การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

วุฒิพงษ์ ประทุมมา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤศจิกายน 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ วุฒิพงษ์ ประทุมมา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแช้ม)

สิริกรานต์ จันทเปรมจิตต์.....กรรมการ
(ดร.สิริกรานต์ จันทเปรมจิตต์)

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี) และวิทยาการปัญญา
วันที่ 10 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยแผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562 ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติเป็นอย่างสูง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำทางด้านวิชาการ ตลอดจนชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาอุปสรรค ข้อบกพร่องต่าง ๆ ในระหว่างดำเนินการวิจัย ด้วยความเอาใจใส่และปรารถนาดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเพื่อน ๆ พี่ ๆ นิสิตวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาทุกท่านที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งยังให้ความรู้และประสบการณ์แก่ผู้วิจัย ส่งผลให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ได้แก่ ดร.ชลฤทัย ทวีแสง กระทรวงศึกษาธิการ ดร.ขวัญ เพียซ้าย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และ ดร.ปิยะทิพย์ ประดุจพรม วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ที่ได้ให้ความกรุณาและอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี และโรงเรียนชลราษฎรอำรุง อนุญาตการดำเนินการวิจัย อนุเคราะห์สถานที่ และกรุณาให้เก็บข้อมูลในการวิจัยเป็นอย่างดี และคณะครู บุคลากรทุกท่านที่สนับสนุนด้วยดี

ขอขอบพระคุณครูจันทนา เปรมฤดีปรีชาชาญ ครูโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี ที่เป็นผู้ช่วยผู้วิจัยในการทดลองและครูกุหลาบ สำราญสุข ครูโรงเรียนชลราษฎรอำรุง ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลการวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจนให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่สาว ที่เป็นกำลังใจสำคัญ และให้การช่วยเหลือสนับสนุนดูแลผู้วิจัยในทุกด้าน คุณประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ครอบครัว ครู อาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

วุฒิพงษ์ ประทุมมา

58910048: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา; วท.ม. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)
คำสำคัญ: Model-Eliciting Activities/ ความคิดสร้างสรรค์/ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์/ นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

วุฒิพงษ์ ประทุมมา: การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL CREATIVITY BASED ON MODEL-ELICITING ACTIVITIES FOR GIFTED UPPER SECONDARY STUDENTS IN SCIENCE AND MATHEMATICS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: พูลพงศ์ สุขสว่าง, ค.ด. 155 หน้า ปี พ.ศ. 2561.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities 2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities และ 3) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองระหว่างกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี และโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จำนวน 72 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ กิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ แบบวัดระดับเชาว์ปัญญา แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที (*t*-test) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA)

ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) กิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities มี 6 ขั้นตอน คือ 1. Model-construction principle 2. Reality principle 3. Self-assessment principle 4. Model-documentation principle 5. Shared-ability and Reusability principle และ 6. Effective prototype principle 2) นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

58910048: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE;
KEYWORDS: MODEL ELICITING ACTIVITIES/ CREATIVITY/ MATHEMATICAL CREATIVITY/ GIFTED STUDENTS IN SCIENCE AND MATHEMATICS

WUTTIPONG PRATUMMA: DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL CREATIVITY BASED ON MODEL-ELICITING ACTIVITIES FOR GIFTED UPPER SECONDARY STUDENTS IN SCIENCE AND MATHEMATICS. ADVISORY COMMITTEE: POONPONG SUKSAWANG, Ph.D. 155 P., 2018.

The purposes of this research were to: 1) create activities to develop mathematical creativity based on Model-Eliciting Activities, 2) compare the mathematical creativity score of students before and after an experiment, and 3) compare the mathematical creativity score between groups. The samples were 72 students from Princess Chulabhon science high school Chonburi and Chonradsadornumrung school Chonburi, divided into three groups of 24 students. The research instruments were mathematical creativity activity, Intelligence tests, Torrance tests of creative thinking, and mathematical creativity tests. The data were analyzed by mean, standard deviation, *t*-test and one way ANOVA.

The results revealed that: 1) mathematical creativity activities based on Model-Eliciting Activities consisted of six steps including: 1. Model-construction principle 2. Reality principle 3. Self-assessment principle 4. Model-documentation principle 5. Shared-ability and Reusability principle and 6. Effective prototype principle. 2) The mathematical creativity score of the experimental group after learning was higher than that observed before the experiment at a .05 level of significance, and 3) The student group receiving the mathematical creativity activity based on Model-Eliciting Activities had a higher mathematical creativity score than the students who received conventional activities at a .05 level of significance.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่
1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
กรอบแนวคิดในการวิจัย 4
สมมติฐานของการวิจัย 8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
ขอบเขตของการวิจัย 8
นิยามศัพท์เฉพาะ 9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
ตอนที่ 1 ความคิดสร้างสรรค์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
ตอนที่ 2 ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26
ตอนที่ 3 Model-Eliciting Activities และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 53
3 วิธีดำเนินการวิจัย 65
ระยะที่ 1 การสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ 65
ระยะที่ 2 การศึกษาผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ 76

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4 ผลการวิจัย 85

ตอนที่ 1 ผลการสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ 86

ตอนที่ 2 ผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ 88

5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 104

สรุปผลการวิจัย 104

อภิปรายผลการวิจัย 106

ข้อเสนอแนะ 110

บรรณานุกรม 111

ภาคผนวก 122

ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 123

ภาคผนวก ข คะแนนการทดสอบและผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา 146

ภาคผนวก ค รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและเอกสารที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 150

ประวัติย่อของผู้วิจัย 155

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3–1 กำหนดการจัดกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ รายวิชาแคลคูลัสเบื้องต้น จำนวน 12 ชั่วโมง 69

3–2 แผนการจัดกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs 71

3–3 กลุ่มตัวอย่าง 77

3–4 แบบแผนการทดลอง 78

3–5 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง 83

4–1 กิจกรรมและบทความของกิจกรรม 87

4–2 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 88

4–3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 90

4–4 ผลการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการฝึกของกลุ่มตัวอย่าง (Test of homogeneity of variances) ด้วยวิธีการทดสอบ Levene’s test 91

4–5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่างโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) 91

4–6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 92

4–7 ผลการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกของกลุ่มตัวอย่าง (Test of homogeneity of variances) ด้วยวิธีการทดสอบ Levene’s test 93

4–8 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) 94

4–9 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกและหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs 95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4–10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs 96

4–11 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมอื่น 97

4–12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 98

4–13 ผลการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกของกลุ่มตัวอย่าง (Test of homogeneity of variances) ด้วยวิธีการทดสอบ Levene’s test 100

4–14 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) 101

4–15 ผลการการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกของแต่ละกลุ่มตัวอย่างรายคู่ (Multiple comparisons) โดยวิธีการของ Tukey 102

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1–1	กรอบแนวคิดของการวิจัย	7
2–1	การเชื่อมต่อหน้าที่ของสมองในการคิดแบบอเนกนัย	19
2–2	ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมตาม MEAs	60
3–1	ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์	66
3–2	สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	80
4–1	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	90
4–2	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	93
4–3	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities	97
4–4	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	99

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถทางสมองที่แสดงออกทางพฤติกรรม ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกันกับความคิดของคนอื่น และแตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดจากเดิมที่มีอยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ ความสามารถในการจัดกลุ่มหรือประเภท การดัดแปลงความรู้ และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจนหรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น (Guilford, 1967) ความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะที่สำคัญของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้กับบุคลากร องค์กร นักเรียน นักศึกษา หรือบุคคลในทุกระดับ จึงถือเป็นเรื่องที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ จากความสำคัญของการพัฒนาการศึกษาเพื่อให้ทันต่อการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 ประเทศไทยจำเป็นต้องวางแนวทางใหม่ในการพัฒนาระบบการศึกษาที่ต้องเรียนให้บรรลุทักษะ ทั้ง 3 ทักษะ คือ ทักษะชีวิตและการทำงาน ทักษะการเรียนรูและนวัตกรรม และทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี (วิจารณ์ พาณิชย์, 2556, หน้า 11)

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยเหตุผล กระบวนการคิด และการแก้ปัญหา สามารถคาดการณ์ วางแผนและตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม และเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นอีกทักษะหนึ่งที่ควรส่งเสริมผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550) ทั้งนี้จากรายงานผลการทดสอบคุณภาพผู้เรียนระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Testing: O-NET) ปีการศึกษา 2558 โดยสำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งจากรายงานการทดสอบดังกล่าว พบว่า กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีคะแนนต่ำสุดรองจากสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ และแนวทางในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ คือ การพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิด เสริมสร้างทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การเชื่อมโยง และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซึ่งต้องพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะให้ครบทุกด้าน (สำนักงานทดสอบทางการศึกษา, 2559)

กระบวนการในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จึงเป็นทักษะที่นักเรียนในปัจจุบันควรได้รับการพัฒนา โดยความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical creativity) เป็นความคิดสร้างสรรค์เฉพาะทาง (Domain specific creativity) ซึ่งเป็นความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ในสาขาวิชาหรือวิชาชีพเฉพาะทาง (Baer, 2016) โดยความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาที่กำหนด การจัดการปัญหาที่เหมาะสมสามารถใช้วิธีการจัดการกับสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยทางคณิตศาสตร์ การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ การค้นพบความสัมพันธ์ การจัดระเบียบโครงสร้างของทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ (Nadjafikhah, Yaftian, & Bakhshalizadeh, 2012)

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะเฉพาะของความคิดและผลผลิตจากความคิดที่เป็นเอกลักษณ์ เป็นการตอบสนองที่แปลกใหม่เมื่อเทียบกับงานทางคณิตศาสตร์ประเภทอื่น ๆ ที่เป็นแนวเป็นการตอบกลับที่แตกต่าง ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง จำนวนของแนวคิดและความสามารถในการตอบสนองที่แตกต่างต่อคำถามทางคณิตศาสตร์ วิธีที่แตกต่างจากเดิมในการแก้ปัญหา และความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำนวนโดยทั่วไปให้เป็นกลุ่ม เป็นประเภทเดียวกันหรือแยกแยะประเภทของจำนวนได้ (Lee, Hwang, & Seo, 2003) เพื่อการพัฒนาบุคคลให้มีความพร้อมทางด้านความคิดสร้างสรรค์ การเรียนการสอนในโรงเรียนจึงควรเป็นไปในลักษณะที่เอื้อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์เพื่อที่จะพัฒนาคุณภาพของนักเรียนและคุณภาพของโรงเรียนให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นได้ (Sternberg, 2016)

เนื่องจากปัจจุบันโรงเรียนทั่วไปไม่ได้ให้ความสำคัญกับความคิดสร้างสรรค์ ครูคิดว่าความคิดสร้างสรรค์ไม่แตกต่างจากความฉลาดทั่วไป ไม่สามารถจัดการการศึกษา ไม่เห็นคุณค่าของความคิดสร้างสรรค์หรือไม่ทราบวิธีการสอนสำหรับความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์แตกต่างจากความฉลาดทั่วไป (Sternberg, 2016) ครูไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างแนวความคิดสร้างสรรค์และคุณลักษณะที่ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นจึงถือเป็นข้อจำกัดด้านความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นสิ่งสำคัญสำหรับครูในโรงเรียน (Newton & Beverton, 2012) และยังมีครูที่สอนแบบดั้งเดิม การเรียนรู้แบบท่องจำ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการให้เหตุผลแบบลอกเลียนและการไม่มีเหตุผลที่สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งพบในข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการให้เหตุผลนั้นเกี่ยวข้องกับกระบวนการคิด ความสามารถของนักเรียนและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่สามารถอธิบายสาเหตุและผลกระทบของการใช้เหตุผลที่แตกต่างกัน (Lithner, 2008) ครูยังติดกับการเรียนการสอนอย่างสร้างสรรค์มากกว่าการเรียนการสอนสำหรับความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่แคบสำหรับครูในการเตรียมความพร้อมเพื่อเข้าสู่การเป็นครูในยุคสมัยใหม่และมีความยากในการระบุวิธีการให้กำลังใจและการประเมินความคิดสร้างสรรค์ในชั้นเรียน ปัญหาดังกล่าวนี้แสดงให้

เห็นว่าแนวความคิดของความคิดสร้างสรรค์จะต้องได้รับการแก้ไขและพัฒนาโดยตรงในการศึกษา (Bolden, Harries, & Newton, 2010)

การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สำหรับพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ในอดีตจนถึงปัจจุบันจึงได้มีนักวิจัยได้ทำการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไว้หลายวิธีการ อาทิเช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (รุ่งนภา นรมาตย์, 2556) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (ธัญญารัตน์ โกมลเกียรติ, 2557) ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้เทคนิคระดมสมอง (ชนัญณิชา เกษาพันธ์, 2558) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีเปิด (พัทธยากร บุสสยา, 2559) หลักการหาคำตอบที่หลากหลาย (Levav-Waynberg & Leikin, 2012) เป็นต้น ซึ่งวิธีการที่ใช้มาข้างต้นยังเป็นวิธีการที่ยังไม่ได้ระบุว่าเป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้ผลดีที่สุด ทั้งนี้ Model-Eliciting Activities (MEAs) เป็นอีกวิธีการหนึ่งซึ่งสามารถนำมาพัฒนาความสามารถของนักเรียน เพื่อการสนับสนุนให้นักเรียนมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่มีลักษณะเช่นเดียวกับนักคณิตศาสตร์ และ MEAs ได้รับการออกแบบมาเพื่อตรวจสอบความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยได้รับการรับรองจากสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ (National council of teachers of mathematics, 2013) เป็นวิธีการเพื่อการพัฒนาความคิดของผู้เรียน MEAs ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาสำหรับพัฒนาความคิดให้ลึกซึ้งและสูงขึ้นในวิชาคณิตศาสตร์ และออกแบบกิจกรรมโดยอาศัยหลักการทั้ง 6 หลักการ (Lesh & Lamon, 1992, p. 20)

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เป็นโรงเรียนขนาดกลางที่มีภารกิจตามนัยของมติคณะรัฐมนตรีในการประชุมเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2553 ให้กระทรวงศึกษาธิการดำเนินงานโครงการพัฒนาโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยทั้ง 12 แห่ง ให้เป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคซึ่งโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคมีภารกิจในการศึกษาค้นคว้า และดำเนินการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ทั้งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ในลักษณะของโรงเรียนประจำ เพื่อเป็นการกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่มีกระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศและเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสให้กับนักเรียนกลุ่มด้อยโอกาส และขาดแคลนทุนทรัพย์ ทั้งนี้เพื่อพัฒนานักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เหล่านั้นไปสู่ ความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้นด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีความที่มีความสามารถระดับสูงเยี่ยม เทียบเคียงกับนักวิจัยชั้นนำของนานาชาติ (World class) (โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย, 2559, หน้า 1)

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาคุณภาพนักเรียน คุณภาพการศึกษา และคุณภาพของประเทศ ทั้งนี้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้เป็นนักคณิตศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ นักประดิษฐ์ นวัตกรและนักวิจัยในอนาคต จึงต้องสร้างนักเรียนกลุ่มดังกล่าวให้มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนานักเรียนและพัฒนาการศึกษาให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

2. เพื่อศึกษาผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในประเด็นดังนี้

2.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities

2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities กับกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมอื่น

กรอบแนวคิดในการวิจัย

Model-Eliciting Activities (MEAs) เป็นโมเดลการพัฒนาความสามารถของนักเรียนที่ถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในช่วงกลางทศวรรษ 1970 โดยนักการศึกษาคณิตศาสตร์ เพื่อการสนับสนุนให้นักเรียนมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่มีลักษณะเช่นเดียวกับนักคณิตศาสตร์ และ MEAs ได้รับการออกแบบมาเพื่อตรวจสอบความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยได้รับการรับรองจากสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ (National council of teachers of mathematics, 2013) ตามแนวคิดของ Lesh and Lamon (1992, p. 20) ผู้วิจัยได้สรุปหลักการดังกล่าวของ Model-Eliciting Activities (MEAs) เป็นขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยจัดเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. Model-construction principle เป็นขั้นตอนของการกำหนดปัญหาที่ครูต้องออกแบบปัญหาให้ครอบคลุม มีการกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน ครอบคลุม ปัญหาต้องประกอบด้วยข้อมูลด้านปริมาณ ความสัมพันธ์ การดำเนินการ และรูปแบบ เพื่อที่นักเรียนจะสามารถนำปัญหาดังกล่าวไปวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. Reality principle เป็นการกำหนดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือใกล้เคียงกับความจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน และสร้างเป็นสถานการณ์ในรูปของบทความ โดยให้นักเรียนอ่านบทความจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหา แนวทางการแก้ปัญหา แล้วตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับบทความ

3. Self-assessment principle นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 - 5 คน ร่วมกันวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ความสัมพันธ์และการดำเนินการ นักเรียนทุกคนประเมินการแก้ปัญหาว่ามีแนวทางในการแก้ปัญหาใดที่มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ พร้อมอธิบายเหตุผล ร่วมกันแสดงแนวคิดวิธีการ และความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ปัญหา

4. Model-documentation principle นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในแหล่งเรียนรู้ เช่น หนังสือเรียน สารสนเทศ บทความ เป็นต้น แล้ววิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม มีการแสดงความคิดในการแก้ปัญหาในรูปแบบของเอกสารประกอบ โดยนักเรียนสรุปเป็นวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเอง

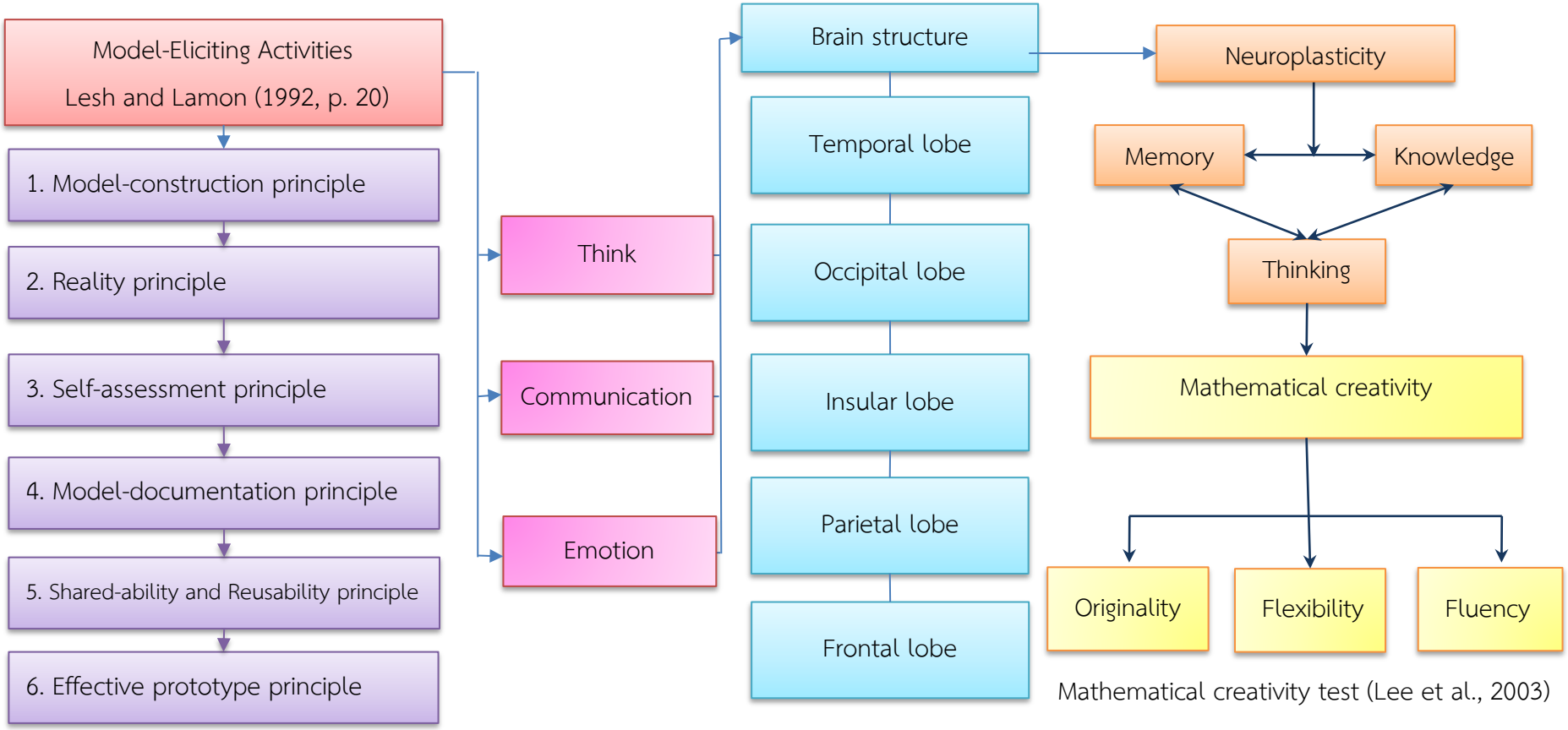
5. Shared-ability and Reusability principle นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน แล้วให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายถึงความแตกต่าง และวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา มโนทัศน์คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และวิธีการที่เหมะสมที่สุด

6. Effective prototype principle นักเรียนและครูร่วมกันปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหาให้ได้ผลดีที่สุด แล้วร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา พร้อมทั้งนำวิธีการที่ได้ให้นักเรียนแก้ปัญหาอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน นักเรียนสามารถนำแนวทางในการแก้ปัญหาของตนไปใช้กับปัญหาอื่นที่คล้ายกันได้

จากหลักการในการจัดกิจกรรมทั้ง 6 ขั้นตอน เป็นลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ (Lesh & Lamon, 1992) นักเรียนเกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหา (Think) กระตุ้นการทำงานของสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสมองส่วนหน้าส่งผลต่อการเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ (Flaherty, 2005) และการทำงานของสมองส่วนหน้ามีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความคิดสร้างสรรค์และการคิดแบบอเนกนัย (Beaty, Benedek, Silvia, & Schacter, 2016) กระบวนการสื่อสารและการใช้ภาษา เป็นการพัฒนาสมองแบบองค์รวม เกิดการยืดหยุ่นของเซลล์ประสาท (Neuroplasticity) และทำให้กระบวนการทางปัญญา (Cognitive

process) นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ (Heilman, 2016) เมื่อนักเรียนเกิดความรู้สึกมีความสุขและมีความพึงพอใจในการจัดการกับปัญหา และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Communication) อย่างมีความสุขระหว่างนักเรียน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ (Emotion) สามารถปรับสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) ในสมอง ทำให้ MEAs เป็นวิธีการที่ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

Bogen (1995, pp. 45-52) ได้เสนอโมเดลของกระบวนการผลิตความคิดสร้างสรรค์โดยสมองของมนุษย์ ว่าเมื่อร่างกายได้รับสิ่งกระตุ้น (Stimulus) ที่อยู่ในระดับการตอบสนองอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการส่งผ่านประสาท (Neural Signaling) ไปยังตำแหน่งจำเพาะของการทำงานสมอง (Specific brain areas) เมื่อสมองในพื้นที่ต่าง ๆ ถูกกระตุ้น (Activation) จะทำให้เกิดการยืดหยุ่นของเซลล์ประสาท (Neuroplasticity) จากโครงสร้างทางระบบประสาทที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเหมาะสมจะทำให้หน้าที่ในกระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) ประกอบด้วย ความจำ ส่งผลต่อความรู้และทำให้เกิดการคิดที่มีลักษณะเกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ คือ ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่อง (Fluency) และความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) สรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพที่ 1–1



ภาพที่ 1–1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

1. กิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพ

2. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการฝึกกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities มีคะแนนเฉลี่ยของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการฝึกกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities มีคะแนนเฉลี่ยของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้กิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนว Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ ทำให้มีทางเลือกในการพัฒนาความสามารถของนักเรียน

2. ได้แนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาศักยภาพด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความเหมาะสมกับนักเรียนไทย สามารถนำไปใช้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้

3. ได้วิธีการในการกระตุ้นสมองทั้งสองซีก เพื่อเพิ่มพูนทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

4. สามารถใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมไปพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้านอื่น ๆ เช่น ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางศิลปะ ความคิดสร้างสรรค์เฉพาะทาง เป็นต้น

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยมีขอบเขตของการศึกษาดังนี้

ประชากร คือ นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จำนวน 1,122 คน โดยแบ่งเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนในโครงการนักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ในภาคตะวันออก ได้แก่ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี สังกัดคณะกรรมการพัฒนาโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยให้เป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค กระทรวงศึกษาธิการจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 432 คน

และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ สำหรับพัฒนาและส่งเสริมผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ในภาคตะวันออก จำนวน 16 โรงเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 690 คน

ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

1. ตัวแปรอิสระ คือ กิจกรรม 3 รูปแบบ ประกอบด้วย

1.1 กิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

1.2 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนฉบับย่อ กลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย

1.3 กิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551

2. ตัวแปรตาม คือ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (หน่วยวัดเป็นคะแนน)

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Creativity) หมายถึง เป็นความสามารถทางสมองที่คิดแบบอเนกนัย ความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาที่กำหนด การจัดการปัญหาที่เหมาะสมสามารถใช้วิธีการจัดการกับสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยทางคณิตศาสตร์ การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ การค้นพบความสัมพันธ์ การจัดระเบียบโครงสร้างของทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น

ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะเฉพาะของความคิดและผลผลิตจากความคิดที่เป็นเอกลักษณ์ เป็นการตอบสนองที่แปลกใหม่เมื่อเทียบกับงานทางคณิตศาสตร์ประเภทอื่น ๆ ที่เป็นแนวเป็นการตอบกลับที่แตกต่าง ต่างจากเดิมและฉลาด เป็นการขยายแนวความคิดเดิมที่เป็นประโยชน์ให้เกิดการสร้างสรรค์

ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง จำนวนของแนวคิดและความสามารถในการตอบสนองที่แตกต่างต่อ คำถามทางคณิตศาสตร์ เป็นจำนวนของการตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับงานทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับความต่อเนื่องของความคิด ความลื่นไหลของการคิดและการประยุกต์ใช้ความรู้พื้นฐานและสากล ทักษะนี้สามารถพัฒนาได้ในนักเรียนเมื่อมีการเรียนรู้เกี่ยวกับการคิดของความคิดที่แตกต่างกันสำหรับการเขียน การวาดภาพหรือการพูด และการคิดหาวิธีที่แตกต่างจากเดิมในการแก้ปัญหา

ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำนวนโดยทั่วไปให้เป็นกลุ่ม เป็นประเภทเดียวกัน หรือแยกแยะประเภทของจำนวนได้ เป็นการเปลี่ยนแปลงในประเภทหรือ

วิธีการในการตอบสนองต่องานทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด เป็นความสามารถในการสร้างความหลากหลายของความคิดและความหลากหลายของคำตอบ ความคิดยืดหยุ่นยังหมายถึงจำนวนการจัดประเภทของความคิดและความแตกต่างของวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

MEAs หมายถึง วิธีการสอนตามแนว Model-Eliciting Activities ประกอบด้วย 6 หลักการในการสร้างวิธีการสอน ซึ่งผู้วิจัยได้สังเคราะห์หลักการของ MEAs เป็นขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็น 6 ขั้นตอน คือ 1) Model-construction principle 2) Reality principle 3) Self-assessment principle 4) Model-documentation principle 5) Shared-ability and Reusability principle และ 6) Effective prototype principle

Model-construction principle หมายถึง ขั้นตอนของการกำหนดปัญหาการจัดกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เป็นขั้นตอนแรกของ MEAs โดยการออกแบบปัญหาให้ครอบคลุม มีการกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน ครอบคลุม ปัญหาต้องประกอบด้วยข้อมูลด้านปริมาณ ความสัมพันธ์ การดำเนินการ และรูปแบบ เพื่อที่นักเรียนจะสามารถนำปัญหาดังกล่าวไปวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาได้

Reality principle หมายถึง ขั้นตอนของการสร้างปัญหาที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือใกล้เคียงกับความจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน และสร้างเป็นสถานการณ์ในรูปของบทความให้เป็นเรื่องราวที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้ แล้วให้นักเรียนอ่านบทความจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหา แนวทางการแก้ปัญหา ครูซักถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับบทความ

Self-assessment principle หมายถึง ขั้นตอนการประเมินความคิดของนักเรียนและให้นักเรียนร่วมกันแบ่งปันความรู้ โดยนักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 - 5 คน ร่วมกันวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ความสัมพันธ์และการดำเนินการ นักเรียนทุกคนประเมินการแก้ปัญหาว่ามีแนวทางในการแก้ปัญหาใดที่มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ พร้อมอธิบายเหตุผล ร่วมกันแสดงแนวคิดวิธีการ และความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ปัญหา

Model-documentation principle หมายถึง ขั้นตอนการสืบค้นข้อมูลและจัดทำเอกสาร นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในแหล่งเรียนรู้ เช่น หนังสือเรียน สารสนเทศ บทความ เป็นต้น แล้ววิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม มีการแสดงความคิดในการแก้ปัญหาในรูปแบบของเอกสารประกอบ โดยนักเรียนสรุปเป็นวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเอง

Shared-ability and Reusability principle หมายถึง ขั้นตอนการแบ่งปันแนวคิดและวิธีการระหว่างกลุ่ม นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน แล้วให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายถึงความแตกต่าง และวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา มโนทัศน์คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

และวิธีการที่เหมะสมที่สุด ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทุกคนต้องร่วมกันแสดงแนวคิด อภิปรายข้อดี ข้อเสียของแต่ละกลุ่ม แล้วร่วมกันสรุปเป็นวิธีการที่ดีที่สุด

Effective prototype principle เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการจัดกิจกรรมตามแนว MEAs โดยนักเรียนและครูร่วมกันปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหาให้ได้ผลดีที่สุด แล้วร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา พร้อมทั้งนำวิธีการที่ได้ให้นักเรียนแก้ปัญหาอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน จากนั้นนักเรียนสามารถนำแนวทางในการแก้ปัญหาของตนไปใช้กับปัญหาอื่นที่คล้ายกันได้

นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Gifted students in science and mathematics) หมายถึง นักเรียนที่ได้รับการคัดเลือกให้เข้าศึกษาในระดับระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนในโครงการนักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สังกัดคณะกรรมการพัฒนาโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยให้เป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค และนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ สำหรับพัฒนาและส่งเสริมผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ในภาคตะวันออก สังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และศึกษาผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนว Model-Eliciting Activities โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์กับกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมอื่น ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรม แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องตามกรอบแนวคิดของการวิจัย แบ่งได้เป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความคิดสร้างสรรค์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของความคิดสร้างสรรค์
2. ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

ตอนที่ 2 ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
2. ทฤษฎีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
3. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
5. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 3 Model-Eliciting Activities และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายและแนวคิดพื้นฐานของ Model-Eliciting Activities
2. ลักษณะการเรียนรู้ตามแนวคิด Model-Eliciting Activities
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Model-Eliciting Activities ในชั้นเรียน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ Model-Eliciting Activities

ตอนที่ 1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)

การสร้างสรรค์ (Creativity) จากพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน ปีพุทธศักราช 2554 ให้ความหมายว่า เป็นคำกริยา หมายถึง สร้างให้มีให้เป็นขึ้น (มักใช้ทางนามธรรม) เช่น สร้างสรรค์ความสุขความเจริญให้แก่สังคม เป็นคำวิเศษ หมายถึง มีลักษณะริเริ่มในทางดี เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ศิลปะสร้างสรรค์ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2554 หน้า 1178)

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 3) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ในแง่มุมใหม่ หรือเป็นการกระทำสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวหรือไม่ซ้ำแบบใครมีความแปลกใหม่เป็นการเชื่อมโยงสิ่งที่ไม่มีความสัมพันธ์กันให้เป็นสิ่งใหม่ได้อย่างเหมาะสม

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559, หน้า 3) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การคิดประเภทหนึ่ง มีลักษณะเป็นการคิดนอกกรอบต่างจากการคิดเดิมที่มีอยู่มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้ความคิดใหม่ การคิดริเริ่ม หรือการคิดต้นแบบ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดี ประเภทของความคิดสร้างสรรค์ แบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทความเปลี่ยนแปลง (Innovation) คือ แนวคิดที่เป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ เช่น ทฤษฎีใหม่ การประดิษฐ์สิ่งใหม่ เป็นต้น เป็นการคิดโดยภาพรวมมากกว่าแยกเป็นส่วนย่อย บางครั้งเรียกว่า “นวัตกรรม” ที่เป็นการนำเอาสิ่งใหม่มาใช้เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น การใช้สมองกล เป็นต้น

2. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทการสังเคราะห์ (Synthesis) คือ การผสมผสานแนวคิดจากแหล่งต่าง ๆ เข้าด้วยกันแล้วก่อให้เกิดแนวคิดอันมีคุณค่า เช่น การนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาการบริหาร การใช้หลักการคำนวณของลูกคิดและหลักทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาผสมผสานเป็นคอมพิวเตอร์ ซึ่งกลายเป็นศาสตร์อีกสาขาหนึ่ง

3. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทต่อเนื่อง (Extension) เป็นการผสมผสานกันระหว่างความคิดสร้างสรรค์ประเภทเปลี่ยนแปลงกับความคิดสร้างสรรค์ประเภทสังเคราะห์ คือ เป็นโครงสร้างหรือกรอบที่ได้กำหนดไว้กว้าง ๆ แต่ความต่อเนื่องเป็นรายละเอียดที่จำเป็นในการปฏิบัติงานนั้น เช่น งานอุตสาหกรรม การสร้างรถยนต์ ซึ่งในแต่ละปีจะมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจากต้นแบบเดิม

4. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทลอกเลียน (Duplication) เป็นลักษณะการจำลอง หรือลอกเลียนแบบจากความสำเร็จอื่น ๆ โดยอาจจะปรับปรุงเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเพียงเล็กน้อยแต่ส่วนใหญ่ยังคงแบบเดิมอยู่

Guilford (1967, p. 61) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดแบบอเนกนัย (Divergent thinking) คือ คิดหลายทาง หลายแง่มุม คิดกว้างไกล ลักษณะการคิด

เช่นนี้นำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์แปลกใหม่ รวมทั้งการแก้ปัญหาได้สำเร็จ เป็นสิ่งที่นำไปสู่ความรู้ใหม่ ๆ การคิดแบบเอกนัยนี้ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

Torrance (1972, pp. 114-143) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการของความรู้สึกไวต่อปัญหาหรือสิ่งที่บกพร่องขาดหายไป แล้วจึงรวบรวมความคิดหรือตั้งเป็นสมมติฐานทำการทดสอบสมมติฐาน และเผยแพร่สิ่งที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานนั้น

Sternberg and Lubart (1993, p. 229) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือความสามารถในการสู้สถานการณ์ใหม่หรืองานใหม่ แก้ปัญหาด้วยความคิดสร้างสรรค์ แสดงออกในสองลักษณะคือ รู้แจ้งในปัญหาและวิธีแก้ปัญหาใหม่ อีกลักษณะหนึ่งคือการคิดและแก้ปัญหาใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยอัตโนมัติ

Albert and Runco (1999, p. 16) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการผลิตงานที่มีทั้งความแปลกใหม่และเหมาะสม เป็นการปรับตัวที่เกี่ยวข้องกับข้อจำกัดของงาน ความคิดสร้างสรรค์เป็นหัวข้อที่มีขอบเขตกว้างซึ่งมีความสำคัญทั้งในระดับบุคคลและระดับสังคม สำหรับการทำงานที่หลากหลาย

Mangrulkar, Whitman, and Posner (2001, pp. 19-24) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการรับรู้สภาพของสังคม ความเชื่อ ค่านิยม แล้วนำสิ่งที่รับรู้มาทำให้เป็นสิ่งใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่น

Mumford (2003, p. 107) กล่าวว่า นิยามความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ในช่วงสิบปีที่ผ่านทำให้ได้ข้อตกลงทั่วไปของความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่มีประโยชน์

Bessant, Whyte, and Neely (2005, p. 3) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการคิดออกไปอย่างกว้างขวาง โดยไม่ยึดติดอยู่ในกรอบเป็นความสามารถของมนุษย์ทั่วไป ไม่ใช่การเชี่ยวชาญหรือการมีพรสวรรค์

Amabile, Barsade, Mueller, and Staw (2005, p. 368) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ผลผลิตของความคิดแบบใหม่ที่มีประโยชน์ ความคิดหรือการแก้ปัญหา รวมถึงกระบวนการของการสร้างแนวคิดหรือการแก้ปัญหาและความคิดที่เกิดขึ้นจริงหรือคำตอบของปัญหา

Peter (2009, p. 98) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถที่จะเกิดขึ้นด้วยความคิดหรือสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่และน่าแปลกใจ คนที่มีความคิดสร้างสรรค์มักจะสามารถมองเห็นหรือเข้าใจในสิ่งที่ไม่มีใครสังเกตเห็น หรือไม่มีใครเข้าใจ ความคิดใหม่ ๆ ที่เป็นต้นฉบับและมีคุณค่า

จากการศึกษาแนวคิดและความหมายของความคิดสร้างสรรค์ สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถทางสมองที่แสดงออกทางพฤติกรรม ซึ่งเป็นความสามารถในการมองมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ในแง่มุมใหม่ มีความคิดหลายทาง หลายแง่มุม คิดกว้างไกล สามารถนำเอาประสบการณ์เดิม ๆ มาสร้างสิ่งใหม่ ๆ ได้อย่างมีเอกลักษณ์ ความคิดสร้างสรรค์เป็นการนำความรู้ของบุคคลมาทำให้เป็นสิ่งใหม่ ๆ ที่มีประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่น เป็นความสามารถของมนุษย์โดยทั่วไป

2. ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์

Graham Wallas (1926) ได้เสนอว่ากระบวนการของความคิดสร้างสรรค์เกิดจากการคิดสิ่งใหม่ ๆ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. ขั้นเตรียมการ คือการหาข้อมูลหรือระบุปัญหา

2. ขั้นความคิดกำลังฟักตัว คือการอยู่ในความสับสนวุ่นวายของข้อมูลที่ได้มา

3. ขั้นความคิดกระจ่างชัด คือขั้นที่ความคิดสับสนได้รับการเรียบเรียงและเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน ทำให้เห็นภาพรวมของความคิด

4. ขั้นทดสอบความคิดและพิสูจน์ให้เห็นจริง คือขั้นที่รับความคิดเห็นจากสามขั้นแรกข้างต้นมาพิสูจน์ว่าจริงหรือถูกต้องหรือไม่

Rossman (1931, pp. 522-528) ได้ศึกษากระบวนการสร้างสรรค์โดยใช้แบบสอบถามถามนักประดิษฐ์ ได้แบบสอบถามเสร็จสมบูรณ์จากนักประดิษฐ์ 710 ฉบับ ทำการวิเคราะห์และสรุปผลออกมาเป็นการขยายขั้นตอนการเกิดความคิดสร้างสรรค์เดิมของ Wallas จาก 4 ขั้นตอน ขยายเป็น 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. สังเกตความต้องการหรือความยากของสิ่งที่ต้องการคิด

2. วิเคราะห์ความต้องการ

3. สำรวจข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่

4. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาทั้งหมดหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ

5. การวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาเหล่านั้นหรือผลที่ได้รับในด้านดีและเสีย

6. เกิดความคิดใหม่ หรือประดิษฐ์ใหม่

7. การทดลองเพื่อทดสอบแนวทางที่มีแนวโน้มเป็นไปได้มากที่สุด และการเลือกผลลัพธ์ที่สมบูรณ์ในขั้นสุดท้าย

Hutchinson (1949) มีความคิดคล้าย ๆ กันว่าความคิดสร้างสรรค์นั้นเป็นกระบวนการเชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่เข้าด้วยกัน อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาใหม่ที่คิดใช้เวลาการคิดเพียงสั้น ๆ อย่างรวดเร็วหรือยาวนานก็อาจเป็นไปได้ โดยมีลำดับการคิด ประกอบด้วย

