3.47	4.25	4.06
15	2.96	2.59	2.46	2.13	1.86	1.81	2.12	2.68	1.42	3.19	3.03	2.61	3.34	3.36
16	2.70	2.29	2.81	2.07	1.95	1.81	2.13	2.01	2.44	2.60	2.36	2.89	2.77	2.83
17	3.50	2.33	3.02	2.00	1.69	1.87	2.08	2.38	1.47	2.55	2.45	2.72	2.95	3.04
18	2.82	3.16	2.29	2.02	1.78	1.78	1.93	2.24	1.78	2.47	2.59	2.56	3.14	3.13
19	4.70	3.69	4.12	2.69	2.28	2.10	2.45	3.65	3.75	4.67	4.71	4.60	5.65	5.64
20	4.67	3.89	3.51	2.59	2.99	1.91	2.75	4.07	1.65	6.19	6.26	4.63	6.39	4.98
21	2.82	3.16	2.29	2.02	1.78	1.78	1.93	2.24	1.78	2.47	2.59	2.56	3.14	3.13
22	4.49	3.04	3.60	2.62	2.39	2.22	3.03	2.73	2.15	4.52	4.35	5.68	4.49	4.29
23	3.21	2.78	2.82	2.37	2.01	2.06	2.11	2.64	2.16	3.30	2.48	4.58	2.78	3.25
24	3.04	2.95	2.71	2.36	2.22	2.18	3.00	3.42	2.20	3.32	3.47	3.02	3.73	3.64
25	3.61	3.72	3.25	2.79	2.53	2.19	3.00	4.37	1.87	4.73	4.17	3.79	4.56	4.37
26	3.27	2.91	2.77	2.44	2.18	2.12	2.44	2.99	1.73	3.50	3.35	2.92	3.65	3.67
27	3.02	2.60	3.12	2.38	2.26	2.12	2.44	2.33	2.75	2.92	2.67	3.20	3.08	3.14
28	3.81	2.64	3.33	2.31	2.00	2.18	2.40	2.69	1.79	2.86	2.76	3.04	3.26	3.35
29	3.13	3.47	2.60	2.33	2.09	2.09	2.24	2.55	2.09	2.79	2.91	2.88	3.46	3.44
30	5.01	3.90	4.44	3.00	2.59	2.41	2.76	3.97	4.06	4.98	5.03	4.91	5.97	5.96

5. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ของกลุ่มทดลอง
ระยะก่อนการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ของกลุ่มทดลอง ระยะก่อนการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	2.37	2.53	2.32	2.30	2.25	2.26	2.28	2.55	2.25	2.48	2.59	2.42	2.42	2.39
2	2.82	2.91	2.70	2.52	2.28	2.31	2.60	3.23	2.16	2.25	2.70	2.67	3.02	3.04
3	4.57	3.71	4.07	3.42	3.72	3.16	3.86	3.96	4.42	4.30	4.32	3.53	4.39	4.97
4	2.37	2.65	2.24	2.23	2.25	2.38	2.66	2.91	2.20	2.41	3.02	2.29	3.63	2.37
5	4.57	3.71	4.07	3.42	3.72	3.16	3.86	3.96	4.42	4.30	4.32	3.53	4.39	4.97
6	4.10	2.67	3.88	2.65	3.95	2.54	2.39	2.42	2.90	4.41	3.32	3.69	3.67	5.03
7	2.83	2.83	2.57	2.59	2.99	2.61	2.40	2.27	2.72	3.53	2.62	2.66	3.11	3.06
8	8.08	2.95	4.46	2.78	2.52	2.41	2.38	2.92	2.17	3.47	3.08	3.15	4.20	3.53
9	3.69	2.69	3.09	2.82	3.17	3.44	3.13	7.58	7.59	3.99	3.16	2.60	4.77	2.63
10	2.53	2.51	2.53	2.27	3.12	3.07	3.25	4.30	2.20	3.99	3.84	2.98	3.80	2.72
11	3.19	2.61	2.84	2.56	2.93	2.52	3.34	3.20	2.67	5.04	3.14	2.90	3.40	3.03
12	4.69	3.83	4.19	3.54	3.84	3.29	3.98	4.09	4.54	4.43	4.44	3.65	4.51	5.09
13	4.22	2.80	4.00	2.78	4.07	2.67	2.52	2.54	3.02	4.54	3.44	3.81	3.79	5.15
14	3.05	3.07	3.32	2.72	2.70	2.23	2.43	2.36	2.79	3.46	2.75	2.88	2.83	3.52
15	2.73	2.58	2.59	2.41	2.27	2.21	2.45	2.43	2.57	2.68	2.64	2.62	2.91	2.84
16	2.68	5.75	2.40	2.53	3.13	3.79	3.62	4.45	4.24	5.33	5.62	5.79	6.63	3.22
17	2.95	3.04	2.82	2.65	2.40	2.44	2.72	3.35	2.28	2.37	2.82	2.79	3.14	3.17
