การพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

จารึก อาจวาริน์ทร์

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤษภาคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ จารึก อาจวารินทร์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ วงษ์นาม)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์ อเนกสุข)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ วงษ์นาม)

..... กรรมการ
(ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)
วันที่ 12 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ วงษ์นาม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านทั้งสองเป็นผู้ดูแลแนะนำช่วยเหลือ ถ่ายทอดองค์ความรู้และให้ข้อคิดต่าง ๆ กับศิษย์ด้วยความเมตตา และความเอาใจใส่เสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างสูงยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์ อเนกสุข ประธานคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ และ ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น ผู้แทนคณะศึกษาศาสตร์ กรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ที่กรุณาให้ความเมตตาต่อผู้วิจัยและให้คำแนะนำอันมีคุณค่ายิ่งทำให้ผลงานดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ และเพื่อนร่วมรุ่นปริญญาเอกทุกท่าน ที่ได้แนะนำให้ความรู้ แนวคิดที่มีคุณค่าจนทำให้ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาที่ให้ความอนุเคราะห์และอนุญาตให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูล ขอขอบคุณผู้บริหาร คณะครู และนักเรียนของโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวทุกท่านที่กรุณาช่วยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบพร้อมให้คำแนะนำอันมีค่าต่อการพัฒนาคุณภาพของข้อสอบ และขอขอบคุณ ดร.อาวีพร ปานทอง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลพงษ์ สุขสว่าง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณสมาชิกในครอบครัวที่ให้ความรัก ความห่วงใยและให้กำลังใจผู้วิจัยมาโดยตลอด จนกลายเป็นความสำเร็จในครั้งนี้

จารึก อาจวารินทร์

53810172: สาขาวิชา: วิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา; ปร.ด. (วิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา)
คำสำคัญ: ความสามารถพิเศษ/ คณิตศาสตร์/ แบบวัด

จารึก อาจวารินทร์: การพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก (THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL GIFTEDNESS TESTS FOR GRADE 9th STUDENTS IN THE EASTERN REGION) คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์: สุรีพร อนุศาสนนันท์, ค.ด., ไพรัตน์ วงษ์นาม, ค.ด. 243 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และสร้างเกณฑ์ปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในภาคตะวันออก จำนวน 900 คน โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน แบบวัดที่พัฒนาขึ้นแบ่งเป็น 3 ตอน คือ วัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ วัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ ตรวจสอบคุณภาพโดยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยวิธีการหาค่าดัชนี IOC ตรวจสอบคุณภาพรายข้อภายใต้กรอบทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม และวิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด ตรวจสอบความตรงตามสภาพด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และตรวจสอบความเที่ยงด้วยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง

ผลการวิจัย พบว่า

1. แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยข้อสอบ จำนวน 33 ข้อ เพื่อวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ 15 ข้อ วัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ 9 ข้อและวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ 9 ข้อ

2. คุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาเป็นดังนี้ คุณภาพ รายข้อ พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีความตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.00 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 0.7 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.8 ความตรงเชิงโครงสร้าง พบว่า โมเดลความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 428.18 df = 391 p = 0.095 ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/ df) เท่ากับ 1.09 ดัชนี วัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.93 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.90 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.99 ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า (RMSEA) เท่ากับ 0.017 แสดงว่ามีความตรงเชิงโครงสร้างและมีความตรงเชิงโครงสร้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสามารถแยกผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์และผู้ที่ไม่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ได้จริง มีความตรงตามสภาพอยู่ในระดับสูง และความเที่ยงของแบบวัดมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์เท่ากับ 0.88

3. เกณฑ์ปกติของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก เกณฑ์ปกติคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์มีค่าตั้งแต่ 0.26 ถึง 99.18 เกณฑ์ปกติคะแนนมาตรฐานทีปกติมีค่าตั้งแต่ 22 ถึง 74

53810172: MAJOR: EDUCATIONAL RESEARCH, MEASUREMENT AND STATISTICS; Ph.D. (EDUCATIONAL RESEARCH, MEASUREMENT AND STATISTICS)
KEYWORDS: GIFTEDNESS/ MATHEMATIC/ TESTS

CKARUK ARCHWARIN: THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL GIFTEDNESS TESTS FOR GRAED 9th STUDENTS IN THE EASTERN REGION. ADVISORSY COMMITTEE: SUREEPORN ANUSASANANUN, Ph.D., PAIRAT WONGNAM, Ph.D. 243 P. 2018.

The purposes of this study were to develop mathematical giftedness tests, and to develop norms for the test for grade 9th students in the eastern region. By utilizing multi-stage random sampling technique, 900 grade 9th students of the schools under the Office of the Basic Education Commission in Eastern Region of Thailand participated in this study. The test batteries consisted of three domains; Knowledge proficiency, Creative Ability, Analytical Ability. For investigating the tests validity, item objective congruence index (IOC) were used. The item analysis was conducted by Classical Test Theory: CTT. The construct validity was examined by third-order confirmatory factor analysis and known group technique. Pearson Product Moment Correlation Coefficient was used for concurrent validity. Whereas the reliability were measured by analyzing coefficients of generalized ability.

The results of the study were;

1. The mathematical giftedness tests consisted of 33 items, classified into 3 subtests; Knowledge Poficiency; 15 items; Creative Ability; 9 items and Analytical Ability; 9 items.

2. The index of content validity of the mathematical giftedness test ranged from 0.80 to 1.00. The difficulty level ranged from 0.40 to 0.70 and the discrimination power ranged from 0.20 to 0.80 For construct validity, the model was consistent with empirical data where $\chi^2 = 428.18$, df = 391, p = .095, $\chi^2/$ df = 1.09, Goodness of Fit Index (GFI) = 0.93; Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.90; Comparative Fit Index (CFI) = 0.99; Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.017, This showed that there was construct validity. There were statistically significant differences at the .05 level, mathematical giftedness and non-mathematical giftedness can be distinguished. The concurrent validity was high. The Relative Generalizability Coefficient was found to be 0.88.

3. The region norms on the mathematical giftedness test for grade 9th students had the percentile of the total score were from 0.26 to 99.18 with normalized T-score of 22 to74.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามในการวิจัย 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

ประโยชน์ของการวิจัย 6

ขอบเขตของการวิจัย 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 8

2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ 12

ตอนที่ 2 แนวคิดและหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาแบบวัด 59

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับคะแนนมาตรฐานและการสร้างเกณฑ์ปกติ 94

ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 101

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย 109

3 วิธีดำเนินการวิจัย 117

ตอนที่ 1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 117

ตอนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 120

ตอนที่ 3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 130

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล 130

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 137

สัญลักษณ์แทนค่าสถิติ 137

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปร 138

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	139
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	172
สรุปผลการวิจัย	174
การอภิปรายผล	176
ข้อเสนอแนะ	182
บรรณานุกรม	183
ภาคผนวก	199
ภาคผนวก ก	200
ภาคผนวก ข	203
ภาคผนวก ค	207
ภาคผนวก ง	212
ประวัติย่อของผู้วิจัย	243

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อดี ข้อจำกัดเกี่ยวกับวิธีการคัดแยกเด็กปัญญาเลิศ	57
2	ขนาดโรงเรียนจำแนกตามจำนวนนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ของกระทรวงศึกษาธิการ	118
3	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 จำแนกตามจังหวัด ขนาดโรงเรียนและโรงเรียน	119
4	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 3 จำแนกตามจังหวัด ขนาดโรงเรียนและโรงเรียน	120
5	โครงสร้างแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	124
6	เกณฑ์การปรับคะแนนดิบความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์โดยอิงค่าเฉลี่ย เลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละข้อ	126
8	เกณฑ์ในการตัดสินใจค่าดัชนีความสอดคล้อง	134
9	จำนวนข้อสอบทั้งหมด และจำนวนข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่า IOC	140
10	ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบวัดความสามารถพิเศษทาง คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากการทดลองครั้งที่ 1	141
11	ช่วงค่าความยาก (p) ช่วงค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ และค่าความเที่ยง (α) ของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ จากการทดลองครั้งที่ 2	142
12	ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบวัดความความเชี่ยวชาญ ด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และความสามารถ ด้านการคิดสร้างสรรค์	143
13	ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรการวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	144
14	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและสถิติทดสอบของตัวแปร	146
15	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสามขององค์ประกอบความสามารถ พิเศษทางคณิตศาสตร์	148
16	คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนความเชี่ยวชาญ ด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิด สร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อน	154

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ของกลุ่มนักเรียน 154

18 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อน..... 155

19 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน..... 156

20 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน..... 157

21 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน..... 157

22 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน..... 158

23 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์กับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก..... 158