1. ขั้นเตรียมเป็นการรวบรวมประสบการณ์ มีการลองผิดลองถูกและตั้งสมมุติฐานเพื่อแก้ปัญหา

2. ขั้นครุ่นคิดขัดข้องใจ เป็นระยะที่มีอารมณ์เครียด อันสืบเนื่องจากการครุ่นคิด แต่ยังคิดไม่ออก

3. ขั้นของการเกิดความคิด เป็นระยะที่เกิดความคิดในสมอง เป็นการมองเห็นวิธีแก้ปัญหาหรือพบคำตอบ

4. ขั้นพิสูจน์ เป็นระยะการตรวจสอบประเมินผลโดยใช้เกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อดูคำตอบที่คิดออกมานั้นเป็นจริงหรือไม่

Bloom (1956, p. 18) ได้เสนอลำดับขั้นของกระบวนการทางปัญญา ในจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูมที่ปรับปรุงใหม่ ในปี ค.ศ. 2001 ยังคงมี 6 ลำดับขั้นโดยให้ขั้นความคิดสร้างสรรค์อยู่ในขั้นสูงสุด ซึ่งมีลำดับดังนี้

1. การจำ (Remembering)

2. ความเข้าใจ (Understanding)

3. การประยุกต์ใช้ (Applying)

4. การวิเคราะห์ (Analyzing)

5. การประเมินค่า (Evaluating)

6. ความคิดสร้างสรรค์ (Creating)

Guilford (1967, p. 61) ได้ศึกษาศึกษาโครงสร้างสมรรถภาพทางสมองโดยเน้นเรื่องความคิดสร้างสรรค์ ความมีเหตุผลและการแก้ปัญหา จนได้แบบจำลองโครงสร้างสมรรถภาพทางสมอง รูปแบบโครงสร้างสมรรถภาพทางสมองของกิลฟอร์ด องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญา ประกอบด้วย

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกันกับความคิดของคนอื่น และแตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดจากเดิมที่มีอยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้กลายเป็นสิ่งที่ไม่เคยคาดคิด ความคิดริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรุงแต่งผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่ ความคิดริเริ่มมีหลายระดับซึ่งอาจเป็นความคิดครั้งแรกที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครสอนแม้ความคิดนั้นจะมีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม

2. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.1 ความคล่องทางด้านถ้อยคำ (Word fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.2 ความคิดคล่องทางด้านการโยงสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

2.3 ความคล่องทางด้านการแสดงออก (Expression fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค กล่าวคือ สามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคล่องในการคิด (Ideational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดค้นสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ใช้คิดหาประโยชน์ของก้อนอิฐให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด ซึ่งอาจเป็น 5 นาที หรือ 10 นาที

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทของการคิดแบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ ตัวอย่างของคนที่มีความคิดยืดหยุ่นในด้านนี้จะคิดได้ว่าประโยชน์ของหนังสือพิมพ์มีอะไรบ้าง ความคิดของผู้ที่ยืดหยุ่นสามารถจัดกลุ่มได้หลายทิศทางหรือหลายด้าน เช่น เพื่อรู้ข่าวสาร เพื่อโฆษณาสินค้า เพื่อธุรกิจ ฯลฯ ในขณะที่คนที่ไม่มีความคิดสร้างสรรค์จะคิดได้เพียงทิศทางเดียว คือ เพื่อรู้ข่าวสาร เท่านั้น

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive flexibility) หมายถึง ความสามารถในการดัดแปลงความรู้ หรือประสบการณให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา ผู้ที่มีความยืดหยุ่นจะคิดดัดแปลงได้ไม่ซ้ำกัน

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น ความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่ง ขยายความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ขึ้น

Torrance (1970, pp. 336-337) ได้นำเสนอกระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นดังนี้

1. การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact finding) เริ่มจากการความรู้สึกกังวล สับสนวุ่นวาย แต่ยังไม่สามารถหาปัญหาได้ว่าเกิดจากอะไร ต้องคิดว่าสิ่งที่ทำให้เกิดความเครียดคืออะไร

2. การค้นพบปัญหา (Problem – finding) เมื่อคิดจนเข้าใจจะสามารถบอกได้ว่าปัญหาต้นตอคืออะไร

3. กล้าค้นพบความคิด (Ideal – finding) คิดและตั้งสมมติฐาน ตลอดจนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อทดสอบความคิด

4. การค้นพบคำตอบ (Solution – finding) ทดสอบสมมติฐานจนพบคำตอบ

5. การยอมรับจากการค้นพบ (Acceptance – finding) ยอมรับคำตอบที่ค้นพบและคิดต่อว่าการค้นพบจะนำไปสู่หนทางที่จะทำให้เกิดแนวความคิดใหม่ต่อไปที่เรียกว่า การท้าทายในทิศทางใหม่ (New challenge)

Barron (1988, p. 76) ได้เสนอกระบวนการของความคิดสร้างสรรค์มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างมโนมติ (Conception) เป็นการเตรียมสิ่งที่จะคิดไว้ในใจ

2. การตั้งครรภ์ (Gestation) การใช้เวลา การประสานความคิดที่ซับซ้อน

3. การคลอด (Parturition) ความลำบากในการเกิดความคิด

4. การให้กำเนิดความคิด (Bringing up the baby) ระยะของการพัฒนา

DeGraff and Lawrence (2002, p. 167) ได้เสนอแบบจำลองของบุคคลที่สร้างสรรค์ ซึ่งเรียกว่า โปรไฟล์ความคิดสร้างสรรค์ (Four creativity profiles) ซึ่งสามารถช่วยให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้ โดยรูปแบบหมายถึงคำอธิบายถึงอคติ แนวโน้มและกิจกรรมสร้างสรรค์ที่เป็นที่ต้องการของบุคคลกลุ่มและองค์กร โดยเฉพาะผลลัพธ์ที่ต้องการจากกิจกรรมที่สร้างสรรค์ของพวกเขา คือ

1. บ่มเพาะ (การพัฒนาระยะยาว) การเติบโตของสังคมผ่านค่านิยมและการเรียนรู้

2. จินตนาการ (ความคิดริเริ่ม) คิดค้นผลิตภัณฑ์ บริการและการตลาด

3. การปรับปรุง (การปรับปรุงเพิ่มเติม) จัดการเป็นระบบ โครงสร้างและมาตรฐาน

4. การลงทุน (เป้าหมายระยะสั้น) ริเริ่มที่มุ่งเน้นการทำงานหนักและการเป็นหุ้นส่วน

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์

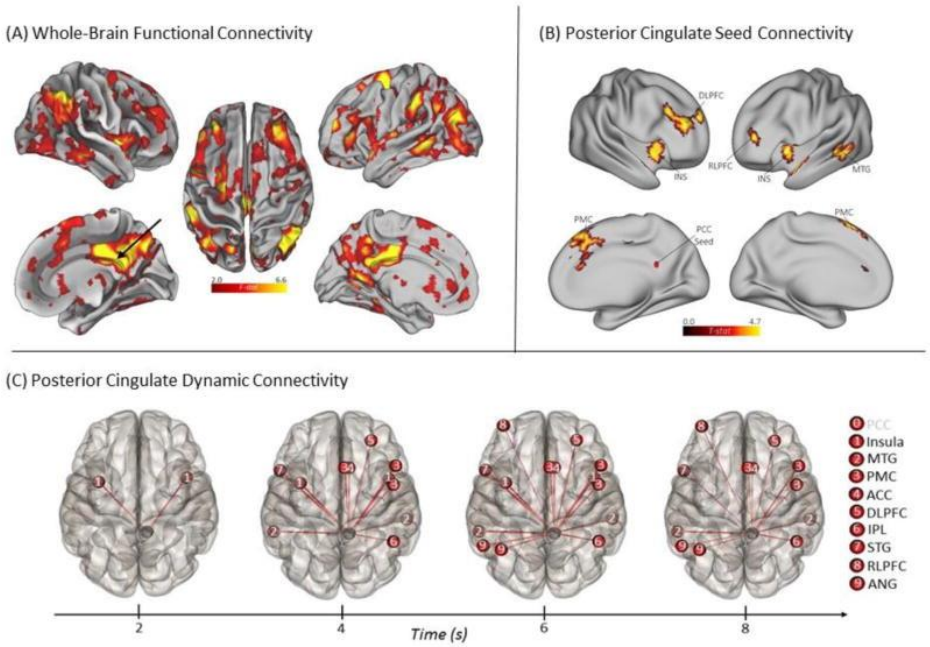
Kenneth M Heilman, Nadeau, and Beversdorf (2003) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์โดยมองไปที่การทำงานของสมองกับพฤติกรรมที่สร้างสรรค์ พบว่า นวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์เป็นการทำงานร่วมกันและการสื่อสารระหว่างส่วนต่าง ๆ ของสมองคนที่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในนวัตกรรมมีแนวโน้มที่จะแตกต่างจากคนอื่น ๆ คือ มีความรู้เฉพาะในระดับสูง มีความสามารถในการคิดแบบอเนกนัย (Divergent thinking) ที่บริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) และสามารถปรับสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) ในสมองส่วนหน้าที่มีความสำคัญมากที่สุดสำหรับความคิดสร้างสรรค์

Flaherty (2005) ได้ศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการสร้างความคิดของมนุษย์และการสร้างความคิดสร้างสรรค์ โดยมุ่งเน้นที่การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมองส่วน Temporal lobe, Frontal lobe และ Limbic system จากหลักฐานที่ได้ การเปลี่ยนแปลงของ Temporal lobe มักจะช่วยเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ การทำงานสมองส่วนหน้า (Frontal networks) หากขาดความสมดุลจะลดความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งปรากฏการณ์เหล่านี้จะชัดเจนในความคิดสร้างสรรค์ที่ใช้ภาษา ความสัมพันธ์ระหว่างความกดดันของโรคเบาหวาน ความวิตกจริตและความพิการทางสมองส่วน Wernicke aphasia และ Broca's aphasia ความผิดปกติดังกล่าวนี้สมองยังสามารถมีความคิดสร้างสรรค์แบบที่ไม่ใช้ภาษา (Non-linguistic creativity) เช่นเดียวกับการเกิดภาวะเสื่อมของสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) นอกจากนี้ Mesolimbic dopamine ยังมีผลต่อการแสวงหาความแปลกใหม่และความคิดสร้างสรรค์

Heilman (2016) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์โดยนิยามว่าความคิดสร้างสรรค์ คือ การค้นพบใหม่ความเข้าใจการพัฒนาและการแสดงออกของความสัมพันธ์ที่เป็นระเบียบและมีความหมาย

ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย สามขั้นตอนสำคัญเพื่อการเตรียมความพร้อมในการพัฒนาความรู้และทักษะที่สำคัญ คือ 1) นวัตกรรม 2) การพัฒนาการแก้ปัญหาที่สร้างสรรค์และ 3) ผลผลิตของความคิดเชิงสร้างสรรค์ การเตรียมพร้อมต้องใช้ความรู้ระดับพื้นฐานแบบทั่วไป ความรู้เฉพาะเจาะจงและทักษะ ความคิดสร้างสรรค์อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตาม Specific neocortical regions นวัตกรรมและความคิดแบบอเนกนัย การจากการศึกษาพบว่า การทำงานหลักบนเครือข่ายสมองส่วนหน้า (Frontal networks) มักจะมีการทำงานมากที่สุดในคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ เมื่ออยู่ในสถานะทางจิตที่เกี่ยวข้องกับระดับที่ลดลงของ Brain norepinephrine ซึ่งอาจเพิ่มการสื่อสารระหว่างเครือข่ายในการทำงานของสมอง

Beaty, Benedek, Silvia, and Schacter (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตความคิดสร้างสรรค์โดยสมองของมนุษย์ โดยการประเมินความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์โดยทั่วไป (Domain-general creative) โดยการใช้ความคิดแบบอเนกนัย ซึ่งตรงกันข้ามกับการคิดแบบเอกนัย (Convergent thinking) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการค้นพบทางออกในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ความคิดแบบอเนกนัยเกี่ยวข้องกับการสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้หลายอย่างสำหรับปัญหาปลายเปิดได้ประเมินการมีปฏิสัมพันธ์แบบไดนามิกของสมองและการใช้ความคิดแบบอเนกนัย การวิเคราะห์การเชื่อมต่อการทำงานของสมองทั้งสมองถูกนำมาใช้เพื่อระบุเครือข่ายของบริเวณสมองที่เกี่ยวข้องกับการคิดแบบอเนกนัย การวิเคราะห์ (Seed-based analyses) พบว่า มีการเชื่อมต่อของเครือข่ายเหล่านี้ ดังภาพที่ 2–1



ภาพที่ 2–1 การเชื่อมต่อหน้าที่ของสมองในการคิดแบบอเนกนัย (Beaty et al., 2016, p. 89)

จากภาพที่ 2–1 อธิบายได้ดังนี้

(A) Whole-brain functional connectivity การวิเคราะห์แบบพหุของรูปแบบการทำงานของสมองในการคิดแบบอเนกนัย Brain maps แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของการทำงานและการเชื่อมต่อระหว่างความคิดแบบอเนกนัย

(B) The posterior cingulate cortex (PCC) แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ในการควบคุม Dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) and Salience (Insula) การเชื่อมต่อของความคิดแบบอเนกนัย

(C) The PCC (black sphere) แสดงการมีความสัมพันธ์กับขอบเขตของเครือข่าย (Bilateral insula) และ DLPFC พื้นที่สมองส่วนที่มีป้ายกำกับเป็นสีดำ ด้านขวาแสดงการเชื่อมต่อกับพื้นที่ที่น่าสนใจ

Beaty et al. (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (fMRI) เพื่อศึกษาการทำงานของความคิดสร้างสรรค์แบบทั่วไป เกี่ยวกับการเชื่อมโยงของบริเวณการทำงานของสมองในการคิดแบบอเนกนัย พบว่ามีการทำงานในสมองส่วนหน้าสุด (Prefrontal cortex) เพิ่มขึ้นเมื่อมีการคิดแบบอเนกนัย โดยศึกษาการถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในกลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์หรือความคิดแบบอเนกนัยสูงและกลุ่มที่มีความคิดแบบอเนกนัยต่ำตามประสิทธิภาพของงาน พบว่ามีการเชื่อมต่อของสมองบริเวณ Left inferior frontal gyrus (IFG) และมีการเชื่อมต่อมากในกลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์สูง ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าความสามารถในการสร้างความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขีดความสามารถในการเชื่อมต่อระหว่าง Prefrontal cortex

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์พบว่ามีความสัมพันธ์กับการทำงานของสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) เมื่อสามารถปรับสารสื่อประสาทที่มากขึ้นจะช่วยเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ ทั้งนี้ยังมีความสัมพันธ์ของความคิดสร้างสรรค์กับการสื่อสารแบบใช้ภาษา การกระตุ้นการทำงานของสมองส่วนหน้าและการสื่อสารจะช่วยเพิ่มความคิดสร้างสรรค์

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

อุทัยรัตน์ เอี่ยมศรี (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์โดยใช้เทคนิคระดมสมองและโปรแกรม The geometer’s sketchpad เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน และศึกษาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ผ่านการจัดกิจกรรมและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอุบลรัตน์พิทยาคม อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น จำนวน 2 ห้องเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่า กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์โดยใช้เทคนิคระดมสมองและโปรแกรม The geometer’s sketchpad เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ที่ส่งเสริม

ทักษะความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นการเตรียมความพร้อมของนักเรียนโดยการแจ้งจุดประสงค์ให้นักเรียนทราบ และทบทวนความรู้เดิม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนระลึกถึงประสบการณ์เดิมเพื่อเป็นพื้นฐานในการโครงสร้างใหม่ทางปัญญาโดยใช้โปรแกรม The geometer's sketchpad 2) ขั้นสอน เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะเกิดการพัฒนาโนมติการจัดกิจกรรมตามหลักการผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มผู้เรียนมีบทบาทได้สร้างความรู้ด้วย 3) ขั้นสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันสรุปแนวคิดหลักการ 4) ขั้นฝึกทักษะ เป็นขั้นที่ฝึกให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์กับสถานการณ์ต่าง ๆ และ 5) ขั้นประเมินผล เป็นขั้นประเมินความรู้ของนักเรียน จากการสังเกตพฤติกรรม การทำใบกิจกรรม และทำแบบฝึกทักษะ และนักเรียนที่ผ่านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์โดยใช้เทคนิคระดมสมอง มีคะแนนเฉลี่ยด้านการคิดคล่อง 8.78 คะแนน คิดยืดหยุ่น 5.13 คะแนน คิดริเริ่ม 3.06 คะแนน และคะแนนความคิดสร้างสรรค์รวม 16.97 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 56.57

รุ่งนภา นรมาตย์ (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยตั้งเป้าหมายว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านราษฎร์ดำเนิน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาร้อยเอ็ด เขต 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 15 คน รูปแบบการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลองขั้นต้น (Pre-experimental research design) แบบกลุ่มเดียววัดผลหลังเรียน (One-shot case study) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) จำนวน 9 แผนการจัดการและแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 72.59 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 73.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้และนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 80.33 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ชามาศ ดิษฐเจริญ (2556) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึ่ม ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์ กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนโรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ที่เรียนรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ จำนวน 30 คน การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองขั้นต้น

(Pre-experimental research design) เป็นการศึกษากลุ่มทดลองกลุ่มเดียว มีการทดสอบหลังทดลอง 1 ครั้ง (One – shot case study) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึ่ม จำนวน 10 แผนและ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบประเมินโครงงาน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์โปรแกรมหุ่นยนต์พัฒนาประยุกต์ ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึ่มมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดคล่อง 3) ความคิดยืดหยุ่น และ 4) ความคิดละเอียดลออ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85.33 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 90 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึ่ม มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์ คิดเป็นร้อยละ 81.44 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านตามเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 90 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

พรชัย ด้วงทองสุข, ปรัชญา แก้วแก่น, และสุชาดา กรเพชรปราณี (2559) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ โดยการสร้างโปรแกรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยการกระตุ้นระบบประสาทแบบองค์รวม สำหรับผู้บริหารโรงเรียน และศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของผู้บริหารโรงเรียนในกลุ่มทดลองระหว่างก่อนกับหลังได้รับโปรแกรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของผู้บริหารโรงเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการทดลอง โดยพิจารณาจากคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครผู้บริหารโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสระบุรีเขต 1 มีอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 60 คน สุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้แก่ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์ (Torrance tests of creative thinking) และโปรแกรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยการกระตุ้นระบบประสาทแบบองค์รวม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ *t*-tests ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1) ผู้บริหารกลุ่มทดลองหลังได้รับโปรแกรมพัฒนามีคะแนนความคิดสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนได้รับโปรแกรมพัฒนา ($p < .05$) 2) ผู้บริหารกลุ่มทดลองมีความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับโปรแกรมพัฒนาสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p < .05$) และ 3) การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่ตำแหน่ง FP1, FPZ, FP2, AF3, AF4, F5, F3, F1, FZ, F2, F4, F6, F8, FCZ, FC2, FC4 และ FC6 มีค่าความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้า P300 น้อยกว่าก่อนได้รับโปรแกรมพัฒนา และน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($p < .05$) สรุปได้ว่า โปรแกรมสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้บริหารโรงเรียนได้

Çetinkaya (2014) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมการสอนการแก้ปัญหาความคิดสร้างสรรค์ที่ออกแบบมาสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน การศึกษาได้ดำเนินการในช่วงปี 2553 โดยมีนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ 47 คน ในอิสตันบูล ประเทศตุรกี ในการศึกษานี้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้รับการจัดตั้งขึ้น ใช้โปรแกรมการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในกลุ่มทดลอง ใช้เครื่องมือในการวัดโดยแบบทดสอบ Torrance test of creative thinking (TTCT) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า คะแนนก่อนเรียนทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนหลังการทดสอบและการทดสอบก่อนการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) จากผลการวิจัยปรากฏว่า มีการศึกษารายละเอียดและข้อเสนอแนะจากผลการแก้ปัญหาความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับทักษะการคิดสร้างสรรค์

Lin (2014) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มกระบวนการสร้างสรรค์และผลงานที่สร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนหลักสูตรการออกแบบเทคโนโลยี โดยการปลูกฝังบรรยากาศในบริบทของภาพยนตร์นิยายวิทยาศาสตร์ (SFFs) หรือการฝึกอบรมในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ วิธีการทดลองกึ่งทดลองประกอบด้วย การทดสอบก่อนและหลังจัดกิจกรรม กับนักเรียนเกรดเจ็ดจำนวน 163 คน ในชั้นเรียน 7 วิชา ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสถิติเชิงบรรยายและ การวิเคราะห์ความแปรปรวน ANCOVA พบว่า 1) นักเรียนที่เรียนอยู่ในสภาพแวดล้อมของ SFF มีการนำเสนอแนวคิดสร้างสรรค์ที่เพิ่มขึ้นระหว่างกระบวนการสร้างสรรค์ 2) นักเรียนที่มีสภาพแวดล้อม SFF ทำงานได้ดีขึ้นในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่สร้างสรรค์ แต่ไม่ได้อยู่ในระดับที่มีนัยสำคัญ 3) นักเรียนที่มีการคิดทางกระบวนการทางปัญญา (Cognitive) ที่แตกต่างกัน ไม่แตกต่างกันในแง่ของกระบวนการสร้างสรรค์และผลิตภัณฑ์

Bart, Hokanson, Sahin, and Abdelsamea (2015) ได้ศึกษาความแตกต่างระหว่างเพศที่มีผลต่อคิดสร้างสรรค์ระหว่างเพศชายและเพศหญิง ในนักเรียนเกรด 8 และ 11 โรงเรียนเทศบาลของรัฐอิสระ ในเขตชานเมืองของรัฐมินเนโซตา โดยใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (TTCT) รูปแบบ A กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนเกรด 8 และ 11 จำนวน 996 คน การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ใช้เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างเพศชายกับเพศหญิงในทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า ผลการทดสอบย่อยระหว่างเพศชายและเพศหญิงในกลุ่มนักเรียนเกรด 8 และเกรด 11 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามผลการทดสอบย่อยระหว่างเพศชายและเพศหญิงไม่มีความแตกต่างกันระหว่างนักเรียนเกรด 8 ผลการวิจัยยังพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในการทดสอบย่อยด้านความคิดคล่องและความคิดริเริ่มระหว่างเพศชายและเพศหญิงระหว่างนักเรียนชั้นปีที่ 11

Chang, Wang, and Lee (2016) ได้ศึกษาผลกระทบของการรับรู้ของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และการสร้างสรรค์ผลงานตนเองต่อความคิดสร้างสรรค์ของ

ตนเอง พร้อมทั้งตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสามารถในการสร้างสรรค์ด้วยตนเองและการกลั่นกรองของการรับรู้ของมหาวิทยาลัยเพื่อสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์ การสำรวจได้ดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนในสาขาการออกแบบ 720 คนจากมหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในไต้หวันซึ่ง 335 คนได้รับรางวัลด้านการออกแบบสร้างสรรค์ (ได้รับประสบการณ์จากรางวัล) และ 385 คนไม่มีรางวัล ผลการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Path analysis-based) ตามเส้นทางเพื่อพิจารณาว่าสมมติฐานได้รับการสนับสนุนหรือไม่ ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) การรับรู้การสนับสนุนจากโรงเรียนสำหรับความคิดสร้างสรรค์มีผลต่อการสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ของตนเองอย่างมีนัยสำคัญ 2) การรับรู้การสนับสนุนจากโรงเรียนสำหรับความคิดสร้างสรรค์ได้รับผลกระทบจากความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละบุคคลผ่านการประนีประนอมความคิดสร้างสรรค์ในตัวเอง ผลการวิเคราะห์สมการโครงสร้างมีค่าสูงขึ้นสำหรับนักเรียนที่มีประสบการณ์ที่ได้รับรางวัลมากกว่าผู้ที่ไม่มี 3) การรับรู้การสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยสำหรับความคิดสร้างสรรค์มีผลต่อความสอดคล้องระหว่างความสามารถในการสร้างสรรค์ตนเองและความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละบุคคลสำหรับนักศึกษาที่ได้รับรางวัล ผลกระทบเกิดขึ้นสำหรับนักศึกษาที่ไม่มีประสบการณ์ที่ได้รับรางวัล

Chang, Chien, Yu, Lin, and Chen (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนในผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ระบบคลาวด์ (Cloud-based mobile learning) ที่ส่งผลต่อการรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่เป็นนวัตกรรมและประสิทธิภาพในการคิดอย่างสร้างสรรค์ จากกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยทั้งหมด 123 คน เป็นผู้เข้าร่วมการวิจัย แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ความสัมพันธ์ระหว่างกันในเชิงบวกเกิดขึ้นระหว่างการรับรู้ถึงสภาพแวดล้อมที่เป็นนวัตกรรมและประสิทธิภาพในการคิดอย่างสร้างสรรค์ 2) การเรียนรู้ด้วยระบบคลาวด์ (Cloud-based mobile learning) มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการรับรู้สภาพแวดล้อมที่เป็นนวัตกรรมโดยรวมซึ่งรวมถึงคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น แรงจูงใจจากองค์กร แรงจูงใจจากผู้บังคับบัญชาการสนับสนุนทีม ทรัพยากรที่เพียงพอและการทำงานที่ท้าทาย และ 3) การเรียนรู้ด้วยระบบคลาวด์ (Cloud-based mobile learning) มีผลดีต่อความคิดสร้างสรรค์โดยรวมของนักเรียน

Hardy, Ness, and Mecca (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความอยากรู้อยากเห็นที่มีส่วนช่วยในการสร้างสรรค์ผลงาน โดยการทำการตรวจสอบผลกระทบของความอยากรู้เกี่ยวกับตัวอักษรกับลักษณะในกระบวนการแก้ปัญหาความคิดสร้างสรรค์ ผู้เข้าร่วมการวิจัย (n = 122) โดยการตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินความอยากรู้อยากเห็น ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ความอยากรู้อยากเห็นที่หลากหลายมีอิทธิพลอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นผลที่ได้รับการสื่อถึงอย่างเต็มที่โดยพฤติกรรมการแสวงหาข้อมูลระหว่างการแก้ปัญหาในช่วงต้นของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

นอกจากนี้ความอยากรู้อยากเห็นที่หลากหลายยังคาดการณ์ในเชิงบวกเกี่ยวกับคุณภาพของการแก้ปัญหาและความคิดริเริ่มนอกเหนือจากตัวบ่งชี้ที่เป็นที่คาดการณ์ในการสร้างสรรค์ผลงาน (เพศ บุคลิกภาพความเชี่ยวชาญด้านโดเมนและ GMA) และสร้างแนวคิดที่คล้ายคลึงกับความอยากรู้อยากเห็น (Epistemic openness to experience, Need for cognition) ความอยากรู้เฉพาะเจาะจง (เช่น ความอยากรู้เกี่ยวกับปัจจัยการกีดกัน) ไม่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ทั้งในด้านประสิทธิภาพและความคิดสร้างสรรค์

Jia et al. (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการการจัดการเรียนแบบสืบสวนสองครั้ง ข้อแรกคือการประเมินผลระหว่างกระบวนการเรียนการสอนในระยะสั้นโดยใช้การค้นพบปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของจีน (CCPF) เพื่อประเมินผลกระทบ ข้อที่สองเป็นการออกแบบเชิงสร้างสรรค์แบบผสมผสานระหว่างการค้นพบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างสรรค์ (CSPF) ในขณะที่พัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการสอนที่เน้นการหาปัญหา ผลการวิจัยปรากฏว่ามีการปรับปรุง แต่วิธีการสอนที่แตกต่างกันมีผลต่อการค้นหาปัญหาของนักเรียนในด้านต่าง ๆ (CPF) วิธีการสอนแบบผสมผสานซึ่งรวมทั้งการสอนแบบบรรยายและการสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมดีกว่าวิธีการบรรยายหรือแบบสอบสวนเมื่อใช้แยกกัน การสอนแบบผสมได้แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงความยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มของนักเรียนในการทำงานในชั้นเรียน สุดท้ายมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างวิธีการสอนและประเภทของการเรียนการสอน ความยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มของ CPF

Kashani-Vahid, Afrooz, Shokoohi-Yekta, Kharrazi, and Ghobari (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนมีความสามารถพิเศษ โดยใช้โมเดล CPS โปรแกรมการแก้ปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลเชิงสร้างสรรค์ เป็นการประเมินประสิทธิผลในการสร้างสรรค์งานของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา การออกแบบของการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลองกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาเพศหญิงจำนวน 125 คน ได้รับการคัดเลือกจากการใช้แบบวัดไอคิว Raven progressive matrix of Intelligence และ Persecution ซึ่งเป็นแบบทดสอบความฉลาดของ Stanford-binet ผู้ที่มีคุณสมบัติตรงตามที่เป็นนักเรียนความสามารถพิเศษได้รับการสุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาความคิดสร้างสรรค์ และกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกอบรม แต่ได้รับการฝึกอบรมหลังจากสิ้นสุดการวิจัย หลังจากจัดกิจกรรมได้วัดความคิดสร้างสรรค์โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอร์เรนซ์ การวัดผลการปฏิบัติงานสร้างสรรค์ผ่านรายการตรวจสอบความคิดสร้างสรรค์ของครู ข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ผลการวิจัยปรากฏว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p <0.05) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในตัวแปรย่อยของความคิดสร้างสรรค์และผลลัพธ์ที่ได้รับคงอยู่ในการประเมินติดตามผลสองเดือน

Yates and Twigg (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการรับรู้และความมั่นใจในความคิดสร้างสรรค์ของตนเองในมหาวิทยาลัย East Midlands ในสหราชอาณาจักร และศึกษาผลการสอนโมเดล Play and Creativity ในปีแรกในสถาบันเดียวกัน โมเดล Play and Creativity ใช้นิยามของความคิดสร้างสรรค์ในเชิงประชาธิปไตย ในเรื่อง “การสอนเพื่อความคิดสร้างสรรค์” โดยการกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เป็นประโยชน์เพื่อพัฒนาทักษะและความมั่นใจในตัวเอง การศึกษาระบุว่าการปรับปรุงความเชื่อมั่นของนักเรียนในความคิดสร้างสรรค์ของตนเองและความเชื่อมั่นของพวกเขาในการดำเนินการกิจกรรมที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรของตนเอง นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ Little c และนิยามของความคิดสร้างสรรค์ Democratic และตระหนักถึงความสำคัญของการให้โอกาสและทรัพยากรที่หลากหลายสำหรับเด็กเพื่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ กิจกรรมการปฏิบัติภายในโมเดลยังสนับสนุนทักษะวิชาชีพของนักเรียน เช่น การทำงานเป็นทีมการฟังคนอื่นและความสำคัญของการทำงานร่วมกันและการสะท้อนการปฏิบัติ นอกจากนี้องค์ประกอบในทางปฏิบัติและขั้นตอนของการปฏิบัติ How to do with children จากการศึกษาได้รับการระบุว่าเป็นสิ่งที่สนับสนุนให้โมเดลมีประสิทธิภาพมากขึ้นและสนับสนุนการปฏิบัติวิชาชีพ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ พบว่า มีการศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทั้งความคิดสร้างสรรค์แบบทั่วไปและความคิดสร้างสรรค์แบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์นั้นระบุถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทั้งทางตรงและทางอ้อม แนวทางในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ และงานวิจัยยังสนับสนุนแนวคิดที่ว่า ความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ในตัวบุคคล เพื่อการพัฒนาการศึกษาของประเทศจึงต้องพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในตัวบุคคล การจัดการเรียนการสอนเพื่อสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์โดยครู การสนับสนุนในบริบทของโรงเรียน รวมถึงการสนับสนุนเชิงนโยบายในระดับประเทศอีกด้วย

ตอนที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical creativity)

Laycock (1970) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาที่กำหนด จากมุมมองที่แตกต่างกันที่ทำให้เห็นรูปแบบที่แตกต่างกันและความคล้ายคลึง มีการสร้างความคิดที่หลากหลายและเลือกวิธีการในการจัดการปัญหาที่เหมาะสมสามารถใช้วิธีการจัดการกับสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยทางคณิตศาสตร์ได้

Balka (1974) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถด้านศักยภาพทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ โดยกำหนดเกณฑ์ผลลัพธ์ในการวัดศักยภาพทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ความสามารถในการกำหนดสมมติฐานทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับสาเหตุและผลกระทบในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

2. ความสามารถในการกำหนดรูปแบบในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

3. ความสามารถในการหลุดพ้นจากความคิดเดิม เพื่อหาแนวทางแก้ไขในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

4. ความสามารถในการพิจารณาและประเมินความคิดทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่ และที่เป็นไปได้สำหรับสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

5. ความสามารถในการรับรู้ถึงสิ่งที่ขาดหายไปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดและถามคำถามที่จะช่วยให้เกิดข้อมูลที่ขาดหายไป

6. ความสามารถในการแยกปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยทั่วไปลงในปัญหาย่อยเฉพาะ

Ervynck (1991, p. 42) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การคิดทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง และอธิบายความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่า มีบทบาทสำคัญในวงจรของการคิดทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนช่วยในขั้นตอนแรกของการคิดค้นหรือพัฒนาทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นผลมาจากประสบการณ์และบริบททางคณิตศาสตร์ของแต่ละบุคคล เป็นปัจจัยที่สำคัญในวิชาคณิตศาสตร์ที่ทำหน้าที่บนกระบวนการเมตาคอกนิชัน

Tall (1991, p. 47) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหา การพัฒนาการคิดในโครงสร้างโดยคำนึงถึงลักษณะนิรนัย ตรรกศาสตร์ มีระเบียบวิธีเฉพาะและสมรรถนะของแนวคิดที่ได้รับการสร้างเพื่อรวมไว้ในหลักสำคัญในวิชาคณิตศาสตร์

Chamberlin and Moon (2005) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ไม่เป็นไปตามแนวคิด มาตรฐานเดิม มีการแก้ปัญหาด้วยวิธีที่ไม่ใช่วิธีการแบบมาตรฐาน

Sriraman (2005) กล่าวว่า ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับนักคณิตศาสตร์มืออาชีพ และระดับนักเรียนมัธยมศึกษา โดยได้นิยามแต่ละระดับดังนี้

ระดับนักคณิตศาสตร์มืออาชีพ คือ ความสามารถผลิตงานวิจัยที่มีนัยสำคัญ มีการขยายความรู้ หรือเป็นความสามารถในการเปิดลู่ทางของคำถามใหม่ ๆ สำหรับนักคณิตศาสตร์

ระดับนักเรียนมัธยมศึกษา คือ กระบวนการแก้ปัญหาที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน หรือวิธีการแก้ปัญหาที่ลึกซึ้ง เพื่อให้เกิดปัญหาหรือปัญหาคล้ายคลึงกัน การกำหนดคำถามใหม่ หรือความการมองปัญหาเก่าให้เกิดมุมมองใหม่

Sriraman (2008, p. 23) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ลักษณะเฉพาะของนักคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงแค่สิ่งที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบเดิม ๆ ของวิชาคณิตศาสตร์ที่คิดขึ้นโดยนักคณิตศาสตร์ แต่ยังเป็นการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ด้วย และเสนอว่า ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สามารถกำหนดได้ดังนี้

1. ความสามารถในการผลิตงานเดิมที่มีการขยายองค์ความรู้ ซึ่งอาจยังรวมถึงการสังเคราะห์และขยายแนวความคิดที่เป็นที่รู้จัก

2. ความสามารถในการเปิดลู่ทางคำถามใหม่ ๆ

3. ความสามารถด้านกระบวนการหาผลลัพธ์ที่แปลกใหม่ หรือวิธีการแก้ปัญหาที่ชาญฉลาดที่เป็นปัญหาที่กำหนดหรือปัญหาคล้ายคลึงกัน

4. ความสามารถในการกำหนดคำถามใหม่หรือสามารถแก้ปัญหาเก่าโดยใช้มุมมองให้

Nadjafikhah et al. (2012) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การสร้างแนวความคิดใหม่ทางคณิตศาสตร์ การค้นพบความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์แบบใหม่และการจัดระเบียบโครงสร้างของทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ในระดับโรงเรียนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องโดยทั่วไปในการแก้ปัญหาและตั้งปัญหา

จากการศึกษาแนวคิดและความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาที่กำหนด การจัดการปัญหาที่เหมาะสม สามารถใช้วิธีการจัดการกับสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยทางคณิตศาสตร์ การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ การค้นพบความสัมพันธ์ การจัดระเบียบโครงสร้างของทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นรูปแบบที่หลากหลายซึ่งมีลักษณะ 3 มิติ (Lee et al., 2003) ประกอบด้วย

ความคิดคล่อง คือ จำนวนของแนวคิดและความสามารถในการตอบสนองที่แตกต่างต่อคำถามทางคณิตศาสตร์ เป็นจำนวนของการตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับงานทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับความต่อเนื่องของความคิด ความลื่นไหลของการคิดและการประยุกต์ใช้ความรู้พื้นฐานและสากล ทักษะนี้สามารถพัฒนาได้ในนักเรียนเมื่อมีการเรียนรู้เกี่ยวกับการคิดของความคิดที่แตกต่างกันสำหรับการเขียน การวาดภาพหรือการพูด และการคิดหาวิธีที่แตกต่างจากเดิมในการแก้ปัญหา

ความคิดยืดหยุ่น คือ ความสามารถในการจัดจำนวนโดยทั่วไปให้เป็นกลุ่ม เป็นประเภทเดียวกัน หรือแยกแยะประเภทของจำนวนได้ เป็นการเปลี่ยนแปลงในประเภทหรือวิธีการในการ

ตอบสนองต่องานทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด เป็นความสามารถในการสร้างความหลากหลายของความคิดและความหลากหลายของคำตอบ ความคิดยืดหยุ่นยังหมายถึงจำนวนการจัดประเภทของความคิดและความแตกต่างของวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ความคิดริเริ่ม คือ ลักษณะเฉพาะของความคิดและผลผลิตจากความคิดที่เป็นเอกลักษณ์ เป็นการตอบสนองที่แปลกใหม่เมื่อเทียบกับงานทางคณิตศาสตร์ประเภทอื่น ๆ ที่เป็นแนวเป็นการตอบกลับที่แตกต่างจากเดิมและฉลาด เป็นการขยายแนวความคิดเดิมที่เป็นประโยชน์ให้เกิดการสร้างสรรค์

2. ทฤษฎีพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

2.1 ทฤษฎีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยเทคนิคระดมสมอง

Alex (1957) ได้เสนอการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดยเทคนิคการระดมสมอง กำหนดจุดเน้นของการระดมสมองไว้ 4 ประการ ได้แก่

2.1.1 เน้นให้มีการแสดงความคิดออกมา (Expressiveness) สมาชิกทุกคนต้องมีเสรีภาพอย่างสมบูรณ์ในการที่จะแสดงความคิดเห็นใด ๆ ออกมาจากจิตใจ โดยไม่ต้องคำนึงว่าจะเป็นความคิดที่แปลกประหลาด กว้างขวาง ล้าสมัย หรือเพ้อฝันเพียงใด

2.1.2 เน้นการไม่ประเมินความคิดในขณะที่กำลังระดมสมอง (Non – evaluative) ความคิดที่สมาชิกแสดงออกต้องไม่ถูกประเมินไม่ว่ากรณีใด ๆ เพราะถือว่า ทุกความคิดมีความสำคัญ ห้ามวิพากษ์วิจารณ์ความคิดผู้อื่น การแสดงความเห็นหักล้าง หรือครอบงำผู้อื่นจะทำลายพลังความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่ม ซึ่งส่งผลทำให้การระดมสมองครั้งนั้นเปล่าประโยชน์

2.1.3 เน้นปริมาณของความคิด (Quantity) เป้าหมายของการระดมสมองคือต้องการให้ได้ความคิดในปริมาณมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แม้ความคิดที่ไม่มีทางเป็นจริงก็ตาม เพราะอาจใช้ประโยชน์ได้ในแง่การเสริมแรง หรือการเป็นพื้นฐานให้ความคิดอื่นที่ใหม่และมีคุณค่า ยิ่งมีความคิดใหม่ ๆ เกิดขึ้นมากเพียงใดก็ยิ่งมีโอกาสค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่ดี