18	3.60	3.15	2.98	2.63	2.39	2.47	2.71	3.49	3.37	3.59	3.62	3.33	3.77	3.89
19	3.83	2.82	3.22	2.96	2.24	3.58	2.34	2.71	2.79	3.45	3.29	2.73	4.91	2.77
20	2.68	2.91	2.56	2.37	2.31	2.23	2.47	3.24	3.13	3.23	2.74	2.83	3.53	3.82
21	2.50	2.65	2.44	2.42	2.37	2.38	2.41	2.67	2.37	2.60	2.72	2.54	2.54	2.52
22	2.49	2.77	2.37	2.36	2.38	2.50	2.78	3.03	2.32	2.54	3.14	2.41	3.76	2.49
23	2.91	5.98	2.63	2.76	3.36	4.02	3.85	4.69	4.47	4.35	5.85	6.03	5.86	3.45
24	2.95	2.95	2.70	2.71	3.12	2.73	2.52	2.39	2.84	3.65	2.74	2.79	3.23	3.18
25	3.81	2.81	3.21	2.95	2.26	3.56	3.68	2.79	4.04	4.03	3.28	2.72	5.45	2.76
26	3.32	2.74	2.96	2.69	3.05	2.65	3.47	3.33	2.80	5.16	3.27	3.02	3.52	3.15
27	4.22	2.80	4.00	2.78	4.07	2.67	2.52	2.54	3.02	4.54	3.44	3.81	3.79	5.15
28	4.05	3.90	3.91	3.73	3.59	3.53	3.78	3.75	3.89	4.00	3.97	3.94	4.23	4.16
29	4.69	3.83	4.19	3.54	3.84	3.29	3.98	4.09	4.54	4.43	4.44	3.65	4.51	5.09
30	4.62	3.20	4.40	3.18	4.47	3.07	2.92	2.94	3.42	4.94	3.84	4.21	4.19	5.55

6. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ของกลุ่มทดลอง
ระยะหลังการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ของกลุ่มทดลอง ระยะหลังการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	2.67	2.55	2.50	2.39	2.29	3.07	2.45	2.94	3.84	2.76	2.32	2.60	2.39	2.69
2	3.06	2.72	2.98	2.49	2.40	2.41	2.60	3.01	3.12	3.11	3.05	2.95	3.02	3.17
3	2.87	2.48	2.47	2.28	2.28	2.36	2.50	2.61	2.66	2.62	2.59	2.57	2.88	3.18
4	2.45	3.48	3.32	2.78	2.17	2.83	3.13	4.41	3.92	2.55	3.87	3.55	3.99	2.41
5	3.28	2.89	3.15	2.62	2.44	2.30	2.90	2.45	3.22	3.63	3.34	3.12	3.42	3.47
6	2.93	2.79	2.85	2.60	2.52	2.53	2.79	3.38	2.82	3.31	3.16	2.99	3.24	2.99
7	3.32	2.92	3.92	2.60	2.58	2.42	2.42	2.77	2.30	2.63	3.35	3.22	3.15	3.19
8	3.21	3.00	2.96	2.56	2.97	2.30	2.28	2.67	2.78	3.43	3.30	2.85	2.43	3.22
9	2.79	2.64	2.61	2.53	2.68	2.52	3.03	3.92	2.10	3.87	3.14	3.22	3.36	2.71
10	2.88	2.84	2.75	2.60	2.23	2.55	3.12	4.00	4.29	3.60	3.03	3.11	3.21	3.04
11	3.76	2.35	2.37	2.20	2.71	2.40	2.97	3.94	4.17	4.68	4.31	3.62	3.31	4.18
12	2.75	2.36	2.35	2.16	2.15	2.23	2.37	2.48	2.54	2.50	2.47	2.45	2.76	3.06
13	2.55	2.51	2.43	2.37	2.39	2.25	2.34	2.62	2.98	2.88	2.84	2.45	2.55	2.55
14	2.95	2.92	2.80	2.47	2.63	2.48	2.42	2.66	2.10	3.19	3.28	2.60	3.59	3.12
15	2.69	2.56	2.77	2.81	2.20	2.21	2.44	2.59	3.28	2.48	2.35	2.73	2.81	2.70
16	3.74	3.86	3.24	2.85	3.58	2.71	2.29	4.02	3.80	5.08	3.75	3.43	4.04	3.83
17	2.85	2.67	2.81	2.52	2.32	2.27	2.57	2.98	3.04	3.06	2.92	2.89	3.04	2.96
18	3.34	3.23	2.91	2.71	2.41	2.41	2.79	3.24	2.97	3.25	3.40	3.05	3.12	3.33
19	2.58	2.46	2.41	2.20	2.22	2.27	2.26	2.53	2.75	2.70	2.45	2.46	2.64	2.57
20	3.56	2.95	3.04	2.69	2.58	2.40	2.60	3.75	3.43	3.33	3.99	3.81	3.54	3.76
21	2.55	2.43	2.38	2.27	2.17	2.95	2.33	2.81	3.72	2.64	2.20	2.48	2.27	2.56