24 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในขั้นการศึกษา G..... 159

25 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำแนกตามจำนวนข้อคำถาม..... 160

26 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ในขั้นการศึกษา G..... 161

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

27 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ของแบบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ จำแนกตามจำนวนข้อคำถาม 162

28 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ในขั้นการศึกษา G 163

29 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ของแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ จำแนกตามจำนวนข้อคำถาม 164

30 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ ในขั้นการศึกษา G 165

31 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ของแบบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ จำแนกตามจำนวนข้อคำถาม 166

32 การแปลระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์อิงกลุ่มตามคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์และคะแนนมาตรฐานทีปกติ 168

33 คะแนนความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 51 คะแนน) เกณฑ์ปกติเปอร์เซ็นไทล์ เกณฑ์ปกติทีปกติและระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก 169

34 ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของข้อสอบรายข้อ 204

35 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ จากการทดลองครั้งที่ 2 208

36 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ จากการทดลองครั้งที่ 2 210

37 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบวัดสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ จากการทดลองครั้งที่ 2 211

38 รูปแบบของคำตอบในการให้คะแนนข้อที่ 7 (ความสามารถด้านการคิดริเริ่ม) 218

39 รูปแบบของคำตอบในการให้คะแนนข้อที่ 8 (ความสามารถด้านการคิดริเริ่ม) 218

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

40 รูปแบบของคำตอบในการให้คะแนนข้อที่ 9 (ความสามารถด้านการคิดริเริ่ม) 220

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โมเดลของบุคคลที่มีความสามารถพิเศษของ Renzulli	15
2	โมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้าน และโมเดลของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	25
3	โมเดลสำหรับระบุเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	26
4	รูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้	37
5	ระดับของกระบวนการจัดกระทำข้อมูลตามทฤษฎี	39
6	กรอบแนวคิดทักษะการคิดวิเคราะห์	39
7	กรอบแนวคิดของการวิจัย	115
8	โมเดลองค์ประกอบคุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	116
9	การพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน	122
10	โมเดลผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสามของความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	152
11	สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	161
12	สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้	163
13	สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์	165
14	สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์	167
15	กรอบการสร้างแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	215

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาเป็นตัวแปรที่สำคัญในการที่จะพัฒนาคน และคนก็เป็นเหตุปัจจัยและผลลัพธ์ที่สำคัญของการพัฒนาประเทศ ดังนั้น ในการที่จะพัฒนาประเทศจึงจำเป็นต้องพัฒนาการศึกษา โดยเริ่มต้นจากเด็กซึ่งเป็นกำลังสำคัญของประเทศในอนาคต เพื่อสร้างความเจริญก้าวหน้าทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคมและเทคโนโลยีให้แก่ประเทศ สิ่งเหล่านี้จะสำเร็จได้ต้องอาศัยศักยภาพของแต่ละบุคคล ประเทศใดที่มีบุคลากรที่มีศักยภาพ มีความสามารถมากประเทศก็จะเจริญก้าวหน้ากว่าประเทศอื่น ๆ ซึ่งการพัฒนาศักยภาพเด็กและเยาวชนผู้มีความสามารถพิเศษเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาศักยภาพเด็กและเยาวชนไปสู่ความเป็นอัจฉริยภาพในการเป็นผู้นำทางปัญญาของประเทศ หากกลุ่มผู้มีความสามารถพิเศษได้รับการส่งเสริมให้มีการพัฒนาการเรียนรู้ให้เต็มศักยภาพของตนเองแล้ว เมื่อเติบโตเป็นผู้ใหญ่บุคคลเหล่านั้นจะใช้ความสามารถไปในทางสร้างสรรค์ผลงานที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่าต่อสังคมและประเทศชาติโดยรวม ในทางตรงกันข้ามหากบุคคลเหล่านั้นไม่ได้รับการพัฒนาการเรียนรู้ที่ถูกต้องเหมาะสมหรือไม่เป็นไปโดยธรรมชาติ ความสนใจและศักยภาพของแต่ละคนย่อมจะทำให้เด็กและเยาวชนอยู่ในภาวะสายเกินแก้หรือส่งผลต่อเนื่องถึงการมีพฤติกรรมเบี่ยงเบนไปในทางลบหรือใช้ความสามารถของตนเองไปในลักษณะที่ต่อต้านกับสังคม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน, 2542, หน้า 1)

ปัจจุบันหลาย ๆ ประเทศได้ให้การส่งเสริมสนับสนุนเด็กและเยาวชนในชาติของตนที่มีความสามารถพิเศษให้ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่ โดยมีการกำหนดนโยบายหรือแนวปฏิบัติในระดับประเทศไว้อย่างชัดเจน มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ รัฐจัดสรรงบประมาณให้และมีการจัดตั้งกองทุนสมทบจากแหล่งต่าง ๆ มีการเสาะแสวงหากลุ่มเด็กพิเศษ ในโรงเรียนจะมีรูปแบบการเรียนการสอนและมีโปรแกรมพิเศษมากมายให้เด็กได้เลือกเรียนตามความเหมาะสมกับความสามารถพิเศษของเด็กแต่ละคน ครูผู้สอนจะได้รับการอบรมเป็นพิเศษ ทุกประเทศดำเนินการพัฒนาเด็กเหล่านี้โดยอาศัยความร่วมมือระหว่างผู้ปกครอง ชุมชนและโรงเรียน นอกจากนั้น ในระดับประเทศและมลรัฐจะมีองค์กรที่ทำหน้าที่วิจัยและรวบรวมผลงานวิจัยเพื่อสะสมองค์ความรู้ที่ส่งเสริมการพัฒนาเป็นไปอย่างกว้างขวางต่อเนื่อง ในปัจจุบันมีองค์กรระดับโลกที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเด็กที่มีความสามารถพิเศษ คือ World Council for the Gifted and Talented

เป็นองค์กรที่ตั้งขึ้นเพื่อให้การสนับสนุนหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่มีความประสงค์จะพัฒนาเด็กที่มีความสามารถพิเศษ ซึ่งเน้นการดำเนินงานในรูปแบบการแลกเปลี่ยนและร่วมมือกันด้านวิชาการ โดยมีสมาชิกจากทั่วโลกประมาณร้อยกว่าประเทศ และมีองค์กรในระดับภูมิภาค คือ The Asia Pacific Federation for the Gifted and Talented (APFG) ดำเนินการประสานงานกับหน่วยงานแรก (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2548, หน้า 16) อย่างไรก็ตาม การดำเนินการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษของแต่ละประเทศย่อมมีปัญหาและอุปสรรคซึ่งปัญหาและอุปสรรคของแต่ละประเทศจะเป็นไปตามบริบทของแต่ละประเทศ

สำหรับการดำเนินงานเกี่ยวกับการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษในประเทศไทยนั้น ก็มีปัญหาและอุปสรรคแม้ว่าประเทศไทยมีความพยายามที่จะดำเนินการในเรื่องนี้มาเป็นเวลากว่า 20 ปี จนเกิดเป็นนโยบายที่ปรากฏอยู่ในกฎหมายการศึกษาแห่งชาติ หรือพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ไว้แล้วก็ตาม จากการวิเคราะห์สภาพปัจจุบันของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อระบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษทั้งที่เป็นปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน พบว่า ประเทศไทยมีการพัฒนาที่ล่าช้าในเรื่องนี้ ด้วยมีปัญหาและอุปสรรคที่ต้องการการแก้ไขหลายประการ ทั้งในด้านโครงสร้าง ระบบการจัดการ และองค์ความรู้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2548, หน้า 24-35)

1. ด้านโครงสร้างและกลไกในการบริหารจัดการ ขณะนี้ประเทศไทยมีองค์กรระดับชาติ คือ ศูนย์พัฒนาผู้มีความสามารถพิเศษแห่งชาติ (National Center for Gifted and Talented) ที่จะรองรับการดำเนินงานในเรื่องนี้ แต่การดำเนินงานของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องยังไม่เห็นผลที่เป็นรูปธรรมชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากขาดการประสานการดำเนินงานที่เชื่อมต่อส่งเสริมซึ่งกันและกัน ขาดการวางระบบและกลไกที่จะค้นหาและพัฒนาเด็กตั้งแต่วัยเยาว์ ขาดการประสานการดำเนินงานและเชื่อมโยงภายในระบบการศึกษาด้วยกัน และขาดการเชื่อมโยงระหว่างองค์กรทางการศึกษากับองค์กรเครือข่ายสนับสนุนต่าง ๆ