2.1.4 เน้นการสร้างความคิด (Building) การระดมสมองเกิดขึ้นในกลุ่ม ดังนั้นสมาชิกสามารถสร้างความคิดขึ้นเองโดยเชื่อมโยงความคิดของเพื่อนในกลุ่ม โดยใช้ความคิดของผู้อื่นเป็นฐานแล้วขยายความเพิ่มเติมเพื่อเป็นความคิดใหม่ของตนเอง

2.2 ทฤษฎีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ AUTA

Davis and O'Sullivan (1980) ได้เสนอทฤษฎีที่เป็นรูปแบบของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นในตัวบุคคล โดยมีแนวคิดว่าความคิดสร้างสรรค์นั้นมีอยู่ในมนุษย์ทุกคนและสามารถพัฒนาให้สูงขึ้นได้ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามรูปแบบ AUTA ประกอบด้วย

2.2.1 การตระหนัก (Awareness) คือ ตระหนักถึงความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อตนเอง สังคม ทั้งในปัจจุบันและอนาคต และตระหนักถึงความคิดสร้างสรรค์ที่มีอยู่ในตนเอง

2.2.2 ความเข้าใจ (Understanding) คือ มีความรู้ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์

2.2.3 เทคนิควิธี (Techniques) คือ การรู้เทคนิคในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทั้งที่เป็นเทคนิคส่วนบุคคล และเทคนิคที่เป็นมาตรฐาน

2.2.4. การตระหนักในความจริงของสิ่งต่าง ๆ (Actualization) คือ การรู้จักหรือตระหนักในตนเอง พอใจในตนเอง และพยายามใช้ตนเองและพยายามใช้ตนเองเต็มศักยภาพ รวมทั้งการเปิดกว้างรับประสบการณ์ต่าง ๆ โดยมีการปรับตัวได้อย่างเหมาะสม การตระหนักถึงเพื่อนมนุษย์ด้วยกัน การผลิตผลงานด้วยตนเอง และมีความคิดที่ยืดหยุ่นเข้ากับทุกรูปแบบของชีวิต

2.3 ทฤษฎีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance

Torrance (1987, p. 9) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้ Torrance incubation model of creative teaching and learning (TIM) การเรียนการสอนและการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์สามารถประยุกต์ใช้กับบทเรียนหรือโครงการได้ การประยุกต์ใช้ TIM และการระบุทักษะการคิดสร้างสรรค์ที่เฉพาะเจาะจง เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการสอนความคิดสร้างสรรค์โดยไม่ส่งผลต่อการสอนวัตถุประสงค์หลักหรือเนื้อหาหลักสูตร โดยที่ TIM มีสามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 Heighten Anticipation ออกแบบเพื่อเตรียมนักเรียนให้มีความพร้อมสำหรับการพัฒนา "Warming Up Period" ด้วยหลักการทั้ง 6 หลักการดังนี้

1. สร้างความปรารถนาที่จะรู้
2. เพิ่มความคาดหมายและความคาดหวัง
3. สร้างความสนใจ
4. ความอยากรู้อยากเห็น
5. กระตุ้นจินตนาการ
6. ให้วัตถุประสงค์และแรงจูงใจ

ขั้นตอนที่ 2 ปัญหาที่กำหนด การประยุกต์ใช้ และความคิดสร้างสรรค์ได้รับการพัฒนา ตัวอย่าง เช่น Digging Deeper เป็นการกระทำที่กระตุ้นให้นักเรียนเข้าใจลึกซึ้งมากกว่าการเข้าใจปัญหาแบบผิวเผิน ค้นพบสิ่งต่าง ๆ ที่ขาดหายไป สังเคราะห์ข้อมูลและเริ่มต้นที่จะเกิดขึ้นกับการแก้ปัญหาและการดำเนินการ

ขั้นตอนที่ 3 ขยายการเรียนรู้ เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเป็นผู้นำและนำไปใช้ในบริบทจริงเพื่อขยายการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นวิธีการที่ท้าทายนักเรียนจะใช้จินตนาการและการประยุกต์

2.4 ทฤษฎีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของ Ervynck

Ervynck (1991) มีแนวคิดว่าความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไม่สามารถเกิดขึ้นเองได้ แต่ต้องเกิดขึ้นในบริบทของบุคคลที่มีประสบการณ์ก่อนหน้าสำหรับการพัฒนาในทิศทางใหม่ การเตรียมดังกล่าวต้องเกิดขึ้นผ่านกิจกรรมในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ สำหรับความคิดสร้างสรรค์จะถูกกำหนดโดยขั้นตอนการเตรียมความพร้อมในการที่จะกลายเป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 A preliminary technical stage

กิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่เกิดจากวัตถุหรืออุปกรณ์จริง ซึ่งอาจต้องนำร่องด้วยขั้นตอนเบื้องต้น ชนิดของโปรแกรมทางด้านเทคนิคหรือการปฏิบัติตามกฎทางคณิตศาสตร์ โดยที่ผู้ร่วมกิจกรรมต้องมีความตระหนักของพื้นฐานทางทฤษฎี โดยเปิดโอกาสให้ผู้ร่วมกิจกรรมมีเครื่องมือที่จำเป็นเพื่อสร้างสรรค์ความคิดทางคณิตศาสตร์ของเขา การเตรียมความพร้อมนี้ ขั้นตอนที่ได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของทฤษฎีโมเด็มของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เช่น "Toolobject" ตรรกวิทยาของ (Douady, 1986) ซึ่งนำเสนอความคิดที่ว่า เครื่องมือในการจัดกิจกรรมเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการแก้ปัญหาที่จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ประสบการณ์และความรู้จะถูกถ่ายทอดผ่านผลงานของกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 2 Algorithmic activity

ขั้นตอนนี้จะใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ในการคำนวณจัดการแก้ปัญหากิจกรรมด้านอัลกอริทึมเป็นหลัก ที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างของเทคนิคดังกล่าวคือ การประยุกต์ของอัลกอริทึม การแยกตัวประกอบพหุนาม จำนวนและการดำเนินการ การคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น วิธีการเชิงตัวเลขสำหรับการแก้สมการ

ขั้นตอนที่ 3 The creative (conceptual, constructive) activity

ขั้นตอนนี้ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นและทำหน้าที่เป็นพลังขับเคลื่อนในการพัฒนาทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ การตัดสินใจที่เป็นนามธรรมดำเนินการในลักษณะที่ดูเหมือนว่าแปลกออกไปจากโครงสร้างพื้นฐานแนวคิดที่ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าว การตัดสินใจที่จะต้องมีดำเนินการอาจจะมีลักษณะที่แตกต่างกันหลากหลายและมักจะเกี่ยวข้องกับการเลือกทางเลือก เช่น เลือกแนวคิดบางอย่างที่กำหนด หรือการตัดสินใจที่จะพิสูจน์ทฤษฎีบท ทางเลือกที่ตอบสนองความต้องการเริ่มต้นยังมีการกำหนดจากการเลือกที่จะทำ เพื่อให้เกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ควรจะเปิดโอกาสในการคิดโดยไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีทฤษฎีอย่างเป็นทางการ

2.5 ทฤษฎีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของ Sriraman

Sriraman (2005) ได้หลักการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ และองค์ประกอบที่มีความสำคัญสำหรับการเป็นนักคณิตศาสตร์ คุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการทำงานในระดับมืออาชีพ เพื่อเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ในหมู่ผู้ที่มีพรสวรรค์ทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งเป็น 5 หลักการดังนี้

2.5.1 หลักการ Gestalt เป็นลักษณะของความคิดสร้างสรรค์คณิตศาสตร์เป็นสี่ขั้นตอนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (Wallas, 1926) กล่าวคือ

1) ขั้นเตรียมการ คือการหาข้อมูลหรือระบุปัญหา

2) ขั้นความคิดกำลังฟักตัว คือการอยู่ในความสับสนวุ่นวายของข้อมูลที่ได้มา

3) ขั้นความคิดกระจ่างชัด คือขั้นที่ความคิดสับสนได้รับการเรียบเรียงและเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน ทำให้เห็นภาพรวมของความคิด

4) ขั้นทดสอบความคิดและพิสูจน์ให้เห็นจริง คือขั้นที่รับความคิดเห็นจากสามขั้นแรกข้างต้นมาพิสูจน์ว่าจริงหรือถูกต้องหรือไม่

2.5.2 หลักการความงาม (The aesthetic principle) หลักการคณิตศาสตร์ได้มีการศึกษาความสวยงามของการสร้างทฤษฎีบท "Beautiful" ที่มีส่วนสัมพันธ์กับความคิดที่แตกต่างกันที่ดูเหมือนจะรวมความคิดที่แตกต่างกันของคณิตศาสตร์

2.5.3 หลักการตลาดเสรี (The free market principle) ส่งเสริมให้นักเรียนที่จะรับความเสี่ยง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ที่จะไล่ตามและนำเสนอคำตอบที่เป็นความคิดของพวกเขาในการแข่งขันหรือ ปัญหาเปิดในชั้นเรียน ในที่ประชุม ช่วยให้พวกเขาได้รับประสบการณ์ที่ปกป้องความคิดของตนเอง เมื่อมีการตรวจสอบข้อเท็จจริงจากผู้อื่น และแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริงนั้น

2.5.4 หลักการทางวิชาการ (The scholarly principle) ครูควรใส่ใจในด้านความคิดของความคิดสร้างสรรค์ ความรู้ทางคณิตศาสตร์และครูควรจะมีความยืดหยุ่น และเปิดให้นักเรียนทางเลือกแนวทางการแก้ปัญหา

2.5.5 หลักการความไม่แน่นอน (The uncertainty principle) ให้นักเรียนได้สัมผัสกับความไม่แน่นอนและความยากลำบากของการสร้างคณิตศาสตร์ ความสามารถนี้ต้องใช้ครูที่จะให้อารมณ์ การสนับสนุนให้กับนักเรียนที่ประสบความยุ่งยากมากกว่าความเป็นอยู่

3. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

Don Stephen Balka, (1974) ได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบความสามารถคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Creative ability in mathematics tests) โดยกำหนด 6 เกณฑ์ที่แตกต่างกันของความสามารถคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับการวัดความคิดแบบอเนกนัยและความคิดแบบเอกนัย สำหรับเกณฑ์ของความคิดแบบเอกนัยแบ่งเป็น 1 คะแนนสำหรับการตอบสนองที่ถูกต้องและ 0 คะแนน สำหรับการตอบสนองที่ไม่ถูกต้อง สำหรับเกณฑ์ความคิดแบบอเนกนัย แบ่งเป็นความคิด

คล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องเป็นคะแนนสำหรับจำนวนการตอบสนอง ความคิดยืดหยุ่นได้คะแนนสำหรับคำตอบที่แตกต่างกัน และความคิดริเริ่มถูกให้คะแนนตามเกณฑ์น้ำหนักคะแนนที่พัฒนาขึ้น เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ มีดังนี้

1. ความสามารถในการตั้งสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ในลักษณะเหตุผล และผลจากประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

2. ความสามารถในการกำหนดรูปแบบจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

3. ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวิธีการคิด เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

4. ความสามารถในการประเมินปัญหา ตลอดจนคาดคะเนถึงผลที่จะเกิดขึ้น

5. ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

6. ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยที่เจาะจงได้

โดยความน่าเชื่อถือของ Creative ability in mathematics tests มีค่าสัมประสิทธิ์คอร์นบาร์คแอลฟ่า (Cronbach's alpha) เท่ากับ 0.72 และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดคือ 7.24 (Standard error of measurement)

Miyan (1982) ได้สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แบบมาตรฐานสำหรับนักเรียนเกรด 9 โดยแบบทดสอบมีจำนวน 25 ข้อเพื่อประเมินความสามารถด้านความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่อง ความคิดละเอียดลออ ความคิดริเริ่ม เพื่อให้เป็นมาตรฐานในการทดสอบ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 75 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นของรัฐบาล Sarojini nagar จากกรุงนิวเดลี และตรวจสอบความถูกต้องด้วยการทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นโดย Torrance & Guilford มีค่าเท่ากับ 0.702 ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 และค่าความเที่ยงแบบ Split-half เท่ากับ 0.78 ซึ่งมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

Singh (1987) ได้สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นมาตรฐานในการทดสอบประกอบด้วยรายการทดสอบจำนวน 8 รายการ การทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้รับการพัฒนาเพื่อระบุความสามารถทางคณิตศาสตร์ในสำหรับนักเรียนระดับกลาง (อายุ 11 ปี ถึง 13 ปีขึ้นไป) ทดสอบความเชื่อมั่นในการทดสอบซ้ำของคะแนนองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และคะแนนรวมของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ มีค่าตั้งแต่ 0.46 ถึง 0.84 ความถูกต้องของการทดสอบนี้คำนวณโดยใช้การทดสอบความคิดสร้างสรรค์ (ภาษาและอวัจนภาษา) ที่พัฒนาโดย Thorndike ทั้งนี้พบว่า ปัจจัยทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ระดับ 0.01 ยกเว้นความคิดริเริ่ม

Lee et al. (2003) ได้พัฒนาแบบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์และนักเรียนปกติ แบบทดสอบนี้ทำการวัด

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 3 รายการ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยใช้แบบทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 462 คน มีจำนวนคำถาม 5 ข้อ เป็นแบบปลายเปิด ความเที่ยงของแบบทดสอบเท่ากับ .80

Kim, Cho, and Ahn (2004) ได้ศึกษาถึงการที่จะระบุถึงบุคคลที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โดยการการพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ (Mathematical creative problem solving ability test) การสร้างแบบทดสอบดังกล่าวได้รับการพัฒนาเป็นเวลา 2 ปี ในปีแรก ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ได้รับการพิจารณาจากการทบทวนวรรณกรรม จากแบบทดสอบที่ได้รับการพัฒนามาแล้วในอดีต ในปีที่สองได้มีการสร้างและทดสอบมาตรฐานการสร้างให้เป็นสากล โดยแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ (MCPSAT) ประกอบด้วย 5 ปัจจัยย่อยดังนี้

1. ความคิดคล่อง หมายถึง การสร้าง การตอบสนองและความคิดที่หลากหลาย ยิ่งจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากขึ้น จะแสดงถึงความคิดคล่องเพิ่มขึ้น

2. ความยืดหยุ่น หมายถึง การสร้างหลาย ๆ การตอบสนองที่ต่างกันและความคิดที่เอาชนะความคงที่ จำนวนของประเภทต่าง ๆ คำตอบที่ถูกต้องมากขึ้น จะแสดงว่ามีความคิดยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง การสร้างความคิดที่แตกต่างจากคนอื่น ๆ และเป็นเอกลักษณ์ของคำตอบ

4. ความคิดละเอียดลออ หมายถึง การอธิบายเพิ่มเติม การออกแบบที่เรียบง่ายให้ซับซ้อนมากขึ้นหรือ การออกแบบที่ซับซ้อน องค์ประกอบดังกล่าวไม่วัดโดยแบบวัด MCPSAT

5. การแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการสร้างคำตอบได้หลากหลาย

การวิเคราะห์ทางสถิติยืนยันว่า MCPSAT มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ในการระบุตัวผู้ที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์

El-Demerdash (2007) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางรูปทรงเรขาคณิตที่เป็นมาตรฐาน แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ มีจำนวน 12 ข้อ วัดค่าความคิดสร้างสรรค์ในด้านเรขาคณิตดังต่อไปนี้

1. ความคิดคล่อง คือ ความสามารถของนักเรียนที่จะก่อให้เกิดจำนวนของความคิดทางเรขาคณิตหรือการกำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางเรขาคณิต หรือสถานการณ์ในระยะเวลาสั้น ๆ มีการกำหนดไว้อย่างชัดเจนว่าเป็นตัวเลข การตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางเรขาคณิตหรือสถานการณ์ สามารถวัดผลตามข้อ 1, 2, 3 และ 4

2. ความคิดยืดหยุ่น คือ ความสามารถของนักเรียนในการปรับเปลี่ยนแนวทางการแก้ปัญหา ความหลากหลายของวิธีการต่าง ๆ ที่มีต่อปัญหาทางเรขาคณิตหรือสถานการณ์ เป็นวัตถุที่

กำหนดไว้เป็นจำนวนที่แตกต่างกัน ประเภทของคำตอบที่เกี่ยวข้อง วิธีการหรือคำถามต่อปัญหาทางเรขาคณิตหรือสถานการณ์ สามารถวัดผลตามข้อ 5, 6 และ 9

3. ความคิดริเริ่ม คือ ความสามารถของนักเรียนที่จะลองวิธีการใหม่หรือแนวทางใหม่ต่อปัญหาทางเรขาคณิตหรือสถานการณ์ กำหนดไว้อย่างไม่เป็นทางการ เป็นสถิติที่พบไม่บ่อยนักของการตอบสนอง สามารถวัดผลตามข้อ 7, 8, และ 12

4. ความคิดละเอียดลออ คือ ความสามารถของนักเรียนในการกำหนดรูปทรงเรขาคณิต ปัญหาหรือสถานการณ์แทนปัญหาซึ่งไม่ใช่รูปทรงเรขาคณิต สถานการณ์หรือแม้กระทั่งการแก้ปัญหาปัญหาหรือสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงอย่างหนึ่งอย่างหรือหลายด้าน โดยทดแทน รวม ปรับเปลี่ยน แก้ไข ขยาย กำจัด การเรียงลำดับใหม่หรือการย้อนกลับและการคาดเดาว่าเป็นอย่างไรสามารถวัดผลตามข้อ 10 และข้อ 11

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางรูปทรงเรขาคณิต วิเคราะห์ความเที่ยงของแบบทดสอบ (Split-half reliability) มีค่าเท่ากับ 0.83 นัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ความถูกต้องของเนื้อหาถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ ค่าความเที่ยง (Reliability coefficient) คำนวณก่อนลบรายการที่ 9 และ 11 เป็น 0.913 และหลังจากลบรายการ 9 และ 11 เป็น 0.922 แสดงให้เห็นว่ารูปทรงเรขาคณิต สามารถใช้ในการทดสอบความคิดสร้างสรรค์และมีความตรงในการทดสอบที่สูง

Akgul and Kahveci (2016) ได้ศึกษาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่เชื่อถือได้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (10-15 ปี) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีตอนต้นจำนวน 297 คน ในการศึกษาครั้งนี้แบบวัดระดับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (MCS) ได้รับการพัฒนาโดยนักวิจัยที่สามารถแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ได้มีการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ วิธีการที่ใช้ในวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ความคิดเห็นถูกนำมาจากผู้เชี่ยวชาญด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยเวลาที่ใช้ในการทดสอบถูกออกแบบมาในเวลา 50 นาที แบบทดสอบแบ่งเป็น 5 ข้อ โดยวัดตัวแปรด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 3 ตัวแปร คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม แบบทดสอบดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาเท่ากับ. 80

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยเลือกใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่พัฒนาโดยลีและคณะ (Lee et al., 2003) ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ ดังมีรายละเอียด และการให้คะแนนดังนี้

ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง จำนวนของแนวคิดและความสามารถในการตอบสนองที่แตกต่างต่อคำถามทางคณิตศาสตร์ เป็นจำนวนของการตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับงานทาง

คณิตศาสตร์ วิธีที่แตกต่างจากเดิมในการแก้ปัญหา เกณฑ์การให้คะแนนเป็นการให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนได้คำตอบที่ถูกต้องหลายรายการในแต่ละหมวดคะแนน คะแนนเต็ม 5 คะแนน

ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำนวนโดยทั่วไปให้เป็นกลุ่ม เป็นประเภทเดียวกัน หรือแยกแยะประเภทของจำนวนได้ เกณฑ์การให้คะแนนเป็นการจำแนก 1 ประเภท เท่ากับ 1 คะแนน นักเรียนสามารถเขียนได้สูงสุด 15 คำตอบสำหรับปัญหานี้ คะแนนสูงสุดของความยืดหยุ่นเท่ากับ 15 คะแนน เช่น ถ้าคำตอบของนักเรียนเป็นจำแนกเป็น 3 ประเภท แล้วคะแนนความยืดหยุ่นเท่ากับ 3 คะแนน

ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะเฉพาะของความคิดและผลผลิตจากความคิดที่เป็นเอกลักษณ์ เป็นการขยายแนวความคิดเดิมที่เป็นประโยชน์ การตอบสนองที่จัดอยู่ในระดับย่อย คะแนนจะได้รับตามด้านล่างตามเปอร์เซ็นต์ของความถี่ของความคิดที่แตกต่างกัน

จำนวนคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 0 – 1.99 ให้ 2 คะแนน

จำนวนคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 2 – 4.99 ให้ 1 คะแนน

จำนวนคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

โดยการตรวจสอบค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน (Internal consistency) ของข้อคำถามด้วยการหาค่าความเที่ยงแบบสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (Cronbach’s alpha coefficient) มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .80

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

สุภาวดี ศรีธรรมศาสน์ (2551) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้และขั้นประเมิน ในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านดงประชานุกูล จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 30 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนรู้แบบ 5E นักเรียนร้อยละ 56.67 ได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป และนักเรียนจำนวนร้อยละ 73.33 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตั้งแต่ร้อยละ 70 เป็นต้นไป

อรวรรณ ตันสุวรรณรัตน์ (2552) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนสิรินธร จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 50 คน โดยใช้ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณการทดสอบค่าที (*t*-test) ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิง

สร้างสรรค์มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ณัฐพงศ์ วงศ์สุ่ย (2553) ได้ศึกษาตรวจสอบและพัฒนาโมเดลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาขั้นพื้นฐานในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 844 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) โดยใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ วัดตัวแปรต้น ได้แก่ การเข้าร่วมกิจกรรมคณิตศาสตร์ บรรยากาศในห้องเรียนคณิตศาสตร์ การสนับสนุนการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้ปกครอง และพฤติกรรมการสอนของครู วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เส้นทางแบบพี เอ แอล (Path analysis with LISREL) ผลการวิจัยปรากฏว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่ การเข้าร่วมกิจกรรมคณิตศาสตร์ ปัจจัยที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อม เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ บรรยากาศในห้องเรียนคณิตศาสตร์ การสนับสนุนการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้ปกครอง และพฤติกรรมการสอนของครู โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และสามารถอธิบายความแปรปรวนของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 65.00 (R^2= .65)

กาญดาร์ สงดวง (2554) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่ม (TGT) ร่วมกับวิธีการสอนการแก้ปัญหาแบบเอสเอสซีเอส (SSCS) โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/1 โรงเรียนบ้านคลองหวะ (ทวีรัตน์ราษฎร์บำรุง) จำนวน 23 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนด้วยเทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่ม (TGT) ร่วมกับวิธีการสอนการแก้ปัญหาแบบเอสเอสซีเอส (SSCS) มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์หลังสอนสูงกว่าก่อนสอน

วรรณพร เลิศอาวาส (2554) ได้ศึกษาพฤติกรรมด้านความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น เรื่อง จำนวน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านกิจกรรมการแก้ปัญหาและการตั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอนุบาลเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 10 คน โดยมีนักเรียน 3 คนเป็นนักเรียนเป้าหมาย เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมด้านความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น เรื่อง จำนวน โดยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างใช้กิจกรรมการแก้ปัญหาและการตั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวน จำนวน 15 แผน แผนละ 1 คาบเรียน คาบเรียนละ 90 นาที และวัดความสามารถทางความคิดสร้างสรรค์โดยแบบสังเกตพฤติกรรมด้าน ความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น ผลการวิจัยปรากฏว่า เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น

นักเรียนสามารถ 1) คิดหาผลเฉลยได้จำนวนมากในเวลาที่กำหนด 2) คิดหาผลเฉลยได้หลายรูปแบบที่แตกต่างกัน 3) คิดแล้วเลือกผลเฉลยหรือกลุ่มของผลเฉลยที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่กำหนด และ 4) คิดแล้วเลือกเกณฑ์ในการจัดกลุ่มของผลเฉลย และเมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการตั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น นักเรียนสามารถ 1) ตั้งสถานการณ์ได้จำนวนมากในเวลาที่กำหนด 2) ตั้งสถานการณ์ได้หลายโครงสร้างที่แตกต่างกัน และ 3) คิดแล้วเลือกสถานการณ์หรือกลุ่มของสถานการณ์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่กำหนดได้

วรนารถ อยู่สุข (2555) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และศึกษา เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังหลังจากการใช้ชุดกิจกรรมเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์และวงจรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนนครนายกวิทยาคม จำนวน 44 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วยชุดกิจกรรมเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์และวงจรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูลทำโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยร้อยละ และการทดสอบค่าที (*t*-test dependent) ผลการวิจัยปรากฏว่า

1. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ภายหลังจากการใช้ชุดกิจกรรมเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์และวงจรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60

2. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ภายหลังจากการใช้ชุดกิจกรรมเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์และวงจรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ สูงกว่าก่อนการใช้ชุดกิจกรรมเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์และวงจรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ภายหลังจากการใช้ชุดกิจกรรมเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์และวงจรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60

4. ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ภายหลังจากการใช้ชุดกิจกรรมเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์และวงจรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ สูงกว่าก่อนการใช้ชุดกิจกรรมเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์และวงจรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุนทรี หมั่นวาจา (2555) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามรูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้น ตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นนี้จะเป็นขั้นตอนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้งใน

ด้านความคล่องในการคิด (Fluency) ความ ยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และ ความคิดริเริ่ม (Originality) 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านไทยสามัคคี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครราชสีมาเขต 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 24 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 61.11 แยกเป็นรายด้านความคล่องในการคิด คิดเป็นร้อยละ 46.18 ด้านความยืดหยุ่นในการคิด คิดเป็นร้อยละ 61.11 และ ด้านความคิดริเริ่ม คิดเป็นร้อยละ 76.04

รุ่งนภา นรมาตย์ (2556) ได้ศึกษาและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านราษฎร์ดำเนิน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาร้อยเอ็ด เขต 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 15 คน รูปแบบการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองขั้นต้น (Pre-experimental research design) แบบกลุ่มเดียววัดผลหลังเรียน (One-shot case study) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติ คือแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ และใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 72.59 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 73.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ธัญญารัตน์ โกมลเกียรติ (2557) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง การประยุกต์ 1 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียน ภ.ป.ร. ราชวิทยาลัยในพระบรมราชูปถัมภ์ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 36 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง การประยุกต์ 1 และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ .01 และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ระดับนัยสำคัญ .01

ชนัญณิชา เกษาพันธ์ (2558) ได้ศึกษาพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้เทคนิคระดมสมองที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง สมการเชิงเส้น

ตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนคำแสนวิทยาสรรค์ จำนวน 78 คน การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีวงจรปฏิบัติการ 2 วงจร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้เทคนิคระดมสมองที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ แบบบันทึกผลการใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และแบบฝึกทักษะ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ผลการวิจัยปรากฏว่า การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้ เทคนิคระดมสมองที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีนักเรียนร้อยละ 70 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 70 ขึ้นไป และด้านความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์มากกว่านักเรียนกลุ่มปกติ โดยคะแนนด้านความคิดคล่องมีคะแนนสูงสุด รองลงมาคือความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม

พัทธยากร บุสสยา (2559) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนวัดป่าประดู่ จังหวัดระยอง จำนวน 42 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดจำนวน 4 แผน ใช้เวลาในการจัด 12 ชั่วโมง แบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ จำนวน 3 ข้อ และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ แบบแสดงวิธีทำ จำนวน 3 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือการทดสอบค่าที (*t*-test for one sample) ผลการศึกษาปรากฏว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ .05 และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ .05

Bahar and Maker (2011) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรายวิชาคณิตศาสตร์ โดยวัดความคิดสร้างสรรค์ในองค์ประกอบของความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่อง ความคิดละเอียดลออ ความคิดริเริ่มและคะแนนรวมของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (TMC) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน จำนวน 78 คน จากชั้นประถมศึกษาปีที่สองถึงปีที่ 4 ประเทศสหรัฐฯ คะแนนของนักเรียนในการทดสอบทักษะพื้นฐานของไอบีเอส (ITBS) หรือการทดสอบทักษะ

พื้นฐาน (CTBS) มีความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างกันทั้งหมดกับความคิดสร้างสรรค์ (ความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่อง ความคิดละเอียดลออ ความคิดริเริ่ม) และคะแนนรวมทั้งหมดของความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ ANOVA พบว่าทั้งความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นตามระดับชั้นเรียนของนักเรียน

Levav-Waynberg and Leikin (2012) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความรู้ทางเรขาคณิตของนักเรียนและความคิดสร้างสรรค์ ที่ใช้หลักการหาคำตอบที่หลากหลาย Multiple solution tasks (MSTs) ในวิชาเรขาคณิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 303 คน จาก 14 ชั้นเรียน เข้าร่วมการศึกษา ซึ่งนักเรียน 229 คน จาก 11 ชั้นเรียนได้เรียนรู้ในสภาพแวดล้อมการทดลองที่ใช้ MSTs ในขณะที่คนอื่น ๆ ได้เรียนรู้แบบปกติ ในช่วงหนึ่งปีการศึกษา แล้วเปรียบเทียบการพัฒนาความรู้และความคิดสร้างสรรค์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตาม ที่ได้เขียนไว้ในการทดสอบเป็นลายลักษณ์อักษรของนักเรียน ความรู้เรขาคณิตถูกวัดโดยความถูกต้องและความต่อเนื่องของคำตอบที่นำเสนอ เกณฑ์การสร้างสรรค์ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการเชื่อมโยงระหว่างนักเรียนและความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นเป็นผลมาจากการใช้ MSTs การศึกษาสนับสนุนแนวคิดที่ว่าความคิดริเริ่ม เป็นลักษณะภายในมากกว่าความความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น และมีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์และความคิดคล่องน้อย

Per Øystein Haavold (2013) ได้ศึกษาถึงลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ได้รับการตรวจสอบทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ผลการวิจัยได้ทำการศึกษาในสี่บทความ คือบทความแรก นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงจำนวนสามคน ได้รับปัญหาตรีโกณมิติที่ไม่คุ้นเคย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า แนวคิดในการคิดของนักเรียนมีการเชื่อมโยงอย่างมากกับการให้เหตุผลแบบจำลองและเฉพาะ เมื่อได้รับคำแนะนำบางรูปแบบเท่านั้น พวกเขาสามารถแสดงเหตุผลที่สร้างสรรค์และยืดหยุ่นได้ ในบทความที่สองได้นำแบบจำลองทางทฤษฎีสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างสรรค์โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ANCOVA กับข้อมูลเชิงประจักษ์ แรงจูงใจภายในและความรู้สึกด้านสุนทรียศาสตร์ของคณิตศาสตร์ พบว่าเป็นตัวพยากรณ์ที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ข้อมูลยังแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างความสำเร็จทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ บทความที่สามศึกษาความแตกต่างระหว่างความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนเกรด 8 และนักเรียนเกรด 11 พบว่านักเรียนเกรด 11 คะแนนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ คำอธิบายที่เสนอไว้สำหรับเรื่องนี้ก็คือนักเรียนที่มีอายุมากกว่านั้นมีอาจมีการพัฒนาความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งขึ้นของฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์ของพวกเขา บทความที่สี่เป็นความเห็นและการสังเคราะห์บทความสามข้อเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ความสามารถและ

ความสามารถทางคณิตศาสตร์ การสังเคราะห์พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยงอย่างมากกับความสามารถทางคณิตศาสตร์รูปแบบความคิดเชิงพื้นที่และความฉลาด

Kattou, Kontoyianni, Pitta-Pantazi, and Christou (2013) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยรวบรวมข้อมูลจากการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์และการทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา 359 คน จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า มีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน ยังสนับสนุนแนวความคิดว่าความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนประกอบย่อยของความสามารถคณิตศาสตร์

Van Harpen and Sriraman (2013) ได้ศึกษากิจกรรมการตั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แบ่งเป็นนักเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกา 1 กลุ่ม และนักเรียนในประเทศจีนอีก 2 กลุ่ม โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการวางปัญหาในรูปแบบทางเรขาคณิต โดยให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เข้าเรียนหลักสูตรคณิตศาสตร์ขั้นสูงในโรงเรียนมัธยมปลาย ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนทั้งสามกลุ่มส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างปัญหาที่ท้าทายมากนัก การวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ตามความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม พบว่า คะแนนของนักเรียนในด้านความคิดคล่องไม่สูงเท่าที่ควร การวิเคราะห์ความยืดหยุ่นแสดงให้เห็นว่าแม้ว่านักเรียนจะเป็นปัญหาของความหลากหลายในแต่ละกลุ่ม แม้นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก็มีปัญหาในการตั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์

Şükran Tok (2015) ได้ศึกษาผลกระทบของกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับการคิดอย่างสร้างสรรค์ ในด้านผลกระทบเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และทัศนคติต่อคณิตศาสตร์ โดยกลุ่มตัวอย่างของการศึกษา คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากผลการวิจัยปรากฏว่า กิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับการคิดอย่างสร้างสรรค์มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ทำให้มีความสำเร็จในเชิงบวก นักเรียนมีการใช้จินตนาการและเกิดความสนุกสนานกับกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ด้วยกิจกรรมการคิดสร้างสรรค์ กิจกรรมการคิดสร้างสรรค์มีผลต่อทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในแง่บวก และลดระดับความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์

Chesimet, Githua, and Nǧ'eno (2016) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนใน Kericho east sub-county รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ ใช้การออกแบบกลุ่มควบคุม Solomon four non equivalent control ภายใต้การวิจัยกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มจากโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 4 แห่งที่ได้รับการ

คัดเลือกมาจากโรงเรียนในเขต Kericho east sub-county โดยเลือกห้องเรียนหนึ่งห้องจากสองห้องในแต่ละโรงเรียน ซึ่งมีนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 168 คน กลุ่มทดลองใช้วิธีการเรียนรู้จากประสบการณ์ (Experiential learning approach - ELA) ในขณะที่กลุ่มควบคุมใช้วิธีสอนแบบปกติ (CTM) กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทดสอบโดยใช้การทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (MCT) ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ค่าเฉลี่ยและคะแนน ANOVA ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ.05 ผลการวิจัยปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยของทั้ง 4 กลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยให้เห็นว่า ELA มีผลดีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนวิธีการสอนแบบ ELA มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมศึกษา

Hershkowitz, Tabach, and Dreyfus (2017) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความรู้ระหว่างการเรียนรู้ในห้องเรียนคณิตศาสตร์ ข้อมูลเชิงประจักษ์ทำให้สามารถตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ความเข้าใจและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ในห้องเรียน พฤติกรรมของนักเรียน พฤติกรรมของครู รวมถึงการสัมภาษณ์ในรายละเอียด ดังนั้นเป้าหมายของการศึกษาในงานวิจัย คือการตรวจสอบเหตุผลเชิงสร้างสรรค์ภายในการเปลี่ยนแปลงความรู้ โดยใช้การวิเคราะห์การอภิปรายทั้งชั้นและการทำงานกลุ่มของนักเรียน ผลการวิจัยของเราแสดงให้เห็นว่า เหตุผลเชิงสร้างสรรค์มีบทบาทการเปลี่ยนแปลงความรู้ในห้องเรียนโดยเฉพาะอย่างยิ่ง พบว่า นักเรียนที่แสดงเหตุผลเชิงสร้างสรรค์สามารถเป็นผู้นำทางความรู้และกลายเป็นตัวแทนความรู้ ในขณะที่ผลงานของนักเรียนที่ไม่ได้มีลักษณะสร้างสรรค์ไม่ได้ถูกติดตามหรือยอมรับจากเพื่อนในชั้นเรียน

Paz-Baruch, Leikin, and Leikin (2016) ได้ตรวจสอบความสามารถในการประมวลผลภาพที่แยกความแตกต่างระหว่างความสามารถพิเศษทั่วไป (G) และความเป็นเลิศทางคณิตศาสตร์ (EM) ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียน 190 คนจาก 4 กลุ่มเป็นนักเรียนเกรด 10 ถึง 12 ซึ่งแตกต่างจากระดับ G และ EM นักเรียนทำการทดสอบการประมวลผลภาพ ความเร็วในการประมวลผลข้อมูลภาพ (SVIP) การรับรู้ภาพ (VP) และการมองเห็น (VA) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า นักเรียน G-EM มีประสิทธิภาพที่ยอดเยี่ยมในการประมวลผลภาพ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรที่นักวิจัยในปัจจุบันให้ความสนใจ มีความสำคัญในการพัฒนาคุณภาพของนักเรียนและความสามารถทางคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จึงเป็นตัวแปรที่มีการศึกษาในรูปแบบการวิจัยต่าง ๆ และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถของนักเรียนและความสามารถของคนในวัยต่าง ๆ จากการสืบค้นข้อมูลรายการอ้างอิงของงานวิจัยจากทั่วโลก ผ่านรายการอ้างอิงออนไลน์ https://scholar.google.com พบว่า

งานวิจัยด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มีแนวโน้มที่จำนวนเพิ่มขึ้นและศึกษาวิจัยในมิติต่าง ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงแต่ละปี ดังนี้

ช่วงปี ค.ศ.	จำนวนงานวิจัย
2012-2013	588
2013-2014	695
2014-2015	766
2015-2016	817

จะเห็นว่ามีงานวิจัยที่มุ่งศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จำนวนไม่มากนัก แต่มีแนวโน้มในการเพิ่มจำนวนการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ในประเทศไทยยังมีการศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไม่มากนัก ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

5. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550) กล่าวว่า คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยเหตุผล กระบวนการคิด และการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์จึงเป็นวิชาที่ช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผล มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณและเป็นระบบ ตลอดจนมีทักษะการแก้ปัญหา ทำให้สามารถคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจและแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ยิ่งกว่านั้น คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ ทำให้มีการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมากมายในทุกวันนี้

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นสาระหนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เนื่องจากนักการศึกษาคณิตศาสตร์ตระหนักถึงความสำคัญและจำเป็น ไม่เพียงแต่ประเทศไทยเท่านั้นที่หันมาใส่ใจส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้นของหลักสูตรคณิตศาสตร์ ยังมีประเทศอื่น ๆ อีกทั่วโลกที่สนใจส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้วยเช่นกัน เช่น ออสเตรเลีย สิงคโปร์ และสหรัฐอเมริกา สภาครูคณิตศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (National council of teachers of mathematics หรือ NCTM) ซึ่งเป็นองค์กรสำคัญที่มีบทบาทอย่างมากต่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียนในสหรัฐอเมริกาและทั่วโลก ได้เสนอหนังสือมาตรฐานหลักสูตรและการประเมินผลคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน ในปี ค.ศ.1989 และหนังสือหลักการและมาตรฐานสำหรับคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน ในปี ค.ศ.2000 ว่าด้วยมาตรฐานทางด้านทักษะกระบวนการทาง

คณิตศาสตร์ ที่ควรส่งเสริมให้นักเรียนระดับโรงเรียนได้เรียนรู้ฝึกฝนทักษะและพัฒนาให้ดีขึ้น ประกอบด้วยการแก้ปัญหา การให้เหตุผลและการพิสูจน์ การสื่อสาร การเชื่อมโยงและการนำเสนอ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้นักการศึกษาทั่วโลกรวมทั้งนักการศึกษาของไทยหันมาสนใจศึกษาเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น

1. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ซึ่งเผชิญอยู่และต้องการค้นหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้วิธีการหรือขั้นตอนที่ได้คำตอบของสถานการณ์ นั้นในทันที และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนและกระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ กระบวนการแก้ปัญหาที่ยอมรับและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (Polya) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล

2. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และหรือความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการรวบรวมข้อเท็จจริง ข้อความ แนวคิด สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ แจกแจงความสัมพันธ์หรือการเชื่อมโยง เพื่อทำให้เกิดข้อเท็จจริงหรือสถานการณ์ใหม่