22	3.61	3.36	3.19	2.65	3.46	2.20	3.01	4.28	2.44	4.95	2.41	2.55	3.86	3.71
23	3.16	2.77	3.03	2.50	2.31	2.17	2.78	3.90	3.10	3.51	3.22	2.99	3.30	3.35
24	3.20	2.80	3.79	2.47	2.46	2.30	2.30	2.64	2.18	2.50	3.22	3.09	3.02	3.06
25	2.67	2.51	2.48	2.41	2.56	2.40	2.91	3.79	1.98	3.74	3.02	3.10	3.23	2.59
26	3.64	3.74	3.11	2.73	2.58	2.27	2.85	3.82	4.04	4.56	4.18	3.50	3.19	4.06
27	2.42	2.38	2.30	2.24	2.27	2.12	2.22	2.50	2.85	2.76	2.72	2.33	2.43	2.43
28	2.57	2.43	2.65	2.69	2.07	2.09	2.31	2.46	1.97	2.36	2.23	2.60	2.69	2.57
29	2.72	2.55	2.69	2.39	2.19	2.15	2.44	2.86	2.92	2.94	2.80	2.76	2.91	2.84
30	2.46	2.34	2.29	2.07	2.10	2.14	2.14	2.41	2.63	2.58	2.33	2.33	2.51	2.45

7. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ของกลุ่มควบคุม
ระยะก่อนการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ของกลุ่มควบคุม ระยะก่อนการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	3.21	3.83	2.38	2.97	3.94	2.90	3.16	3.57	3.21	4.62	2.63	2.35	4.28	2.68
2	3.07	2.91	2.99	2.74	2.39	3.78	2.88	3.13	3.26	3.48	3.38	3.11	3.45	3.05
3	3.80	3.15	3.30	2.96	2.52	2.80	2.80	3.29	2.14	4.36	2.61	3.44	3.17	3.99
4	2.79	2.68	2.65	2.49	2.28	2.33	2.42	2.79	2.14	2.86	2.78	2.68	2.89	2.76
5	2.85	2.74	2.82	2.59	2.55	2.19	2.59	2.46	2.96	3.64	2.87	3.05	3.09	3.00
6	2.74	2.82	2.72	2.35	2.25	2.30	2.33	2.67	2.57	2.64	2.46	2.87	2.87	2.83
7	3.73	3.44	3.57	3.11	2.79	2.75	3.75	4.39	4.90	5.05	4.16	3.71	4.18	3.71
8	2.88	2.74	2.77	2.53	2.53	2.37	2.48	2.87	2.88	3.43	2.97	2.88	3.26	3.13
9	4.21	3.86	4.54	3.09	2.95	3.41	4.01	6.25	2.35	5.95	2.75	4.31	5.41	4.38
10	2.87	3.71	2.54	3.35	3.96	2.24	2.91	3.12	2.32	4.13	3.51	3.27	4.12	3.27
11	4.34	2.64	5.49	2.34	3.21	5.24	2.65	3.18	2.14	4.71	2.66	4.16	3.41	6.75
12	3.35	3.97	2.51	3.10	4.08	3.04	3.29	3.71	3.34	4.75	2.76	2.48	4.41	2.81
13	3.20	3.04	3.12	2.88	2.52	5.30	3.01	3.26	3.39	3.62	3.52	3.24	3.58	3.19
14	3.93	3.28	3.43	3.09	2.66	2.94	2.93	3.42	2.27	4.50	2.74	3.58	3.30	4.13
15	2.93	2.82	2.78	2.63	2.41	2.46	2.55	2.93	2.28	3.00	2.91	2.82	3.03	2.90
16	2.98	2.87	2.95	2.72	2.69	2.33	2.72	2.60	3.09	3.78	3.00	3.19	3.22	3.13
17	2.87	2.96	2.85	2.48	2.38	2.44	2.47	2.80	2.71	2.77	2.60	3.01	3.00	2.96
18	3.87	3.58	3.71	3.25	2.93	2.88	3.89	4.52	5.03	5.19	4.30	3.84	4.32	3.84
19	3.01	2.87	2.91	2.67	2.66	2.51	2.61	3.00	3.02	3.56	3.11	3.02	3.39	3.27
20	4.35	3.99	4.67	3.23	4.09	3.55	4.14	6.38	2.48	6.08	4.86	4.45	5.55	4.51
21	3.00	3.84	2.67	3.48	3.08	2.38	3.04	3.26	2.46	4.27	3.65	3.41	4.25	3.41
22	4.48	2.77	5.63	2.48	3.34	2.25	2.78	3.32	2.28	4.85	2.80	4.30	3.55	6.89
23	3.33	3.95	2.50	3.08	4.06	3.02	3.27	3.69	3.33	4.74	4.73	2.46	4.40	2.80
24	3.19	3.03	3.11	2.86	2.51	2.12	2.99	3.25	3.38	3.60	3.50	3.22	3.57	3.17