2. ด้านองค์ความรู้ ผลของการขาดโครงสร้างและกลไกในก ารบริหารจัดการส่งผลให้ประเทศไทยขาดองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเด็กและเยาวชนที่มีความสามารถพิเศษ ซึ่งส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาตามมา คือ

2.1 ประชาชนส่วนใหญ่และผู้ที่เกี่ยวข้องขาดความรู้ความเข้าใจและมองไม่เห็นความสำคัญ ความจำเป็นที่จะต้องช่วยกันสร้างสรรค์ผู้นำให้กับประเทศ จึงมีผลต่อการจัดสรรงบประมาณและการระดมทรัพยากรเพื่อส่งเสริมการดำเนินงานในเรื่องนี้อย่างจริงจัง

2.2 บุคคลที่เกี่ยวข้องโดยตรงโดยเฉพาะครูผู้สอน รวมถึงพ่อแม่ ผู้ปกครอง ยังมีความเข้าใจผิดและไม่ทราบถึงแนวทางที่ถูกต้องเหมาะสมในการพัฒนาเด็กและเยาวชนที่มีความสามารถพิเศษทำให้เด็กกลุ่มนี้ถูกปล่อยปละละเลย ขาดการพัฒนาและช่วยเหลือจนกลายเป็นกลุ่มเด็กที่มีปัญหาไปในที่สุด

2.3 การที่ประเทศไทยยังมีองค์ความรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการค้นหา บ่งชี้และพัฒนาเด็กที่มีความสามารถพิเศษ รวมทั้งประสบการณ์ในเรื่องนี้ไม่เพียงพอ ซึ่งการขาดบุคลากรนี้ถือเป็นปัญหาที่จะต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

2.4 การไม่มีองค์ความรู้ในเรื่องนี้อย่างเพียงพอเป็นสาเหตุที่ทำให้การศึกษาในโรงเรียนเฉพาะทางหรือโรงเรียนทั่วไปที่มุ่งความเป็นเลิศด้านต่าง ๆ ยังเป็นไปอย่างไม่ถูกต้องตามหลักวิชาเป็นผลให้ไม่สามารถดำเนินการได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้เท่าที่ควรจะเป็น

และจากการวิจัยของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2551, หน้า 177-184) ซึ่งทำการวิจัยเรื่องแนวทางการพัฒนาเด็กและเยาวชนที่มีความสามารถพิเศษ: บทเรียนจากต่างประเทศ ได้นำเสนอผลการวิจัยเอกสารด้านการจัดการศึกษาสำหรับเด็กและเยาวชนที่มีความสามารถพิเศษของประเทศต่าง ๆ ในยุโรป ออสเตรเลีย เอเชียตะวันออก และประเทศไทย รวม 10 ประเทศ สำหรับประเทศไทยคณะผู้วิจัยได้สรุปผลกรณีศึกษาที่ 4: โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ในประเด็นเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรค โดยได้สรุปปัญหาและอุปสรรคออกเป็นปัญหาทางด้านโครงสร้างระบบการจัดการ และปัญหาทางด้านองค์ความรู้ ซึ่งหนึ่งในปัญหาทางด้านองค์ความรู้ คือ การขาดผู้เชี่ยวชาญและบุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจในการจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษตั้งแต่กระบวนการเสาะหา การพัฒนาเครื่องมือแบบทดสอบเพื่อบ่งชี้ ตลอดจนการพัฒนาหลักสูตร การจัดการเรียนรู้และการประเมินผล ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

ในการจัดการศึกษาสำหรับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ จะต้องจัดให้สอดคล้องกับความต้องการของเด็กเหล่านั้น ซึ่งเด็กที่จะได้รับการพัฒนาจะต้องเป็นเด็กที่เรียกได้ว่าเป็นเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์จริง ๆ เพราะถ้าหากการคัดเลือกหรือการระบุเด็กที่มีความสามารถพิเศษไม่ถูกต้อง กล่าวคือ เป็นเด็กที่มีไม่ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง เมื่อนำเด็กเหล่านั้นไปสู่กระบวนการพัฒนาอาจจะทำให้เกิดผลเสียกับเด็กผู้นั้น ในการที่จะคัดเลือกเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีวิธีการ กระบวนการ และมีเครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกที่มีมาตรฐาน วัดได้ตรงตามที่ต้องการ แต่จากที่กล่าวข้างต้นเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคในการจัดการศึกษาให้กับเด็กที่มีความสามารถพิเศษ พบว่า มีปัญหาต่าง ๆ เช่น

ขาดองค์กรที่สนับสนุนเกี่ยวกับเรื่องนี้ ขาดองค์ความรู้ ขาดผู้รู้ผู้เชี่ยวชาญ ขาดเครื่องมือในการคัดแยกบุคคลที่มีมาตรฐาน

ประเด็นการขาดเครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกหรือการใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพไม่ดีพออาจจะทำให้เกิดผลเสียกับกลุ่มเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ดังที่กล่าวข้างต้น แม้ว่าได้มีการศึกษาค้นคว้าและมีการสร้างเครื่องมือสำหรับการวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ไว้บ้างแล้วก็ตาม เช่น วิภาภรณ์ เอียดคง (2550) ทำการพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดสงขลา โดยเครื่องมือที่พัฒนามี 5 ฉบับ และงานวิจัยในต่างประเทศ เช่น Pitta-Pantazi, Christou, Kontoyianni and Kattou (2011) ทำการค้นคว้าวิจัย เรื่อง โมเดลของผู้มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์: การบูรณาการความสามารถตามธรรมชาติ ความสามารถในการการคิดสร้างสรรค์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอโมเดลของผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ว่าประกอบด้วยความสามารถทางคณิตศาสตร์ (Mathematical ability) และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical creativity) โดยที่ความสามารถทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 5 องค์ประกอบ คือ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability) ความสามารถเชิงปริมาณ (Quantitative ability) ความสามารถเชิงคุณภาพ (Qualitative ability) ความสามารถเชิงสาเหตุ (Causal ability) และความสามารถด้านภาษา (Verbal ability) และจากผลการวิจัยของ Sak (2005) ซึ่งแซกได้เสนอโมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้านสำหรับการระบุนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โดยที่โมเดลของแซกมีพื้นฐานมาจากรูปแบบของเด็กที่มีความสามารถพิเศษของ Sternberg (2000) และรูปแบบดังกล่าวมีพื้นฐานแนวคิดจากทฤษฎีเชาวน์ปัญญาสามเกลียว (Triarchic theory of intelligence) ของ Sternberg โดยที่โมเดลของ Sak ประกอบด้วย องค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ ผลการวิจัย พบว่าโมเดลดังกล่าวมีความตรงเชิงจิตวิทยา สำหรับการระบุนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร ผลการวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาสำหรับเด็กที่มีความสามารถพิเศษ และพบปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่ง คือ ปัญหาการขาดเครื่องมือในการคัดแยกเด็กที่มีมาตรฐาน ซึ่งเครื่องมือในการคัดแยกเด็กที่ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่เป็นมาตรฐานก็ขาดเช่นเดียวกัน แม้จะมีผู้ทำการวิจัยและพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ตามที่กล่าวข้างต้น ซึ่งก็เป็นแบบวัดหนึ่งซึ่งมีองค์ประกอบตามผลการสร้างเครื่องมือนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่แตกต่าง

ออกไป และจากการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ผลการวิจัยในด้านการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงประยุกต์องค์ประกอบของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของ Sak (2005) ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ โดยพัฒนาแบบวัดให้มีความตรงเชิงโครงสร้าง ความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงตามสภาพ มีความยาก มีอำนาจจำแนกให้ได้คุณภาพตามเกณฑ์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory: CTT) และตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบตามกรอบทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (Modern test theory: MTT) โดยใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability theory) หรือ G-theory ในรูปสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ ซึ่งทำให้ได้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพ สำหรับใช้ในการทดสอบต่อไป

คำถามในการวิจัย

1. ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีโครงสร้างอย่างไรและมีองค์ประกอบอะไรบ้างที่สามารถทำการวัดได้ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคุณภาพเป็นอย่างไร
3. แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรมีเกณฑ์ปกติสำหรับการแปลผลในระดับภาคเป็นอย่างไร
4. คู่มือการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ควรมีลักษณะอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออกที่เป็นมาตรฐาน
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โดยตรวจสอบในด้านต่อไปนี้
   2.1 ตรวจสอบคุณภาพรายข้อในด้าน ความตรงเชิงเนื้อหา ความยาก และอำนาจจำแนก
   2.2 ตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับในด้าน ความตรงเชิงโครงสร้าง ความตรงตามสภาพ และความเที่ยง

3. เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติระดับภาคและคู่มือการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

ประโยชน์ของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับประโยชน์ คือ

1. ประโยชน์ในทางวิชาการ

1.1 ได้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ สำหรับวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำการตรวจสอบความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

1.2 เป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยหรือนักวิชาการในการนำแนวทางการพัฒนาแบบวัดไปใช้ในการพัฒนาแบบวัดด้านอื่น ๆ

2. ประโยชน์ในทางปฏิบัติ

2.1 สามารถนำแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการตรวจสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และบ่งชี้การเป็นนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

2.2 ทำให้ครู ผู้ปกครอง ผู้บริหารสถานศึกษา หรือบุคคลที่เกี่ยวข้องได้ทราบระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2.3 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนตัดสินใจในการวางแผนการจัดการเรียนการสอน หรือจัดโครงการเพื่อพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 สามารถนำแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ไปขยายผลการใช้โดยจัดทำเป็นปกติวิสัย (Norm) ระดับประเทศ

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งเป็นการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประกอบด้วยการวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในสามด้าน คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้มาโดยการประยุกต์โมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้าน ที่พัฒนาโดย Sak (2005) และแบบวัดนี้เป็นเพียงเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. ขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ใน 5 สาระ ดังนี้ สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สาระที่ 2 การวัด สาระที่ 3 เรขาคณิต สาระที่ 4 พีชคณิต และสาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

3. ประชากรสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในภาคตะวันออก 7 จังหวัด จำนวนนักเรียน 28,224 คน

4. กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 900 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling technique) โดยมีขนาดโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) และมีโรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling unit)

5. การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษของนักเรียนในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

5.1 ความตรง (Validity) ได้แก่

5.1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ด้วยการพิจารณาจากความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิว่า ข้อสอบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสามารถวัดได้ตรงตามคุณลักษณะ (Trait) ที่ได้นิยามไว้ ด้วยวิธีหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือนิยาม (Item objective congruence index: IOC)

5.1.2 ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม (Third order confirmatory factor analysis) และวิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด (Known group technique)

5.1.3 ความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) โดยการวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกับคะแนนการสอบวัดความรู้ขั้นพื้นฐานระดับชาติ (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

5.2 คุณภาพรายข้อของข้อสอบ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อตามกรอบทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม โดยทำการหาความตรงเชิงเนื้อหา ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)

5.3 ความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดำเนินการภายใต้กรอบทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

(Generalizability theory: G-theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ ด้วยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (Generalizability coefficient for relative decisions)

6. การสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) ดำเนินการสร้างเกณฑ์ปกติในระดับภาค (Regional norms) ในรูปคะแนนเปอร์เซ็นไทล์ และคะแนนมาตรฐานทีปกติ

นิยามศัพท์เฉพาะ

นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ หมายถึง นักเรียนที่สามารถหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องด้วยวิธีการที่หลากหลาย รวดเร็ว สมเหตุสมผลและสร้างสรรค์ เป็นที่โดดเด่นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเด็กอื่น ๆ ที่อยู่ในวัยเดียวกันที่มีสภาพแวดล้อมหรือประสบการณ์ระดับเดียวกัน ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้จะมีคุณลักษณะที่สำคัญสามด้าน คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อใช้วัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ตามโมเดลองค์ประกอบความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนซึ่งผู้วิจัยประยุกต์โมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้าน (Three-mathematical minds model: M^3) ที่พัฒนาโดย Sak (2005) ซึ่งวัดความสามารถของนักเรียนในสามด้าน คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ (Knowledge expert) ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (Analytical ability) และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ (Creative ability) โดยที่ข้อสอบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ และข้อสอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และข้อสอบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์เป็นข้อสอบแบบเขียนคำตอบ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีความหมายดังนี้

1. ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ (Knowledge expert) หมายถึง สมรรถนะ ความสามารถ ความชำนาญของบุคคลในการสั่งสมข้อเท็จจริง ประสบการณ์ ค่านิยม ความเชื่อ กระบวนการ และข้อมูลสารสนเทศที่ผนวกด้วยความเข้าใจอันเกิดจากการเปรียบเทียบ การตีความ การวินิจฉัย และการตรวจสอบผลกระทบซึ่งทำให้เกิดคุณค่าสูงสุดและพร้อมที่จะนำสิ่งที่สั่งสมดังกล่าวไปประยุกต์สู่การตัดสินใจและการปฏิบัติงานให้บรรลุผลสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะทำการศึกษาความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จึงได้สร้างข้อสอบเพื่อวัดความรู้ความสามารถของนักเรียน

ในการนำความองค์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยข้อสอบดังกล่าวจะวัดองค์ความรู้ตามสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่กำหนดในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่กำหนดไว้ 6 สาระ โดยวัดในสาระที่เป็นองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ซึ่งมี 5 สาระ ดังนี้ สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สาระที่ 2 การวัด สาระที่ 3 เรขาคณิต สาระที่ 4 พีชคณิต และสาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

2. ความสามารถด้านการวิเคราะห์ (Analytical ability) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาจำแนกแยกแยะเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยส่วนย่อยอะไร มีความสำคัญหรือมีความสัมพันธ์กันอย่างไร สิ่งใดเป็นเหตุ สิ่งใดเป็นผลและที่เป็นอย่างนั้นเป็นได้ด้วยหลักการอะไร ทำให้ได้ข้อเท็จจริงที่เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ และแก้ปัญหาในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะดำเนินการวัดความสามารถด้านคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจึงใช้เนื้อหาทางคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยวัดความสามารถในการวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูม ใน 3 องค์ประกอบย่อย ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่กำหนดให้ว่าอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทมากที่สุด สิ่งใดเป็นเหตุ สิ่งใดเป็นผล

2.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาว่าความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้นเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

2.3 วิเคราะห์หลักการ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาว่าโครงสร้างและระบบของวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวและการกระทำต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นอยู่ได้เนื่องด้วยอะไร โดยยึดอะไรเป็นหลัก มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง

3. ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ (Creative ability) หมายถึง ความสามารถทางการคิดของนักเรียนที่จะนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ มีความยืดหยุ่นและมีความหลากหลาย โดยมีสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนแสงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ออกมา ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จึงใช้เนื้อหาทางคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ และวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ใน 3 องค์ประกอบย่อย ตามแนวคิดของ Pitta-Pantazi et al. (2011) และสอดคล้องกับแนวคิดของ Torrance (1973) ดังนี้ คือ

3.1 ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถทางการคิดของนักเรียนในการหาคำตอบได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง และได้คำตอบในการปริมาณมาก ๆ ในเวลาที่จำกัด

3.2 ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถทางการคิดของนักเรียนในการคิดหาคำตอบได้หลายทาง หลายรูปแบบและสามารถเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาได้ทันทีที่รู้ว่ามีความจำเป็น

3.3 ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถทางการคิดของนักเรียนในการคิดหาคำตอบที่แปลกใหม่และแตกต่างจากความคิดของผู้อื่น

คุณภาพของแบบวัด หมายถึง คุณสมบัติของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วยความตรงเชิงเนื้อหา ความยาก อำนาจจำแนก ความตรงเชิงโครงสร้าง ความตรงตามสภาพ และความเที่ยง

ความตรง (Validity) หมายถึง คุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่พัฒนาขึ้น สามารถวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ตามองค์ประกอบของโมเดลสมมติฐานที่ผู้วิจัยกำหนด โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้านที่พัฒนาโดย Sak (2005) สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ศึกษาความตรงดังนี้

1. ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) หมายถึง คุณภาพของคะแนนที่ได้จากข้อสอบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่สามารถวัดคุณลักษณะ (Trait) ของแต่ละองค์ประกอบที่นิยามไว้ โดยการหาค่าดัชนี IOC

2. ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) หมายถึง คุณภาพของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถวัดคุณลักษณะความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ได้ตามโครงสร้างองค์ประกอบทั้งสามด้านของความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้ คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งตรวจสอบโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม และวิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด

3. ความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) หมายถึง คุณภาพของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่สามารถวัดผลได้สอดคล้องกับสภาพความสามารถของนักเรียน โดยพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการสอบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกับคะแนนการสอบวัดความรู้ขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

คุณภาพรายข้อ หมายถึง คุณภาพของข้อคำถามแต่ละข้อของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้ตามเกณฑ์ในการตรวจสอบคุณภาพรายข้อ โดยดำเนินการตรวจสอบตามกรอบทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory: CTT) ดังนี้