รูปแบบของการให้เหตุผล

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย

การให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นกระบวนการที่ใช้การสังเกตหรือการทดลองหลาย ๆ ครั้งแล้วรวบรวมข้อมูลเพื่อหาแบบรูปที่จะนำไปสู่ข้อสรุปซึ่งเชื่อว่า น่าจะถูกต้อง น่าจะเป็นจริง มีความเป็นไปได้มากที่สุดแต่ยังไม่ได้พิสูจน์ว่าเป็นจริงและยังไม่พบข้อขัดแย้ง เรียกข้อสรุปนั้นว่า ข้อความคาดการณ์

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย

การให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นกระบวนการที่ยกเอาสิ่งที่รู้ว่าเป็นจริงหรือยอมรับว่าเป็นจริงโดยไม่ต้องพิสูจน์ แล้วใช้เหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์อ้างจากสิ่งที่รู้ว่าเป็นจริงนั้นเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปหรือผลสรุปที่เพิ่มเติมขึ้นมาใหม่

การให้เหตุผลแบบนิรนัย ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1) เหตุหรือสมมติฐาน ซึ่งหมายถึง สิ่งที่เป็นจริงหรือยอมรับว่าเป็นจริงโดยไม่ต้องพิสูจน์ ได้แก่ คำอนิยาม บทนิยาม สัจพจน์ ทฤษฎีบทที่พิสูจน์แล้ว กฎหรือสมบัติต่าง ๆ

2) ผลหรือผลสรุป ซึ่งหมายถึง ข้อสรุปที่ได้จากเหตุหรือสมมติฐาน ในทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลแบบนิรนัย ประกอบด้วย

2.1 คำอนิยาม หมายถึง คำที่เราไม่ให้ความหมายหรือให้ความหมายไม่ได้แต่เข้าใจความหมายได้ โดยอาศัยการรับรู้จากประสบการณ์ ความคุ้นเคย หรือสมบัติที่เข้าใจตรงกันเช่น กำหนดให้คำว่า จุด เส้น และระนาบ เป็นคำอนิยามในเรขาคณิตแบบยุคลิด

2.2 บทนิยาม หมายถึง ข้อความแสดงความหมายหรือคำจำกัดความของคำที่ต้องการโดยอาศัยคำอนิยาม บทนิยามหรือสมบัติต่าง ๆที่เคยทราบมาแล้ว เช่น กำหนดบทนิยามว่ารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส คือ รูปที่มีด้านทุกด้านยาวเท่ากัน และมีมุมทุกมุมเป็นมุมฉาก

2.3 สัจพจน์ หมายถึง ข้อความที่เรายอมรับหรือตกลงว่าเป็นจริงโดยไม่ต้องพิสูจน์ เช่น กำหนดให้ข้อความว่า ระหว่างจุดสองจุดใด ๆ จะมีส่วนของเส้นตรงเชื่อมเป็นสัจพจน์ในเรขาคณิตแบบยุคลิด

2.4 ทฤษฎีบท หมายถึง ข้อความที่สามารถพิสูจน์ได้ว่าเป็นจริงซึ่งในการพิสูจน์อาจใช้บทนิยาม สัจพจน์ หรือทฤษฎีบทอื่น ๆที่ได้พิสูจน์ไว้ก่อนแล้ว มาอ้างอิงในการพิสูจน์ ข้อความที่เป็นทฤษฎีบทควรเป็นข้อความที่สำคัญ มักนำไปอ้างอิงในการพิสูจน์ข้อความอื่น ๆหรือนำไปใช้แก้ปัญหาต่อไป

3. การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือกระบวนการคิดของตนให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้องชัดเจนและมีประสิทธิภาพ การที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปลายหรือการเขียน แลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็นถ่ายทอดประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีความหมายเข้าใจได้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งและจดจำได้นานมากขึ้นอีกด้วย เมื่อสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา ได้กล่าวไว้ในหนังสือหลักการและมาตรฐานสำหรับคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน หนังสือประจำปี ค.ศ. 1996 Communication in mathematics k-12 and beyond และหนังสือประจำปี ค.ศ. 2001 The roles of representation in school mathematics ว่า การสื่อสารและการนำเสนอต้องเป็นจุดเน้นที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งนำเสนอแนวคิดต่าง ๆ เกี่ยวกับการเรียนการสอนการสื่อสารและการนำเสนอในคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียนที่เชื่อว่าจะทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพดีขึ้น

4. การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะกระบวนการที่มีในเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้น

รูปแบบของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ อาจจำแนกตามลักษณะการเชื่อมโยงได้เป็น 2 แบบ

1. การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์
2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

5. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการคิดที่อาศัยความรู้พื้นฐานจินตนาการ และวิจารณญาณ ในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์มีหลายระดับ ตั้งแต่ระดับพื้นฐานที่สูงกว่าความคิดพื้น ๆ เพียงเล็กน้อย ไปจนกระทั่งเป็นความคิดที่อยู่ในระดับสูงมาก บางครั้งมากจนไร้ขอบเขตจำกัด คนอื่นคิดไปไม่ถึง จนมองดูเหมือนว่าเป็นการเพ้อฝัน

ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ระดับพื้นฐาน เป็นความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้นกับผู้คนเกือบตลอดเวลาเมื่อต้องการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า หรือแก้ปัญหาที่ใช้วิธีการไม่ยุ่งยาก เช่น การเดินป่าหรือเดินทางไกลในสมัยก่อนที่ยังไม่มีความสะดวกในการเดินทาง การเตรียมข้าวปลาอาหารไม่อาจนำภาชนะถ้วยชามไปได้ ชาวบ้านจึงมีการหุงข้าวโดยใช้กระบอกไม้ไผ่แทนหม้อข้าวซึ่งต่อมาได้พัฒนาเป็นข้าวหลาม

ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ระดับสูง เป็นความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่ส่งผลกระทบหรือก่อประโยชน์ที่กว้างขวางต่อมวลมนุษย์ เช่น การคิดสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์

สำหรับความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ระดับสูงในทางคณิตศาสตร์ จะเห็นได้จากผลงานของนักคณิตศาสตร์ที่เป็นผู้ให้กำเนิดวิชาการบางแขนงทางคณิตศาสตร์ เช่น วิชาแคลคูลัส ซึ่งเป็นวิชาหนึ่งที่มีประโยชน์อย่างมากในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทฤษฎีกราฟที่มีประโยชน์ในการวางผังงานจัดระบบการขนส่ง

สนฤดี ศรีสวัสดิ์ (2551) ได้ศึกษาและพัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้หลักการเรียนรู้แบบไตรสิกขา เรื่อง การเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการเรียนด้วยชุดการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้หลักการเรียนรู้แบบไตรสิกขา เรื่อง การเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเปรียบเทียบทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนด้วยชุดการเรียนคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน 31 คน เวลาที่ใช้ในการสอน 18 ชั่วโมง แบบแผนการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบ One-group pretest-posttest design วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติ *t* – test for dependent samples และค่าสถิติ *t*-test for one sample ผลการศึกษาพบว่า ชุดการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้หลักการเรียนรู้แบบไตรสิกขา เรื่อง การเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ย 87.23/86.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนด้วยชุดการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้หลักการเรียนรู้แบบไตรสิกขา เรื่อง การเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนด้วยชุดการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้หลักการเรียนรู้แบบไตรสิกขา เรื่อง การเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ70 ขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 82.67

ศิริภรณ์ ตันนะลา (2554) ได้พัฒนาเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และให้นักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ร้อยละ 70 ขึ้นไป โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนชุมชนบ้านนาบอน อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย จำนวน 23 คน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาในด้านการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ การคิดการแสดงออกสามารถเชื่อมเป็นกระบวนการเดียวกันได้ การแสดงความคิดเห็น การอภิปรายลงข้อสรุป การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 78.26 ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีทั้งหมด 17 คน คิดเป็นร้อยละ 73.91 ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70

รัชนีวัน ทองสุข (2555) ได้ศึกษาและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 80 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 5 คน โรงเรียนหาดคำ บอนวัฒนา อำเภอเมืองหนองคาย จังหวัดหนองคาย รูปแบบ การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งมีขั้นตอน 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการวางแผนเป็นการศึกษาสภาพปัญหา เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสร้างเครื่องมือวิจัย 2) ขั้นปฏิบัติเป็นการดำเนินการสอนตามแผนการจัดการ

เรียนรู้ที่สร้างและพัฒนาขึ้น 3) ขั้นสังเกตการณ์เป็นการใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติการและ 4) ขั้นสะท้อนการปฏิบัติเป็นการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อปรับปรุงพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และสรุปเป็นความเรียง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจำแนกได้ 3 ประเภท คือ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่เน้นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้น ตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 12 แผน เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนการปฏิบัติ ได้แก่ แบบบันทึกแผน การจัดการเรียนรู้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน แบบสังเกตพฤติกรรมการสอน แบบสัมภาษณ์นักเรียน แบบทดสอบ ท้ายวงจร เครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 25 ข้อ และแบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 82.22 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

ศศิชา ทรัพย์ล้น (2556) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับระยะทางและความสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคนิค KWC กับแนวคิดการสร้างพลังการเรียนรู้ โดยประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับระยะทางและความสูง ประเมินพลังการเรียนรู้ และศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคนิค KWC กับแนวคิดการสร้างพลังการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสมเด็จพระปิยมหาราชรมณียเขต สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 35 คน ที่ได้จากการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยทดลองใช้ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบบประเมินพลังการเรียนรู้และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ การวิเคราะห์ ผลการวิจัยปรากฏว่าผลการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับระยะทางและความสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคนิค KWC กับแนวคิดการสร้างพลังการเรียนรู้ หลังจัดการเรียนรู้สูงกว่าผลการเรียนรู้ก่อนจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับระยะทางและความสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคนิค KWC กับแนวคิดการสร้างพลังการเรียนรู้อยู่ในระดับสูงทุกด้าน พลังการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับระยะทางและความสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคนิค

จุไรรัตน์ ปิ้งผลพูล (2556) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน และศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา พุทธมณฑล กรุงเทพมหานคร ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 41 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบบประเมินความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อวิธีการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น หลังเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนรู้แบบโครงงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .013 2) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่จัด การเรียนรู้แบบโครงงานโดยภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่ามีคุณภาพ อยู่ในระดับสูงมากเรียงตามลำดับ ดังนี้ การสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ และการให้เหตุผล ส่วนด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์การแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงมีคุณภาพอยู่ในระดับสูง 3) ความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยภาพรวมมีความสามารถอยู่ในระดับสูงเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่ามีความสามารถอยู่ในระดับสูงมากเรียงตามลำดับ ได้แก่ การวางแผนในการทำโครงงาน การลงมือทำโครงงานและการนำเสนอผลงาน ส่วนด้านการเขียนรายงานและการเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษามีความสามารถอยู่ในระดับสูง และ 4) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยภาพรวม นักเรียนพึงพอใจอยู่ในระดับมากทั้งสามด้านได้แก่ ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการร่วมปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และด้านบรรยากาศในการเรียนรู้

อำภารัตน์ ผลาวรรณ์ (2556) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ความตระหนักในการรู้คิดและความมีวินัยในตนเองของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบแนะให้รู้คิด (CGI) เรื่องความน่าจะเป็น และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบแนะให้รู้คิด (CGI) เรื่องความน่าจะเป็นกับเกณฑ์กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนโยธินบำรุง จังหวัด นครศรีธรรมราช โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน30 คน เวลาที่ใช้ในการสอน 17 คาบ

แบบแผนการการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบ One–group pretest–posttest design วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติ *t*–test for dependent sample และค่าสถิติ *t*–test for one sample ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความตระหนักในการรู้คิด และความมีวินัยในตนเองของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบแนะให้รู้คิด (CGI) สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบแนะให้รู้คิด (CGI) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการช่วยเสริมศักยภาพเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาและเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดำเนินการโดยประยุกต์ใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and development) โดยการคัดเลือกคละความสามารถ เก่ง ปานกลาง อ่อน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนสาธิตวิทยาลัยสงฆ์พุทธชินราช สังกัดสำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้ แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการบันทึกผลพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาคือ รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการช่วยเสริมศักยภาพเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สร้างขึ้นมีชื่อว่า UCDDE model มีกระบวนการเรียนรู้ ดังนี้ 1) ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา (Understanding: U) 2) ขั้นการสร้างตัวแทนของปัญหา (Constructing: C) 3) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Devising: D) 4) ขั้นการปฏิบัติกิจกรรมการแก้ปัญหา (Doing: D) 5) ขั้นการประเมินผลการแก้ปัญหา (Evaluating: E) มีผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมากและมีค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness index E.I.) ระหว่างร้อยละ 60.88 - 67.06 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ทุกบทเรียน และจากการศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นพบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 และนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่า เกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 รวมถึงนักเรียนมีพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และการช่วยเสริมศักยภาพทำให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านทักษะการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ดีขึ้นอย่างเป็นลำดับ

สุภาพร ศรีหามี (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงทางเรขาคณิตและศึกษาผลของโปรแกรมโดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง คือ กลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มควบคุม คือ กลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 30 คน สุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 15 คน โดยใช้แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบที ผลการวิจัยหลักปรากฏว่า โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในกลุ่มทดลอง หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าอิทธิพล เท่ากับ 2.38 และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าอิทธิพลเท่ากับ 2.39

Alloway and Passolunghi (2011) ได้ศึกษาความสามารถในการทำงานของความจำขณะคิด (Working memory) และความสามารถทางการสื่อสาร (วัดจากคำศัพท์) เพื่อพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ของเด็ก กลุ่มตัวอย่างอายุระหว่าง 7 และ 8 ปีจำนวน 206 คนได้รับการทดสอบทักษะการคิดเหล่านี้ รูปแบบที่แตกต่างกันเกิดขึ้นซึ่งขึ้นอยู่กับทั้งงานหน่วยความจำและทักษะทางคณิตศาสตร์ ในเด็กวัย 7 ขวบหน่วยความจำ Visuo - Spatial และหน่วยความจำทางวาจาที่ไม่ซ้ำกันที่คาดการณ์ประสิทธิภาพในการทดสอบทางคณิตศาสตร์; อย่างไรก็ตามในเด็กอายุแปดขวบหน่วยความจำระยะสั้นในด้านมิติสัมพันธ์เพียงอย่างเดียวที่สามารถทำนายคะแนนคณิตศาสตร์ได้ แม้ว่าความแตกต่างในคำศัพท์จะถูกคำนวณทางสถิติ แต่ทักษะด้านความจำ Visuo - spatial ทำนายทักษะทางคณิตศาสตร์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ รูปแบบของการค้นพบนี้เป็นจุดเริ่มต้นที่เป็นประโยชน์ซึ่งสามารถเพิ่มผลงานวิจัยที่มีอยู่เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของหน่วยความจำและคำศัพท์ในการทำงานกับทักษะทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน

Cirino, Tolar, Fuchs, and Huston-Warren (2016) ได้ศึกษาการมีส่วนร่วมโดยตรงและโดยอ้อมของตัวแปรด้านปัญญา (Cognitive) เช่น ภาษา ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ความจำขณะคิด และการวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับผลลัพธ์ที่สำคัญของการใช้เศษส่วน การให้เหตุผลเชิงสัดส่วนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (n = 162) ผ่านการวิเคราะห์เส้นทางโมเดลสมการโครงสร้าง เพื่อให้เกิดลำดับชั้นของการพัฒนาทักษะโดยมีผลกระทบทางอ้อมที่เกิดจากปัจจัยด้านความรู้ความเข้าใจเรื่องจำนวนและเลขคณิต ผลการวิจัยปรากฏว่า การผสมผสานระหว่างความรู้ความเข้าใจเรื่องจำนวนและตัวแปรทางคณิตศาสตร์คิดเป็น 38% ถึง 44% ของความแปรปรวนในเศษส่วน การให้เหตุผลเชิงสัดส่วนและพื้นฐานทางคณิตศาสตร์

เป็นตัวแปรสนับสนุนความก้าวหน้าตามลำดับชั้น จากกระบวนการสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโดเมนทั่วไป ผ่านทางเทคนิคเกี่ยวกับตัวเลขและทักษะเลขคณิตเพื่อให้เหตุผลเชิงสัดส่วนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์แสดงให้เห็นว่า มีการใช้เทคนิควิธีการในการพัฒนาที่หลากหลายและทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรอย่างหนึ่งด้านความสามารถของสมองที่สามารถพัฒนาได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวคิดและวิธีการที่จะพัฒนาองค์ประกอบของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คือ ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 3 Model-Eliciting Activities และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายและแนวคิดพื้นฐานของ Model-Eliciting Activities

Model-Eliciting Activities (MEAs) เป็นโมเดลการพัฒนาความสามารถของนักเรียนที่ถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในช่วงกลางทศวรรษ 1970 โดยนักการศึกษาคณิตศาสตร์ มีวัตถุประสงค์ 2 ประการในการพัฒนา MEAs คือ เพื่อการสนับสนุนให้นักเรียนมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่มีลักษณะเช่นเดียวกับนักคณิตศาสตร์ และ MEAs ได้รับการออกแบบมาเพื่อตรวจสอบความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยได้รับการรับรองจากสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ (National council of teachers of mathematics, 2000) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

Lesh and Lamon (1992, p. 20) ได้พัฒนาโมเดลเพื่อสร้างการเรียนรู้แบบใหม่ ที่มีการบูรณาการข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลาย ๆ แหล่ง เน้นรูปแบบของการสืบค้นและหาแนวโน้มของความเป็นไปได้ในข้อมูล จัดเตรียมนักเรียนให้มีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ การประเมิน การกล่าวแย้งและการอธิบาย และปรับปรุงโมเดลเพื่อใช้อธิบายการแก้ปัญหา ได้ทำการอธิบาย 6 หลักการ ในการสร้างกิจกรรมที่เผยให้เห็นความคิด เพื่อการวิจัย การประเมินและการสอนหลักการดังกล่าวถูกคิดค้นขึ้นโดยนักวิจัย ได้รับการทดสอบและการกลั่นกรองจากครู ผู้ปกครองและผู้นำชุมชนที่ร่วมในงานวิจัย โดยหลักการดังนี้

1. Model-construction principle เป็นหลักการในการสร้างโมเดลของนักเรียนที่ต้องประกอบด้วย ความสัมพันธ์และการดำเนินการ มีการกำหนดปัญหาให้นักเรียนโดยบรรยายหรือพรรณนาให้ชัดเจน

2. Reality principle เป็นหลักการกำหนดปัญหา ซึ่งปัญหาดังกล่าวจะต้องเป็นปัญหาที่มีความสัมพันธ์กับนักเรียน (meaningful and relevant) และมีรากฐานอยู่บนข้อมูลจริง

กล่าวคือในการออกแบบและสร้างสถานการณ์ปัญหานั้น จะต้องดูให้ปัญหานี้สามารถเกิดในชีวิตจริงได้

3. Self-assessment Principle เป็นหลักการการประเมินตนเอง ที่นำความรู้ที่ได้มาประเมินผลและปรับเปลี่ยนรูปแบบโมเดลที่ตนสร้างขึ้น นักเรียนควรประเมินความสำเร็จของโมเดลของตนเองในสถานการณ์ปัญหาสามารถตรวจสอบข้อบกพร่องในการสร้างมโนทัศน์ เปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ ผสมผสานจุดแข็งในแต่ละมโนทัศน์ที่คิดไว้ ประเมินจากสิ่งที่แก้ไข ปรับปรุง

4. Model-documentation principle เป็นหลักการนักเรียนจะต้องแสดงความคิดของตนขณะทำงานผ่านกิจกรรมโดยกระบวนการคิดในวิธีการแก้ปัญหาหรือโมเดลจะต้องแสดงออกมาในรูปแบบเอกสารประกอบ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการสะท้อนความคิดตนของนักเรียน และสนับสนุนหลักการประเมินตนเอง

5. Shared-ability and Reusability principle วิธีการแก้ปัญหาหรือโมเดลที่สร้างขึ้นควรอยู่ในรูปทั่วไป หรือง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นที่เกี่ยวข้องหรือใกล้เคียง และเป็นประโยชน์ต่อผู้อื่นที่สนใจ โมเดลควรแสดงให้เห็นถึงวิธีทั่วไปทางการคิด

6. Effective prototype principle เป็นหลักการคงความสำคัญทางคณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพ กระชับได้ใจความ และง่ายต่อการทำความเข้าใจ สถานการณ์ปัญหาที่ให้นักเรียนเผชิญควรถูกออกแบบให้มีความเป็นต้นแบบ หรือเป็นสิ่งที่เปรียบเทียบไปสู่สถานการณ์อื่นได้อย่างมีความหมาย

M. Chamberlin (2004) ได้ออกแบบ MEAs เพื่อใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาสำหรับพัฒนาความคิดให้ลึกซึ้งและสูงขึ้นในวิชาคณิตศาสตร์ และออกแบบกิจกรรมโดยอาศัยหลักการทั้ง 6 หลักการ (Lesh, Hoover, Hole, Kelly, & Post, 2000) ซึ่งประกอบด้วย

1. Model construction principle เป็นขั้นตอนของการอธิบายรายละเอียด คำอธิบายขั้นตอนของสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ กิจกรรมต้องให้นักเรียนสามารถตีความได้ และยังประกอบด้วยข้อมูลด้านปริมาณ ความสัมพันธ์ การดำเนินการ และรูปแบบที่นักเรียนคำนึงถึง

2. Reality principle คือ หลักการความเป็นจริง หลักการนี้ทำให้นักเรียนสามารถตีความกิจกรรมได้อย่างมีนัยสำคัญ จากระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันและความรู้พื้นฐานที่ต่างกัน นักเรียนต้องตัดสินใจเลือกถึงข้อมูลที่มีแนวโน้มจะเป็นไปได้

3. Self-assessment principle คือ หลักการประเมินตนเอง เป็นหลักการที่ว่ากิจกรรมนั้นมีเกณฑ์ที่นักเรียนสามารถประเมินตนเอง นักเรียนสามารถระบุถึงความสามารถการทดสอบ และทบทวนวิธีคิดในปัจจุบันได้ และขณะที่ดำเนินกิจกรรมสามารถที่จะกลับไปดูข้อมูลเพื่อประเมินตนเองได้

4. Model documentation principle คือ การที่นักเรียนสร้างงานหรือเอกสารที่สามารถระบุถึงความคิดในสถานการณ์นั้น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนกำลังตีความสถานการณ์ที่กำหนด ทำให้นักเรียนสามารถเห็นภาพและสะท้อนความคิดของนักเรียน ในการจัดกิจกรรมแบบ MEAs ต้องให้นักเรียนอธิบายขั้นตอนหรือวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียน

5. Construct share-ability and Reusability principle คือ ให้นักเรียนสามารถผลิตคำตอบของปัญหาที่สามารถใช้ร่วมกันและนำกลับมาใช้ได้ โดยถามนักเรียนถึงคำตอบที่ได้มานั้นสามารถที่จะใช้กับผู้อื่นหรือสถานการณ์อื่นได้ ตามเวลาที่กำหนดนักเรียนจะต้องพัฒนาขั้นตอนการจัดลำดับให้เป็น

6. Effective prototype principle คือ ตรวจสอบได้ว่าโมเดลหรือคำตอบที่พัฒนาขึ้นของนักเรียนจะสามารถทำได้โดยง่ายที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้นักเรียนพัฒนาแนวทางของคำตอบที่จะให้ต้นแบบที่เป็นประโยชน์สำหรับการตีความสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบ Model-Eliciting Activities หรือ MEAs เป็นการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ มีโครงสร้างของปัญหา เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เป็นการสอนแบบอภิปัญญาและสร้างการอธิบายความคิดของนักเรียน ลักษณะของการเป็นสหวิทยาการของ MEAs ช่วยให้นักวิชาการสามารถรวมความรู้ของสาขาอื่น ๆ แต่ใช้คณิตศาสตร์เป็นหลัก ความสำคัญของ MEAs คือ คณิตศาสตร์ แต่นักเรียนต้องมีการสื่อสารระหว่างเพื่อน มีปฏิสัมพันธ์ และสามารถเขียนอธิบายคำตอบของตนเอง นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับสังคม วิทยาศาสตร์ ศิลปะและพลศึกษา ตัวอย่าง MEAs เช่น

1. Historic hotels (carmona, 2002) สังคมและประวัติศาสตร์
2. Aluminum bats วิศวกรรม
3. The quilt problem การสร้างสรรค์ศิลปะ
4. Summer sports camp พลศึกษา

สำหรับการสอนตามแนวคิด MEAs ที่จะประสบความสำเร็จได้ต้องจะต้องได้รับการสนับสนุนจากครู ครูทำหน้าที่เป็นโค้ช Metacognitive coaching โดยมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนและวางตัวในการแนะนำมากกว่าการตอบคำถาม ตัวอย่างเช่น นักเรียนถามครูว่าคำตอบนี้ถูกต้องหรือไม่ เพราะหนึ่งในหกหลักการของ MEAs คือการประเมินตนเอง ครูอาจจะตอบด้วยการถามนักเรียนว่าเหตุผลของพวกเขาเหมาะสมหรือไม่ อย่างไรก็ตามการบังคับให้นักเรียนใช้คำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวนั้น ไม่ใช่วิธีการคิดและการสอนโดยเป็นโค้ช Metacognitive coaching (Gallagher, Stepien, Sher, & Workman, 1995) เพราะฉะนั้นการสอนโดยเป็นโค้ช Metacognitive coaching ช่วยกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์

ลักษณะหลักสูตรของ MEAs มีความสอดคล้องกันกับหลักสูตรอื่น ๆ ที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เช่น การแก้ปัญหาความคิดสร้างสรรค์ การเรียนรู้จากปัญหา และการศึกษาค้นคว้าอิสระ ลักษณะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์มากที่สุดของ MEAs คือ Interdisciplinary, Metacognitive coaching และ Problem solving ลักษณะเดียวกันนี้จะเห็นได้ในโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ความแตกต่างก็คือ MEAs ถูกเน้นเฉพาะเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

2. ลักษณะการเรียนรู้ตามแนวคิด Model-Eliciting Activities

Wilhelm Wieczerkowski and Prado (2000) ได้กล่าวถึง วิธีการสอนเมื่อนักเรียนมุ่งเน้นไปที่กระบวนการ MEAs ซึ่งแตกต่างไปจากปัญหาคำศัพท์ง่าย ๆ การคำนวณอย่างง่ายหนึ่งหรือสองอย่างจะไม่สามารถแก้ปัญหาใด ๆ ของ MEAs โมเดลที่สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหา MEA มีความลึกมากขึ้นมากกว่าวิธีการแก้ปัญหาแบบอัลกอริทึมที่เรียบง่าย ดังนั้นจึงส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เพราะเป็นแบบ No routine ดังนั้นจึงทำให้กระบวนการคิดสร้างสรรค์สูงกว่าคิดตามลำดับ นักเรียนยังต้องมีส่วนร่วมในเมต้าคอกนิชัน (Metacognition) เพื่อแก้ปัญหา MEAs

Chamberlin and Moon (2005, pp. 40-41) ได้สรุปหลักการของ Model-Eliciting Activities ใน 5 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. Interdisciplinary nature คือ การนำความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป เพื่อนำมาบูรณาการประยุกต์ใช้กับเนื้อหาพื้นฐานของ MEAs ทั้งทักษะในด้านการอ่าน การเขียน การสื่อสาร และความสัมพันธ์กับสาขาวิชาต่าง ๆ

2. Well-structured problems เป็นหลักการของการสร้างโครงสร้างของปัญหาที่ชัดเจน มีการเรียนรู้ที่เป็นกลุ่ม ช่วยทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน แลกเปลี่ยนความรู้ที่หลากหลายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา

3. Realistic problems คือ การใช้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตหรือในชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งจะทำให้สามารถสนับสนุนความเข้าใจได้ดีกว่าปัญหาที่ไม่คุ้นเคยหรือไม่เกี่ยวข้องกับนักเรียน การออกแบบจึงจำเป็นต้องสร้างปัญหาที่มีความเหมือนจริง

4. Metacognitive coaching คือ การฝึกนักเรียนโดยที่ครูมีหน้าที่เป็นโค้ช ให้นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกการตั้งคำถามให้กับนักเรียน โดยวิธีการทางปัญญา ชี้ทางให้กับผู้เรียน ไม่ใช่ผู้คอยตอบคำถาม

5. Explication of student thinking คือ การอธิบายความคิดของนักเรียนผ่านทางงานเอกสารที่ได้รับมอบหมาย และการประเมินตนเองของนักเรียน

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด MEAs ในชั้นเรียน

Lesh et al. (2000) ได้นำเสนอวิธีการสอนแบบ Case study for kids ซึ่งถูกเปลี่ยนชื่อมาเป็น Model-Eliciting Activities โดยมีวิธีการในการดำเนินการดังนี้

3.1 Newspaper article and readiness questions การเตรียมความพร้อมของผู้เรียน โดยวิธีการ 2 วิธีการ คือ

3.1.1 ครูเป็นผู้นำกิจกรรมเป็นส่วนใหญ่ (30 นาที) โดยอ่านบทความและให้นักเรียนตอบคำถาม ให้นักเรียนได้เตรียมความพร้อมด้วยตนเอง จากนั้นอภิปรายเกี่ยวกับคำตอบของนักเรียนที่ตอบ

3.1.2 นักเรียนเป็นผู้นำกิจกรรมเป็นส่วนใหญ่ (10 – 15 นาที) ครูให้นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน โดยจะให้ครูเป็นผู้จัดให้ หรือให้นักเรียนจัดกันเองก็ได้ โดยกำหนดบทบาทให้กับนักเรียนหรือให้นักเรียนแบ่งบทบาทกันในกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนมีหน้าที่ จากนั้นให้แต่ละกลุ่มวิเคราะห์ปัญหาที่ครูอ่านให้ฟัง แล้วให้นักเรียนร่วมกันทำงานที่ได้รับมอบหมายจากบริบทของปัญหา หน้าที่ของครูคือ เป็นผู้ที่คอยช่วยเหลือ และสังเกตการณ์ ครูต้องหลีกเลี่ยงการถามหรือ แสดงความคิดเห็นที่จะชักจูงนักเรียนไปสู่วิธีการใดวิธีการหนึ่ง และพยายามสังเกตว่านักเรียนมีวิธีการอย่างไรในการแก้ไขปัญหา

3.2 The groups present their solutions to the class (30 – 45 นาที) นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอวิธีการที่สร้างขึ้นหน้าชั้นเรียนโดยใช้เวลาประมาณ 3 – 5 นาที ต่อ 1 กลุ่ม โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการของเพื่อนที่นำเสนอ และพิจารณาว่าวิธีการดังกล่าวนั้นดีหรือไม่ และตรงตามความต้องการ ครูอาจให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับการปรับปรุงแก้ไขวิธีการของกลุ่มตนเองหลังจากได้ฟังการนำเสนอของกลุ่มอื่น จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาที่ต่างกัน

Showalter (2008) ได้นำ MEAs ไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเรียงลำดับขั้นไว้ดังนี้

1. จัดเตรียมบทความหนังสือพิมพ์ให้กับนักเรียนเพื่อนำนักเรียนเข้าสู่บริบทของปัญหา โดยครูเป็นผู้นำกิจกรรมในชั้นเรียน กล่าวคือ ครูเป็นผู้อ่านบทความให้นักเรียนฟัง และให้นักเรียนเน้นข้อความที่เป็นข้อมูลสำคัญ หรือน่าสนใจ หลังจากการอ่านจบแต่ละย่อหน้า ครูและนักเรียนจะร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลในย่อหน้านั้น ๆ

2. หลังจากอ่านบทความเสร็จ ครูจัดนักเรียนให้เป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ก่อนเริ่มทำกิจกรรม โดยให้นักเรียนร่วมกันทำงาน ในการตอบคำถามแล้วร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียนเกี่ยวกับคำตอบ

3. นักเรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่ม ในการจัดการปัญหาในข้อความปัญหา และรวบรวม

ข้อมูลจากบริบทปัญหา แล้วจึงออกแบบโมเดล ในขั้นนี้ ครูจะมีหน้าที่เป็นผู้ช่วยเหลือ และผู้สังเกตการณ์ โดยถามคำถาม และแสดงความคิดเห็นเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทำงานได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เมื่อนักเรียนทำงานเสร็จ ครูจะให้นักเรียนเขียนบรรยายเกี่ยวกับสิ่งที่ลูกค้าต้องการ และรูปแบบของโมเดลที่นักเรียนควรสร้างขึ้น

4. นักเรียนออกมานำเสนองานทีละกลุ่ม จนครบ

5. นักเรียนประเมินผลงานของกลุ่มตนเองตามเกณฑ์ดังนี้

5.1 โมเดลที่สร้างขึ้นมาตรงกับความต้องการของผู้ที่จะนำไปใช้งาน

5.2 โมเดลที่สร้างขึ้นมานั้นง่ายต่อการทำความเข้าใจและนำไปใช้

5.3 หลังจากปรับปรุงแก้ไขแล้ว โมเดลนี้สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่คล้ายกันได้

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนกลับไปปรับปรุงแก้ไขโมเดล หลังจากการประเมินตนเองและได้รับคำแนะนำจากครู

Stohlmann (2013) ได้นำเสนอแนวการจัดการเรียนรู้โดย MEAs เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยจัดไว้ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. อ่านบทความของปัญหาและตอบคำถามเพื่อเตรียมความพร้อม

2. ครูชักนำให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับคำตอบและสถานการณ์ที่กำหนด

3. นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มโดยครูเป็นผู้สนับสนุนและซักถาม (40 – 70 นาที)

4. การนำเสนอผลงานเป็นกลุ่ม (30 – 40 นาที)

5. ปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเอง และเขียนสะท้อนหลังการเรียนรู้

วิฬาร์ เลิศสมิตพร (2560) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนว Model-Eliciting Activities ที่มีต่อความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยนำ MEAs ไปใช้ในชั้นเรียน โดยจัดเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. อ่านบทความ และตอบคำถามเตรียมความพร้อม ในขั้นแรกนี้ นักเรียนจะได้อ่านทำความเข้าใจบทความจากหนังสือพิมพ์ฉบับจริง หรือเรื่องราวที่สร้างขึ้นโดยอิงจากเรื่องจริง แล้วตอบคำถาม ที่ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับบทความ เพื่อทำความคุ้นเคยกับสถานการณ์ปัญหา และเริ่มคิดถึงความรู้ ทักษะ หรือประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

2. จัดการสถานการณ์ปัญหา เป็นขั้นที่จะแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 – 5 คน แล้วอ่านคำชี้แจงปัญหาพร้อมข้อมูลสำคัญประกอบ โดยสถานการณ์ปัญหาจะระบุถึงสิ่งที่นักเรียนต้องพิจารณาคือ องค์ประกอบสำคัญของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ความสัมพันธ์และการดำเนินการขององค์ประกอบ รวมถึงแบบรูปและกฎที่ใช้กับความสัมพันธ์และการดำเนินการขององค์ประกอบนั้น ซึ่งครูจะให้นักเรียนปรึกษาและร่วมกันคิดวิธีการแก้ปัญหาในกลุ่ม และคอยช่วยเหลือนักเรียนด้วยการ

ตอบคำถามที่นักเรียนถามด้วยคำถามแล้วให้นักเรียนคิดหาตอบในทิศทางของพวกเขาเอง โดยหลีกเลี่ยงการถามหรือการแสดงความคิดเห็นที่ชี้นำนักเรียนไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่เฉพาะเจาะจงพร้อมทั้งสังเกตนักเรียน ศึกษาถึงวิธีการที่นักเรียนคิดหาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อใช้ถามในระหว่างการนำเสนอและใช้เป็นข้อมูลในการประเมินผล

3. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะเขียนวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบเอกสาร แล้วออกไปนำเสนอวิธีการหน้าชั้นเรียน หลังจากนำเสนอเสร็จนักเรียนทุกคนจะร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน มโนทัศน์คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และประสิทธิผลของวิธีการที่ตอบสนองต่อความต้องการในสถานการณ์มากที่สุด และครูจะถามคำถามให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา ว่าง่ายต่อการให้ผู้อื่นนำไปใช้หรือไม่ และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่คล้ายกันได้หรือไม่

4. ประเมินผล เมื่อนักเรียนฟังการนำเสนอเสร็จ ครูจะให้นักเรียนประเมินวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มเพื่อนว่าเหมาะสม และตรงกับความต้องการในโจทย์ปัญหาหรือไม่ พร้อมเหตุผล จากนั้นจึงประเมินผลงานของกลุ่มตนเองว่ายังมีส่วนที่ต้องปรับปรุงอีกหรือไม่ อย่างไร โดยให้นักเรียนอธิบายแล้วให้นักเรียนประเมินความรู้ของกลุ่มตนเอง จากนั้นนักเรียนจะได้ประเมินความรู้และทักษะกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการสร้างวิธีการแก้ปัญหา

จากแนวคิดการจัดกิจกรรมตามแนว MEAs (Lesh & Lamon, 1992, p. 20) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมโดยจัดเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. Model-construction principle เป็นขั้นตอนของการกำหนดปัญหาที่ครูต้องออกแบบปัญหาให้ครอบคลุม มีการกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน คลอบคลุม ปัญหาต้องประกอบด้วยข้อมูลด้านปริมาณ ความสัมพันธ์ การดำเนินการ และรูปแบบ เพื่อที่นักเรียนจะสามารถนำปัญหาดังกล่าวไปวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. Reality principle เป็นการกำหนดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือใกล้เคียงกับความจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน และสร้างเป็นสถานการณ์ในรูปของบทความ โดยให้นักเรียนอ่านบทความจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหา แนวทางการแก้ปัญหา แล้วตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับบทความ

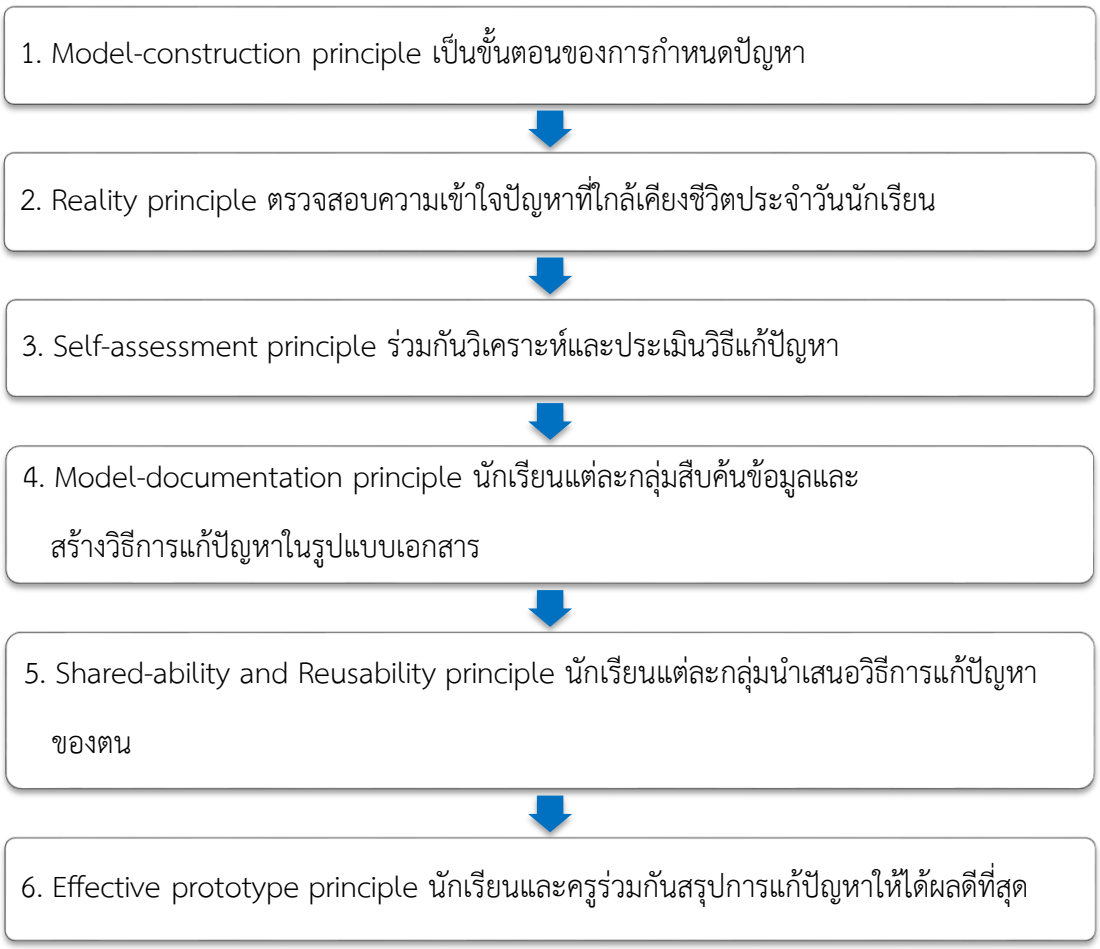
3. Self-assessment principle นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 - 5 คน ร่วมกันวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ความสัมพันธ์และการดำเนินการ นักเรียนทุกคนประเมินการแก้ปัญหาว่ามีแนวทางในการแก้ปัญหาใดที่มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ พร้อมอธิบายเหตุผล ร่วมกันแสดงแนวคิดวิธีการ และความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ปัญหา