25	3.92	3.26	3.42	3.07	2.64	2.92	2.92	3.40	2.26	4.48	2.72	3.56	3.29	4.11
26	2.91	2.80	2.77	2.61	2.39	2.44	2.54	2.91	2.26	2.98	2.89	2.80	3.01	2.88
27	2.86	2.94	2.83	2.47	2.37	2.42	2.45	2.78	2.69	2.76	2.58	2.99	2.99	2.95
28	3.85	3.56	3.69	3.23	2.91	2.87	3.87	4.51	5.02	5.17	4.28	3.82	4.30	3.82
29	4.33	3.97	4.66	3.21	4.08	3.53	4.12	6.37	2.46	6.06	4.84	4.43	5.53	4.49
30	2.99	3.83	2.65	3.47	3.06	3.36	3.02	3.24	2.44	4.25	3.63	3.39	4.24	3.39

8. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ของกลุ่มควบคุม
ระยะหลังการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta1 ของกลุ่มควบคุม ระยะหลังการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	2.98	2.64	2.58	2.55	2.27	2.30	2.28	2.57	2.32	2.83	2.48	3.93	2.66	3.07
2	2.90	2.80	2.74	2.51	2.40	2.47	3.33	3.60	2.49	3.33	3.32	2.98	3.37	3.00
3	3.29	3.38	3.08	2.91	2.62	2.45	3.25	4.59	2.15	4.07	3.73	3.39	3.79	3.70
4	3.00	2.86	2.76	2.61	2.42	2.47	2.53	2.96	2.98	3.27	3.10	2.82	3.31	3.30
5	2.73	2.63	2.71	2.47	2.44	2.08	2.47	2.35	2.85	3.53	2.75	2.94	2.97	2.88
6	2.81	2.57	2.65	2.41	2.27	2.33	2.53	2.87	2.13	2.77	2.62	2.64	2.90	2.71
7	3.62	3.33	3.46	3.00	2.68	2.64	3.64	4.28	4.79	4.94	4.05	3.59	4.07	3.59
8	2.90	2.76	2.80	2.56	2.55	2.39	2.50	2.89	2.90	3.45	2.99	2.91	3.28	3.16
9	4.30	4.09	3.50	3.36	3.20	2.57	3.26	4.76	2.32	6.58	5.89	3.56	5.96	4.61
10	2.63	2.71	2.46	2.39	2.32	2.33	2.40	2.70	2.34	2.77	2.78	2.64	2.86	2.72
11	2.90	2.60	2.66	2.93	2.28	2.16	2.36	2.45	2.12	3.23	3.15	2.96	3.31	2.83
12	3.11	2.77	2.71	2.68	2.41	2.43	2.42	2.70	2.45	2.97	2.61	4.07	2.79	3.21
13	3.03	2.93	2.87	2.64	2.53	2.61	3.46	3.74	2.63	3.46	3.45	3.11	3.51	3.13
14	3.43	3.52	3.22	3.04	2.76	2.58	3.38	4.73	3.54	4.21	3.86	3.53	3.93	3.84
15	3.14	2.99	2.89	2.74	2.56	2.60	2.67	3.09	2.25	3.41	3.24	2.95	3.44	3.43
16	2.87	2.76	2.84	2.61	2.58	2.21	2.61	2.48	2.98	3.66	2.89	3.07	3.11	3.02
17	2.95	2.70	2.78	2.55	2.41	2.46	2.66	3.00	2.26	2.91	2.75	2.78	3.03	2.84
18	3.75	3.46	3.59	3.13	2.82	2.77	3.77	4.41	4.92	5.07	4.19	3.73	4.20	3.73
19	3.03	2.90	2.93	2.69	2.68	2.53	2.63	3.02	3.04	3.59	3.13	3.04	3.42	3.29
20	4.43	4.22	3.63	3.49	3.33	2.71	3.39	4.89	4.03	6.72	6.03	3.70	6.10	4.74
21	2.76	2.85	2.60	2.52	2.46	2.47	2.53	2.84	2.48	2.90	2.92	2.77	2.99	2.86
22	3.03	2.73	2.80	3.07	2.41	2.29	2.49	2.59	2.26	3.36	3.29	3.10	3.45	2.96
23	3.60	2.76	2.70	2.67	2.39	2.41	2.40	2.68	2.44	2.95	2.60	4.05	2.78	3.19
24	3.51	3.41	3.36	3.13	3.01	3.09	3.95	4.22	3.11	3.94	3.93	3.59	3.99	3.62
25	3.91	4.00	3.70	3.53	3.24	3.06	3.87	5.21	2.77	4.69	4.35	4.01	4.41	4.32
26	3.62	3.48	3.38	3.22	3.04	3.08	3.15	3.58	3.67	3.89	3.72	3.44	3.93	3.92
27	3.43	3.18	3.27	3.03	2.89	2.94	3.14	3.49	3.44	3.39	3.24	3.26	3.52	3.32