1. ความยาก (Difficulty) หมายถึง คุณภาพของข้อคำถามของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่มีความยากพอเหมาะกับผู้ตอบ ถ้ายากเกินไปทุกคนตอบไม่ได้หรือ

เกือบไม่มีใครตอบได้ และถ้าง่ายเกินไปทุกคนตอบถูกหรือเกือบทุกคนตอบถูก สำหรับการคำนวณค่าความยากของข้อสอบในแบบวัดนี้ใช้สูตรอย่างง่าย และสูตรวิทนีย์และซาเบอร์ ใช้เกณฑ์การเลือกข้อสอบที่มีความยากมีค่าอยู่ระหว่าง .20 ถึง .80

2. อำนาจจำแนก (Discrimination power) หมายถึง คุณภาพของข้อคำถามของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์แต่ละข้อสามารถแยกกลุ่มผู้ตอบออกจากกัน คือ คนที่มีความสามารถสูง (เก่ง) ตอบถูก คนที่มีความสามารถต่ำ (ไม่มีความรู้) ตอบผิด สำหรับการคำนวณค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบในแบบวัดนี้ใช้สูตรอย่างง่าย และสูตรวิทนีย์และซาเบอร์ ใช้เกณฑ์การเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป

ความเที่ยง (Reliability) หมายถึง คุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่สามารถสรุปอ้างอิงความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ถูกต้องจากคะแนนที่ได้จากแบบวัดไปยังความสามารถของนักเรียน ดำเนินการโดยใช้กรอบทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (G-theory)

เกณฑ์ปกติ (Norms) หมายถึง คะแนนมาตรฐานหรือเกณฑ์ที่ใช้สำหรับตีความหรือแปลความหมายของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ซึ่งคะแนนมาตรฐานหรือเกณฑ์ดังกล่าวได้มาจากกระบวนการแปลงคะแนนที่ได้จากการทดสอบด้วยแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้เป็นคะแนนที่อยู่ในรูปคะแนนเปอร์เซ็นไทล์และคะแนนมาตรฐานทีปกติ

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบวัด ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบและแนวคิดในการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 แนวคิดและหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาแบบวัด

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับคะแนนมาตรฐานและการสร้างเกณฑ์ปกติ

ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

ความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษ

ในการศึกษาความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษ มีคำที่ใช้อยู่หลายคำที่เกี่ยวข้อง เช่น เด็กและเยาวชนผู้มีความสามารถพิเศษ เด็กที่มีความสามารถพิเศษ เด็กที่มีความถนัดเฉพาะทาง เด็กเก่ง เด็กปัญญาเลิศ เป็นต้น ซึ่งมีผู้รู้และผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความหมายของคำเหล่านั้นไว้ดังนี้

Fliegler and Bish (1959) ได้ให้ความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษไว้ว่า หมายถึง เด็กที่มีสติปัญญาสูงและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงอยู่ในระดับ 15-20% แรก ของจำนวนนักเรียนทั้งโรงเรียนและเป็นเด็กที่มีความสามารถสูงในสาขาวิชาเฉพาะต่าง ๆ เช่น คณิตศาสตร์ กลศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ศิลปะและดนตรี ความเป็นผู้นำ มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ประจำตัว ที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาของตนเองได้ด้วย

Reynolds and Birch (1977) ได้ให้ความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษไว้ว่า หมายถึง เด็กที่มีสติปัญญาสูงสุดอยู่ในระดับ 10% ของเด็กทั้งหมดซึ่งทราบได้จากผลการทดสอบสติปัญญา สัมฤทธิ์ผลทางการเรียน หรือการทดสอบอื่น ๆ เด็กเหล่านี้จะมีผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าเด็กปกติทั่วไป และอาจจะมีความสามารถอื่น ๆ ด้วย เช่น ความสามารถทางสร้างสรรค์ การสื่อสาร ความเป็นผู้นำ การตัดสินใจ การคาดการล่วงหน้า และการวางแผน

U. S. Office of Education (1993) กล่าวไว้ว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษ หมายถึง เด็กที่แสดงออกถึงความสามารถอันโดดเด่นหรือแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่จะพัฒนาความสามารถได้

อย่างเป็นที่ประจักษ์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเด็กอื่น ๆ ที่อยู่ในวัยเดียวกันที่มีสภาพแวดล้อมหรือประสบการณ์ระดับเดียวกัน ความสามารถในที่นี้ ได้แก่ ความสามารถด้านเชาวน์ปัญญา ความสามารถด้านสร้างสรรค์ศิลปะและดนตรี ลักษณะความเป็นผู้นำ ทักษะกลไกและกีฬา และความสามารถทางการเรียนหรือความสามารถเป็นเลิศทางวิชาการสาขาใดสาขาหนึ่ง

อุษณีย์ โพธิสุข (2541, หน้า 26) กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษ หมายถึง เด็กและเยาวชนที่แสดงออกซึ่งความสามารถโดดเด่นด้านใดด้านหนึ่ง หรือหลายด้านในด้านสติปัญญา ความคิดสร้างสรรค์ การใช้ภาษา การเป็นผู้นำ การสร้างงานทัศนศิลป์และศิลปะการแสดง ความสามารถด้านดนตรี ความสามารถทางกีฬา ความสามารถทางวิชาการในสาขาใดสาขาหนึ่งหรือหลายสาขา พฤติกรรมดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่จะพัฒนาความสามารถได้อย่างเป็นประจักษ์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเด็กและเยาวชนอื่นที่มีอายุระดับเดียวกัน สภาพแวดล้อมหรือประสบการณ์ระดับเดียวกัน

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2544, หน้า 8) ได้ให้ความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษ คือ เด็กที่มีความสามารถสูงทางวิชาการ มีความจำเป็นเลิศ ช่างซักถาม มีความคิดอ่านลึกซึ้ง สุขุม รู้จักแก้ปัญหา รู้จักยืดหยุ่น มีอารมณ์ขัน มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสนใจหลากหลาย รู้จักใฝ่หาความรู้ด้วยตนเอง มีสมาธิมุ่งมั่นในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ตนสนใจ มีความถนัดด้านใดด้านหนึ่งเป็นเลิศอย่างเด่นชัด หรือบางคนอาจมีความถนัดเป็นเลิศหลายด้าน มีความสามารถในการประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อและประสาทสัมผัสเป็นอย่างดี

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2545, หน้า 4-5) กล่าวว่า เด็กและเยาวชนที่มีความสามารถพิเศษ หมายถึง เด็กที่แสดงออกซึ่งความสามารถอันโดดเด่นด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายด้านในด้านสติปัญญา ความคิดสร้างสรรค์ การใช้ภาษา การเป็นผู้นำ การสร้างงานทางทัศนศิลป์และศิลปะการแสดง ความสามารถด้านดนตรี ความสามารถทางกีฬา และความสามารถทางวิชาการในสาขาใดสาขาหนึ่ง หรือหลายสาขาอย่างเป็นที่ประจักษ์เมื่อเปรียบเทียบกับเด็กที่มีอายุระดับเดียวกัน สภาพแวดล้อมหรือประสบการณ์เดียวกัน

จากการศึกษาค้นคว้าความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษ หมายถึง เด็กที่แสดงออกถึงความสามารถอันโดดเด่นหรือแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่จะพัฒนาความสามารถได้อย่างเป็นที่ประจักษ์ในด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายด้าน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเด็กอื่น ๆ ที่อยู่ในวัยเดียวกันที่มีสภาพแวดล้อมหรือประสบการณ์ระดับเดียวกัน

ลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษ

เพื่อให้เข้าใจเด็กที่มีความสามารถพิเศษ นอกจากรู้ความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษที่กล่าวมาแล้ว การรู้ถึงลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษจะทำให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษมากขึ้น มีผู้รู้และนักวิชาการได้กล่าวถึงลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษ ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมมาดังนี้

Renzulli (1987) ได้ศึกษาผลงานวิจัยเกี่ยวกับลักษณะของผู้ที่มีชื่อเสียงและประสบความสำเร็จในด้านต่าง ๆ และนำมาสรุปได้ว่า บุคคลที่มีลักษณะปัญญาเลิศต้องมีคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกัน 3 ด้าน จะมีเพียงด้านใดด้านหนึ่งไม่ได้ คือ