4. Model-documentation principle นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในแหล่งเรียนรู้ เช่น หนังสือเรียน สารสนเทศ บทความ เป็นต้น แล้ววิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม มีการแสดงความคิดในการแก้ปัญหาในรูปแบบของเอกสารประกอบ โดยนักเรียนสรุปเป็นวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเอง

5. Shared-ability and Reusability principle นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน แล้วให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายถึงความแตกต่าง และวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา มโนทัศน์คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และวิธีการที่เหมะสมที่สุด

6. Effective prototype principle นักเรียนและครูร่วมกันปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหาให้ได้ผลดีที่สุด แล้วร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา พร้อมทั้งนำวิธีการที่ได้ให้นักเรียนแก้ปัญหาอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน นักเรียนสามารถนำแนวทางในการแก้ปัญหาของตนไปใช้กับปัญหาอื่นที่คล้ายกันได้

ผู้วิจัยได้สรุปเป็นขั้นตอนในการจัดกิจกรรม ตาม MEAs ดังภาพที่ 2–2



ภาพที่ 2–2 ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมตาม MEAs

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ Model-Eliciting Activities

วิฬาร์ เลิศสมิตพร (2560) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้แนวคิด Model-Eliciting Activities และศึกษาผลของการใช้โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Model-Eliciting Activities ระหว่างก่อนการทดลองและหลังทดลอง 2) เปรียบเทียบความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Model-Eliciting Activities กับนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ 3) ศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Model-Eliciting Activities โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนฤทธิณรงค์รอน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 เป็นนักเรียนกลุ่มทดลอง 31 คน และกลุ่มควบคุม 30 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติที (*t*-test) และค่าสถิติเอฟ (F-test) ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Model-Eliciting Activities สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Model-Eliciting Activities สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนว Model-Eliciting Activities มีพัฒนาการของความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น

Chamberlin and Moon (2005) ได้ศึกษาผลของกิจกรรม Model-Eliciting (MEAs) ที่มีต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และระบุนักเรียนที่มีพรสวรรค์ในการสร้างสรรค์คณิตศาสตร์ โดยการใช้ MEAs ให้โอกาสนักเรียนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และประยุกต์ใช้ทางคณิตศาสตร์ และวิเคราะห์ความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเมื่อเข้าร่วมงานทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ เพื่อช่วยในการระบุนักเรียนที่มีพรสวรรค์โดยเฉพาะในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เฉพาะโดเมน จากผลการวิจัย MEAs มีศักยภาพในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และระบุตัวนักคณิตศาสตร์ที่มีพรสวรรค์อย่างสร้างสรรค์ในนักเรียนระดับกลาง

Showalter (2008) ได้ศึกษาผลของการใช้กิจกรรมตามแนวคิด Model-Eliciting Activities ที่มีต่อความเข้าใจในแนวความคิดของนักเรียนและการแสดงออกที่มีประสิทธิผล กิจกรรม

Model-Eliciting Activities ได้รับการทดสอบกับกลุ่มนักเรียนเกรด 19 กิจกรรมที่นักเรียนได้เรียนรู้มาจาก Case studies for kids วัตถุประสงค์ของกิจกรรม คือการส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจที่ลึกขึ้นและการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นในนักเรียน นอกจากนี้ยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดการสื่อสารที่ชัดเจนจากนักเรียนเกี่ยวกับกระบวนการคิด ช่วยให้ครูช่วยทราบความก้าวหน้าของนักเรียนและสามารถจัดการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น กิจกรรม Model-Eliciting Activities สะท้อนถึงความเป็นจริงและถือเป็นการประเมินความสามารถของนักเรียนอย่างแท้จริง ผลของการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการแสดงออกของระดับการเรียนรู้ที่สูงขึ้นในระหว่างกิจกรรมและนักเรียนแสดงการเรียนรู้อย่างชัดเจนในระหว่างกิจกรรมอีกด้วย

Yildirim, Shuman, Besterfield-Sacre, and Yildirim (2010) ได้ศึกษากิจกรรมตามแนวคิด MEAs การนำเสนอของนักเรียนที่มีอิสระทางความคิด การสร้างโมเดลการแก้ปัญหา ปัญหาปลายเปิดและเสมือนจริง โดยงานวิจัยนี้ได้ขยายแนวคิดของ MEAs ที่พัฒนาขึ้นโดยนักคณิตศาสตร์และวิศวกรระดับสูง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนสามารถรวมความรู้ที่เรียนมาแล้วในการที่จะทำความเข้าใจปัญหาใหม่ ๆ ความเข้าใจในแนวคิดที่ดีขึ้นและการประเมินกระบวนการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตามประโยชน์จะเกิดขึ้นเฉพาะในกรณีที่มีการใช้ MEA อย่างเหมาะสม การดำเนินงานของกิจกรรม MEAs ที่ประสบความสำเร็จจะต้องมีการเตรียมความพร้อมในการใช้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ MEAs ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินช่วยวิเคราะห์กระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่า MEAs ช่วยให้นักเรียนสามารถประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของตนเอง การใช้เครื่องมือดังกล่าวช่วยให้สามารถเข้าใจกระบวนการในกลุ่มของทีม กระบวนการแก้ปัญหา ระดับการมีส่วนร่วมและกระบวนการของการวนซ้ำผ่านการทำกิจกรรม

Coxbill, Chamberlin, and Weatherford (2013) ได้ศึกษาถึงวิธีการการระบุนักเรียนที่สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ การระบุถึงนักเรียนในด้านของความคิดทางคณิตศาสตร์ถือเป็นเครื่องมือในการพัฒนานักเรียนและเพื่อตอบสนองความต้องการด้านอารมณ์และการศึกษาของนักเรียนอีกด้วย โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลอง Model-Eliciting Activities (MEAs) เป็นเครื่องมือในการระบุตัวตนเพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในงานทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความคิดที่แท้จริง จากการตรวจสอบผลงานของนักเรียนที่เขียนเป็นกลุ่มจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 6 จำนวน 39 คน ในเขตการศึกษาต่าง ๆ สรุปได้ว่า Model-Eliciting Activities (MEAs) เป็นเครื่องมือขั้นตอนแรกในการระบุนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังจากจัดกิจกรรมตามแนวคิด MEAs แล้วเป็นผู้มีความสามารถในเชิงสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และการวิเคราะห์พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนเกรด 6 และนักเรียนเกรด 5 แล้วพบว่ามีค่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม 1.14 คะแนน จากระดับคะแนน 5 คะแนน

Georgette (2013) ได้ศึกษาในโครงการระยะยาวเป็นเวลา 1 ปี ในการดำเนินการกับนักศึกษาปริญญาตรีหลักสูตรพลวัตที่ Cal Poly San Luis Obispo 2012-2013 เพื่อเพิ่มแนวคิดเชิงพลวัตที่สำคัญและการแก้ไขความเข้าใจผิดของนักศึกษา ความเข้าใจแนวคิดในการพลวัตมีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจในภาพรวม การสร้างความรู้พื้นฐานและการทำความเข้าใจพฤติกรรม ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ วิธีการเรียนรู้ที่ใช้งานได้เหล่านี้ช่วยให้นักเรียนได้ปรับปรุงการเรียนรู้แนวคิดแบบพลวัต งานวิจัยด้านการศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่ใช้งานอยู่คือ สาขาวิชาฟิสิกส์และสาขาวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามข้อสอบ (IBLAs) และ Model Eliciting-Activities (EEAE) (MEA) กิจกรรมการเรียนรู้ตามข้อสอบเป็นการคาดการณ์ของนักศึกษาและการทดลอง ในทางกลับกัน Model Eliciting-Activities กระตุ้นให้นักศึกษาแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง จากผลการดำเนินงานกิจกรรม กิจกรรมเหล่านี้ช่วยในการส่งเสริมผลประโยชน์เชิงแนวคิดและกระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำเสนอวิศวกรรมที่สมจริงสรุปได้ว่า IBLA และ MEAs เป็นวิธีการจัดการศึกษาที่สามารถใช้ต่อไปได้ และสามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วย

Wessels (2014) ได้ศึกษาการเตรียมความพร้อมให้กับนักศึกษาครูในการจัดกิจกรรม Model-Eliciting Activities เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ใน เด็กเล็กอายุระหว่าง 6 ถึง 9 ปี โครงการวิจัยนี้ได้ให้นักศึกษาครูได้ปรับปรุงกิจกรรม Model-Eliciting Activities (MEAs) เพื่อพัฒนาและรวบรวมความรู้ทางคณิตศาสตร์ของตนเอง และเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในกลุ่มนักศึกษาครูจำนวน 500 คน โดยโครงการดังกล่าวเป็นโครงการระยะยาว ใช้เวลาในการวิจัย 2 ปี และถูกวัดความคิดสร้างสรรค์ใน 4 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ จากผลการวิจัยดังกล่าวพบว่านักศึกษาครูปริญญาตรีที่ผ่านการจัดกิจกรรม Model-Eliciting Activities นั้น ระดับความคิดสร้างสรรค์ที่สอดคล้องกันอย่างสมเหตุสมผลในเกณฑ์สี่ข้อ และพวกเขาสามารถสร้างและแก้ไข MEAs ได้อย่างหลากหลายและมีประโยชน์ ทั้งนี้ความสร้างสรรค์และจำนวนของคำตอบในปัญหายังเพิ่มขึ้นในช่วงของการจัดกิจกรรมอีกด้วย

Wahyuningrum and Suryadi (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเชื่อมโยงความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากที่ได้การทำกิจกรรมคณิตศาสตร์ (MEMS) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 60 คน ในประเทศอินโดนีเซีย เก็บข้อมูลจากแบบทดสอบความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหา และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทดสอบ Pearson-Chi Square ผลการวิจัยปรากฏว่า มีความเกี่ยวข้องกันระหว่างการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับความสามารถในการสื่อสารของนักเรียนหลังจากผ่านกลยุทธ์ของ MEAs นักเรียนสามารถเชื่อมโยงการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการสื่อสารสามารถ เห็นได้จากความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนและตามความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดกิจกรรมตามแนว MEAs เป็นแนวทางที่สามารถพัฒนาความสามารถของนักเรียนได้อย่างหลายหลาย เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหา การเชื่อมโยงความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ การระบุนักเรียนที่มีพรสวรรค์โดยเฉพาะในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยการการค้นคว้าของผู้วิจัย พบว่า ในการนำ MEAs ไปใช้ในการวิจัยในช่วงปี 2012 – 2017 จากการค้นหางานเขียนทางวิชาการผ่าน Google Scholar ดังนี้

ช่วงปี	จำนวนงาน
2012-2013	304
2013-2014	394
2014-2015	378
2015-2016	385
2016-2017	317

จะเห็นได้ว่า MEAs เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในการนำมาพัฒนานักเรียนด้านต่าง ๆ ทั้งทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทักษะในการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การเชื่อมโยงทางความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ดังนั้น MEAs จึงเป็นวิธีการทางเลือกอีกวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้พัฒนาความสามารถของนักเรียนในปัจจุบัน และยังถูกออกแบบมาสำหรับวิชาคณิตศาสตร์โดยเฉพาะอีกด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และศึกษาผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์กับกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมอื่น การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ระยะดังนี้

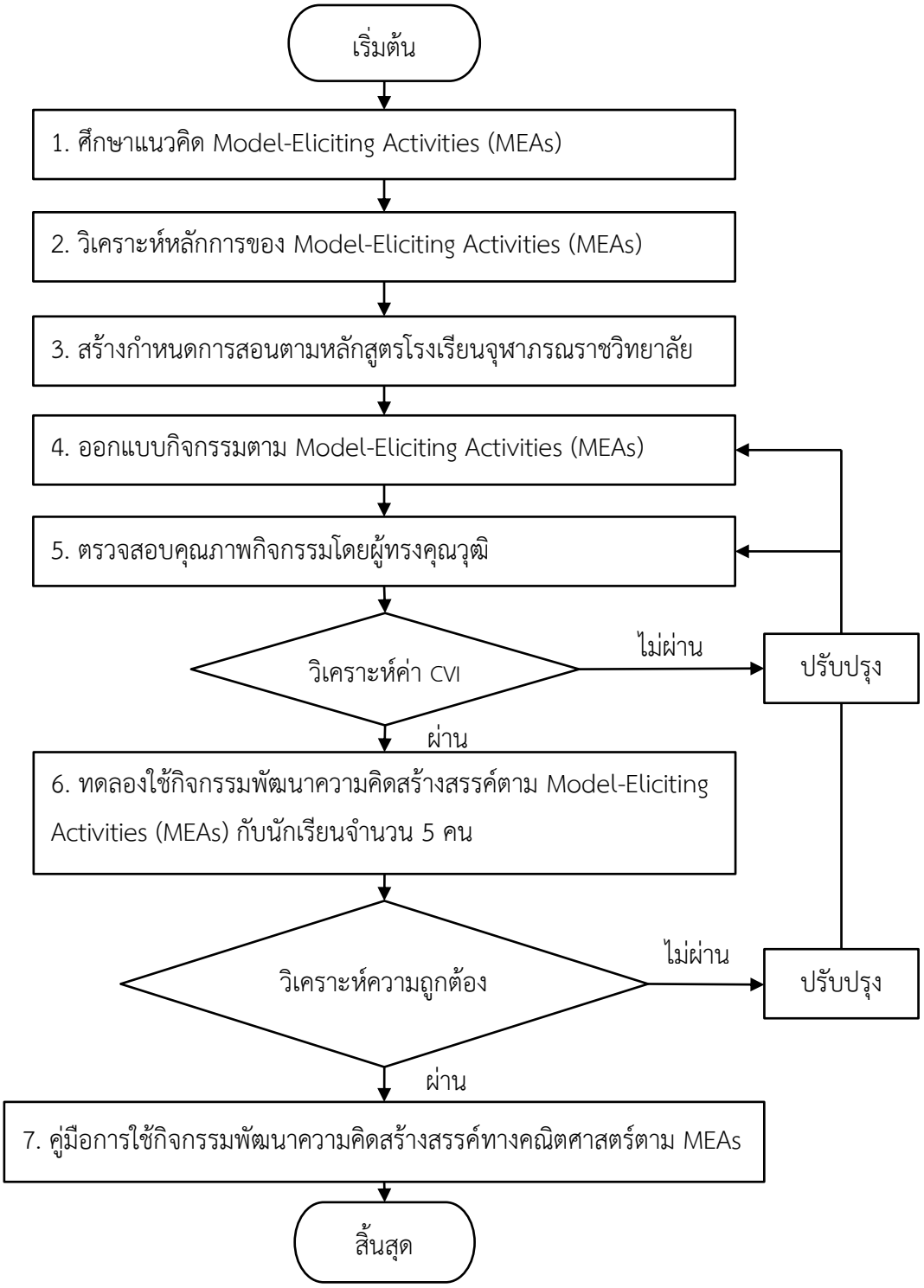
ระยะที่ 1 การสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ระยะที่ 2 การศึกษาผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ระยะที่ 1 การสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

1. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนในการพัฒนา (Flow chart) แสดงได้ดังภาพที่ 3–1



ภาพที่ 3–1 ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

1.1 ศึกษาแนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs)

จากการศึกษาผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ MEAs ผลปรากฏว่า มีการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมตามแนว MEAs พัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์กับนักเรียน เช่น ผลของการจัดกิจกรรมตามแนว MEAs ที่มีต่อความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการศึกษายืนยันได้ว่า กิจกรรมตามแนว MEAs ส่งผลให้เกิดความสามารถในการถ่ายโยงความรู้คณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (วิฬาร์ เลิศสมิตพร, 2560) ผลของการจัดกิจกรรมตามแนว MEAs ที่มีต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่ากิจกรรมตามแนวคิด MEAs สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และระบุถึงนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้ (Chamberlin & Moon, 2005)

จากการทบทวนวรรณกรรมแสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมตามแนวคิด MEAs มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ แต่ยังไม่มีการสร้างกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในประเทศไทย ทั้งยังไม่มีการพัฒนากิจกรรมที่มีความเหมาะสมกับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้สังเคราะห์หลักการ MEAs และนำมาสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

1.2 วิเคราะห์หลักการของ Model-Eliciting Activities (MEAs)

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ทั้ง 6 หลักการ ให้เป็นวิธีการที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.2.1 Model-construction principle เป็นขั้นตอนของการกำหนดปัญหาที่ครูต้องออกแบบปัญหาให้ครอบคลุม มีการกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน ครอบคลุม ปัญหาต้องประกอบด้วยข้อมูลด้านปริมาณ ความสัมพันธ์ การดำเนินการ และรูปแบบ เพื่อที่นักเรียนจะสามารถนำปัญหาดังกล่าวไปวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาได้

1.2.2 Reality principle เป็นการกำหนดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือใกล้เคียงกับความจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน และสร้างเป็นสถานการณ์ในรูปของบทความ โดยให้นักเรียนอ่านบทความจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหา แนวทางการแก้ปัญหา แล้วตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับบทความ

1.2.3 Self-assessment principle นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 - 5 คน ร่วมกันวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ความสัมพันธ์และการดำเนินการ นักเรียนทุกคนประเมินการแก้ปัญหาว่ามีแนวทางในการแก้ปัญหาใดที่มีความเหมาะสมและสามารถ

นำไปใช้แก้ปัญหาได้ พร้อมอธิบายเหตุผล ร่วมกันแสดงแนวคิดวิธีการ และความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ปัญหา

1.2.4 Model-documentation principle นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในแหล่งเรียนรู้ เช่น หนังสือเรียน สารสนเทศ บทความ เป็นต้น แล้ววิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม มีการแสดงความคิดในการแก้ปัญหาในรูปแบบของเอกสารประกอบ โดยนักเรียนสรุปเป็นวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเอง

1.2.5 Shared-ability and Reusability principle นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน แล้วให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายถึงความแตกต่าง และวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา มโนทัศน์คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และวิธีการที่เหมะสมที่สุด

1.2.6 Effective prototype principle นักเรียนและครูร่วมกันปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหาให้ได้ผลดีที่สุด แล้วร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา พร้อมทั้งนำวิธีการที่ได้ให้นักเรียนแก้ปัญหาอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน นักเรียนสามารถนำแนวทางในการแก้ปัญหาของตนไปใช้กับปัญหาอื่นที่คล้ายกันได้

1.3 สร้างกำหนดการจัดกิจกรรม

สร้างกำหนดการกิจกรรม รายวิชาแคลคูลัสเบื้องต้น รหัสวิชา ค30202 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรกลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้รายวิชา ดังนี้

1.3.1 บอกความหมายของลำดับ และหาพจน์ทั่วไปของลำดับที่กำหนดให้ได้

1.3.2 หาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

1.3.3 หาลิมิตของลำดับอนันต์ โดยอาศัยทฤษฎีบทเกี่ยวกับลิมิต

1.3.4 หาผลบวกของอนุกรมอนันต์ได้

1.3.5 นำความรู้เรื่องลำดับและอนุกรมไปใช้แก้ปัญหาได้

1.3.6 หาลิมิตของฟังก์ชันที่กำหนดให้ได้

1.3.7 บอกได้ว่าฟังก์ชันที่กำหนดให้เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องหรือไม่

1.3.8 หาอนุพันธ์ของฟังก์ชันได้

1.3.9 นำความรู้เรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชันไปประยุกต์ใช้ได้

1.3.10 นำความรู้เรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชันไปแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับค่าเชิงอนุพันธ์และอัตราสัมพัทธ์

1.3.11 หาปริพันธ์ไม่จำกัดเขตของฟังก์ชันที่กำหนดให้ได้

1.3.12 หาปริพันธ์จำกัดเขตของฟังก์ชันที่กำหนดให้ได้

1.3.13 หาพื้นที่ที่ปิดล้อมด้วยเส้นโค้งบนช่วงที่กำหนดให้ได้

ผู้วิจัยได้สร้างกำหนดการจัดกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตามจุดประสงค์การเรียนรู้รายวิชา แคลคูลัสเบื้องต้น รหัสวิชา ค30202 ดังตารางที่ 3–1

ตารางที่ 3–1 กำหนดการจัดกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ รายวิชาแคลคูลัสเบื้องต้น จำนวน 12 ชั่วโมง

ชั่วโมงที่	หัวข้อ	ผลการเรียนรู้
1 – 3	The Derivative of functions - Tangent lines, velocity and general rates of change - Derivative of functions - Techniques of differentiation - The product and quotient rules	1. หาอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยและอัตราเปลี่ยนแปลงขณะใด ๆ ได้ 2. หาอนุพันธ์ของฟังก์ชันโดยใช้นิยามได้ 3. หาอนุพันธ์ของฟังก์ชันโดยใช้สูตรได้
4 – 9	- Derivatives of trigonometric functions - The chain rule - Implicit differentiation - Related Rates - Local linear approximation; differentials - Analysis of functions I: Increase, Decrease and Concavity - Analysis of functions II: Relative extrema, Curve sketching - More on curve sketching: Rational functions; curves with cusps and vertical tangent lines	4. หาอนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติได้ 5. หาอนุพันธ์ของฟังก์ชันโดยใช้กฎลูกโซ่ได้ 6. หาอนุพันธ์ของฟังก์ชันโดยปริยายได้ 7. นำความรู้เรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชันไปแก้ปัญหาเกี่ยวกับค่าเชิงอนุพันธ์และอัตราสัมพัทธ์ได้ 8. หาอนุพันธ์ของฟังก์ชันที่กำหนดให้ได้ 9. นำความรู้เรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชันไปประยุกต์ใช้ได้

ตารางที่ 3–1 (ต่อ)

ชั่วโมงที่	หัวข้อ	ผลการเรียนรู้
10 -12	- Related rates - Local linear approximation; differentials - An overview of the area problem - The indefinite integral Integration by substitution - The definite integral	10. นำความรู้เรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชันไปแก้ปัญหาเกี่ยวกับค่าเชิงอนุพันธ์และอัตราสัมพัทธ์ได้ 11. หาปริพันธ์ไม่จำกัดเขตของฟังก์ชันที่กำหนดให้ได้ 12. หาปริพันธ์จำกัดเขตของฟังก์ชันที่กำหนดให้ได้ 13. หาพื้นที่ที่ปิดล้อมด้วยเส้นโค้งบนช่วงที่กำหนดให้ได้

1.4 ออกแบบกิจกรรมตาม Model-Eliciting Activities (MEAs)

ผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมโดยศึกษาแนวทางการจัดทำคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้จากการศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ยังไม่ระบุระยะเวลาในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่สามารถเห็นผลที่แตกต่างกันอย่างแน่ชัด แต่จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยได้มีผู้พัฒนากิจกรรมที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ในการจัดกิจกรรมจำนวน 12 ชั่วโมง (Chesimet, Githua, & Ng'eno, 2016) ผู้วิจัยจึงออกแบบกิจกรรมตามแนว MEAs จำนวน 12 กิจกรรม กิจกรรมละ 60 นาที โดยแต่ละกิจกรรม ประกอบด้วย

1.4.1 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.2 สาระสำคัญ

1.4.3 กิจกรรมการเรียนรู้

1.4.4 สื่อการเรียนรู้

1.4.5 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.4.6 บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

โดยกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนว MEAs ผู้วิจัยแบ่งเป็นกิจกรรมต่าง ๆ ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีแผนการจัดกิจกรรมทั้งสิ้น 12 กิจกรรม ดังตารางที่ 3–2

ตารางที่ 3–2 แผนการจัดกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs

แผนการจัดกิจกรรมที่	เรื่อง
1	ความชันของกราฟ ณ จุดใด ๆ
2	อัตราการเปลี่ยนแปลงขณะใด ๆ
3	อนุพันธ์ของฟังก์ชัน
4	การหาอนุพันธ์โดยใช้สูตร
5	อัตราสัมพัทธ์
6	ค่าขีดสุดสัมบูรณ์
7	ค่าขีดสุดสัมพัทธ์
8	อนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ
9	อนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ
10	ปริพันธ์ของฟังก์ชัน
11	ปริพันธ์ของฟังก์ชัน
12	เทคนิคการอินทิกรัลและบทประยุกต์

1.5 ตรวจสอบคุณภาพกิจกรรม

นำเสนอกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ กับผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ประเมินความเหมาะสมของคู่มือการจัดกิจกรรม ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.5.1 ด้านออกแบบกิจกรรม ประกอบด้วย ความสอดคล้องกับทฤษฎี ภาพประกอบบทความ ตัวอักษรที่ใช้ เนื้อหาในบทความและกิจกรรม

1.5.2 ด้านขั้นตอนการจัดกิจกรรม ประกอบด้วย การกำหนดจุดประสงค์ การกำหนดเนื้อหาของกิจกรรม ความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์ ความน่าสนใจของกิจกรรม ความเป็นไปได้ในการจัดกิจกรรม ความเหมาะสมกับเวลา การเรียงลำดับเนื้อหาของกิจกรรม ความเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง และลำดับวิธีการมีความสอดคล้องกับทฤษฎี

1.5.3 ด้านภาพรวมของกิจกรรม ประกอบด้วย การอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติมีความชัดเจน ภาษาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม และแต่ละกิจกรรมมีภาพประกอบที่เหมาะสม

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 3 คน ประกอบด้วย

1. ดร.ชลฤทัย ทวีแสง	นักวิชาการ กลุ่มพัฒนาการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
2. ดร.ขวัญ เพียซ้าย	อาจารย์ประจำ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ดร.ปิยะทิพย์ ประดุจพรม	อาจารย์ประจำ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

แบบประเมินกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษ ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยได้กำหนดระดับความเหมาะสมโดยใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินเป็นรายข้อ คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยโดยนำค่าเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ประเมินดังนี้ (Christensen, Johnson, and Turner, 2011, pp. 241-242)

คะแนน 4.50 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 3.50 – 4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 2.50 – 3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 1.50 - 2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1.00 - 1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินความเหมาะสมของคู่มือกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษ

ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ การคำนวณค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) (สุจิตรา เทียนสวัสดิ์, 2550, หน้า 8)

$$CVI = \frac{\text{จำนวนข้อที่ผู้เชี่ยวชาญทุกคนให้ความคิดเห็นในระดับ 4 และ 5}}{\text{จำนวนข้อทั้งหมด}}$$

ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 คน ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยดัชนีความตรงตามเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) จำนวนข้อที่ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนความคิดเห็นในระดับ 4 และ 5 มีจำนวน 48 ข้อ จากจำนวนทั้งหมด 51 ข้อ (CVI = 48/ 51) ได้ค่า CVI เท่ากับ 0.941 ซึ่งค่า CVI ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า .80 (Strickland, Lenz, & Waltz, 2010, p. 271) ดังนั้น คู่มือการจัดกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปจัดกิจกรรมกับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

1.6 ทดลองใช้กิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

นำกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนว MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ฉบับร่างไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 5 คน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์ในการทดลอง

1.7 จัดทำคู่มือการจัดกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

นำกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นและปรับปรุงแล้วมาจัดทำเป็นคู่มือในการใช้กิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สำหรับนำไปจัดกิจกรรม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย เพศ ระดับชั้น ห้อง โรคประจำตัว สุขภาพร่างกาย การมองเห็น และการใช้ยาทางจิตและระบบประสาท

2.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่พัฒนาโดยลีและคณะ (Lee et al., 2003) ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดลออ ดังมีรายละเอียด และการให้คะแนนดังนี้

2.2.1 ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง จำนวนของแนวคิดและความสามารถในการตอบสนองที่แตกต่างต่อคำถามทางคณิตศาสตร์ เป็นจำนวนของการตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับงาน

ทางคณิตศาสตร์ วิธีที่แตกต่างจากเดิมในการแก้ปัญหา เกณฑ์การให้คะแนนเป็นการให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนได้คำตอบที่ถูกต้องหลายรายการในแต่ละหมวดคะแนน คะแนนเต็ม 5 คะแนน

2.2.2 ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำนวนโดยทั่วไปให้เป็นกลุ่ม เป็นประเภทเดียวกัน หรือแยกแยะประเภทของจำนวนได้ เกณฑ์การให้คะแนนเป็น การจำแนก 1 ประเภท เท่ากับ 1 คะแนน นักเรียนสามารถเขียนได้สูงสุด 15 คำตอบสำหรับปัญหานี้ คะแนนสูงสุดของความยืดหยุ่นเท่ากับ 15 คะแนน เช่น ถ้าคำตอบของนักเรียนเป็นจำแนกเป็น 3 ประเภท แล้วคะแนนความยืดหยุ่นเท่ากับ 3 คะแนน

2.2.3 ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะเฉพาะของความคิดและผลผลิตจากความคิดที่เป็นเอกลักษณ์ เป็นการขยายแนวความคิดเดิมที่เป็นประโยชน์ การตอบสนองที่จัดอยู่ในระดับย่อย คะแนนจะได้รับตามด้านล่างตามเปอร์เซ็นต์ของความถี่ของความคิดที่แตกต่างกัน

จำนวนคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 0 – 1.99 ให้ 2 คะแนน

จำนวนคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 2 – 4.99 ให้ 1 คะแนน

จำนวนคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

โดยการตรวจสอบค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน (Internal consistency) ของข้อคำถามด้วยการหาค่าความเที่ยงแบบสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (Cronbach’s alpha coefficient) มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .80

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นแบบทดสอบแบบปลายเปิด ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ ดังนี้

ข้อที่ 1. Sixteen dot problem

ข้อที่ 2 Regular hexagon problem

ข้อที่ 3 Water-flask problem

ข้อที่ 4 Marble problem

ข้อที่ 5 Classifying several solid figure problems

2.3 แบบทดสอบความสามารถทางเชาว์ปัญญา

ผู้วิจัยใช้แบบวัดระดับสติปัญญา The test of nonverbal intelligence, fourth edition (TONI-4) เป็นแบบทดสอบความสามารถทางเชาว์ปัญญาเป็นรายบุคคล ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ไม่ใช้ภาษา (Nonverbal) และการเคลื่อนไหว ทำให้ลดข้อจำกัดของคนที่มีปัญหาในด้านภาษาหรือบุคคลที่มีปัญหาทางด้านร่างกาย มีการหาค่ามาตรฐานจากกลุ่มตัวอย่างในประเทศสหรัฐอเมริกาอายุระหว่าง 6 ถึง 89 ปี ในกลุ่มตัวอย่างทั่วประเทศจำนวนกว่า 2,200 คน โดยลดข้อจำกัดเกี่ยวกับอายุ เพศ เชื้อชาติ ลักษณะของ TONI-4 จะวัดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา ซึ่งภาพที่ใช้มีลักษณะเชิงนามธรรม ลักษณะแต่ละหัวข้อของแบบวัดเป็นรูปทรง ตำแหน่ง ทิศทาง การหมุน ความต่อเนื่องแสงเงา ขนาด

หรือการเคลื่อนไหวของภาพ คะแนนดัชนี (Index score) สำหรับ TONI-4 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 100 คะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนเท่ากับ 15 คะแนน (Brown, Sherbenou, & Johnsen, 2010) แบบทดสอบความสามารถทางเชาว์ปัญญา (TONI-4) เป็นการทดสอบเป็นรายบุคคลไม่เหมาะสมกับผู้ที่มีปัญหาทางสายตา ใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 20 นาที การทดสอบสามารถทำได้โดยใช้ Picture Book สมุดภาพสำหรับใช้ในการประเมินและ Profile/Examiner record ใช้สำหรับบันทึกคะแนนที่ได้จากการประเมิน โดยดำเนินการตามคู่มือการใช้แบบประเมิน TONI-4 ภาษาไทย

กระบวนการจัดการทดสอบความสามารถทางเชาว์ปัญญา (TONI-4) มีขั้นตอนดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยมีอายุตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไปจึงเริ่มต้นทำที่ข้อที่ 20

2. ผู้วิจัยทำการอธิบายตัวอย่างในการตอบตั้งแต่ T1, T2 และ T3 การประเมินโดยไม่ใช้ภาษาโดยผู้วิจัยชี้ไปที่รูปด้านล่าง และพูดว่า “ให้หารูปภาพจากที่นี่ มาใส่ในช่องนี้”ไม่อธิบายเพิ่มเติม

3. เมื่อเห็นว่าผู้ทดสอบเข้าใจ จึงเริ่มทำการประเมิน จะไม่เริ่มการประเมินหากยังไม่เข้าใจ ให้กลับไปทำข้อตัวอย่างก่อนอีกครั้ง

4. เมื่อเริ่มทำการทดสอบให้เลือกทำเฉพาะ Form A หรือ Form B โดยผู้วิจัยเลือกใช้การทดสอบ Form A

5. ให้ทำเครื่องหมายกากบาท ในคำตอบที่ผู้ทดสอบเลือกตอบ เฉลยจะอยู่ในกระดาษคำตอบ ซึ่งไม่ควรให้ผู้ทดสอบเห็น

6. เมื่อเริ่มทำการทดสอบ จะต้องหา basal item หมายถึง ตอบถูก ติดกัน 5 ข้อ

7. ยุติหรือสิ้นสุดการทดสอบเมื่อ ตอบผิด 3 ข้อ ติดต่อกัน หรือ 3 ใน 5 ข้อ

8. ทำการบันทึกคะแนน โดยการให้คะแนนจะให้คะแนนข้อละ 1 คะแนน

2.4 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (Torrance tests of creative thinking, TTCT)

แบบวัด TTCT เป็นแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปมีจำนวน 3 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การวาดภาพ (Picture construction) โดยเป็นการต่อเติมภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด

กิจกรรมที่ 2 การต่อเติมภาพให้สมบูรณ์ (Picture completion) โดยการต่อเติมภาพจากสิ่งเร้าในลักษณะเป็นเส้นในรูปแบบต่าง ๆ

กิจกรรมที่ 3 การใช้เส้นคู่ขนาน (Parallel line) โดยต่อเติมภาพจากเส้นขนานจำนวน 10 คู่ เน้นการประกอบภาพโดยใช้เส้นคู่ขนานเป็นส่วนสำคัญของภาพ และต่อเติมภาพให้แปลกแตกต่าง ไม่ซ้ำกัน ในแต่ละภาพ และตั้งชื่อภาพที่ต่อเติม

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่มตัวอย่างได้จากผลบวกของคะแนนองค์ประกอบย่อยของความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบและมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

2.4.1 คะแนนความคิดคล่อง พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปตามเงื่อนไขของคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน ตามปริมาณของคำตอบที่ไม่ซ้ำ

2.4.2 คะแนนความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน ตามวิธีการคิดที่ต่างกันต่อสิ่งเร้าหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยคะแนนคำตอบเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน

2.4.3 คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่ของคำตอบทั้งหมดที่เป็นความคิดแปลก ๆ แตกต่างไปจากธรรมดาในการตอบของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดคะแนนคำตอบตามความถี่ดังนี้

จำนวนคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 0 – 1.99	ให้ 2 คะแนน
จำนวนคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 2 – 4.99	ให้ 1 คะแนน
จำนวนคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน

ทั้งนี้ การวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (Torrance Tests of Creative Thinking, TTCT) ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ผ่านโปรแกรม STIM^2 โดยการตรวจสอบค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน (Internal consistency) ของข้อคำถามด้วยการหาค่าความเที่ยงแบบสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (Cronbach's alpha coefficient) มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .86 ซึ่งมีความเที่ยงในระดับสูง (พรชัย ด้วงทองสุขและคณะ, 2559)

ระยะที่ 2 การศึกษาผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มทดลอง ซึ่งทำกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี กลุ่มควบคุม 1 คือ กลุ่มที่เรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับย่อ กลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เป็นนักเรียนชั้น ม.5/2 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี และกลุ่มควบคุม 2 คือ กลุ่มที่เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 24 คน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลอง มีกลุ่มควบคุม 1

กลุ่มควบคุม 2 และกลุ่มทดลอง มีการวัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and Posttest control group design) (Edmonds & Kennedy, 2017, p. 57)

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 2 ห้อง ห้องละ 24 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 1 ห้อง จำนวน 24 คน โดยกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม เป็นนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาแคลคูลัสเบื้องต้น ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

1. กลุ่มทดลอง ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี ในโครงการนักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 24 คน

2. กลุ่มควบคุม 1 ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี ในโครงการนักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 24 คน

3. กลุ่มควบคุม 2 ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ สำหรับพัฒนาและส่งเสริมผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จำนวน 24 คน

ตารางที่ 3–3 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่ม	ห้อง	จำนวน	ชาย (ร้อยละ)	หญิง (ร้อยละ)
กลุ่มทดลอง	5/1	24	12 (50.00)	12 (50.00)
กลุ่มควบคุม 1	5/2	24	6 (25.00)	18 (75.00)
กลุ่มควบคุม 2	6/3	24	13 (54.17)	11 (45.83)
รวม		72	31 (43.06)	41 (56.95)

แบบแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มประกอบด้วย กลุ่มทดลอง ซึ่งทำกิจกรรมตามกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities กลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลอง มีกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีการวัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and posttest control group design) (Edmonds & Kennedy, 2017, p. 57) ดังตารางที่ 3–4

ตารางที่ 3–4 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	ทดสอบก่อนกิจกรรม	ทดลอง	ทดสอบหลังกิจกรรม
E	O_1	X_1	O_2
C_1	O_1	X_2	O_2
C_2	O_1	X_3	O_2

เมื่อกำหนดให้

E แทน กลุ่มทดลอง

C_1 แทน กลุ่มควบคุม 1

C_2 แทน กลุ่มควบคุม 2

O_1 แทน การทดสอบความคิดสร้างสรรค์ก่อนกิจกรรม

O_2 แทน การทดสอบความคิดสร้างสรรค์หลังกิจกรรม

X_1 แทน การจัดกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs

X_2 แทน การจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับย่อ กลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณ-ราชวิทยาลัย

X_3 แทน การจัดกิจกรรมตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์

วิธีดำเนินการทดลอง

วิธีดำเนินการทดลอง แบ่งเป็นการดำเนินการทดลองใน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการทดลองดังนี้

วิธีดำเนินการทดลองในกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง เป็น นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน จัดกิจกรรมตามคู่มือการจัดกิจกรรมการ

พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนว MEAs จำนวน 12 ชั่วโมง ในชั่วโมงพัฒนาทักษะทางวิชาการ เนื้อหารายวิชาแคลคูลัสเบื้องต้น โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดกิจกรรมด้วยตนเอง ในแต่ละชั่วโมงของกิจกรรมมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอน คือ

1. Model-construction principle เป็นขั้นตอนของการกำหนดปัญหาที่ครูต้องออกแบบปัญหาให้ครอบคุลม มีการกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน

2. Reality principle เป็นการกำหนดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือใกล้เคียงกับความจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน และสร้างเป็นสถานการณ์ในรูปของบทความ