28	4.24	3.95	4.08	3.62	3.30	3.25	4.26	4.89	5.40	5.56	4.67	4.21	4.69	4.21
29	4.91	4.70	4.12	3.98	3.82	3.19	3.88	5.37	4.56	7.20	6.51	4.18	6.58	5.23
30	3.25	3.33	3.08	3.00	2.94	2.95	3.02	3.32	3.89	3.38	3.40	3.25	3.48	3.34

9. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ของกลุ่มทดลอง
ระยะก่อนการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ของกลุ่มทดลอง ระยะก่อนการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	2.28	2.41	2.22	2.31	2.21	2.19	2.19	2.40	2.17	2.39	2.53	2.29	2.31	2.34
2	2.59	2.45	2.34	2.43	2.26	2.32	2.48	2.83	2.10	2.20	2.36	2.99	2.61	2.43
3	6.71	4.38	4.68	4.04	4.29	3.86	4.23	3.70	4.76	5.00	5.14	4.14	5.32	7.60
4	2.25	2.78	2.17	2.23	2.44	2.56	2.87	3.03	2.26	2.57	3.55	2.29	4.18	2.23
5	3.00	2.65	3.02	2.57	2.45	2.63	2.57	2.92	2.72	2.93	2.77	3.30	2.79	2.95
6	3.23	2.68	3.22	2.61	2.67	2.47	2.53	2.79	2.62	3.00	2.84	2.89	2.90	3.20
7	3.68	2.95	2.76	2.74	4.22	2.91	2.45	2.25	3.12	4.26	2.43	2.73	3.16	2.89
8	8.68	3.03	4.56	2.85	3.59	2.36	2.35	2.73	2.13	3.52	2.87	2.71	3.73	3.47
9	3.93	3.08	5.51	2.56	2.83	2.51	2.78	3.05	2.41	2.98	2.83	3.99	3.07	3.99
10	2.64	2.45	2.45	2.23	3.57	3.33	3.12	3.88	2.15	4.14	4.15	2.90	3.96	3.65
11	3.04	2.77	2.77	2.61	3.79	2.94	4.16	3.59	2.76	5.00	3.02	3.69	3.50	2.92
12	2.48	2.34	2.39	2.33	2.23	2.25	2.31	2.40	2.40	2.45	2.33	2.38	2.35	2.69
13	5.53	2.83	4.28	3.31	5.22	2.57	2.38	2.35	2.87	6.09	4.39	4.16	4.23	6.50
14	2.88	2.63	5.88	2.69	3.00	2.14	2.31	2.44	2.73	3.37	2.47	3.35	2.54	3.13
15	2.53	2.38	2.41	2.46	2.26	2.14	2.34	2.31	2.49	2.73	2.51	2.77	2.70	2.60
16	2.59	2.45	2.50	2.44	2.32	2.36	2.42	2.51	2.51	2.56	2.44	2.49	2.46	2.80
17	3.01	2.61	3.69	2.52	2.42	2.80	2.54	2.77	2.84	2.92	2.79	2.81	2.83	2.94
18	2.49	2.36	3.02	2.29	2.21	2.24	2.34	2.49	2.48	2.76	2.51	2.48	2.56	2.58
19	2.51	2.48	2.93	2.64	2.43	2.38	2.49	2.47	2.65	2.69	2.45	3.12	2.56	2.78
20	5.10	2.67	3.81	2.38	2.60	2.21	2.49	3.15	2.89	3.07	2.35	3.99	2.85	2.81
21	2.41	2.54	2.36	2.81	2.35	2.33	2.33	2.54	2.31	2.52	2.67	2.79	2.44	2.47
22	6.84	4.52	4.82	4.54	4.42	3.99	4.36	3.84	4.90	5.13	5.28	4.64	5.45	7.73
23	2.38	2.91	2.31	2.73	2.58	2.70	3.01	3.16	2.39	2.71	3.69	2.79	4.31	2.37
24	3.81	3.09	2.90	3.24	4.36	3.04	2.58	2.39	3.25	4.40	2.56	3.23	3.30	3.03
25	2.78	2.59	2.59	2.73	3.71	3.47	3.25	4.01	2.29	4.28	4.28	3.40	4.10	3.78
26	5.66	2.97	4.41	3.81	5.35	2.71	2.51	2.48	3.00	6.22	4.52	4.66	4.37	6.64
27	2.66	2.52	2.55	2.96	2.40	2.28	2.47	2.45	2.62	2.87	2.64	3.27	2.83	2.74
28	2.63	2.50	3.15	2.79	2.35	2.37	2.47	2.62	2.61	2.89	2.64	2.98	2.69	2.71
29	5.24	2.81	3.94	2.88	2.73	2.34	2.62	3.29	3.02	3.21	2.48	4.49	2.99	2.94
30	2.73	2.59	2.48	2.93	2.39	2.46	2.61	2.96	2.23	2.33	2.49	3.49	2.74	2.56

10. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ของกลุ่มทดลอง
ระยะหลังการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ของกลุ่มทดลอง ระยะหลังการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	2.82	2.55	2.57	2.85	2.22	2.14	2.32	2.52	2.29	2.60	2.53	3.16	2.34	3.31
2	2.86	2.46	2.50	2.32	2.24	2.21	2.34	2.67	2.63	2.60	2.49	2.71	2.50	2.76
3	3.52	2.30	2.35	2.17	2.29	2.26	2.31	2.39	2.38	2.42	2.39	2.38	2.60	3.37
4	2.37	4.39	3.51	4.61	3.47	2.52	2.62	3.13	3.03	5.94	3.75	3.53	2.24	4.36
5	2.78	2.43	2.80	2.35	2.23	2.41	2.35	2.70	2.50	2.71	2.55	3.08	2.57	2.73
6	3.01	2.46	3.00	2.39	2.45	2.25	2.31	2.57	2.40	2.78	2.62	2.67	2.68	2.98
7	3.10	2.64	4.73	2.31	2.59	2.29	2.22	2.33	2.15	2.38	2.34	2.52	2.53	2.71
8	7.05	2.62	3.08	2.48	3.16	2.17	3.16	2.32	2.42	2.75	2.62	3.62	3.82	3.58
9	3.71	2.86	5.29	2.34	2.61	2.29	2.56	2.83	2.19	2.76	2.61	3.77	2.85	3.77
10	2.78	2.55	2.69	2.44	2.17	2.44	2.66	3.19	3.22	3.06	2.63	2.68	2.71	2.63
11	3.10	2.23	3.13	2.61	2.36	2.42	2.51	2.91	2.94	3.03	2.22	3.33	2.68	3.29
12	2.26	2.12	2.17	2.11	2.01	2.03	2.09	2.18	2.18	2.23	2.11	2.16	2.13	2.47
13	3.00	2.45	2.55	2.53	2.43	2.18	2.42	2.53	2.92	3.47	4.14	2.51	2.49	2.88
14	3.18	2.85	3.30	2.54	2.63	2.36	2.45	2.47	2.90	2.98	2.96	11.34	3.09	2.96
15	2.74	2.38	5.23	6.54	2.13	2.46	2.44	2.38	2.12	2.32	3.17	4.18	2.52	3.07
16	4.29	3.36	2.28	2.22	2.10	3.05	2.20	2.29	3.96	2.34	3.77	2.27	4.67	2.58
17	2.79	2.39	3.47	2.30	2.20	2.58	2.32	2.55	2.62	2.70	2.57	2.59	2.61	2.72
18	2.42	2.40	2.50	2.28	2.25	2.21	2.42	2.49	2.36	2.77	2.45	2.48	2.41	2.48
19	2.29	2.26	2.71	2.42	2.21	2.16	2.27	2.25	2.43	2.47	2.23	2.90	2.34	2.56
20	2.59	2.40	2.45	2.33	2.32	2.22	2.34	3.05	2.76	2.54	2.59	2.55	2.57	2.66
21	2.68	2.41	2.43	2.71	2.08	2.92	2.18	2.39	3.82	2.46	2.40	3.02	2.21	3.17
22	3.39	2.16	2.21	2.03	2.15	2.13	2.17	2.25	2.25	2.28	2.26	2.25	2.46	3.23
23	4.15	4.25	3.38	4.47	3.34	2.39	2.48	3.00	2.89	5.80	3.61	3.39	4.53	4.23
24	2.97	2.50	4.60	2.18	2.46	2.15	2.08	2.19	2.01	2.25	2.21	2.39	2.39	2.58
25	2.65	2.42	2.56	2.30	2.04	2.30	2.52	3.05	3.09	2.92	2.50	2.54	2.57	2.50
26	2.86	2.31	2.41	2.40	2.30	2.05	2.28	2.40	2.79	3.34	4.01	2.37	2.36	2.75
27	2.61	2.24	5.10	6.41	2.00	2.32	2.30	2.25	1.99	2.19	3.63	4.05	2.39	2.93
28	2.28	2.26	2.37	2.14	2.11	2.07	2.29	2.35	2.23	2.63	2.31	2.34	2.28	2.34
29	2.46	2.26	2.32	2.20	2.19	2.09	2.21	2.91	2.62	2.40	2.46	2.42	2.44	2.52
30	2.72	2.33	2.37	2.19	2.11	2.08	2.20	2.54	2.49	2.47	2.35	2.57	2.36	2.63

11. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ของกลุ่มควบคุม
ระยะก่อนการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ของกลุ่มควบคุม ระยะก่อนการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	3.42	6.87	6.29	4.77	7.84	4.70	5.04	6.17	5.18	7.53	2.94	3.57	6.78	2.47