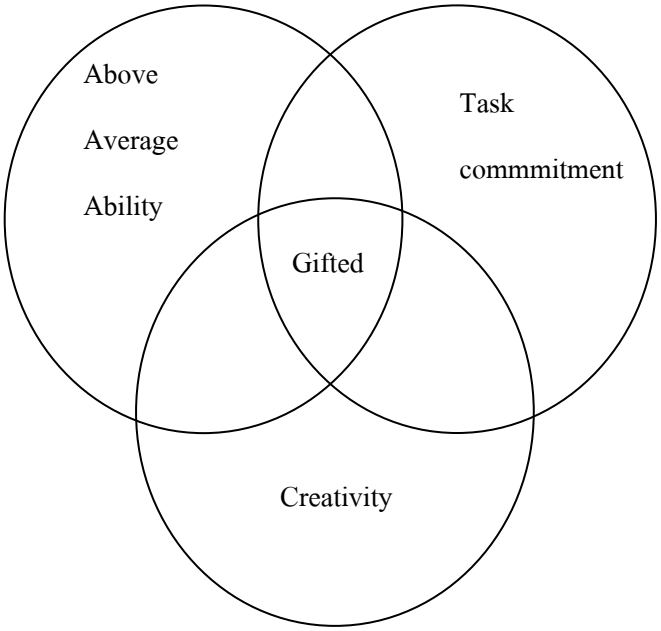
1. มีความสามารถโดยทั่วไปสูงกว่าระดับปานกลาง (Above average ability) แต่ไม่จำเป็นต้องมีเชาวน์ปัญญาสูง

2. มีความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) กล่าวคือ มีแนวคิดใหม่ ๆ ไม่ยึดติดกับกรอบความคิดเดิม ถ้าเห็นว่าไม่เหมาะสม มีความจริงใจ เป็นตัวของตัวเอง

3. มีความมุ่งมั่น (Task commitment) ในการทำงานให้สำเร็จ มีความกระตือรือร้น ขยันขันแข็ง และตั้งใจในการทำกิจกรรมต่าง ๆ คือ การทุ่มเททำงานอย่างสุดตัวในด้านใดด้านหนึ่งเป็นระยะเวลานานจนกว่างานจะเสร็จ

อย่างไรก็ดี ทฤษฎีของเขาก็ได้รับการวิพากษ์วิจารณ์อย่างกว้างขวางว่า สร้างทฤษฎีจากคนปัญญาเลิศที่ประสบความสำเร็จแล้ว และละทิ้งพวกที่มีความสามารถที่จะเป็นปัญญาเลิศได้เป็นจำนวนไม่น้อย คือ พวกเด็กที่มีผลการเรียนต่ำกว่าความสามารถที่แท้จริง (Underachiever) และทฤษฎีของเขาไม่ค่อยให้ความสำคัญกับกลุ่มเด็กพิเศษนัก

จากลักษณะของบุคคลที่มีปัญญาเลิศ (Giftedness) ดังที่ Renzulli สรุปไว้ Freiman (2003) ได้นำไปใช้เป็นกรอบแนวคิดเพื่อทำการทำการศึกษาวิจัย เรื่องการระบุและการให้การสนับสนุนส่งเสริมเด็กที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียนระดับประถมศึกษา และนำเสนอโมเดลของผู้มีปัญญาเลิศของ Renzulli ไว้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โมเดลของบุคคลที่มีความสามารถพิเศษของ Renzulli (Renzulli's model of giftedness) (Freiman, 2003)

Parker (1989) กล่าวถึงคุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทั่วไปโดยเบื้องต้นสามารถแบ่งแยกตามลักษณะพื้นฐานการเรียนรู้ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. คุณลักษณะด้านความรู้ ความคิด คุณลักษณะเฉพาะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทั่วไปแต่ละคนมีความสามารถดังนี้ 1) การใช้สัญลักษณ์ 2) การจดจำสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว 3) การแยกแยะและเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้มากมาย 4) ความรู้ ความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างลึกซึ้งต่างไปจากเด็กและเยาวชนปกติ 5) ความพร้อมในการมองสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน 6) สามารถในการพูดชักชวนต่อกลุ่ม 7) อยากรู้อยากเห็นอย่างเข้มข้น 8) เรียนรู้สิ่งที่ตนเองสนใจได้อย่างรวดเร็ว 9) สนใจสิ่งต่าง ๆ อย่างหลากหลาย 10) พยายามพิสูจน์ความสามารถของตนเอง

2. คุณลักษณะด้านจิตพิสัย ประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ 1) มีความรู้สึกต่อตนเอง ผู้อื่นและสภาพแวดล้อม 2) ชอบคบเพื่อนที่มีอายุมากกว่า 3) ขะมักเขม้นและมีความตั้งใจในการทำงานสูง 4) ชอบแสดงความเป็นผู้นำ 5) ชอบความเป็นระบบ 6) เป็นอิสระ และคิดได้เอง 7) อารมณ์ขันอย่างมีเหตุผล 8) อุตสาหะที่จะทำอะไรทุกอย่างให้ได้อย่างสมบูรณ์

3. คุณลักษณะด้านความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วยคุณลักษณะดังต่อไปนี้ 1) ชอบประสบการณ์ใหม่ ๆ ไม่ยึดมั่นกับสิ่งใดจนเกินไป 2) สามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ในภาพรวมทั้งหมด 3) ความคิดอิสระยืดหยุ่น 4) ชอบสนุกกับการคิดท่าทางและผลงาน 5) ชอบเสาะแสวงหาศึกษาค้นคว้า 6) ไม่ชอบทำอะไรตามอย่างบุคคลอื่นโดยไม่มีเหตุผล

ดุษฎี บริพัตร ณ อยุธยา (2531, หน้า 39-42) ได้กล่าวถึงลักษณะของเด็กเก่งเมื่อเยาว์วัยไว้ว่า เด็กพวกนี้มีพฤติกรรมดังต่อไปนี้

1. ใช้ศัพท์สูงเกินวัยทั้งปริมาณคำและคุณภาพคำมีมาก ใช้ศัพท์สูงและซับซ้อนกว่าเด็กปกติ รวมทั้งการใช้ประโยคได้ยาวกว่าเด็กธรรมดา

2. มีสายตาแหลมคม รู้จักสังเกตสิ่งต่าง ๆ ได้ถี่ถ้วนและมีความอยากรู้อยากเห็น

3. สามารถจดจำสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย

4. มีสมาธิดีเยี่ยม

5. มีความสนใจอย่างกว้างขวางและลึกซึ้ง

6. มีความสามารถที่จะเข้าใจสิ่งที่ซับซ้อนและเชื่อมโยงกับสิ่งต่าง ๆ

7. มีทักษะสูงในการแยกแยะ แจกแจงและมีความโน้มเอียงที่จะเข้มงวดกวดขันกับตนเอง

8. มีความคิดอ่านนอกระเบียบแบบแผน ชอบคิดอะไรเล่นสนุก ชอบคิดทำอะไรอย่างอิสระ มีประสาทความรู้สึกนึกคิดลึกซึ้ง ประณีตว่องไวเป็นพิเศษ

9. มีความสามารถที่จะอ่านหนังสือในระดับเดียวกับเด็กที่เรียนได้สูงกว่าสองชั้นเรียนเป็นอย่างน้อย

10. มีความถนัดและความสนใจเป็นพิเศษ

อย่างไรก็ดี ครูควรตระหนักว่าเด็กสติปัญญาดีไม่ได้มีลักษณะทั้งสิบอย่าง แต่จะมีหลายอย่างหรือบางอย่างเท่านั้น เนื่องจากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น เรื่องของสมาธิ เด็กที่เป็นเด็กปัญหาทางครอบครัว หรือทางสรีระของเด็กเอง เช่น สมาธิบกพร่องก็อาจขาดคุณสมบัตินี้ หรือความสามารถทางการเรียน การอ่านหนังสือเหนือระดับชั้นก็ พบว่า ไม่เป็นจริงเสมอไป ถ้าเด็กไม่ได้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่จะเล่าเรียนเขียนอ่านหรือมีหนังสือให้อ่านพอ หรือในเรื่องความถนัดและความสนใจมีปัจจัยหลายสิ่งที่จะเป็นตัวกระตุ้นให้เด็กมีโอกาสสำรวจตัวเองว่าชอบอะไรหรือไม่ เป็นต้น

นิตติยา ปภาพจน์ (2540, หน้า 13-14) ได้กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีประสาทการรับรู้อันว่องไวเป็นพิเศษ
2. มีความอยากรู้อยากเห็นอย่างเข้มข้น
3. มีความสามารถแก้ปัญหาและมีความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ในระดับสูง
4. มีแรงผลักดันและวิริยะอุตสาหะ
5. มีแรงผลักดันที่จะประกอบกิจกรรมและดำเนินงานให้สมบูรณ์ปราศจากที่ติ
6. มีการแสวงหาสิ่งที่ท้าทายความคิด
7. มีความคิดแปลกไม่เหมือนใคร
8. เป็นคนเจ้าความคิดและมีความอิสระเสรีในการคิด
9. มีความสนใจรายละเอียดต่าง ๆ อย่างกว้างขวางและลึกซึ้ง
10. มีความรู้สึกละเอียดลึกซึ้งและว่องไว
11. มีความเข้าใจในเรื่องนามธรรม
12. มองเห็นความสัมพันธ์สิ่งที่เป็นเหตุและผล
13. มีความยืดหยุ่นทางความคิด
14. สามารถจดจำสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย
15. มีสมาธิดีเยี่ยม