3. Self-assessment principle นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 - 5 คน ร่วมกันวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ความสัมพันธ์และการดำเนินการ

4. Model-documentation principle นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในแหล่งเรียนรู้ เช่น หนังสือเรียน สารสนเทศ บทความ เป็นต้น แล้ววิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

5. Shared-ability and Reusability principle นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน แล้วให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายถึงความ

6. Effective prototype principle นักเรียนและครูร่วมกันปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหาให้ได้ผลดีที่สุด แล้วร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา

วิธีดำเนินการทดลองในกลุ่มควบคุม 1

กลุ่มควบคุม 1 เป็น นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน จัดกิจกรรมตามแผนฉบับย่อกลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย (กลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ซึ่งเป็นหลักสูตรที่มีเนื้อหาลึกซึ้งมากกว่า แต่ยังครอบคลุมตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน จำนวน 12 ชั่วโมง ในชั่วโมงพัฒนาทักษะทางวิชาการ เนื้อหารายวิชาแคลคูลัสเบื้องต้นโดยผู้จัดกิจกรรมคือ นางสาวจันทนา เปรมฤดีปรีชาชาญ ตำแหน่งครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ เป็นผู้ช่วยผู้วิจัยในกลุ่มควบคุม 1 แต่ละชั่วโมงของกิจกรรมมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรม 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นทบทวนความรู้เดิม เป็นวิธีการที่ครูต้องทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนโดยอาจจะใช้วิธีการซักถาม ตั้งคำถามเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนไปแล้ว เพื่อเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการสอนเนื้อหาใหม่ พร้อมทั้งกระตุ้นความสนใจให้กับนักเรียน

2. ขั้นสอนเนื้อหาใหม่ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนในเรื่องที่จะสอน โดยวิธีการของครู เช่น การบรรยาย การสาธิต การทำงานกลุ่ม เป็นต้น

3. ขั้นสรุป เป็นวิธีการที่ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ใหม่ที่ได้เรียน อภิปรายถึงแนวคิดวิธีการ ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนได้สรุปความรู้ อาจสรุปในรูปแบบของการบันทึก การเขียนผังความคิด เป็นต้น

4. ขั้นฝึกทักษะ ครูมอบหมายงานที่เป็นแบบฝึกทักษะหรือกิจกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหาให้กับนักเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน

วิธีดำเนินการทดลองในกลุ่มควบคุม 2

กลุ่มควบคุม 2 เป็น นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ สำหรับพัฒนาและส่งเสริมผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จำนวน 24 คน จัดกิจกรรมตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 จำนวน 12 ชั่วโมง ในชั่วโมงเรียนรายวิชาคณิตเพิ่มเติม ผู้จัดกิจกรรมเป็นครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม แต่ละชั่วโมงของกิจกรรมมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

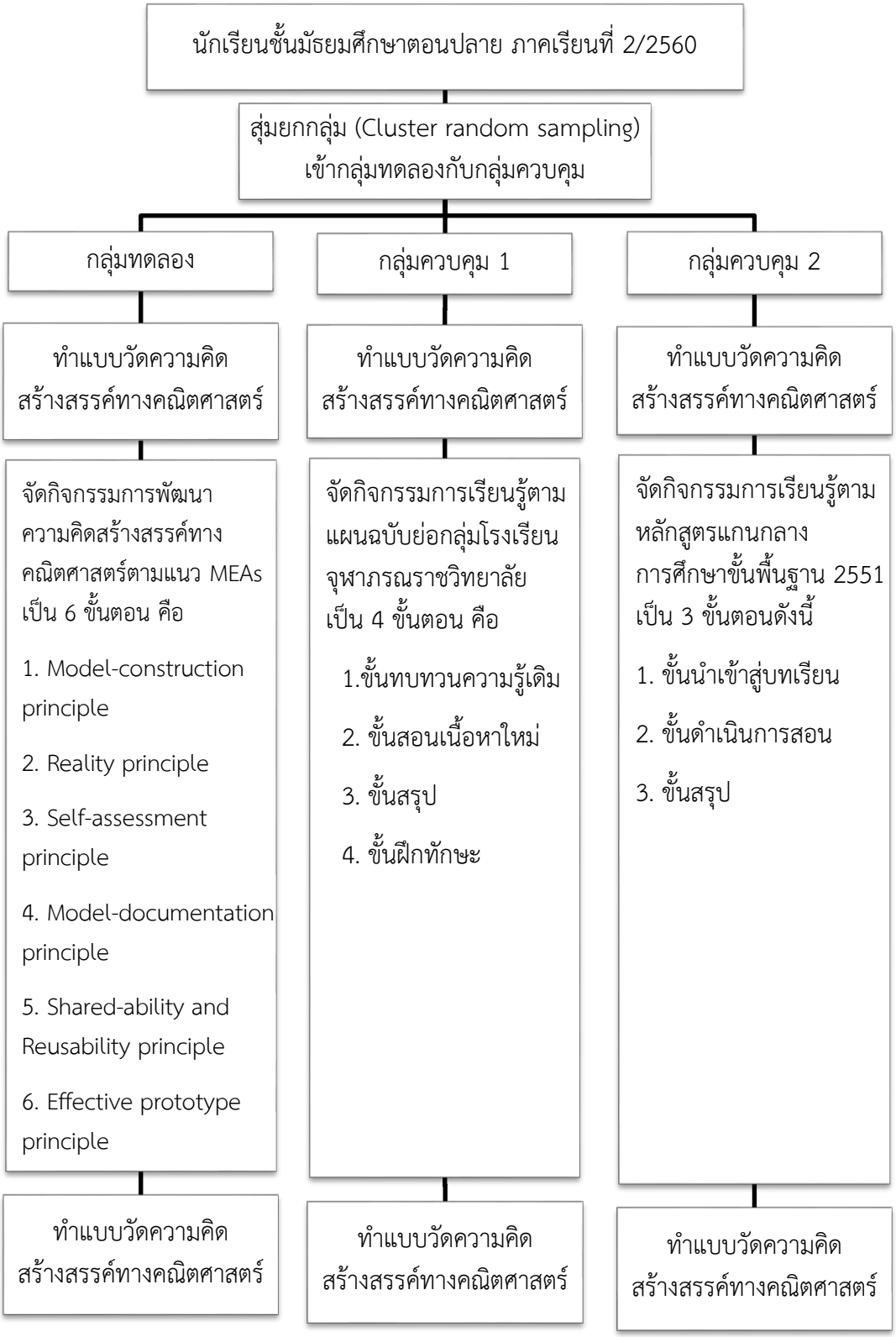
1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นการจัดกิจกรรมที่เน้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ มีความพร้อมที่จะเรียนรู้ โดยใช้วิธีการและสื่อที่หลากหลายประกอบการใช้คำถาม กระตุ้นซักถาม ทบทวนหรือแสดงความคิดเห็นให้ นักเรียนนำประสบการณ์เดิมมาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่

2. ขั้นดำเนินการสอน ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนตามที่ครูออกแบบกิจกรรม โดยให้นักเรียนได้รับความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะสอน เช่น การบรรยาย การสาธิต การจัดกิจกรรมเสริมเนื้อหา

3. ขั้นสรุป ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้เรียนไปแล้ว ให้เกิดความเข้าใจเพิ่มมากยิ่งขึ้น นักเรียนสามารถตอบคำถามที่ครูซักถามเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนได้ถูกต้อง หรือการทดสอบย่อยเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และนักเรียนทำแบบฝึกทักษะเพิ่มเติม

ทั้งนี้ผู้วิจัยสรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลอง ดังภาพที่ 3–2

สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลอง



ภาพที่ 3–2 สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ระยะในการทดลอง

ระยะในการทดลอง แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะเตรียมการ ระยะก่อนทดลอง ระยะทดลอง และระยะหลังการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระยะเตรียมการ

1.1 ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยจากวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ไปติดต่อกับผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี และโรงเรียนชลราษฎรอำรุง เพื่อขอความร่วมมือในการทดลองทำการวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พร้อมทั้งขอความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์และห้องมัลติมีเดีย 2 ในการทดลอง

1.2 ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตดำเนินโครงการวิจัยกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 72 คน กับผู้ปกครองนักเรียน พร้อมได้รับหนังสือยินยอมจากนักเรียนและผู้ปกครอง

2. ระยะก่อนทดลอง

2.1 นำกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมาทำการตอบแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ทดสอบโดยใช้แบบวัดระดับสติปัญญา (TONI-4) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (TTCT) และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ณ ห้องเรียน โดยใช้เวลาหลังเลิกเรียน พร้อมตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลคะแนนแบบทดสอบ

2.2 นำกลุ่มตัวอย่างมานัดหมายกำหนดการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแบบแผนการทดลอง โดยสถานที่ในการจัดกิจกรรมทั้ง 3 กลุ่ม เป็นดังนี้ กลุ่มทดลองใช้ห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี กลุ่มควบคุม 1 ใช้มัลติมีเดีย 2 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยชลบุรี และกลุ่มควบคุม 2 ใช้ห้องเรียนพิเศษ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี

3. ระยะทดลอง

3.1 ให้กลุ่มทดลองจำนวน 24 คน เข้าร่วมการจัดกิจกรรมตามคู่มือจัดกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs กลุ่มควบคุม 1 เรียนแบบปกติ ใช้แผนฉบับย่อกลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย รายวิชาแคลคูลัสเบื้องต้นและกลุ่มควบคุม 2 เรียนตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน ในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ตามกำหนดการจัดกิจกรรม

3.2 ทำการจัดกิจกรรมแต่ละกิจกรรมให้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละกิจกรรม จำนวน 12 กิจกรรม พร้อมทั้งบันทึกผลการจัดกิจกรรมและผลการประเมินกิจกรรม

3.3 เมื่อจัดกิจกรรมครบตามคู่มือแล้วนำนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มคือกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 มาทำการทดสอบแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ พร้อมตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลคะแนนแบบทดสอบ

4. ระยะหลังทดลอง

4.1 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทั้งสองครั้ง ที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

4.2 ทำการบันทึกข้อมูล เพื่อเตรียมการวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะเวลา การดำเนินการทดลอง และสถานที่ในการทดลอง สรุปได้ดังตารางที่ 3–5

ตารางที่ 3–5 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง

วัน/เดือน/ปี	การดำเนินการ	สถานที่ดำเนินการ
1.ระยะเตรียมการ		
15 มกราคม 2561	ขออนุญาตทำการวิจัย และชี้แจงวัตถุประสงค์กับกลุ่มตัวอย่าง	โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี โรงเรียนชลราษฎรอำรุง
2. ระยะก่อนทดลอง		
1 – 2 กุมภาพันธ์ 2561	วัดระดับสติปัญญา (IQ) วัดความคิดสร้างสรรค์ วัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี โรงเรียนชลราษฎรอำรุง
3. ระยะทดลอง		
5 กุมภาพันธ์ – 1 มีนาคม 2561	จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือ จำนวน 12 ชั่วโมง	โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี โรงเรียนชลราษฎรอำรุง
4. ระยะหลังการทดลอง		
2 มีนาคม 2561	วัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี โรงเรียนชลราษฎรอำรุง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่สอดคล้องกับความมุ่งหมายของการวิจัยและการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัย และใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปและคะแนนระดับเชาว์ปัญญา (IQ) ด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์คะแนนความคิดสร้างสรรค์และคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการฝึกโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) เพื่อระบุว่ากลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีความคิดสร้างสรรค์ไม่แตกต่างกัน

4. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการฝึกโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

5. เปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs ด้วยสถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test)

6. เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังได้รับการฝึกโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และศึกษาผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์กับกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมอื่น ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 ผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ความหมายและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล มีดังนี้

n	หมายถึง	จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
Mean	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
SD	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
df	หมายถึง	องศาความเป็นอิสระ (Degrees of Freedom)
t	หมายถึง	ค่าสถิติที
r	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)
p	หมายถึง	ค่านัยสำคัญทางสถิติ
SS	หมายถึง	ผลบวกกำลังสองของคะแนน (Sum of squares)
MS	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของคะแนน (Mean squares)
F	หมายถึง	สถิติทดสอบเอฟ
MD	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Mean Difference)
SE	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement)

ตอนที่ 1 ผลการสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ผลการสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีดังนี้

1. กิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีขั้นตอนในการจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 Model-construction principle เป็นขั้นตอนของการกำหนดปัญหาที่ครูต้องออกแบบปัญหาให้ครอบคุลม เพื่อที่นักเรียนจะสามารถนำปัญหาดังกล่าวไปวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาได้

ขั้นตอนที่ 2 Reality principle เป็นการกำหนดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือใกล้เคียงกับความจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน นักเรียนอ่านบทความจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 Self-assessment principle นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 - 5 คน ร่วมกันวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ความสัมพันธ์และการดำเนินการ นักเรียนทุกคนประเมินการแก้ปัญหา พร้อมอธิบายเหตุผล ร่วมกันแสดงแนวคิดวิธีการ และความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 Model-documentation principle นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในแหล่งเรียนรู้ แล้ววิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม มีการแสดงความคิดในการแก้ปัญหาในรูปแบบของเอกสารประกอบ โดยนักเรียนสรุปเป็นวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเอง

ขั้นตอนที่ 5 Shared-ability and Reusability principle นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน แล้วให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายถึงความแตกต่าง และวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา มโนทัศน์คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และวิธีการที่เหมะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 Effective prototype principle นักเรียนและครูร่วมกันปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหาให้ได้ผลดีที่สุด แล้วร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา

2. กิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีจำนวน 12 กิจกรรม กิจกรรมละ 60 นาที ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลและบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ ใช้จัดกิจกรรมนอกเวลาเรียน

สอดคล้องตามหลักสูตรกลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย รายวิชาแคลคูลัสเบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แต่ละกิจกรรมจะประกอบด้วยบทความที่เป็นสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4–1

ตารางที่ 4–1 กิจกรรมและบทความของกิจกรรม

กิจกรรม	เรื่อง	บทความ
1	ความชันของกราฟ ณ จุดใด ๆ	อุบัติเหตุ กราฟ และความเร็วรถยนต์
2	อัตราการเปลี่ยนแปลงขณะใด ๆ	กล้องตรวจจับความเร็ว
3	อนุพันธ์ของฟังก์ชัน	คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
4	การหาอนุพันธ์โดยใช้สูตร	งานไฟฟ้าแสงสว่างกับความปลอดภัยทางถนน
5	อัตราสัมพัทธ์	การควบคุมจราจรทางอากาศ
6	ค่าขีดสุดสัมบูรณ์	หน้าต่างนอร์มัน
7	ค่าขีดสุดสัมพัทธ์	อุทกภัยในประเทศไทย
8	อนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ	อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในปี 2016 ร้อนสุดเป็นประวัติการณ์
9	อนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ	รุ้งกินน้ำ
10	ปริพันธ์ของฟังก์ชัน	สะพานเลียบชายทะเล
11	ปริพันธ์ของฟังก์ชัน	Ayodha links ติดอันดับ 1 ใน 100 สนามกอล์ฟยอดเยี่ยม
12	เทคนิคการอินทิกรัลและบทประยุกต์	ดอกลีลาวดี

3. กิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินได้ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) เท่ากับ 0.941 ดังนั้น กิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปจัดกิจกรรมกับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 ผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แบ่งเป็นประเด็นดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และคะแนนระดับเชาว์ปัญญา (IQ)
2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง
3. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง
4. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังได้รับการฝึก ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs
5. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 72 คน มีลักษณะทั่วไปดังตารางที่ 4–2

ตารางที่ 4–2 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลอง (*n*=24)		กลุ่มควบคุม 1 (*n*=24)		กลุ่มควบคุม 2 (*n*=24)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เพศ						
ชาย	12	50	6	25	13	54.17
หญิง	12	50	18	75	11	45.83

ตารางที่ 4–2 (ต่อ)

ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลอง (*n*=24)		กลุ่มควบคุม 1 (*n*=24)		กลุ่มควบคุม 2 (*n*=24)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
โรคประจำตัว						
ไม่มี	24	100	24	100	24	100
การมองเห็น						
ปกติ	24	100	24	100	24	100
การใช้ยาทางจิต/ระบบประสาท						
ไม่มี	24	100	24	100	24	100
ระดับเชาว์ปัญญา (IQ)						
90 – 110	5	20.83	8	33.33	1	4.17
111 – 120	19	70.17	12	50	9	37.50
121 – 130	0	0	4	16.67	14	58.33

จากตารางที่ 4–2 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ซึ่งในกลุ่มทดลองมีสัดส่วนของเพศชายและเพศหญิงเท่ากัน โดยเพศชายคิดเป็นร้อยละ 50 และเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 50 โดยในกลุ่มควบคุม 1 ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง และกลุ่มควบคุม 2 ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีการมองเห็นที่ผิดปกติ และไม่มีการใช้ยาทางจิตและระบบประสาท กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 ส่วนใหญ่มีระดับเชาว์ปัญญา (IQ) อยู่ระหว่าง 111 – 120 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของบุคคลทั่วไปตามเกณฑ์ของแบบวัดเชาว์ปัญญา TONI-4

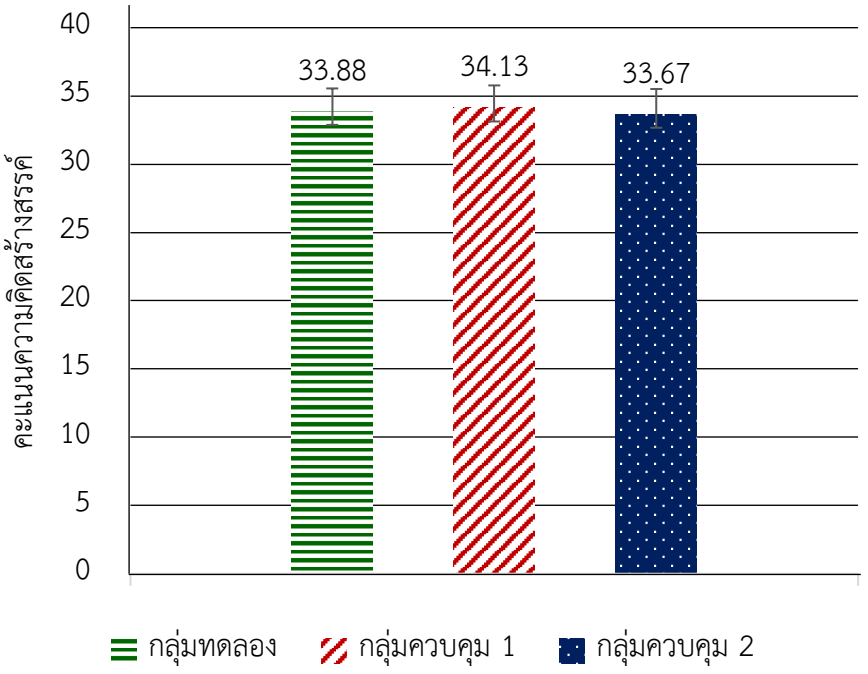
2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

คะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการฝึกมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน ดังตารางที่ 4–3

ตารางที่ 4–3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

	กลุ่ม	*n*	*Mean*	*SD*	*SE*
ความคิดสร้างสรรค์	ทดลอง	24	33.88	8.17	1.67
	ควบคุม 1	24	34.13	8.06	1.64
	ควบคุม 2	24	33.67	9.03	1.84
	รวม	72	33.89	8.31	.98

จากตารางที่ 4–3 และภาพที่ 4–1 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการฝึก มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์โดยทั่วไปไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มตัวอย่างที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงที่สุดคือกลุ่มควบคุม 1 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์เท่ากับ 34.13 รองลงมาคือกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์เท่ากับ 33.88 และกลุ่มควบคุม 2 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์เท่ากับ 33.67 ตามลำดับ



ภาพที่ 4–1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

การเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ก่อนได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่มตัวอย่าง (Test of homogeneity of variances) ด้วยการทดสอบ Levene's test ดังตารางที่ 4–4

ตารางที่ 4–4 ผลการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการฝึกของกลุ่มตัวอย่าง (Test of homogeneity of variances) ด้วยวิธีการทดสอบ Levene's test

	Levene Statistic	*df1*	*df2*	*p*
ความคิดสร้างสรรค์	.68	2	69	.51

จากตารางที่ 4–4 พบว่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (p = .51) จากการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง (Test of Homogeneity of Variances) พบว่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังตารางที่ 4–5

ตารางที่ 4–5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA)

		SS	*df*	*MS*	*F*	*p*
ความคิดสร้างสรรค์	ระหว่างกลุ่ม	2.53	2	1.26	.02	.98
	ภายในกลุ่ม	4904.58	69	71.08		
	รวม	4907.11	71			

จากตารางที่ 4–5 พบว่าคะแนนความคะแนนความคิดสร้างสรรค์ระหว่างกลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการฝึกไม่แตกต่างกัน (F=.02, p=.98) แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการฝึกนั้นมีความคิดสร้างสรรค์โดยทั่วไปไม่แตกต่างกัน

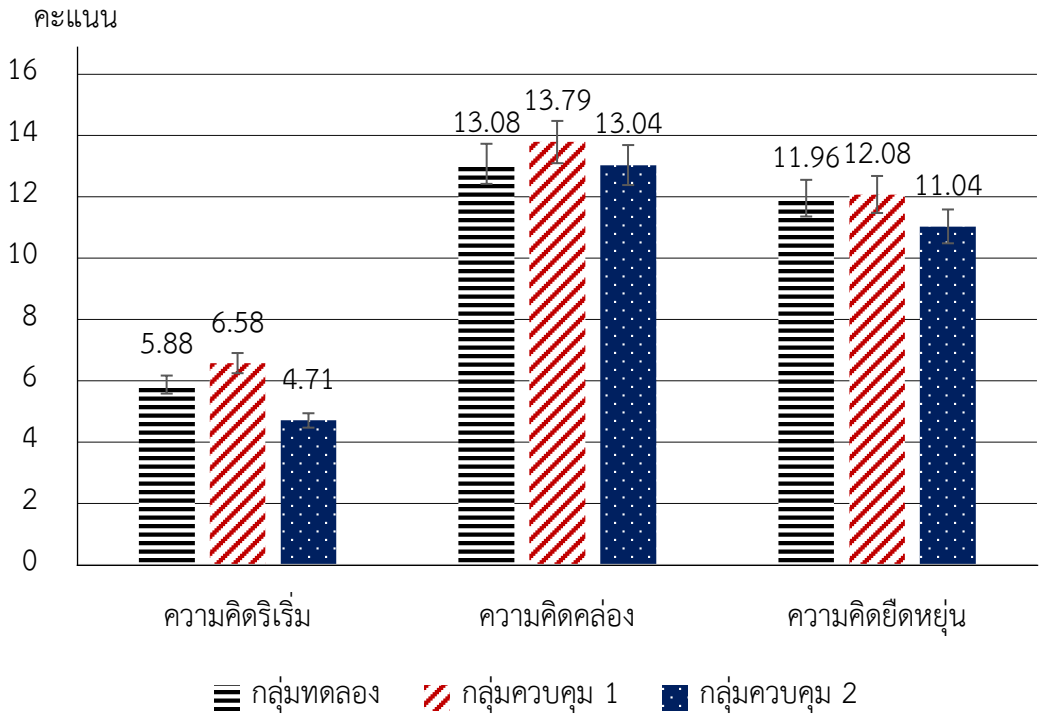
2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

คะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการฝึก มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน ดังตารางที่ 4–6

ตารางที่ 4–6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

	กลุ่ม	*n*	*Mean*	*SD*	*SE*
ความคิดริเริ่ม	ทดลอง	24	5.88	4.18	.85
	ควบคุม 1	24	6.58	2.47	.50
	ควบคุม 2	24	4.71	3.53	.72
	รวม	72	5.72	3.51	.41
ความคิดคล่อง	ทดลอง	24	13.08	1.82	.37
	ควบคุม 1	24	13.79	1.61	.33
	ควบคุม 2	24	13.04	1.52	.31
	รวม	72	13.31	1.67	.20
ความคิดยืดหยุ่น	ทดลอง	24	11.96	2.27	.46
	ควบคุม 1	24	12.08	1.53	.31
	ควบคุม 2	24	11.04	1.71	.35
	รวม	72	11.69	1.90	.22

จากตารางที่ 4–6 และภาพที่ 4–2 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการฝึก กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดริเริ่มเท่ากับ 5.88 กลุ่มควบคุม 1 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดริเริ่มเท่ากับ 6.58 กลุ่มควบคุม 2 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดริเริ่มเท่ากับ 4.71 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดคล่องเท่ากับ 13.08 กลุ่มควบคุม 1 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดคล่องเท่ากับ 13.79 กลุ่มควบคุม 2 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดคล่องเท่ากับ 13.04 และกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดยืดหยุ่นเท่ากับ 11.96 กลุ่มควบคุม 1 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดยืดหยุ่นเท่ากับ 12.08 และกลุ่มควบคุม 2 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดยืดหยุ่นเท่ากับ 11.04



ภาพที่ 4–2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

การเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนได้รับการฝึก ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง (Test of homogeneity of variances) ด้วยวิธีการทดสอบ Levene's Test ดังตารางที่ 4–7

ตารางที่ 4–7 ผลการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกของกลุ่มตัวอย่าง (Test of homogeneity of variances) ด้วยวิธีการทดสอบ Levene's test

	Levene Statistic	*df1*	*df2*	*p*
ความคิดริเริ่ม	2.73	2	69	.07
ความคิดคล่อง	.69	2	69	.50
ความคิดยืดหยุ่น	1.09	2	69	.34

จากตารางที่ 4–7 พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็นความคิดสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มของแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (p = .07) ความคิดสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดคล่องของแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (p = .50) ความคิดสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดยืดหยุ่นของแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (p = .34)

จากการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง (Test of homogeneity of variances) ด้วยวิธีการทดสอบ Levene's test พบว่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน จึงวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 4–8

ตารางที่ 4–8 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA)

		SS	*df*	*MS*	*F*	*p*
ความคิดริเริ่ม	ระหว่างกลุ่ม	43.03	2	21.51	1.79	.17
	ภายในกลุ่ม	829.42	69	12.02		
	รวม	872.44	71			
ความคิดคล่อง	ระหว่างกลุ่ม	8.53	2	4.26	1.56	.22
	ภายในกลุ่ม	188.75	69	2.74		
	รวม	197.28	71			
ความคิดยืดหยุ่น	ระหว่างกลุ่ม	15.53	2	7.76	2.23	.11
	ภายในกลุ่ม	239.75	69	3.47		
	รวม	255.28	71			

จากตารางที่ 4–8 พบว่าคะแนนความคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการฝึกทั้ง 3 ด้านไม่แตกต่างกัน โดยแบ่งเป็นความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่ม (F=1.79, p=.17) ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดคล่อง (F=1.56, p=.22) และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดยืดหยุ่น (F=2.23, p=.11)

3. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs

การเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนกับหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs ด้วยสถิติทีทดสอบกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent samples *t*-test) ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกและหลังได้รับการฝึกด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 4–9 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกและหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs

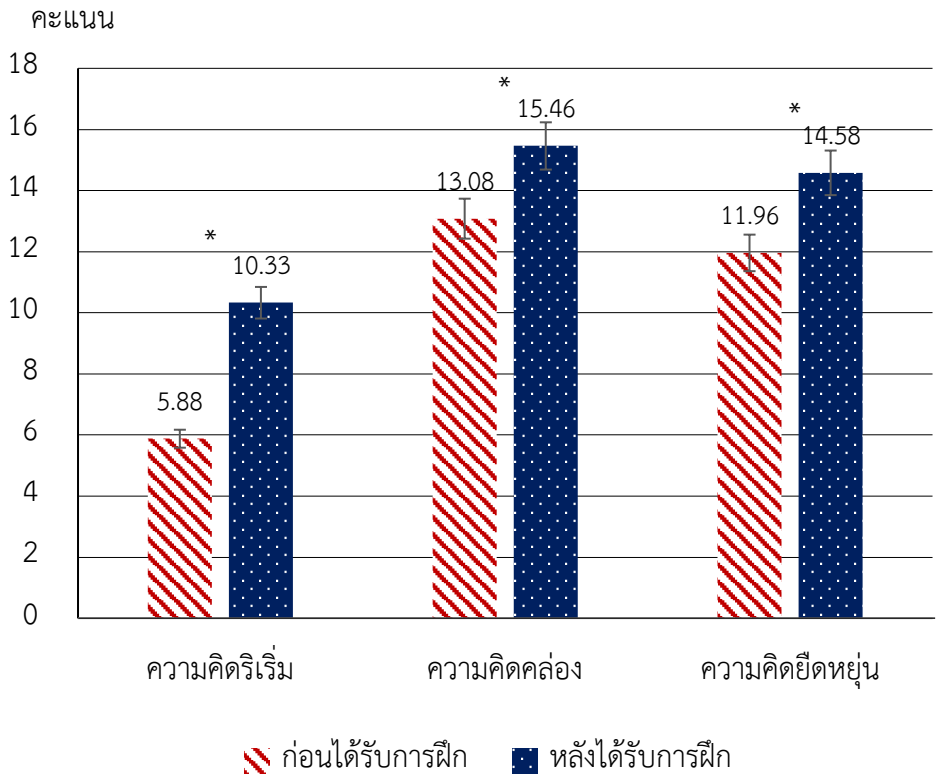
	n	*r*	*p*
ความคิดริเริ่ม	24	.69	<.05
ความคิดคล่อง	24	.65	<.05
ความคิดยืดหยุ่น	24	.61	<.05

จากตารางที่ 4–9 แสดงให้เห็นว่า ความคิดริเริ่มก่อนได้รับการฝึกกับหลังได้รับการฝึกของกลุ่มทดลองมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (r=.69, p=.00) ความคิดคล่องก่อนได้รับการฝึกกับหลังได้รับการฝึกของกลุ่มทดลองมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (r=.65, p=.00) และความคิดยืดหยุ่นก่อนได้รับการฝึกกับหลังได้รับการฝึกของกลุ่มทดลองมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (r=.61, p=.00) ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกกับหลังได้รับการฝึกมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้วยสถิติทีทดสอบกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent samples *t*-test) ดังตารางที่ 4–10

ตารางที่ 4–10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนกับหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs

		n	*Mean*	*SD*	*df*	*t*	*p*
ความคิดริเริ่ม	ก่อนการทดลอง	24	5.88	4.18	23	6.73	<.05
	หลังการทดลอง	24	10.33	4.05			
ความคิดคล่อง	ก่อนการทดลอง	24	13.08	1.82	23	8.45	<.05
	หลังการทดลอง	24	15.46	1.18			
ความคิดยืดหยุ่น	ก่อนการทดลอง	24	11.96	2.27	23	6.91	<.05
	หลังการทดลอง	24	14.58	1.89			

จากตารางที่ 4–10 และภาพที่ 4–3 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs สูงกว่าก่อนได้รับการฝึก โดยความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มหลังได้รับการฝึก (M = 10.33, SD = 4.05) สูงกว่าก่อนได้รับการฝึก (M = 5.88, SD = 4.18) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (t = 6.73, df = 23, p = .00) ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดคล่องหลังได้รับการฝึก (M = 15.46, SD = 1.18) สูงกว่าก่อนได้รับการฝึก (M = 13.08, SD = 1.82) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (t = 8.45, df = 23, p = .00) ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดยืดหยุ่นหลังได้รับการฝึก (M = 14.58, SD = 1.89) สูงกว่าก่อนได้รับการฝึก (M = 11.96, SD = 2.27) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (t = 6.91, df = 23, p = .00)



ภาพที่ 4–3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs

ตารางที่ 4–11 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนกับหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยกิจกรรมอื่น

	กลุ่มควบคุม 1				กลุ่มควบคุม 2			
	ก่อน	หลัง	*r*	*t*	ก่อน	หลัง	*r*	*t*
ความคิดริเริ่ม	6.58	5.67	.23	1.06	4.71	5.75	.58*	-1.45
ความคิดคล่อง	13.79	13.63	.40	.51	13.04	13.17	.30	-.37
ความคิดยืดหยุ่น	12.08	11.88	.20	.45	11.04	11.88	.49*	-2.54*

* $p < .05$

จากตารางที่ 4–11 พบว่าในกลุ่มควบคุม 1 ที่จัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับย่อกลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่นหลังการทดลองไม่แตกต่างจากก่อนการทดลอง ในขณะที่

กลุ่มควบคุม 2 ที่จัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มและความคิดคล่องหลังการทดลองไม่แตกต่างจากก่อนการทดลอง แต่ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดยืดหยุ่นหลังได้รับการฝึก (M = 11.88) สูงกว่าก่อนได้รับการฝึก (M = 11.04) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (t = -2.54)

4. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

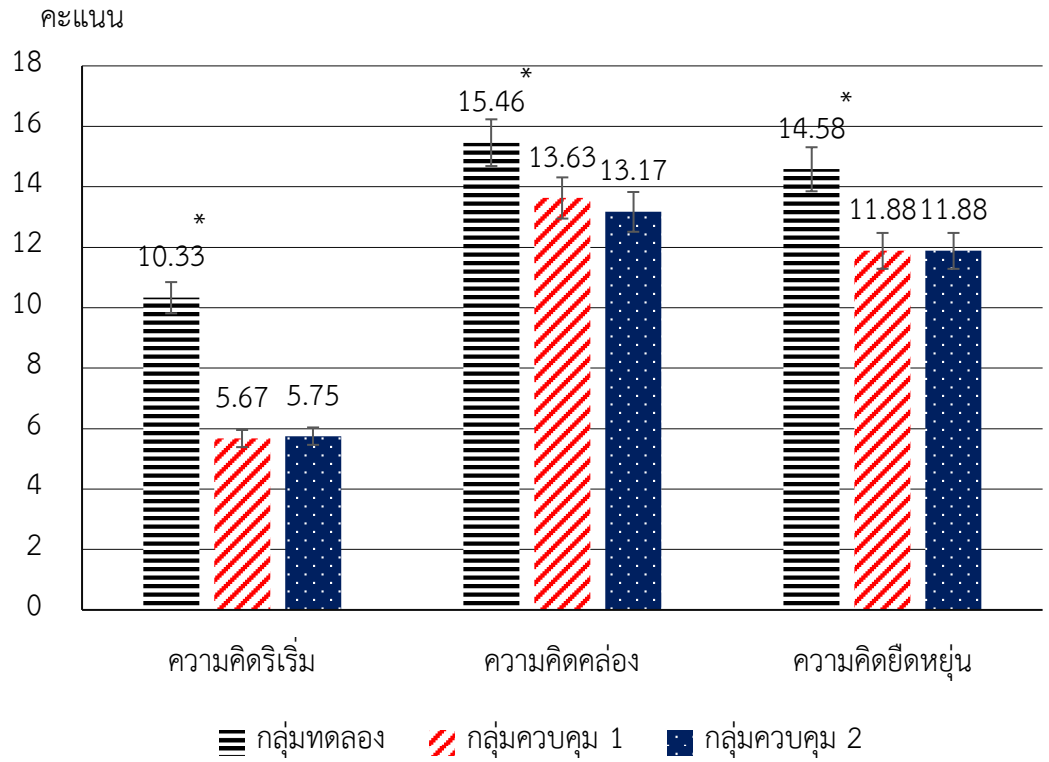
คะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังได้รับการฝึกมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน ดังตารางที่ 4–12

ตารางที่ 4–12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

	กลุ่ม	*n*	*M*	*SD*	*SE*
ความคิดริเริ่ม	ทดลอง	24	10.33	4.05	.83
	ควบคุม 1	24	5.67	4.04	.82
	ควบคุม 2	24	5.75	4.09	.83
	รวม	72	7.25	4.56	.54
ความคิดคล่อง	ทดลอง	24	15.46	1.18	.24
	ควบคุม 1	24	13.63	1.24	.25
	ควบคุม 2	24	13.17	1.24	.25
	รวม	72	14.08	1.56	.18
ความคิดยืดหยุ่น	ทดลอง	24	14.58	1.89	.39
	ควบคุม 1	24	11.88	2.03	.41
	ควบคุม 2	24	11.88	1.45	.30
	รวม	72	12.78	2.20	.26

จากตารางที่ 4–12 และภาพที่ 4–4 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างหลังได้รับการฝึก กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดริเริ่มเท่ากับ 10.33 กลุ่มควบคุม 1 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดริเริ่มเท่ากับ 5.67 กลุ่มควบคุม 2 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดริเริ่มเท่ากับ 5.75 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดคล่องเท่ากับ 15.46 กลุ่มควบคุม 1 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดคล่องเท่ากับ 13.63

กลุ่มควบคุม 2 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดคล่องเท่ากับ 13.17 และกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดยืดหยุ่นเท่ากับ 14.58 กลุ่มควบคุม 1 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดยืดหยุ่นเท่ากับ 11.88 และกลุ่มควบคุม 2 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดยืดหยุ่นเท่ากับ 11.88



ภาพที่ 4–4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

การเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการฝึก ระหว่างกลุ่มตัวอย่างโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) ทำการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง (Test of homogeneity of variances) ด้วยวิธีการทดสอบ Levene’s test ดังตารางที่ 4–13

ตารางที่ 4–13 ผลการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกของกลุ่มตัวอย่าง (Test of homogeneity of variances) ด้วยวิธีการทดสอบ Levene's test

	Levene statistic	*df1*	*df2*	*p*
ความคิดริเริ่ม	.28	2	69	.76
ความคิดคล่อง	.01	2	69	.99
ความคิดยืดหยุ่น	1.13	2	69	.33

จากตารางที่ 4–13 แสดงให้เห็นว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็นความคิดสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มของแต่ละกลุ่มมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (p = .76) ความคิดสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดคล่องของแต่ละกลุ่มมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (p = .99) ความคิดสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดยืดหยุ่นของแต่ละกลุ่มมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (p = .33)

จากการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง (Test of homogeneity of variances) ด้วยวิธีการทดสอบ Levene's Test พบว่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) ดังตารางที่ 4–14

ตารางที่ 4–14 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA)

		SS	*df*	*MS*	*F*	*p*
ความคิดริเริ่ม	ระหว่างกลุ่ม	342.33	2	171.17	10.39	<.05
	ภายในกลุ่ม	1137.17	69	16.48		
	รวม	1479.50	71			
ความคิดคล่อง	ระหว่างกลุ่ม	70.58	2	35.29	23.66	<.05
	ภายในกลุ่ม	102.92	69	1.49		
	รวม	173.50	71			
ความคิดยืดหยุ่น	ระหว่างกลุ่ม	117.36	2	58.68	17.99	<.05
	ภายในกลุ่ม	225.08	69	3.26		
	รวม	342.44	71			

จากตารางที่ 4–14 แสดงให้เห็นว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (F = 10.39, p = .00) ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดคล่องระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (F = 35.29, p = .00) และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดยืดหยุ่นระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (F = 58.68, p = .00)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดคล่องกับความคิดยืดหยุ่นมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparisons) เนื่องจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน (n_1=24, n_2=24, n_3=24) จึงใช้วิธีการของ Tukey ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 4–15

ตารางที่ 4–15 ผลการการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกของแต่ละกลุ่มตัวอย่างรายคู่ (Multiple comparisons) โดยวิธีการของ Tukey

	กลุ่ม (1)	กลุ่ม (2)	*MD*	*SE*	*p*
ความคิดริเริ่ม	ทดลอง	ควบคุม 1	4.67	1.17	<.05
		ควบคุม 2	4.58	1.17	<.05
	ควบคุม 1	ทดลอง	-4.67	1.17	<.05
		ควบคุม 2	-.08	1.17	1.00
	ควบคุม 2	ทดลอง	-4.58	1.17	<.05
		ควบคุม 1	.08	1.17	1.00
ความคิดคล่อง	ทดลอง	ควบคุม 1	1.83	.35	<.05
		ควบคุม 2	2.29	.35	<.05
	ควบคุม 1	ทดลอง	-1.83	.35	<.05
		ควบคุม 2	.46	.35	.40
	ควบคุม 2	ทดลอง	-2.29	.35	<.05
		ควบคุม 1	-.46	.35	.40
ความคิดยืดหยุ่น	ทดลอง	ควบคุม 1	2.71	.52	<.05
		ควบคุม 2	2.71	.52	<.05
	ควบคุม 1	ทดลอง	-2.71	.52	<.05
		ควบคุม 2	.00	.52	1.00
	ควบคุม 2	ทดลอง	-2.71	.52	<.05
		ควบคุม 1	.00	.52	1.00