2	2.95	2.63	2.67	2.52	2.30	5.99	2.67	2.85	2.85	2.98	2.91	2.75	2.92	3.05
3	3.67	2.77	3.16	2.73	2.29	2.37	2.35	2.54	2.41	2.85	2.80	3.60	2.68	4.20
4	3.03	2.46	3.09	2.80	2.18	2.17	2.21	2.35	2.14	2.66	2.67	3.01	2.54	2.94
5	2.91	2.59	3.14	2.54	2.58	3.76	2.60	2.80	2.78	3.78	2.68	2.92	2.82	2.82
6	2.52	2.42	4.41	2.23	2.16	2.18	2.23	2.37	2.34	2.36	2.26	2.74	2.46	2.50
7	3.17	3.16	3.00	2.98	3.14	2.38	2.68	2.89	3.03	3.87	3.19	2.93	3.27	2.94
8	3.38	2.61	3.43	2.65	2.56	2.42	2.45	2.62	2.62	3.26	2.70	2.91	2.79	2.71
9	3.43	3.11	4.28	2.91	3.49	3.25	3.42	4.14	2.12	4.06	3.67	3.93	4.09	3.67
10	2.40	3.15	3.24	2.94	2.72	2.17	2.58	2.60	2.16	3.30	2.86	2.97	3.42	2.61
11	4.21	2.28	6.20	2.17	2.91	2.07	2.40	2.52	2.06	3.48	3.80	6.43	2.89	5.13
12	3.55	7.01	6.43	4.90	7.97	4.83	5.17	6.30	5.32	8.66	3.07	3.70	7.92	2.60
13	3.08	2.77	3.80	2.66	2.43	6.12	2.81	2.99	2.98	3.12	3.05	2.89	3.06	3.18
14	3.81	2.91	3.40	2.87	2.42	2.50	2.49	2.67	2.55	2.99	2.93	3.74	2.81	4.33
15	3.16	2.60	3.63	2.94	2.32	2.30	2.34	2.48	2.28	2.80	2.81	3.14	2.68	3.07
16	3.05	2.72	2.28	2.68	2.72	3.90	2.73	2.94	2.91	3.91	2.82	3.05	2.95	2.95
17	2.65	2.55	2.10	2.36	2.30	2.31	2.36	2.50	2.48	2.50	2.40	2.88	2.60	2.64
18	3.30	3.30	3.33	3.11	3.28	2.51	2.81	3.03	3.17	4.01	3.32	3.07	3.40	3.07
19	3.52	2.74	2.17	2.78	2.70	2.55	2.59	2.76	2.75	3.40	2.84	3.05	2.93	2.84
20	3.56	3.25	2.26	3.05	3.63	3.38	3.56	4.27	2.26	4.20	2.29	4.06	4.23	3.81
21	2.54	3.29	2.39	3.08	2.85	2.30	2.71	2.74	2.29	3.44	2.99	3.11	3.56	2.74
22	4.34	2.42	6.33	2.30	3.04	2.21	2.54	2.66	2.19	3.62	2.43	6.56	3.03	5.26
23	3.07	2.75	2.19	2.64	2.41	6.11	2.79	2.97	2.96	3.10	3.03	2.87	3.04	3.17
24	3.15	2.58	3.21	2.92	2.30	2.29	2.32	2.46	2.26	2.78	2.79	3.13	2.66	3.06
25	2.64	2.54	2.22	2.35	2.28	2.30	2.35	2.49	2.46	2.48	2.38	2.86	2.58	2.62
26	3.28	3.28	3.62	3.10	3.26	2.49	2.79	3.01	3.15	3.99	3.31	3.05	3.38	3.05
27	2.52	3.27	3.57	3.06	2.84	2.29	2.70	2.72	2.27	3.42	2.97	3.09	3.54	2.73
28	3.54	6.99	6.41	4.88	7.96	4.82	5.15	6.29	5.30	7.65	3.06	3.69	7.90	2.59
29	4.32	2.40	6.31	2.28	3.02	2.19	2.52	2.64	2.18	3.60	2.41	6.55	3.01	5.24
30	3.79	2.89	3.28	2.85	2.41	2.48	2.47	2.66	2.53	2.97	2.92	3.72	2.79	4.31

12. ผลการเก็บข้อมูลค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ของกลุ่มควบคุม
ระยะหลังการทดลอง

คนที่	พลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta2 ของกลุ่มควบคุม ระยะหลังการทดลอง													
	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4
1	3.11	2.45	2.54	2.52	2.22	2.43	2.18	2.33	2.19	2.58	2.31	5.37	2.40	3.05
2	2.62	2.49	2.53	2.35	2.45	2.32	5.31	3.05	2.33	2.91	2.89	2.61	2.90	3.18
3	2.71	3.01	2.62	2.63	2.38	2.30	2.53	2.81	2.22	2.80	2.91	2.72	3.04	2.99
4	2.48	2.54	2.42	2.38	2.41	2.92	2.32	2.57	2.15	3.13	2.68	2.43	3.18	3.05