อาพันธ์ชนิต เจนจิต (2546, หน้า 10-11) กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษ มีพฤติกรรมที่โดดเด่น 3 ด้าน คือ พฤติกรรมทั่วไป ได้แก่ ลักษณะความเป็นผู้นำ ต้องการแลกเปลี่ยนกับเพื่อนที่มีความสามารถและสนใจใกล้เคียงกัน และมีทักษะพิเศษตามความถนัดและความสนใจของตน พฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ความสามารถเชิงวิชาการ เรียนรู้ได้ง่ายและรวดเร็ว สนใจสิ่งต่าง ๆ อย่างกว้างขวางและล้ำลึก มีความอยากรู้อยากเห็นมาก มีความสามารถแก้ปัญหาและมีความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ในระดับสูง มีความจำและสมาธิดีเยี่ยม และพฤติกรรมเชิงสร้างสรรค์ ได้แก่ มีความยืดหยุ่น ความคิดริเริ่มและความคิดละเอียดลออ สามารถพูดหรืออธิบายความคิดของตนได้อย่างชัดเจนและแสวงหาสิ่งที่ท้าทายความคิด

Sternberg (2000, p. 1) ได้เสนอผลการวิเคราะห์รูปแบบของผู้ที่มีความสามารถพิเศษซึ่งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีเชาวน์ปัญญาสามเกลียว (Triarchic theory of intelligence) ในการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นความแตกต่างของรูปแบบของผู้ที่มีความสามารถพิเศษ 7 รูปแบบ ซึ่งความแตกต่างของแต่ละรูปแบบขึ้นอยู่กับความสามารถและการปฏิสัมพันธ์ (Combination) ระหว่างความสามารถใน 3 ด้าน คือ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (Analytical abilities) ความสามารถด้านการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Creative abilities) และความสามารถด้านการปฏิบัติ (Practical abilities) รูปแบบของผู้ที่มีความสามารถพิเศษทั้ง 7 คือ นักวิเคราะห์

(Analyzer) นักคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Creator) นักปฏิบัติ (Practitioner) นักคิดริเริ่มสร้างสรรค์เชิงวิเคราะห์ (Analytical creator) นักปฏิบัติเชิงเคราะห์ (Analytical practitioner) นักปฏิบัติเชิงสร้างสรรค์ (Creative practitioner) และบุคคลที่มีทั้งความสามารถด้านการปฏิบัติ ความสามารถด้านการวิเคราะห์ และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์อย่างสมดุล (Consummate balancer)

Renzulli (2005 cited in Clay-Warner & McMahon, 2009, p. 52) กล่าวไว้ว่าเด็กที่มีความสามารถพิเศษ เป็นเด็กที่แสดงให้เห็นลักษณะที่แตกต่างกันใน 2 ลักษณะ ดังนี้

1. เด็กที่มีความสามารถพิเศษจากการเรียนรู้ (The schoolhouse-gifted person) เป็นเด็กที่มีความรู้ความสามารถที่เกิดจากการเรียนรู้และทำแบบฝึกหัดในโรงเรียน

2. เด็กที่มีความสามารถพิเศษแบบคิดสร้างสรรค์ (The creative-productive gifted person) เป็นเด็กที่แสดงให้เห็นความสามารถพิเศษโดยการพัฒนาการจากความสามารถดั้งเดิม ซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากสังคม

และเมื่อพิจารณาเด็กที่มีความสามารถพิเศษในกลุ่มนี้ เรนซูลี่ชี้ให้เห็นว่าเด็กกลุ่มนี้จะมีคุณลักษณะที่สัมพันธ์ซึ่งกันและกัน 3 คุณลักษณะ ซึ่งแต่ละคุณลักษณะจะสนับสนุนความเป็นเด็กที่มีความสามารถพิเศษเท่าเทียมกัน คุณลักษณะทั้ง 3 คือ (Renzulli, 1987; Vosslamber, 2002)

1. ความสามารถเหนือความสามารถเฉลี่ย (Above-average general ability)
2. ความมุ่งมั่นในการทำงาน (Task commitment)
3. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)

โดยที่ในแต่ละคุณลักษณะจะมีรายละเอียดดังนี้

1. ความสามารถเหนือความสามารถเฉลี่ย (Above-average general ability) กรณีนี้ไม่ได้ หมายถึง การมีระดับสติปัญญาสูง แต่มีความรู้ความสามารถทั่วไปและความสามารถเฉพาะในระดับกว้าง (Vosslamber, 2002, p. 15)

2. ความมุ่งมั่นในการทำงาน (Task commitment) ความสามารถนี้เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างแรงจูงใจอย่างต่อเนื่อง ความทุ่มเทในการปฏิบัติ มีความเป็นเลิศในการพัฒนาความคิดและผลผลิต (Vosslamber, 2002, p. 15)

3. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) คุณลักษณะนี้ประกอบด้วย ความคล่องแคล่วในการคิด (Fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Originality) เป็นความสามารถในการสร้างสิ่งแปลกใหม่ แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสร้างสรรค์ผลผลิต จากผลผลิตเดิมอย่างชาญฉลาด (Vosslamber, 2002, p. 15)

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษ ผู้วิจัยจึงสรุปว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษเป็นเด็กที่มีลักษณะเด่นใน 4 ด้าน คือ 1) ความรู้ ความคิดและความสามารถในการปฏิบัติ กล่าวคือ เด็กกลุ่มนี้จะเรียนรู้ได้ง่ายและรวดเร็ว มีความสามารถแก้ปัญหาและมีความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ในระดับสูง 2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แยกแยะและเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้มากมาย สามารถที่จะเข้าใจสิ่งที่ซับซ้อนและเชื่อมโยงกับสิ่งต่าง ๆ มองเห็นความสัมพันธ์สิ่งที่เป็นเหตุและผล 3) ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการสร้างสิ่งแปลกใหม่ แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ชอบทำอะไรตามอย่างบุคคลอื่นโดยไม่มีเหตุผล และ 4) คุณลักษณะด้านจิตพิสัย มีความสนใจอย่างกว้างขวางและลึกซึ้ง ขะมักเขม้นและมีความตั้งใจในการทำงานสูง อุตสาหะที่จะทำอะไรทุกอย่างให้ได้อย่างสมบูรณ์

เด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

เด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ เป็นเด็กอีกกลุ่มหนึ่งที่สมควรได้รับการพัฒนา มีนักการศึกษาได้รวบรวมความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์และลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ไว้ ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอ ดังนี้

ความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษาได้ให้นิยามเกี่ยวกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

Ridge and Renzulli (1981) กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์นั้น จะ หมายถึง เด็กที่มีความสามารถโดดเด่นทางคณิตศาสตร์ มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เหนือกว่าปกติ และมีความมานะมุ่งมั่นต่องานทางด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นของ Heid (1983, p. 221)