จากตารางที่ 4–15 พบว่า คะแนนความคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนได้รับการฝึกจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันรายคู่ สามารถเปรียบเทียบในด้านต่าง ๆ ของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่ม พบว่า คะแนนความคิดริเริ่มของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (*MD*=4.67, *SEM*=1.17, *p*=.00) ความคิดริเริ่มของกลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 ไม่แตกต่างกัน (*MD*=.08, *SEM*=1.17, *p*=1.00) และความคิดริเริ่มของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ระดับ .05 (*MD*=4.58, *SEM*=1.17, *p*=.00) แสดงว่ากลุ่มทดลองมีความคิดริเริ่มสูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 และสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดคล่อง พบว่า คะแนนความคิดคล่องของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (*MD*=1.83, *SEM*=.35, *p*=.00) ความคิดคล่องของกลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 ไม่แตกต่างกัน (*MD*=.46, *SEM*=.35, *p*=.40) และความคิดคล่องของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 2 แตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (*MD*=2.29, *SEM*=.35, *p*=.00) แสดงว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดคล่องสูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 และสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2 กลุ่มควบคุม 1 มีคะแนนความคิดคล่องสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดยืดหยุ่น พบว่า คะแนนความคิดยืดหยุ่นของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (*MD*=2.71, *SEM*=.52, *p*=.00) ความคิดยืดหยุ่นของกลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 ไม่แตกต่างกัน (*MD*=.00, *SEM*=.52, *p*=1.00) และความคิดยืดหยุ่นของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 2 แตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (*MD*=2.71, *SEM*=.52, *p*=.00) แสดงว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดยืดหยุ่นสูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 และสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และศึกษาผลของกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองระหว่างกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 72 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 กลุ่มละ 24 คน ได้มาจากการสุ่มแบบยกกลุ่ม (Cluster random sampling) ดำเนินการทดลองโดย มีการวัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and Posttest control group design) ตัวแปรที่ศึกษาคือ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบทดสอบความสามารถทางเชาว์ปัญญา และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที (*t*-test) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA)

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษากิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ลักษณะกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีการมองเห็นที่ผิดปกติ และไม่มีการใช้ยาทางจิตและระบบประสาท กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับเชาว์ปัญญา (IQ) อยู่ระหว่าง 111 – 120 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของบุคคลทั่วไป สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์และสมมติฐาน ดังนี้

1. การพัฒนากิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนว MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ MEAs ที่เสนอโดย Lesh and Lamon (1992) ที่พัฒนาโมเดลเพื่อสร้างการเรียนรู้แบบใหม่ที่มีการบูรณาการข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลาย ๆ แหล่ง และ M. Chamberlin (2004) ซึ่ง

ออกแบบ MEAs เพื่อใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาสำหรับพัฒนาความคิดให้ลึกซึ้งและสูงขึ้นในวิชาคณิตศาสตร์ จากการศึกษาพบว่า กิจกรรมตามแนวคิด MEAs สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และระบุถึงนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้ (Chamberlin & Moon, 2005) ผู้วิจัยสร้างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 12 กิจกรรม กิจกรรมละ 60 นาที โดยมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอน คือ 1. Model-construction principle 2. Reality principle 3. Self-assessment principle 4. Model-documentation principle 5. Shared-ability and Reusability principle และ 6. Effective prototype principle ตรวจสอบค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม สามารถนำไปใช้จัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์โดยทั่วไปก่อนได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ไม่แตกต่าง (F=.02, p=.98) แสดงว่า กลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการฝึกนั้นมีความคิดสร้างสรรค์โดยทั่วไปไม่แตกต่างกัน

3. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกันทั้งด้านความคิดริเริ่ม (F=1.79, p=.17) ด้านความคิดคล่อง (F=1.56, p=.22) และความคิดยืดหยุ่น (F=2.23, p=.11) แสดงว่า กลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการฝึกนั้นมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

4. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนกับหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs พบว่า มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มหลังได้รับการฝึก สูงกว่าก่อนได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 6.36, df = 23, p = .00) ด้านความคิดคล่องหลังได้รับการฝึกสูงกว่าก่อนได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 8.45, df = 23, p = .00) และด้านความคิดยืดหยุ่นหลังได้รับการฝึกสูงกว่าก่อนได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 6.91, df = 23, p = .00)

5. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 โดยแบ่งเป็น

ด้านความคิดริเริ่ม คะแนนความคิดริเริ่มของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (MD=4.67, SEM=1.17, p=.00) และสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2 อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*MD*=4.58, *SEM*=1.17, *p*=.00) ในขณะที่ความคิดริเริ่มของกลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 ไม่แตกต่างกัน (*MD*=.08, *SEM*=1.17, *p*=1.00)

ด้านความคิดคล่อง คะแนนความคิดคล่องของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*MD*=1.83, *SEM*=.35, *p*=.00) และสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*MD*=2.29, *SEM*=.35, *p*=.00) ในขณะที่ความคิดคล่องของกลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 ไม่แตกต่างกัน (*MD*=.46, *SEM*=.35, *p*=.40)

ด้านความคิดยืดหยุ่น คะแนนความคิดยืดหยุ่นของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*MD*=2.71, *SEM*=.52, *p*=.00) และสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*MD*=2.71, *SEM*=.52, *p*=.00) ในขณะที่กลุ่มควบคุม 1 มีคะแนนความคิดยืดหยุ่นไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม 2 (*MD*=.00, *SEM*=.52, *p*=1.00)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การฝึกตามกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนว MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีผลทำให้ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่นสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนกับหลังได้รับการฝึกในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MEAs พบว่า มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่ม ด้านความคิดคล่องและด้านความคิดยืดหยุ่นหลังได้รับการฝึกสูงกว่าก่อนได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมตาม MEAs ช่วยกระตุ้นกระบวนการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน ทำให้ส่งผลต่อสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) ซึ่งเป็นการกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์แบบที่ใช้ภาษาเพิ่มความสามารถในการทำงานของสมองส่วนหน้า (Frontal networks) และด้วยเหตุที่นักเรียนได้รับการฝึกทักษะกระบวนการคิดสร้างสรรค์อย่างเต็มที่ จึงทำให้การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สอดคล้องกับการวิจัยของ วิฬาร์ เลิศสมิตพร (2560) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้แนวคิด Model-Eliciting Activities และศึกษาผลของการใช้โดยผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Model-Eliciting Activities สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรม

การเรียนรู้ตามแนว Model-Eliciting Activities สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนว Model-Eliciting Activities มีพัฒนาการของความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chamberlin and Moon (2005) ที่ได้ศึกษาผลของกิจกรรม Model-Eliciting (MEAs) ที่มีต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และระบุนักเรียนที่มีพรสวรรค์ในการสร้างสรรค์คณิตศาสตร์ โดยการใช้ MEAs ให้โอกาสนักเรียนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และประยุกต์ใช้ทางคณิตศาสตร์ และวิเคราะห์ความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเมื่อเข้าร่วมงานทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ เพื่อช่วยในการระบุนักเรียนที่มีพรสวรรค์โดยเฉพาะในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เฉพาะโดเมน จากผลการวิจัย MEAs มีศักยภาพในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และระบุตัวนักคณิตศาสตร์ที่มีพรสวรรค์อย่างสร้างสรรค์ในนักเรียนระดับกลาง และยังสอดคล้องกับ Coxbill, Chamberlin, and Weatherford (2013) ที่ได้ศึกษาถึงวิธีการการระบุนักเรียนที่สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ การระบุถึงนักเรียนในด้านของความคิดทางคณิตศาสตร์ถือเป็นเครื่องมือในการพัฒนานักเรียนและเพื่อตอบสนองความต้องการด้านอารมณ์และการศึกษาของนักเรียนอีกด้วย ซึ่งสรุปได้ว่า Model-Eliciting Activities (MEAs) เป็นเครื่องมือขั้นตอนแรกในการระบุนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังจากจัดกิจกรรมตามแนวคิด MEAs แล้วเป็นผู้มีความสามารถในเชิงสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และการวิเคราะห์พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนเกรด 6 และนักเรียนเกรด 5 แล้วพบว่า มีค่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม 1.14 คะแนน จากระดับคะแนน 5 คะแนน และสอดคล้องกับการทำงานของสมองส่วนหน้าที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ ของ Flaherty (2005) และ 6 ขั้นตอนตาม MEAs ส่งผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 Model-construction principle เป็นการออกแบบปัญหาให้ครอบคุลม มีการกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน สามารถนำปัญหาดังกล่าวไปวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับกระบวนการในการสร้างมโนทัศน์ให้กับนักเรียนเมื่ออ่านบทความในสถานการณ์ปัญหา (Conception) มีระยะเวลาสำหรับการวิเคราะห์ (Gestation) เกิดความยากลำบากในการแก้ปัญหา (Parturition) และระยะเวลาในการพัฒนา (Bringing up the baby) สอดคล้องตามทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการของความคิดสร้างสรรค์ (Barron, 1988)

ขั้นตอนที่ 2 Reality principle เป็นการสร้างปัญหาที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือใกล้เคียงกับความจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน และสร้างเป็นสถานการณ์ในรูปของบทความให้เป็นเรื่องราวที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้ ทำให้นักเรียนเกิดการค้นพบทางออกในการแก้ปัญหาเชิง

สร้างสรรค์ สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องความคิดสร้างสรรค์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างทางเลือกที่หลากหลายที่เป็นไปได้ในสถานการณ์ปลายเปิด ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์แบบไดนามิกของสมองและการใช้ความคิดแบบอเนกนัย การเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ควบคุม Dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) และ Salience (Insula) บริเวณสมองส่วนหน้าเกิดการเชื่อมต่อและสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ (Beaty et al., 2016, p. 89) การสร้างปัญหาแบบปลายเปิดให้นักเรียนได้รับการคิดที่หลากหลายส่งผลต่อการพัฒนาสมองส่วนหน้าที่สัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์

ขั้นตอนที่ 3 Self-assessment principle เป็นการประเมินความคิดของนักเรียนและให้นักเรียนร่วมกันแบ่งปันความรู้ ร่วมกันวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา อธิบายเหตุผล ร่วมกันแสดงแนวคิดวิธีการ และความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ปัญหา ทำให้เกิดกระบวนการสื่อสารและการใช้ภาษา ส่งผลต่อการพัฒนาสมองแบบองค์รวม สอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับการสื่อสารที่ส่งผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์แบบใช้ภาษา (Linguistic creativity) ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงสมองส่วน Temporal lobes มักเป็นสมองส่วนที่มีผลในการเพิ่มศักยภาพของความคิดสร้างสรรค์ (Flaherty, 2005)

ขั้นตอนที่ 4 Model-documentation principle เป็นการสืบค้นข้อมูลและจัดทำเอกสาร นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในแหล่งเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง สอดคล้องกับหลักการของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Sririman, 2008) นักเรียนได้รับความเสี่ยงในการแก้ปัญหาและมีเสรีภาพในการหาคำตอบด้วยตนเอง (The free market principle) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกแนวทางและปรับปรุงแนวทางจากการตรวจสอบข้อเท็จจริงที่ได้ (The scholarly principle) และได้สัมผัสกับความไม่แน่นอนของคำตอบที่ได้ (Uncertainty principle)

ขั้นตอนที่ 5 Shared-ability and Reusability principle เป็นการแบ่งปันแนวคิดและวิธีการระหว่างกลุ่ม นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน แล้วให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายถึงความแตกต่าง และวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Communicate) ทำให้นักเรียนเกิดความสุขและความพึงพอใจในการจัดการปัญหาอย่างมีความสุขระหว่างนักเรียน เกิดการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ (Emotional) ส่งผลต่อความรู้ทำให้เกิดกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยโปรแกรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยการกระตุ้นระบบประสาทแบบองค์รวม (พรชัย ด้วงทองสุข, สุชาดา กรเพชรปาณีและปรัชญา แก้วแก่น, 2559)

ขั้นตอนที่ 6 Effective prototype principle เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการจัดกิจกรรมตาม Model-Eliciting Activities โดยนักเรียนและครูร่วมกันปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหาให้ได้ผลดีที่สุด ปรับปรุงข้อดีข้อเสียของวิธีการแล้วร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา เน้นการแสดงออกทาง

ความคิด (Expressiveness) ทุกคนมีเสรีภาพในการคิดไม่เน้นการประเมินความคิดในขณะที่ระดมสมอง (Non - evaluative) มีเสรีภาพอย่างสมบูรณ์แบบในการแสดงออกความคิดเห็น สอดคล้องกับทฤษฎีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ (Alex, 1957)

จากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการฝึกตามกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนว MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ช่วยกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมองส่วนหน้า (Frontal lobes) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสมองส่วนหน้าส่งผลต่อการเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนที่ได้รับการฝึกมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น

2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ขั้นตอนตาม MEAs ส่งผลต่อการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยพัฒนาความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ด้วยกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกทักษะตามขั้นตอน MEAs ทำให้นักเรียนกลุ่มนี้มีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่น้อยกว่ากลุ่มทดลอง จึงทำให้กลุ่มควบคุมมีคะแนนที่ต่ำกว่ากลุ่มทดลอง ดังนั้นการใช้กระบวนการ MEAs จึงมีประสิทธิผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิฬาร์ เลิศสมิตพร (2560) ที่ศึกษาการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์โดยใช้หลักการ MEAs โดยพบว่า MEAs สามารถพัฒนาความสามารถในการถ่ายโยงความรู้ได้ และกิจกรรรมตาม MEAs เพิ่มโอกาสให้นักเรียนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และการประยุกต์ใช้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Showalter (2008) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้กิจกรรมตามแนวคิด Model-Eliciting Activities ที่มีต่อความเข้าใจในแนวความคิดของนักเรียนและการแสดงออกที่มี ผลของการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการแสดงออกของระดับการเรียนรู้ที่สูงขึ้นในระหว่างกิจกรรมและนักเรียนแสดงการเรียนรู้อย่างชัดเจนในระหว่างกิจกรรมอีกด้วย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yildirim, Shuman, Besterfield-Sacre, and Yildirim (2010) ที่ศึกษากิจกรรมตามแนวคิด MEAs การนำเสนอของนักเรียนที่มีอิสระทางความคิด การสร้างโมเดลการแก้ปัญหา ปัญหาปลายเปิดและเสมือนจริง โดยงานวิจัยนี้ได้ขยายแนวคิดของ MEAs ที่พัฒนาขึ้นโดยนักคณิตศาสตร์และวิศวกรระดับสูง ผลการวิจัยพบว่า MEAs ช่วยให้นักเรียนสามารถประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของตนเอง การใช้เครื่องมือดังกล่าวช่วยให้สามารถเข้าใจกระบวนการในกลุ่มของทีม กระบวนการแก้ปัญหา ระดับการมีส่วนร่วมและกระบวนการของการวนซ้ำผ่านการทำกิจกรรม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนว MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ช่วยเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนั้นสถานศึกษาสามารถนำกิจกรรมไปใช้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนเพื่อเพิ่มศักยภาพให้กับนักเรียน

2. สถานศึกษาหรือครูผู้สอนสามารถนำแนวทางในการจัดกิจกรรมไปใช้ในการสร้างกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนในระดับต่าง ๆ ได้

3. นักวิจัยหรือผู้สนใจสามารถนำขั้นตอนการจัดกิจกรรมตาม MEAs เป็นทางเลือกในการกระตุ้นสมองเพื่อพัฒนาความสามารถทางปัญญาในด้านอื่น ๆ เช่น ความจำ การเรียนรู้ การสื่อสาร เป็นต้น

4. นักวิจัยหรือผู้ที่สนใจสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เฉพาะทางด้านอื่น ๆ เช่น ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางศิลปะ ความคิดสร้างสรรค์เฉพาะทาง เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้ออกแบบกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนว MEAs เฉพาะกลุ่มนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เท่านั้น จึงควรมีการศึกษาในกลุ่มอื่น ๆ เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพนักเรียนต่อไป

2. การออกแบบกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนว MEAs สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เป็นการออกแบบและพัฒนาสำหรับนักเรียนในจังหวัดชลบุรีเท่านั้น ทำให้สถานการณ์อยู่ในจังหวัดชลบุรี และเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในระยะเวลาของการทำการวิจัย จึงควรมีการพัฒนากิจกรรมที่สอดคล้องกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ มากขึ้น เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการพัฒนาการศึกษา

3. การวิจัยนี้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว จึงควรมีการศึกษาความสามารถทางปัญญาอื่น ๆ เช่น ความใส่ใจ ความจำ การเรียนรู้ เป็นต้น

4. การวิจัยนี้ออกแบบกิจกรรมตาม MEAs จึงควรมีการออกแบบกิจกรรมตามแนวคิดอื่น ๆ เพื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้วย

บรรณานุกรม

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการช่วยเสริมศักยภาพ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 16*(2), 129-139.

กาญดาร์ สงดวง. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มด้วยเกม (TGT) ร่วมกับวิธีสอนการแก้ปัญหาแบบเอสเอสซีเอส (SSCS) ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, *7*(2), 157-168.

จุไรรัตน์ ปิ้งผลพูล. (2556). การพัฒนาผลการเรียนรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน. *วารสารวิชาการ Veridian E-Journal Silpakorn University, 6*(1), 343-360.

ชามาศ ดิษฐเจริญ. (2557). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึ่ม ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, *5*(2), 205-216.

ชนัญณิชา เกษาพันธ์. (2558). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้เทคนิคระดมสมองที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 38*(2), 34-40.

ณัฐพงศ์ วงศ์สุ่ย. (2553). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษาขั้นพื้นฐานในจังหวัดขอนแก่น. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 4*(4), 96-102.

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2559). การพัฒนาและประเมินความคิดสร้างสรรค์ในสถานศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 27*(1), 1-14.

ธัญญารัตน์ โกมลเกียรติ. (2557). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องการประยุกต์ 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ใน *การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย WMS Management Research National Conference 3* (หน้า 223-233). นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

พรชัย ด้วงทองสุข, สุชาดา กรเพชรปาณี และปรัชญา แก้วแก่น. (2559). โปรแกรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยการกระตุ้นระบบประสาทแบบองค์รวมสำหรับผู้บริหารโรงเรียน. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 14*(2), 1-19.

พัทธยากร บุสสยา. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, *27*(3), 133-146.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2554). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ศิริวัฒนาอินเตอร์พรินท์ จำกัด (มหาชน).

รัชนี วันทองสุข. (2554). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรูที่เน้นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *5*(3), 73-80.

รุ่งนภา นรมาตย์. (2556). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เงิน โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *36*(2), 108-116.

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย. (2559). *หนังสือทูลเกล้าฯ*. นครศรีธรรมราช: โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช.

วรนารถ, อยู่สุข. (2555). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ชุดกิจกรรมเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์และวงจรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์. *วารสารอิเล็กทรอนิกสทางการศึกษา Online Journal of Education*, *8*(1), 1-14.

วรรณพร เลิศอาวาส. (2554). การศึกษาพฤติกรรมด้านความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น เรื่อง จำนวนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผ่านกิจกรรมการแก้ปัญหาและการตั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว, 27*(2), 133-151.

วิจารณ์ พาณิชย์. (2556). *การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสยามกัมมาจล ธนาคารไทยพาณิชย์.

วิฬาร์ เลิศสมิตพร. (2560). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนว Model-Eliciting Activities ที่มีต่อความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารอิเล็กทรอนิกสทางการศึกษา Online Journal of Education*, *12*(3), 425-441.

ศศิชา ทรัพย์ล้น. (2556). การพัฒนาผลการเรียนรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคนิค KWC กับแนวคิดการสร้างพลังการเรียนรู้. *วารสารวิชาการ Veridian E-Journal*, *6*(2), 237-249.

ศิริภรณ์ ตันนะลา. (2554). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *5*(2), 138-144.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สนฤดี ศรีสวัสดิ์. (2551). การพัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้หลักการเรียนรูแบบไตรสิกขา เรื่อง การเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิชาการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, *9*(1), 65-76.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การจัดการเรียนรู้แบบส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ กระทรวงศึกษาธิการ.

สุจิตรา เทียนสวัสดิ์. (2550). “ดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา: ข้อวิพากษ์และข้อเสนอแนะวิธีการคำนวณ” *พยาบาลสาร 34*(4). (ตุลาคม – ธันวาคม): 1–8.

สุนทรี หมั่นวาจา. (2555). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 7*(1), 189-200.

สุภาพร ศรีหามี. (2557). ผลการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารราชนครินทร์*, *11*(26), 23-28.

สุภาวดี ศรีธรรมศาสน์. (2551). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ที่เน้นพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารศึกษาศาสตร์ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 3*(1), 186-194.

สำนักงานทดสอบทางการศึกษา. (2559). *รายงานผลการประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติ ปีการศึกษา 2558: บทสรุปและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย*(พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

อรวรรณ ตันสุวรรณรัตน์. (2552). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุทัยรัตน์ เอี่ยมศรี. (2556). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้เทคนิคระดมสมองและโปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 36*(4), 167-177.

อำภารัตน ผลาวรรณ. (2556). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบแนะให้รู้คิด (CGI) เรื่อง ความน่าจะเป็นที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแกปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความตระหนักในการรูคิดและความมีวินัยในตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, *8*(1), 239-251.

Akgul, S., & Kahveci, N. G. (2016). A Study on the Development of a Mathematics Creativity Scale. *Eurasian Journal of Educational Research, 62*, 57-76.

Albert, R. S., & Runco, M. A. (1999). A history of research on creativity. *Handbook of Creativity, 2*, 16-31.

Alex, O. F. (1957). *Applied imagination*. New York: Scribner.

Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C. (2011). The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences,* 21(1), 133-137. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2010.09.013

Amabile, T. M., Barsade, S. G., Mueller, J. S., & Staw, B. M. (2005). Affect and creativity at work. *Administrative Science Quarterly, 50*(3), 367-403.

Baer, J. (2016). Creativity Doesn't Develop in a Vacuum. *Perspectives on Creativity Development: New Directions for Child and Adolescent Development, 2016*(151), 9-20.

Bahar, A. K., & Maker, C. J. (2011). Exploring the relationship between mathematical creativity and mathematical achievement. *Asia-Pacific Journal of Gifted and Talented Education, 3*(1), 33-48.

Balka, D. S. (1974). Creative Ability in Mathematics. *Arithmetic Teacher,* 21(7), 633-636.

Barron, F. (1988). Putting creativity to work. In R. J. Sternberg (Ed.), *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives* (pp. 76-98). New York: NY, US: Cambridge University Press.

Bart, W. M., Hokanson, B., Sahin, I., & Abdelsamea, M. A. (2015). An investigation of the gender differences in creative thinking abilities among 8th and 11th grade students. *Thinking Skills and Creativity, 17*(2), 17-24. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2015.03.003

Beaty, R. E., Benedek, M., Silvia, P. J., & Schacter, D. L. (2016). Creative Cognition and Brain Network Dynamics. *Trends in Cognitive Sciences, 20*(2), 87-95. doi:10.1016/j.tics.2015.10.004

Bessant, J., Whyte, J., & Neely, A. (2005). *Management of creativity and design within the firm*. Advanced Institute for Management and Imperial College, UK.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives. Vol. 1: Cognitive domain*. New York: McKay.

Bogen, J. E. (1995). On the neurophysiology of consciousness: 1. An overview. *Consciousness and Cognition*, *4*(1), 52-62.

Bolden, D. S., Harries, T. V., & Newton, D. P. (2010). Pre-service primary teachers' conceptions of creativity in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, *73*(2), 143-157.

Brown, L., Sherbenou, R. J., & Johnsen, S. K. (2010). *TONI-4, Test of Nonverbal Intelligence*. Texas: Pro-ed.

Carmona, M. (2002). *Haussmann: His Life and Times, and the Making of Modern.* Paris: Ivan R Dee.

Çetinkaya, Ç. (2014). The Effect of Gifted Students' Creative Problem Solving Program on Creative Thinking. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 116*(1), 3722-3726. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.830

Chamberlin, M. (2004). Design Principles for Teacher Investigations of Student Work. *Mathematics Teacher Education and Development, 6*(1), 52-65.

Chamberlin, S. A., & Moon, S. M. (2005). Model-eliciting activities as a tool to develop and identify creatively gifted mathematicians. *Journal of Secondary Gifted Education, 17*(1), 37-47.

Chang, S.-H., Wang, C.-L., & Lee, J.-C. (2016). Do award-winning experiences benefit students' creative self-efficacy and creativity? The moderated mediation effects of perceived school support for creativity. *Learning and Individual Differences, 51*, 291-298. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2016.09.011

Chang, Y.-S., Chien, Y.-H., Yu, K.-C., Lin, H.-C., & Chen, M. Y.-C. (2016). Students' innovative environmental perceptions and creative performances in cloud-based m-learning. *Computers in Human Behavior, 63*(1), 988-994. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2016.06.032

Chesimet, M., Githua, B., & Ng'eno, J. (2016). Effects of Experiential Learning Approach on Students' Mathematical Creativity among Secondary School Students of Kericho East Sub-County, Kenya. *Journal of Education and Practice, 7*(23), 51-57.

Christensen, L. B., Johnson, R. B., & Turner, L. A. (2011). *Research Methods, Design, and Analysis* (11th ed.). Boston.

Cirino, P. T., Tolar, T. D., Fuchs, L. S., & Huston-Warren, E. (2016). Cognitive and numerosity predictors of mathematical skills in middle school. *Journal of Experimental Child Psychology, 145*(1), 95-119. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jecp.2015.12.010

Coxbill, E., Chamberlin, S. A., & Weatherford, J. (2013). Using Model-Eliciting Activities As a Tool to Identify and Develop Mathematically Creative Students. *Journal for the Education of the Gifted, 36*(2), 176-197. doi: 10.1177/016235213480433

Davis, G. A., & O'Sullivan, M. I. (1980). Taxonomy of Creative Objectives: The Model AUTA. *The Journal of Creative Behavior, 14*(3), 149-160. doi: 10.1002/j.2162-6057.1980.tb00240.x

DeGraff, J., & Lawrence, K. A. (2002). *Creativity at work: Developing the right practices to make innovation happen* (Vol. 28). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Douady, A. (1986). *Chirurgie sur les applications holomorphes.* Paper presented at the Proc. ICM, Berkeley.

Edmonds, W. A., & Kennedy, T. D. (2017). *An applied guide to research designs: Quantitative, qualitative, and mixed methods.* Far East Square. Singapore: Sage.

El-Demerdash, M. E.-S. A. (2007). *The Geometric Creativity Test (GCT).* Doctoral dissertation, The University of Education.

Ervynck, G. (1991). Mathematical Creativity. In D. Tall (Ed.), *Advanced Mathematical Thinking* (pp. 42-53). Dordrecht: Springer Netherlands.

Flaherty, A. W. (2005). Frontotemporal and dopaminergic control of idea generation and creative drive. *The Journal of Comparative Neurology, 493*(1), 147-153. doi: 10.1002/cne.20768

Gallagher, S. A., Stepien, W. J., Sher, B. T., & Workman, D. (1995). Implementing problem-based learning in science classrooms. *School Science and Mathematics, 95*(3), 136-146.

Georgette, J. P. (2013). *Active Learning using Model-Eliciting Activities and Inquiry-Based Learning Activities in Dynamics.* California Polytechnic State University, San Luis Obispo.

Guilford, J.P. 1967. *The Nature of Human Intelligence*. McGraw-Hill, Book Company.

Haavold, P. Ø. (2013). What are the characteristics of mathematical creativity? An empirical and theoretical investigation of mathematical creativity.

Hardy, J. H., Ness, A. M., & Mecca, J. (2017). Outside the box: Epistemic curiosity as a predictor of creative problem solving and creative performance. *Personality and Individual Differences, 104*, 230-237. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2016.08.004

Heilman, K. M. (2016). Possible brain mechanisms of creativity. *Archives of Clinical Neuropsychology, 31*(4), 285-296. doi: 10.1093/arclin/acw009

Heilman, K. M., Nadeau, S. E., & Beversdorf, D. O. (2003). Creative innovation: possible brain mechanisms. *Neurocase, 9*(5), 369-379.

Hershkowitz, R., Tabach, M., & Dreyfus, T. (2017). Creative reasoning and shifts of knowledge in the mathematics classroom. *ZDM, 49*(1), 25-36. doi: 10.1007/s11858-016-0816-6

Hutchinson, E. D. (1949). *How to think creatively*: Abingdon-Cokesbury Press.

Jia, X., Hu, W., Cai, F., Wang, H., Li, J., Runco, M. A., & Chen, Y. (2017). The influence of teaching methods on creative problem finding. *Thinking Skills and Creativity, 24*, 86-94. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2017.02.006

Kashani-Vahid, L., Afrooz, G., Shokoohi-Yekta, M., Kharrazi, K., & Ghobari, B. (2017). Can a creative interpersonal problem solving program improve creative thinking in gifted elementary students? *Thinking Skills and Creativity*, *24*(1), 175-185. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2017.02.011

Kattou, M., Kontoyianni, K., Pitta-Pantazi, D., & Christou, C. (2013). Connecting mathematical creativity to mathematical ability. *ZDM, 45*(2), 167-181. doi: 10.1007/s11858-012-0467-1

Kim, H., Cho*, S., & Ahn, D. (2004). Development of Mathematical Creative Problem Solving Ability Test for Identification of the Gifted in Math. *Gifted Education International, 18*(2), 164-174. doi: 10.1177/026142940301800206

Laycock, M. (1970). Creative mathematics at Nueva. *The Arithmetic Teacher, 17*(4), 325-328.

Lee , K. S., Hwang , D. , & Seo , J. J. (2003). A development of the test for mathematical creative problem solving ability. *Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series D: Research in Mathematical Education*, *7*(3), 163 – 189.

Leikin, R. (2007). *Habits of mind associated with advanced mathematical thinking and solution spaces of mathematical tasks.* Paper presented at the Proceedings of the Fifth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education.

Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. R. (2000). Principles for Developing Thought- Revealing Activities for Students and Teachers. In A. Kelly, & R. Lesh (Eds.), *Research Design in Mathematics and Science Education* (pp. 591-646). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Lesh, R., & Lamon, S. (1992). *Assessing authentic mathematical performance*. Washington, D.C.: American Assosiation for the Advancement of Science press.

Levav-Waynberg, A., & Leikin, R. (2012). The role of multiple solution tasks in developing knowledge and creativity in geometry. *The Journal of Mathematical Behavior*, *31*(1), 73-90. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jmathb.2011.11.001

Lin, K.-Y. (2014). Effects of science fiction films on junior high school students' creative processes and products. *Thinking Skills and Creativity, 14*, 87-97. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2014.09.005

Lithner, J. (2008). A research framework for creative and imitative reasoning. *Educational Studies in Mathematics*, *67*(3), 255-276.

Mangrulkar, L., Whitman, C. V., & Posner, M. (2001). *Life skills approach to child and adolescent healthy human development*: *Pan American Health Organization*, Division of Health Promotion and Protection, Family Health and Population Program, Adolescent Health Unit.

Miyan, M. (1982). Study to Examine Effectiveness of Methods of Teaching Mathematics in Developing Mathematical Creativity. *Unpublished Doctoral Dissertation, Jamia Millia Islamia University, New Delhi*.

Mumford, M. D. (2003). Where Have We Been, Where Are We Going? Taking Stock in Creativity Research. *Creativity Research Journal, 15*(2-3), 107-120. doi: 10.1080/10400419.2003.9651403

Nadjafikhah, M., Yaftian, N., & Bakhshalizadeh, S. (2012). Mathematical creativity: some definitions and characteristics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 31*, 285-291. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.056

National Council of Teachers of Mathematics. (2013). Model-Eliciting Activities for teaching mathematics. *MatheMatics Teaching in the Middle School*, *18*(5), 262-266.

Newton, L., & Beverton, S. (2012). Pre-service teachers' conceptions of creativity in elementary school English. *Thinking Skills and Creativity, 7*(3), 165-176. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2012.02.002

Paz-Baruch, N., Leikin, R., & Leikin, M. (2016). Visual Processing in Generally Gifted and Mathematically Excelling Adolescents. *Journal for the Education of the Gifted, 39*(3), 237-258.

Peter, M. (2009). Milieus of creativity: The role of places, environments, and spatial contexts *Milieus of Creativity* (pp. 97-153): Springer.

Raven, J. (2003). Raven progressive matrices *Handbook of nonverbal assessment* (pp. 223-237): Springer.

Rossman, J. (1931). The motives of inventors. *The Quarterly Journal of Economics, 45*(3), 522-528.

Showalter, Q. (2008). *The effect of model-eliciting activities on problem solving process and student disposition toward mathematics.* United States: University of Kansas.

Singh, B. (1987). The development of tests to measure mathematical creativity. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 18*(2), 181-186.

Sriraman, B. (2005). Are giftedness and creativity synonyms in mathematics? *Prufrock Journal, 17*(1), 20-36.

Sriraman, B. (2008). The characteristics of mathematical creativity. *ZDM mathematics education, 41*(1), 13-27.

Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1993). Investing in creativity. *Psychological inquiry*, *4*(3), 229-232.

Sternberg, R. J., & Sternberg, K. (2016). *Cognitive psychology*. California: Oklahoma State University.

Stohlmann, M. (2013). Model Eliciting Activities: Fostering 21st Century Learners. *Journal of Mathematics Education at Teachers College, 4*(2), 60-65.

Strickland, O., Lenz, E. R. & Waltz, C. F., (2010). *Measurement in nursing and health Research*. New York: Springer.

Şükran Tok, A. B., and Süleyman Karalök. (2015). The Effects of Teaching Mathematics Creatively on Academic Achievement, Attitudes towards Mathematics, and Mathematics Anxiety. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, *23*(4), 1-24.

Tall, D. (1991). *Advanced mathematical thinking* (Vol. 11): Springer Science & Business Media.

Torrance, E. P., Tan, C. A., & Allman, T. (1970). Verbal originality and teacher behavior: A predictive validity study. *Journal of Teacher Education*, *21*(3), 335-341.

Torrance, E. P., (2006). *Research review for the Torrance tests of creative thinking figural and verbal forms A and B*. Bensenville, Illinois: Scholastic Testing Service

Van Harpen, X. Y., & Sriraman, B. (2013). Creativity and mathematical problem posing: an analysis of high school students' mathematical problem posing in China and the USA. *Educational Studies in Mathematics, 82*(2), 201-221. doi: 10.1007/s10649-012-9419-5

Wahyuningrum, E., & Suryadi, D. (2014). Association of Mathematical Communication and Problem Solving Abilities: Implementation of MEAs Strategy in Junior High School. *SAINSAB, 17*(1), 38-50.

Wallas, G. (1926). *The art of thought*. New York: Harcourt, Brace and Company.

Wessels, H. M. (2014). Levels of mathematical creativity in model-eliciting activities. *Journal of Mathematical Modelling and Application, 1*(9), 22-40.

Wilhelm Wieczerkowski, A. J. C., & Prado, T. M. (2000). Nurturing talents/gifts in mathematics. *International Handbook of Giftedness and Talent*, *413*.

Yates, E., & Twigg, E. (2017). Developing creativity in early childhood studies students. *Thinking Skills and Creativity, 23*(1), 42-57. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2016.11.001

Yildirim, T. P., Shuman, L., Besterfield-Sacre, M., & Yildirim, T. (2010). Model eliciting activities: assessing engineering student problem solving and skill integration processes. *International Journal of Engineering Education, 26*(4), 831-845.

ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวอย่างกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
2. แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
3. แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป
4. แบบวัดระดับเชาว์ปัญญา (TONI-4)
5. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (Torrance tests of creative thinking, TTCT)
6. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
College of Research Methodology and Cognitive Science (RMCS)
คู่มือการจัดกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
ตาม Model - Eliciting Activities สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
พัฒนาโดย
นายวุฒิพงษ์ ประทุมมา

แผนการจัดกิจกรรมที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชา แคลคูลัสเบื้องต้น
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ความชันของกราฟ ณ จุดใดๆ
โดย นายวุฒิพงษ์ ประทุมมา เวลา 1 ชั่วโมง

จุดประสงค์

1. มีความรู้ความเข้าใจ เรื่อง เส้นสัมผัสของกราฟและความชันของกราฟ
2. มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

สาระสำคัญ

ความชัน (slope หรือ gradient) ของเส้นตรงบอกถึงความสูงชัน ความลาดเอียงหรือระดับ ค่าความชันยิ่งมากแสดงถึงความสูงชัน ความลาดเอียงที่มากขึ้น

ความชันนิยามตามอัตราของ "การยก" หารด้วย "การเคลื่อนที่" ระหว่างจุดสองจุดบนเส้นหรืออัตราส่วนสูงที่เปลี่ยนแปลงต่อระยะทางตามแนวนอนระหว่างสองจุดใดๆบนเส้น ให้สองจุดนั้นเป็น (x_1, y_1) และ (x_2, y_2)บนเส้นตรง ความชัน m ของเส้นตรงเป็น

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

ด้วยวิธีแคลคูลัสเชิงอนุพันธ์สามารถคำนวณความชันของเส้นสัมผัสจนถึงเส้นโค้งที่จุด ๆ หนึ่งได้

นิยาม ถ้าเส้นโค้งเป็นกราฟของ $y = f(x)$ เส้นสัมผัสเส้นโค้งที่จุด $\mathrm{P(x, y)}$ ใด ๆ จะเป็นเส้นตรงที่ผ่านจุด P และมีความชันเท่ากับ

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

ความชันของเส้นโค้ง ณ จุด $\mathrm{P(x, y)}$ หมายถึง ความชันของเส้นสัมผัสเส้นโค้ง ณ จุด P

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนที่	บทบาทนักเรียน	บทบาทของครู
1. Model-construction principle	1. นักเรียนอ่านบทความที่ 1 และสร้างความเข้าใจให้ชัดเจนในปัญหาของบทความ 2. นักเรียนตรวจสอบบทความนั้นว่ามีข้อมูลด้านปริมาณ ความสัมพันธ์ การดำเนินการ และรูปแบบสมบูรณ์หรือไม่	1. สร้างบทความที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันของนักเรียน ในเรื่อง เส้นสัมผัสของกราฟและความชันของกราฟ 2. กระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยการซักถามถึงปัญหาที่ใกล้เคียงกับบทความ
2. Reality principle	3. นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายถึงแนวทางในการตอบคำถามในกิจกรรม 4. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ถึงการแก้ปัญหาในประเด็นปัญหา และแนวทางในการแก้ปัญหา	3. ครูตรวจสอบความเข้าใจในบทความที่ 1 โดยการซักถามถึงการแก้ปัญหา 4. ครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม และชี้นำให้นักเรียนเกิดความสงสัยในปัญหา
3. Self-assessment principle	5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงการแก้ปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหาร่วมกันในกลุ่ม 6. เมื่อได้วิธีการของกลุ่มแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของวิธีการที่ได้มา	5. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 4 คน ได้จำนวน 6 กลุ่ม แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย 6. ครูสังเกตพฤติกรรม และคอยให้คำปรึกษากับนักเรียนโดยไม่บอกคำตอบของปัญหา
4. Model-documentation principle	7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูล โดยใช้สื่อต่างๆ เช่น หนังสือในห้องสมุด อินเตอร์เน็ต บทความทางวิชาการ เป็นต้น	7. ครูเป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียนในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

ขั้นตอนที่	บทบาทนักเรียน	บทบาทของครู
	8. เมื่อสืบค้นข้อมูลแล้ว แต่ละกลุ่มปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาของตน แล้วเขียนเป็นวิธีการเพื่อนำเสนอ	8. ครูคอยแนะนำวิธีในการเขียนแผนผังในการแก้ปัญหาเพื่อให้แต่ละกลุ่มเขียนวิธีการได้อย่างชัดเจน
5. Shared-ability and Reusability principle	9. นักเรียนแต่ละกลุ่มจับสลากลำดับในการนำเสนอและนำเสนอวิธีการในการแก้ปัญหาของตนเอง 10. แต่ละกลุ่มซักถามข้อสงสัยในวิธีการของกลุ่มนำเสนอ และวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียร่วมกัน	9. ครูเป็นผู้ฟังการนำเสนอและคอยกระตุ้นให้กลุ่มอื่นๆ เกิดคำถามและซักถามกันในห้องเรียน โดยครูไม่ตัดสินว่าวิธีการดังกล่าวถูกต้องหรือไม่ 10. ครูเป็นผู้ดำเนินรายการนำเสนอให้สนุกสนาน และชี้นำคำถามของนักเรียนเพื่อให้เกิดข้อสงสัยที่หลากหลาย
6. Effective prototype principle	11. นักเรียนร่วมกันปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหาให้ได้ผลดีที่สุด แล้วร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา 12. นักเรียนบันทึกความรู้ความเข้าใจของตนเองลงในสมุดบันทึก โดยสรุปตามความเข้าใจของตนเอง	11. ครูร่วมกันกับนักเรียนสรุปวิธีการที่เหมาะสม และอธิบายถึงแนวคิดและหลักการความชันของกราฟ 12. กระตุ้นนักเรียนให้ลองใช้การแก้ปัญหาที่คล้ายกันกับปัญหาอื่น พร้อมทั้งให้คำแนะนำหากนักเรียนยังไม่เข้าใจ

สื่อประกอบกิจกรรม

1. บทความที่ 1 เรื่อง อุบัติเหตุ กราฟ และความเร็วรถยนต์
2. กิจกรรมที่ 1 เรื่อง อุบัติเหตุ กราฟ และความเร็วรถยนต์

บันทึกหลังจัดกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้จัดกิจกรรม

บทความที่ 1
อุบัติเหตุ กราฟ และความเร็วรถยนต์

แผนงานสนับสนุนการป้องกันอุบัติเหตุจราจรระดับจังหวัด (สอจร.) โดยการสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) มูลนิธิไทยโรดส์ ศูนย์วิชาการเพื่อความปลอดภัยทางถนน ได้เปิดเผยรายงานรายละเอียดสถานการณ์ความปลอดภัยทางถนนของไทยปี 2557 เทียบกับปี 2555

ดร.ศาตราวุฒิ พลบูรณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมจราจรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กล่าวว่า ผลการศึกษาปี 2557 มีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนทั่วประเทศ 21,429 ราย ลดลงจากปี 2555 ที่มี 23,601 ราย เท่ากับเสียชีวิต 32.90 รายต่อแสนประชากร ทุก 24 นาที จะมีคนเสียชีวิตบนท้องถนนอย่างน้อย 1 คน จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุ 3 ใน 4 หรือ 76% (857,572 คน) ใช้รถจักรยานยนต์ รองลงมาเป็นจักรยาน 8% (99,298 คน) และคนเดินเท้า

จังหวัดที่มีอัตราการเสียชีวิตต่ำสุด 10 อันดับแรก ได้แก่ กรุงเทพมหานคร (13.60 รายต่อแสนประชากร) ตามด้วย สตูลยะลา ปัตตานี นนทบุรี แม่ฮ่องสอน อำนาจเจริญ ศรีสะเกษ หนองบัวลำภู สมุทรสงคราม อัตราการเสียชีวิตสูงสุด 10 อันดับแรก ได้แก่ ระยอง (74.73 ต่อแสนประชากร) ปราจีนบุรี ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สระบุรี เพชรบุรี ชุมพร ฉะเชิงเทรา ตาก และพระนครศรีอยุธยา นอกจากนี้แบ่งการกระทำผิดกฎจราจรไล่เรียงตั้งแต่จังหวัดที่ทำผิดมากไปน้อยสุด 10 อันดับ โดยจับกุมปรับ และดำเนินคดี ได้แก่ เมาแล้วขับมากที่สุด 10 อันดับแรก คิดเป็น 99.3 รายต่อแสนประชากร ได้แก่ ชลบุรี เชียงใหม่ สมุทรปราการ เลย ระยอง นครนายก ขอนแก่น อุดรธานี นนทบุรี และนครสวรรค์ (อาภาวรรณ โสภณธรรมรักษ์, 2557)

กิจกรรมที่ 1
เรื่อง อุบัติเหตุ กราฟ และความเร็วรถยนต์

1. จากบทความที่ 1 นักเรียนคิดว่ามีแนวทางใดบ้างในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ และเหตุผลที่ทำให้จังหวัดชลบุรีมีอัตราการเมาแล้วขับมากที่สุดในประเทศไทย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

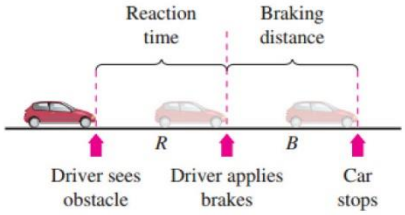
.....

.....

.....

.....

3. เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการขับขี่รถยนต์แล้ว เราจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงปัจจัยเหล่านั้น โดยปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญของการขับขี่คือปฏิกิริยาการตอบสนอง (Reaction time) ของผู้ขับขี่ กรณีศึกษาคือ ถ้าเราวัดระยะทางของการหยุดรถยนต์ บนพื้นที่แห้ง และระดับทางเท้า โดยวัดความเร็วหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง และวัดระยะทางหน่วยเป็นเมตร ทั้งนี้ทำการทดลองโดยให้สัญญาณไฟสีแดงแสดงขึ้นต่อคนขับรถ แล้ววัดปฏิกิริยาการตอบสนอง (Reaction time) ของคนขับรถ จนถึงช่วงการใช้เบรกและระยะทางที่รถหยุด ในความเร็วรถที่ต่างกัน ดังภาพ



เมื่อบันทึกข้อมูลแล้ว จะได้ผลการบันทึกข้อมูลของความเร็วรถยนต์ดังตาราง

ความเร็วของรถยนต์ (v)	20	40	60	80	100
ระยะทางของปฏิกิริยาตอบสนอง (R)	8.3	16.7	25	33.3	41.7
ระยะทางของการหยุดรถ (B)	2.3	9.0	20.2	35.8	55.9

จากข้อมูลข้างต้นนักเรียนคิดว่าความเร็วของรถยนต์ (v) ระยะทางของปฏิกิริยาตอบสนอง (R) และระยะทางของการหยุดรถ (B) มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. จงหาว่า ถ้านักเรียนวิ่งรถด้วยความเร็ว 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แล้วนักเรียนจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของการเบรกของรถเท่ากับเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. จงอธิบายระยะของการเบรกกับความเร็วที่เพิ่มขึ้น หากเพิ่มความเร็วจะส่งผลต่อการหยุดรถอย่างไร และนักเรียนคิดว่าปัจจัยดังกล่าวจะนำมาแก้ปัญหาในการเกิดอุบัติเหตุอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางในการแก้ปัญหา

จากข้อคำถามข้างต้นให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับอุบัติเหตุรถยนต์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการตอบสนอง พร้อมทั้งแนวคิดในการอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของรถยนต์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

คำชี้แจง แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นโปรดพิจารณาว่า “กิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษ ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์” มีความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่อง “ระดับความเหมาะสม” ตามความคิดเห็นของท่าน โดยได้กำหนดระดับความเหมาะสมดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อ	รายการ	ระดับความเหมาะสม					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
1.	**การออกแบบกิจกรรม**						
1.1 ความสอดคล้องของกิจกรรมกับทฤษฎี							
1.2 ภาพประกอบบทความ							
1.3 ตัวอักษร							
1.4 เนื้อหาในบทความและกิจกรรม							
2.	**ขั้นตอนการจัดกิจกรรม**						
2.1 มีการกำหนดจุดประสงค์ที่ชัดเจน							
2.2 มีการกำหนดเนื้อหาของการจัดกิจกรรม							

ข้อ	รายการ	ระดับความเหมาะสม					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
2.3 เนื้อหากับวัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกัน							
2.4 กิจกรรมมีความน่าสนใจ							
2.5 กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้จริง							
2.6 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับระยะเวลา							
2.7 กิจกรรมมีการลำดับจากง่ายไปยาก							
2.8 มีความเหมาะสมกับการใช้งาน							
2.9 มีความเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง							
2.10 ลำดับขั้นตอนสอดคล้องกับทฤษฎี							
3.	**ภาพรวมของกิจกรรม**						
3.1 กิจกรรมอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างมีลำดับขั้นตอน							
3.2 ภาษาที่ใช้ในกิจกรรมอ่านแล้วเข้าใจง่าย							
3.3 แต่ละกิจกรรมมีภาพประกอบที่เหมาะสม							

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง ให้ผู้สอบถามทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง ☐ หน้าข้อความที่เป็นคำตอบหรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวท่านมากที่สุด

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. ระดับชั้น

☐ ม.5 ☐ ม.6

3. ห้อง

☐ ห้อง 1 ☐ ห้อง 4

4. โรงเรียน

☐ จุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี ☐ ชลราษฎรอำรุง

5. โรคประจำตัว

☐ ไม่มี ☐ มี ระบุ.....

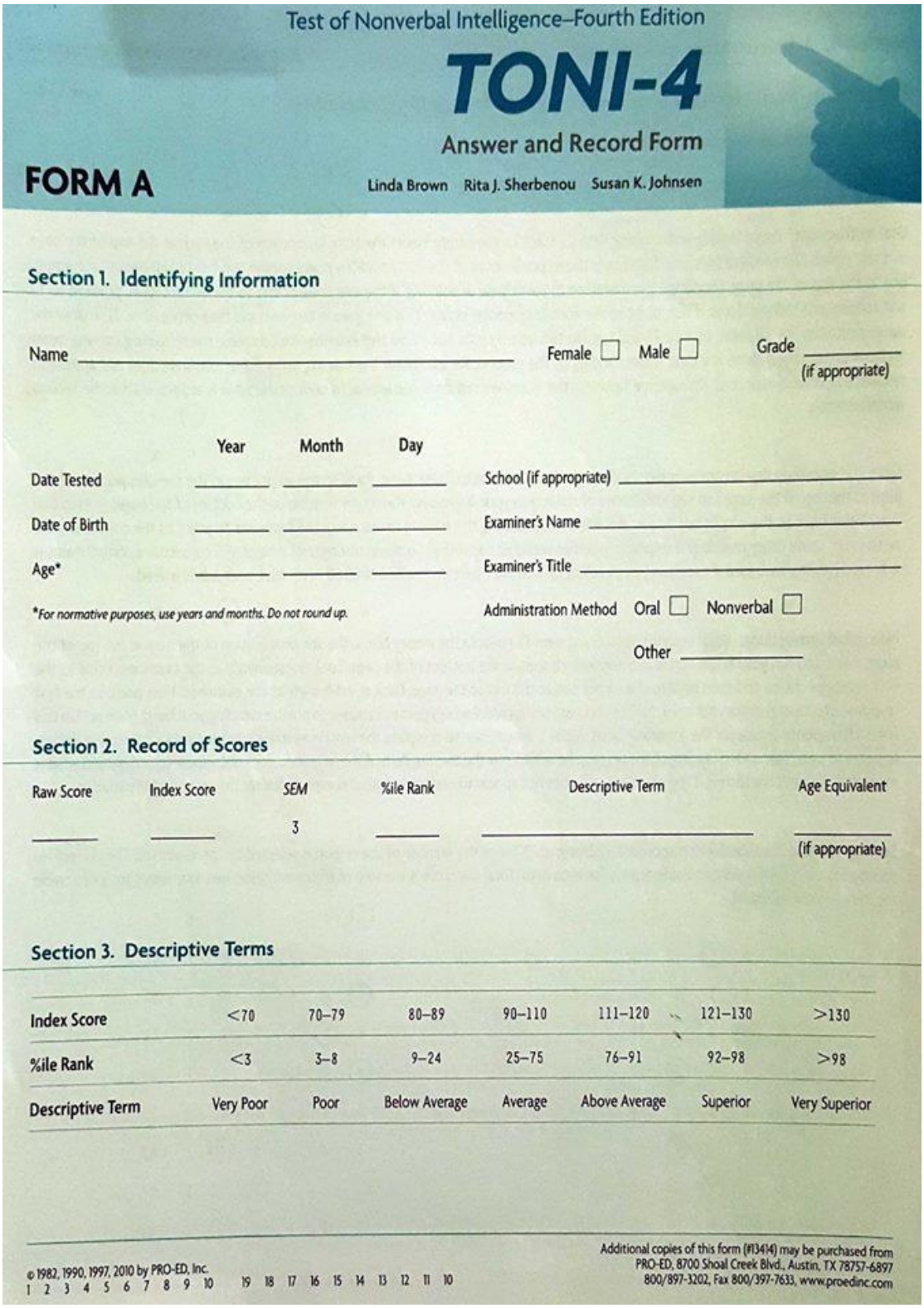
6. การมองเห็น

☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ ระบุ.....

7. ท่านมีการใช้ยาทางจิตและระบบประสาทหรือไม่

☐ ไม่ ☐ มี ระบุ.....

แบบวัดระดับเชาว์ปัญญา (TONI-4)



Test of Nonverbal Intelligence–Fourth Edition

TONI-4

Answer and Record Form

FORM A

Linda Brown Rita J. Sherbenou Susan K. Johnsen

Section 1. Identifying Information

Name _____ Female ☐ Male ☐ Grade _____ (if appropriate)

	Year	Month	Day
Date Tested			
Date of Birth			
Age*			

*For normative purposes, use years and months. Do not round up.

School (if appropriate) _____

Examiner's Name _____

Examiner's Title _____

Administration Method Oral ☐ Nonverbal ☐

Other _____

Section 2. Record of Scores

Raw Score	Index Score	*SEM*	%ile Rank	Descriptive Term	Age Equivalent
		3			(if appropriate)

Section 3. Descriptive Terms

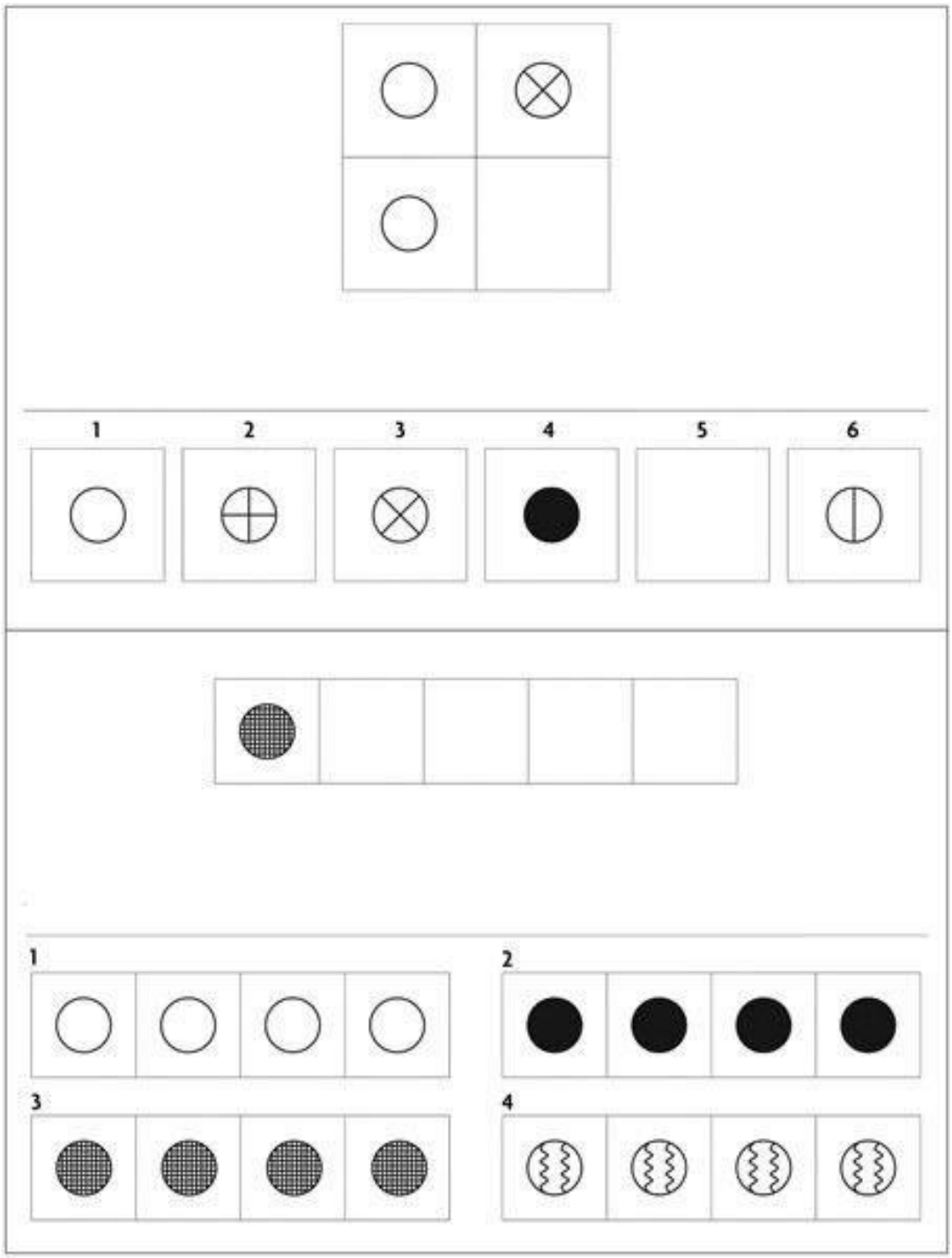
Index Score	<70	70–79	80–89	90–110	111–120	121–130	>130
%ile Rank	<3	3–8	9–24	25–75	76–91	92–98	>98
Descriptive Term	Very Poor	Poor	Below Average	Average	Above Average	Superior	Very Superior

© 1982, 1990, 1997, 2010 by PRO-ED, Inc.

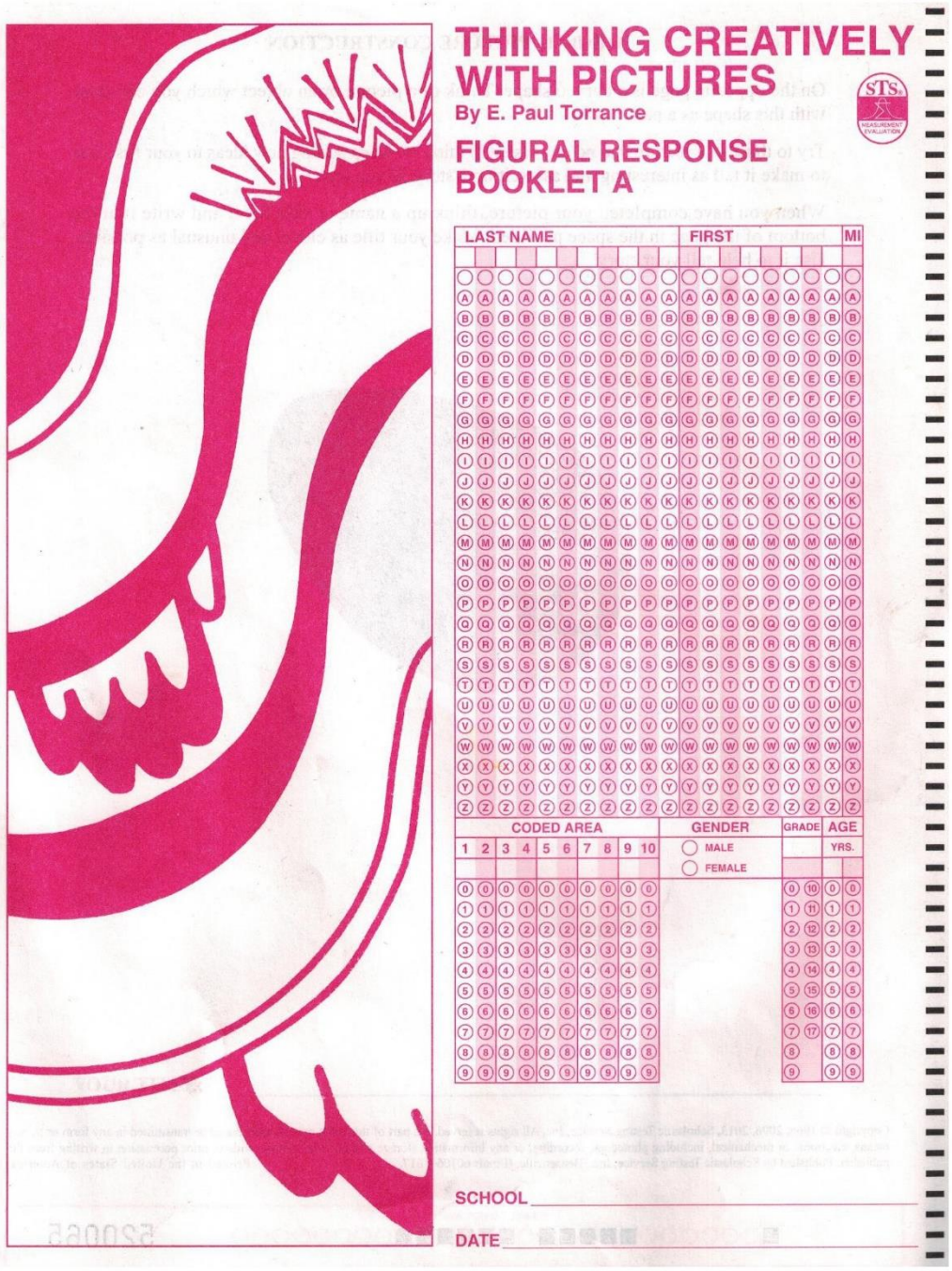
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10

Additional copies of this form (#13414) may be purchased from PRO-ED, 8700 Shoal Creek Blvd., Austin, TX 78757-6897 800/897-3202, Fax 800/397-7633, www.proedinc.com

แบบวัดระดับเชาว์ปัญญา (TONI-4)



แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (Torrance Tests of Creative Thinking, TTCT)



THINKING CREATIVELY WITH PICTURES

By E. Paul Torrance

FIGURAL RESPONSE BOOKLET A

LAST NAME | FIRST | MI

CODED AREA 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

GENDER ○ MALE ○ FEMALE

GRADE

AGE YRS.

SCHOOL _____

DATE _____

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

Mathematical Creativity Test

Open-ended Test

Attention

Please read the following explanation before getting to the questions below.
Every question allows multiple answers. The time given is 50 minutes.

(1) Write a maximum of 15 answers that you think are pertinent to the question.

(2) Give answers that are different from but not like one another.

(3) Give answers that cannot be easily found.

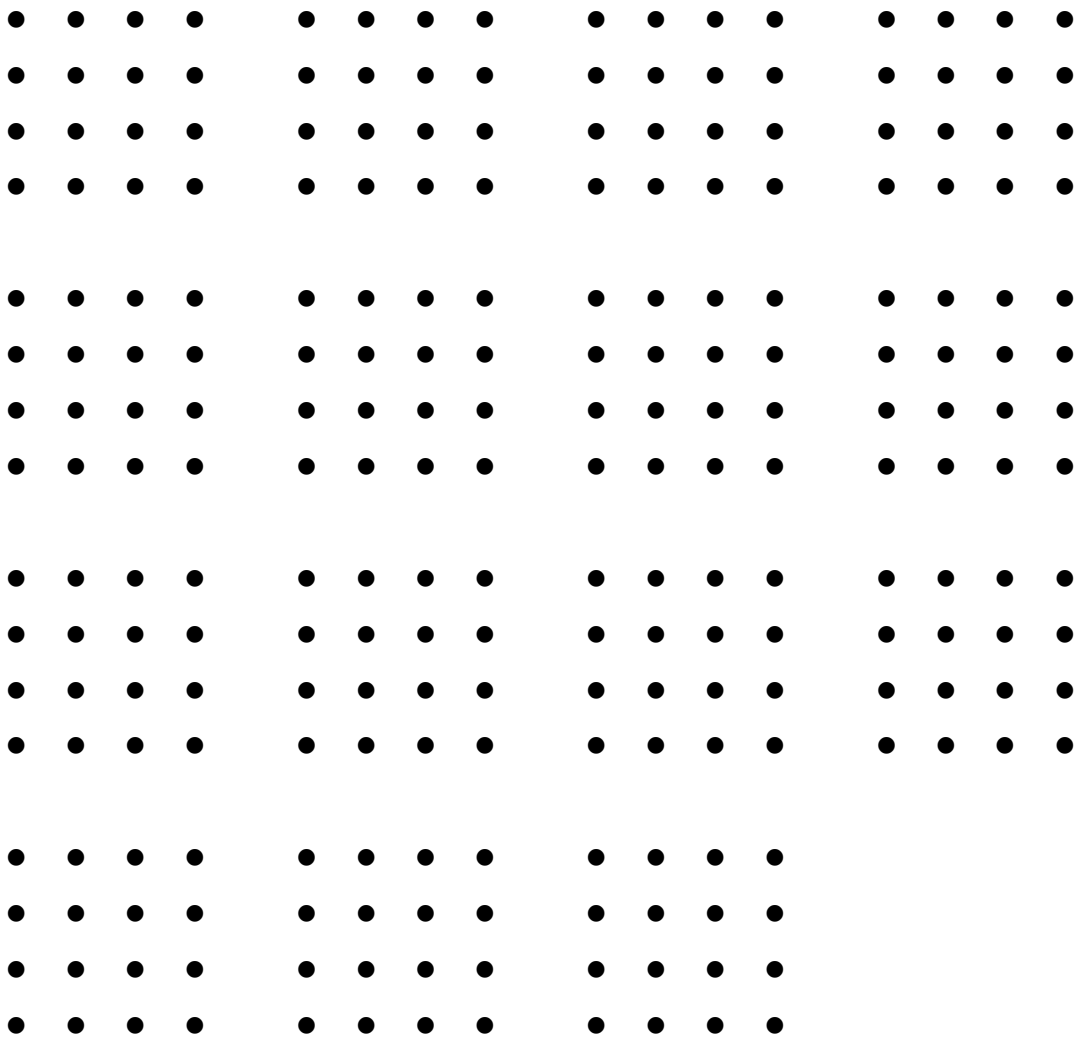
(4) Present answers in as exact and detailed way as possible.

(5) If you need more space to write, get another answer sheet from the teacher.

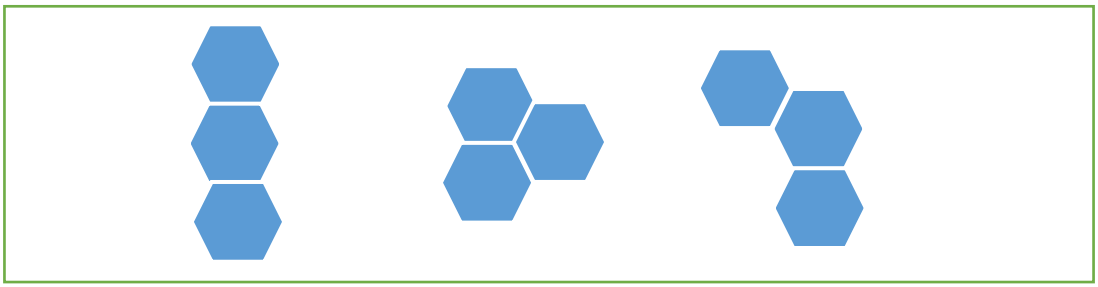
Do not turn to the next page until instructed by the teacher.

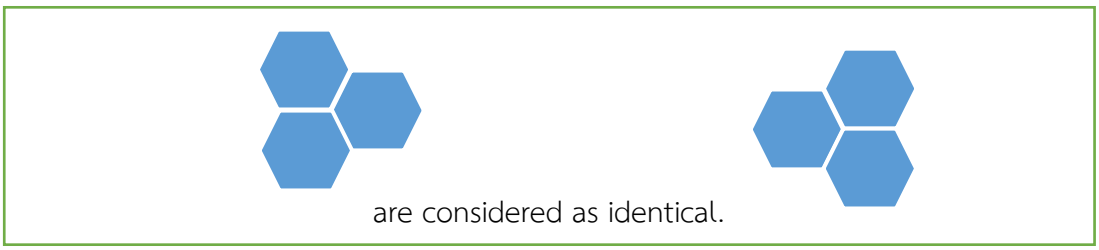
Name: _____, class: _____,
No_____ Sex: Male___ Female___
School: _____

[1] As shown below, there are 16 dots which are arranged with 1cm spacings between them. Draw lines between the dots to make as many figures as possible with the area of 2 cm^2. (If two or more figures are overlapped when turned around or over, they are considered as identical. No figure should be split in two or have one point in common with another.)



[2] As shown in the Example below, 3 sheets of paper in the shape of a regular hexagoncan be joined together along the sides in 3 ways.

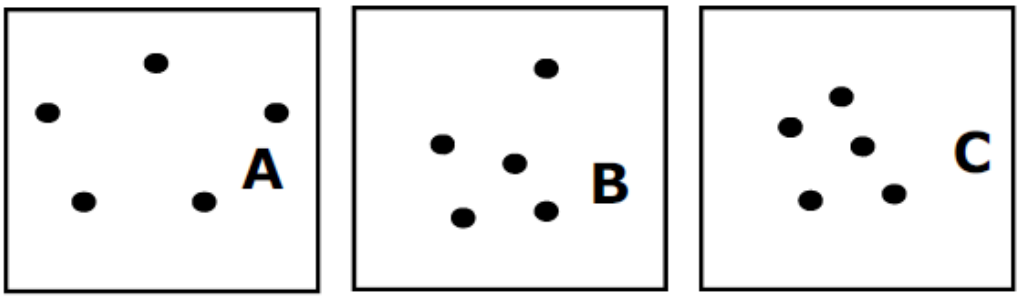




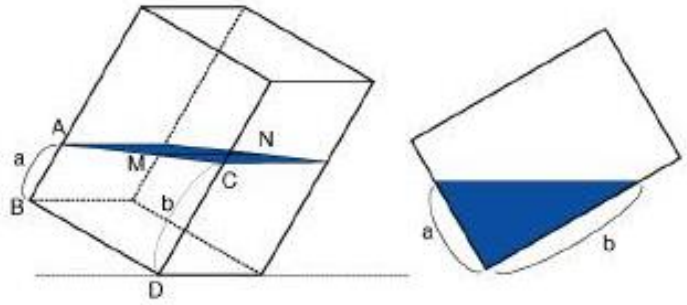
are considered as identical.

Then, make all drawings of how to join **together 6 sheets** of paper in the shape of a regular hexagon along the sides, as in the Example below. (If two or more figures are overlapped when turned around or over, they are considered as identical.)

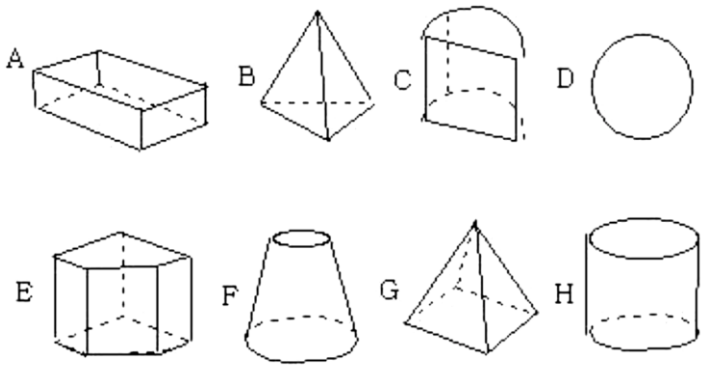
[3] Three students, A, B, C, each threw five marbles, Which came to rest as shown. In this game, the winner is the student with the smallest scattering of marbles. The degree of scattering seems to decrease in the order A, B, C. Devise as many ways as you can to express numerically the degree of scattering.



[4] A transparent flask in the shape of a right rectangular prism is partially filled with water. When the flask is placed on a table and titled, with one edge of its base being fixed, several geometric shapes of various sizes are formed by the cuboid's faces and the surface of the water. The shapes and sizes may vary according to the degree of tilt or inclination. Try to discover as many invariant relations (rules) concerning these shapes and sizes as possible. Write down all your findings.



[5] Consider the solid figures as shown. Choose one or more figures that share the same characteristics with **figure B** and write down those characteristics.



Solutions

Characteristics	A	B	C	D	E	F	G	H

ภาคผนวก ข คะแนนการทดสอบและผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา

1. คะแนนการทดสอบก่อนและหลังได้รับการฝึกของกลุ่มตัวอย่าง
2. ผลการคำนวณค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI)

คะแนนการทดสอบก่อนได้รับการฝึกของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มทดลอง						กลุ่มควบคุม 1						กลุ่มควบคุม 2					
No	IQ	CR	Mathematical Creativity			No	IQ	CR	Mathematical Creativity			No	IQ	CR	Mathematical Creativity		
			OR	FL	FX				OR	FL	FX				OR	FL	FX
1	114	28	13	14	14	1	116	41	5	14	12	1	126	41	2	12	12
2	107	34	4	12	13	2	116	22	9	15	14	2	94	29	6	11	11
3	113	41	10	13	16	3	90	34	4	9	11	3	119	23	4	14	13
4	118	26	17	13	16	4	120	41	8	14	11	4	124	25	0	13	10
5	118	25	0	12	10	5	109	30	8	14	14	5	126	17	3	11	10
6	114	41	0	10	12	6	119	41	4	15	14	6	122	26	10	14	10
7	114	41	3	15	11	7	126	20	6	14	11	7	124	17	12	11	16
8	119	41	3	14	13	8	119	41	5	11	12	8	124	29	9	16	10
9	119	31	3	13	11	9	121	41	6	14	14	9	126	41	3	14	9
10	116	41	9	14	14	10	98	24	10	14	12	10	124	41	3	11	9
11	106	41	8	11	7	11	109	41	9	15	14	11	124	41	7	14	13
12	114	41	5	14	13	12	120	30	2	12	11	12	124	41	6	12	10
13	114	20	4	11	11	13	113	32	10	14	12	13	122	41	5	14	11
14	116	41	6	9	13	14	104	37	3	15	10	14	118	41	0	13	10
15	116	41	0	13	12	15	114	41	8	16	15	15	117	18	6	14	14
16	107	32	9	13	7	16	113	41	9	16	10	16	118	26	9	11	13
17	97	19	7	15	11	17	122	30	7	15	13	17	118	41	10	15	12
18	116	41	5	12	10	18	126	41	7	14	11	18	122	36	7	14	10
19	114	29	3	14	13	19	95	41	3	13	10	19	116	41	4	11	11
20	112	34	8	16	15	20	107	20	6	14	14	20	120	41	3	14	10
21	119	18	9	14	12	21	113	41	9	14	11	21	119	29	1	12	11
22	116	40	9	15	11	22	117	22	8	11	12	22	121	41	0	15	10
23	110	41	3	11	11	23	90	41	9	14	11	23	113	41	0	13	10
24	114	26	3	16	11	24	114	26	3	14	11	24	120	41	3	14	10

สัญลักษณ์

No = ลำดับที่

IQ = คะแนนระดับเชาว์ปัญญา

CR = คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

Mathematical Creativity = ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

OR = คะแนนความคิดริเริ่ม

FL = คะแนนความคิดคล่อง

FX = คะแนนความคิดยืดหยุ่น

คะแนนการทดสอบหลังได้รับการฝึกของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มทดลอง				กลุ่มควบคุม 1				กลุ่มควบคุม 2			
No	Mathematical Creativity			No	Mathematical Creativity			No	Mathematical Creativity		
	OR	FL	FX		OR	FL	FX		OR	FL	FX
1	18	16	17	1	3	13	10	1	2	14	15
2	4	14	14	2	3	14	12	2	12	12	11
3	14	15	19	3	5	13	15	3	12	13	12
4	19	15	18	4	2	15	14	4	0	13	11
5	9	15	13	5	5	15	13	5	1	14	11
6	7	14	15	6	7	13	12	6	9	15	11
7	5	17	14	7	9	14	11	7	9	14	14
8	10	15	17	8	0	12	11	8	9	16	11
9	11	15	12	9	6	13	12	9	6	15	11
10	11	16	15	10	7	12	14	10	3	12	12
11	9	13	14	11	6	11	12	11	4	12	12
12	5	17	15	12	0	12	7	12	6	12	12
13	13	15	13	13	3	14	12	13	6	13	11
14	7	15	16	14	6	14	13	14	1	14	11
15	9	15	16	15	18	17	14	15	9	15	15
16	9	14	14	16	11	15	11	16	9	13	11
17	13	16	13	17	9	14	14	17	12	13	11
18	9	16	13	18	5	14	13	18	4	11	10
19	6	15	13	19	9	13	14	19	4	12	13
20	16	16	15	20	0	14	12	20	1	13	11
21	16	18	12	21	8	14	10	21	4	12	12
22	9	17	13	22	8	14	11	22	0	12	11
23	9	15	16	23	3	14	11	23	12	13	15
24	10	17	13	24	3	13	7	24	3	13	11

สัญลักษณ์

No = ลำดับที่

IQ = คะแนนระดับเชาว์ปัญญา

CR = คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

Mathematical Creativity = ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

OR = คะแนนความคิดริเริ่ม

FL = คะแนนความคิดคล่อง

FX = คะแนนความคิดยืดหยุ่น

ผลการคำนวณค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI)

ผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อ “กิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model-Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษ ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์” ทั้งหมด 3 รายการ ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ดังตาราง

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ														
	คนที่ 1					คนที่ 2					คนที่ 3				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1.1		✓				✓					✓				
1.2	✓					✓						✓			
1.3	✓					✓						✓			
1.4		✓					✓				✓				
2.1			✓				✓					✓			
2.2	✓						✓					✓			
2.3		✓				✓					✓				
2.4	✓						✓					✓			
2.5		✓				✓					✓				
2.6		✓					✓					✓			
2.7		✓					✓					✓			
2.8		✓				✓						✓			
2.9	✓						✓				✓				
2.10		✓				✓							✓		
3.1		✓				✓						✓			
3.2			✓			✓						✓			
3.3		✓					✓					✓			

$$CVI = \frac{\text{จำนวนข้อที่ผู้เชี่ยวชาญทุกคนให้ความคิดเห็นในระดับ 4 และ 5}}{\text{จำนวนข้อทั้งหมด}}$$

$$CVI = 48/51 = 0.941$$

ภาคผนวก ค รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและเอกสารที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย
2. หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย
3. หนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

1. ดร.ชลฤทัย ทวีแสง	นักวิชาการ กลุ่มพัฒนาการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
2. ดร.ขวัญ เพียซ้าย	อาจารย์ประจำ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ดร.ปิยะทิพย์ ประดุจพรม	อาจารย์ประจำ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ที่ ศธ ๖๒๒๔/ว ๐๐๓๙

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

๓๑ มกราคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือ จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นายวุฒิพงษ์ ประทุมมา รหัสประจำตัว ๕๘๙๑๐๐๔๘ นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์” ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในการนี้ ผู้วิจัยมีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการทดลองจัดกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม ๒๕๖๑

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๐๗๗-๘
โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
http ://www.rmcs.buu.ac.th

ที่ ศธ ๖๒๒๔/ว ๐๐๓๙

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

๓๐ มกราคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนชลราษฎรอำรุง

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือ จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นายวุฒิพงษ์ ประทุมมา รหัสประจำตัว ๕๘๙๑๐๐๔๘ นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม Model Eliciting Activities สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์" ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในการนี้ ผู้วิจัยมีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการทดลองจัดกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม ๒๕๖๑

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๐๗๗-๘
โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
http ://www.rmcs.buu.ac.th

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง .....
การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตาม MODEL-ELICITING ACTIVITIES สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

วันให้คำยินยอม วันที่ .....เดือน.....พ.ศ. .....
ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง ซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับและจะเปิดเผยในภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....ผู้ยินยอม
(.....)
ลงนาม.....พยาน
(.....)
ลงนาม.....ผู้ทำวิจัย
(.....)