5	2.69	2.37	2.92	2.32	2.36	3.54	2.38	2.58	2.56	3.56	2.46	2.70	2.60	2.60
6	3.42	2.31	3.14	2.21	2.17	2.17	2.26	2.44	2.09	2.41	2.31	2.60	2.46	3.02
7	2.95	2.94	2.78	2.76	2.92	2.16	2.46	2.67	2.81	3.65	2.97	2.71	3.05	2.72
8	3.16	2.39	3.21	2.43	2.34	2.20	2.23	2.40	2.40	3.04	2.48	2.69	2.57	2.49
9	3.43	2.85	3.41	2.52	2.53	2.38	2.49	2.90	2.19	3.48	3.42	5.18	3.68	3.20
10	2.38	2.33	2.36	2.21	2.18	2.17	2.21	2.26	2.15	2.32	2.32	2.46	2.35	2.44
11	3.59	2.29	2.71	6.00	2.22	2.31	3.04	2.23	2.17	2.56	2.50	5.85	2.72	3.52
12	3.76	3.10	3.19	3.17	2.87	3.08	2.83	2.98	2.84	3.23	2.96	6.02	3.05	3.70
13	3.27	3.14	3.18	3.00	3.10	2.97	5.96	3.70	2.98	3.56	3.54	3.26	3.55	3.83
14	3.36	3.66	3.27	3.28	3.03	2.95	3.18	3.46	2.87	3.45	3.56	3.37	3.69	3.64
15	3.13	3.19	3.07	3.03	3.06	3.57	2.97	3.22	2.80	3.78	3.33	3.08	3.83	3.70
16	3.34	3.02	3.57	2.97	3.01	4.19	3.03	3.23	3.21	4.21	3.11	3.35	3.25	3.25
17	4.07	2.96	3.79	2.86	2.82	2.82	2.91	3.09	2.74	3.06	2.96	3.25	3.11	3.67
18	3.60	3.59	3.43	3.41	3.57	2.81	3.11	3.32	3.46	4.30	3.62	3.36	3.70	3.37
19	3.81	3.04	3.86	3.08	2.99	2.85	2.88	3.05	3.05	3.69	3.13	3.34	3.22	3.14
20	4.08	3.50	4.06	3.17	3.18	3.03	3.14	3.55	2.84	4.13	4.07	5.83	4.33	3.85
21	3.03	2.98	3.01	2.86	2.83	2.82	2.86	2.91	2.80	2.97	2.97	3.11	3.00	3.09
22	4.24	2.94	3.36	6.65	2.87	2.96	3.69	2.88	2.82	3.21	3.15	6.50	3.37	4.17
23	3.17	3.04	3.08	2.90	3.00	2.87	5.86	3.60	2.88	3.46	3.44	3.16	3.45	3.73
24	3.03	3.09	2.97	2.93	2.96	3.47	2.87	3.12	2.70	3.68	3.23	2.98	3.73	3.60
25	3.97	2.86	3.69	2.76	2.72	2.72	2.81	2.99	2.64	2.96	2.86	3.15	3.01	3.57
26	3.50	3.49	3.33	3.31	3.47	2.71	3.01	3.22	3.36	4.20	3.52	3.26	3.60	3.27
27	2.93	2.88	2.91	2.76	2.73	2.72	2.76	2.81	2.70	2.87	2.87	3.01	2.90	2.99
28	3.66	3.00	3.09	3.07	2.77	2.98	2.73	2.88	2.74	3.13	2.86	5.92	2.95	3.60
29	4.14	2.84	3.26	6.55	2.77	2.86	3.59	2.78	2.72	3.11	3.05	6.40	3.27	4.07
30	3.26	3.56	3.17	3.18	2.93	2.85	3.08	3.36	2.77	3.35	3.46	3.27	3.59	3.54

ผลงานวิจัย

ศิริบุญญา หล้าเต๋น และเสรี ชัดเข้ม. (2560). การออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือตามแนวคิดของ
บลูมปรับใหม่. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, 15(2), 1-11.

พิชัย กันทะชัย, ศิริบุญญา หล้าเต๋น, นรากร สารีแท้, กัลยา มั่นล้วน, วิทยา พยัคฆ์พันธ์, และกนิษฐ
ศรีปานแก้ว. (2563). ผลของการสัมผัสโกลูอินความเข้มข้นต่ำต่อการเรียนรู้และความจำใน
หนูทดลอง. *ศรีนครินทร์เวชสาร*, 35(5), 603-608.

ศิริบุญญา หล้าเต๋น, กนก พานทอง, และยุทธนา จันทะชิน. (2564). ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์
แนวคิดของบลูมร่วมกับตัวแบบ Four I's เพื่อเพิ่มความสามารถการคิดวิเคราะห์สำหรับ
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัย
ราชภัฏมหาสารคาม*, 5(3), 138-147.