นิตติยา ปภาพจน์ (2540, หน้า 14) กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ หมายถึง เด็กที่มีความสามารถในการคิดแบบเป็นเหตุเป็นผล เข้าใจเรื่องนามธรรม และคิดเป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ สามารถให้เหตุผลและแก้ไขปัญหาที่ไม่คุ้นเคยได้อย่างรวดเร็ว สามารถประยุกต์ใช้เหตุผลได้รวดเร็วราวกับว่ากระบวนการทางความคิดเหล่านี้กำเนิดอยู่ตัวของพวกเขาอยู่แล้ว พร้อมทั้งสามารถคิดและสรุปแนวความคิดทางตรรกศาสตร์ได้รวดเร็ว มีการเพ่งมองความสนใจต่อความสัมพันธ์พื้นฐาน และโครงสร้างคร่าว ๆ ของปัญหามากกว่าจะเจาะลึกที่รายละเอียดส่วนย่อย เป็นผู้มีความยืดหยุ่น มีความคิดแบบประหยัดไม่เสียเวลา ซึ่งทำให้พัฒนาความคิดได้ชัดเจนที่สุด มีเหตุมีผลที่สุด และตอบปัญหาได้ดีที่สุด และมักมีคำตอบเพื่อเลือกเอาไว้ด้วยในกรณีที่ยังไม่พอใจในผลเบื้องต้น และยังสามารถย่นย่อกระบวนการคิด พร้อมทั้งสามารถย้อนทวนกระบวนความคิดได้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2543 ก, หน้า 2) ได้ให้ความหมายของความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความสามารถในการคิดเชิงนามธรรม การคิดให้เหตุผลเชิงอุปนัยและนิรนัย มีทักษะเชิงตัวเลขและการคำนวณที่ซับซ้อน การมองเห็นแบบแผนและความสัมพันธ์เชื่อมโยง มีความสามารถเชิงมิติสัมพันธ์รวมทั้งความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยใช้ตรรกะ ความสามารถดังกล่าวนี้อาจแสดงผ่านกิจกรรมด้านการจัดกลุ่ม การเรียงลำดับ การเล่นเกี่ยวกับตัวเลข กิจกรรมเชิงตรรกะและการแก้ปัญหาปริศนาต่าง ๆ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2543 ข, หน้า 5) ให้ความหมายของเด็กที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ว่า หมายถึง เด็กที่มีลักษณะดังนี้ คือ จะเป็นเด็กที่มีความสนใจด้านจำนวน ตัวเลข การคำนวณ และสัญลักษณ์อย่างต่อเนื่อง มีกลยุทธ์การคิดของคณิตศาสตร์ได้อย่างพลิกแพลง แยบยล สร้างสรรค์และสมเหตุสมผล เด็กจะมองเห็นความสัมพันธ์เชิงมิติได้ดี มีความถนัดทางคณิตศาสตร์ด้านใดด้านหนึ่งหรือหลาย ๆ ด้านรวมกันอย่างโดดเด่นมากกว่าเด็กในวัยเดียวกัน รวมทั้งเด็กสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้หลาย ๆ รูปแบบ มีการวิเคราะห์ มีกระบวนการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ มีเอกลักษณ์เฉพาะตน

Greenes (2001 cited in Ayebo, 2010, p. 22) กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์จะเป็นเด็กที่มีความแตกต่างจากเด็กอื่น ๆ ในความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้ คือ สามารถสรุปปัญหาได้อย่างรวดเร็ว (Spontaneous formation of problem) มีความยืดหยุ่นในการจัดการข้อมูล (Flexibility in handling data) มีความว่องไวทางสติปัญญาหรือว่องไวทางความคิด (Mental agility or fluency of ideas) มีความสามารถในการจัดระบบข้อมูล (Data organization) มีความคิดริเริ่มในการตีความ (Originality of interpretation) มีการถ่ายโอนความสามารถ (Transferring ability) และสามารถสรุปแนวความคิดที่ใช้ได้ทั่วไป (Generalizing concepts) และ Greenes ให้ข้อสังเกตว่าความสามารถในการคำนวณไม่ใช่คุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

Rotigel and Fello (2004 cited in Ayebo, 2010, p. 20) ได้กล่าวถึงความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษสามารถจะหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้หลากหลายชนิดด้วยความเร็วที่ผิดปกติและสามารถหาได้อย่างถูกต้อง พวกเขาสามารถที่จะระบุความสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิดได้อย่างง่าย ๆ โดยปราศจากการเรียนการสอนตามปกติสำหรับแนวความคิดที่เฉพาะในเรื่องนั้น ๆ และเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มักจะข้ามขั้นตอนในการหาคำตอบและอาจจะไม่สามารถอธิบายว่าพวกเขาได้คำตอบที่ถูกต้องนั้นมาได้อย่างไร เด็กเหล่านี้อาจจะแสดงให้เห็นถึงแบบแผนของความเข้าใจในคณิตศาสตร์หรือพัฒนาการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่คงที่ พวกเขาต้องการที่จะรู้เหตุผลที่อยู่เบื้องหลังของปัญหาทาง

คณิตศาสตร์ และต้องการการเรียนรู้แนวความคิดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่ลึกก่อนที่จะไปเรียนรู้แนวความคิดใหม่

จากการศึกษาค้นคว้าความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงสรุปว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ หมายถึง เด็กที่สามารถหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องด้วยวิธีการที่หลากหลาย รวดเร็ว สมเหตุสมผลและสร้างสรรค์ เป็นที่โดดเด่นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเด็กอื่น ๆ ที่อยู่ในวัยเดียวกันที่มีสภาพแวดล้อมหรือประสบการณ์ระดับเดียวกัน

คุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้มีการศึกษามานานแล้ว ผู้วิจัยได้รวบรวมจากผลงานวิจัยและความคิดเห็นจากนักการศึกษา และนำเสนอดังนี้

Krutetskii (1976) ได้กล่าวถึงคุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ดังนี้

1. มีความเข้าใจในโครงสร้างของปัญหา โดยเด็กที่มีความสามารถพิเศษจะมีการคิดโจทย์โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ผิวเผิน

2. มีความคิดเชิงเหตุผล (Logical) เกี่ยวกับปริมาณ มิติสัมพันธ์ และความสามารถในการคิดสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ความคิดเชิงเหตุผลนี้เด็กที่มีความสามารถพิเศษจะประยุกต์จากที่เคยอ่าน แต่ส่วนใหญ่แล้วจะใช้ความสามารถทางปัญญาที่มีมาแต่กำเนิดมากกว่าความสามารถที่เกิดจากการเรียน

3. มีความสามารถนำปัญหาคณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์และการคิดคำนวณมาทำให้มีความเป็นไปได้อย่างกว้างขวางและรวดเร็ว เด็กที่มีความสามารถพิเศษมีวิธีแก้ปัญหาในระดับขั้นสูงกว่าธรรมดาทั่วไปโดยเขาจะใช้หลักอัลกอลิทึม (Algorithms) ในการแก้ปัญหา และเด็กที่มีความสามารถพิเศษจะไม่สนใจตอบเฉพาะคำตอบโดยทั่ว ๆ ไป แต่มองเรื่องจริงของคำตอบนั้นด้วย นอกจากนี้เด็กที่มีความสามารถพิเศษเมื่อเห็นโจทย์ปัญหาจะมีวิธีแก้ปัญหาอย่างรวดเร็ว

4. มีเหตุผลทางคณิตศาสตร์สั้นย่อ และคิดโครงสร้างอย่างสั้นย่อ โดยเด็กที่มีความสามารถพิเศษมีเหตุผลที่กระชับ จะพยายามตัดรายละเอียดให้ได้มากที่สุด

5. มีกระบวนการคิดยืดหยุ่น ครูเตทสกี้ เรียกว่า “ความคิดในวิถีทางที่กระชับ” เด็กที่มีความสามารถพิเศษมีความสามารถนำความรู้ในเรื่องหนึ่งมาใช้แก้ปัญหาในเรื่องอื่นได้อย่างรวดเร็ว โดยพวกเขาจะพยายามแก้ปัญหาให้มีความกระจ่างชัดที่สุด ง่ายที่สุด และเป็นเหตุเป็นผลมากที่สุด ถ้าการแก้ปัญหาครั้งแรกพวกเขาทำไม่ค่อยดี พวกเขาจะค้นคว้าเพื่อแก้ปัญหาครั้งที่ 2

ภายในความคิดริเริ่มของพวกเขาเท่านั้น ในการค้นคว้านี้ใช้เป็นการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นความคิดยืดหยุ่น

6. มีความพยายามในการแก้ปัญหาให้กระจ่าง ง่าย ประหยัด และมีเหตุผลขณะเดียวกันมีเหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการย้อนกลับ

7. วางหลักในการจำสำหรับความสัมพันธ์ ลักษณะข้อโต้แย้ง ข้อพิสูจน์ วิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และหลักการแก้ปัญหา เด็กที่มีความสามารถพิเศษจะจำความสัมพันธ์ให้เป็นรูปแบบ โดยพวกเขาจะจำข้อมูลที่เป็นรูปธรรมได้นาน และถ้าข้อมูลมากเกินไป หลังจากอ่านไปแล้ว 1 รอบ พวกเขาจะไม่จำทันที

8. มีใจไปทางคณิตศาสตร์ เด็กที่มีความสามารถพิเศษจะมีมุมมองทางคณิตศาสตร์ที่กว้างไกล โดยพวกเขาจะมองปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ไม่เป็นคณิตศาสตร์ให้เป็นคณิตศาสตร์

9. มีพลังในการแก้ปัญหาโดยไม่ย่นย่อ เด็กที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์จะมีแนวโน้มที่ไม่เหน็ดเหนื่อยเมื่อทำวิชาคณิตศาสตร์ พวกเขาสามารถทำงานเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้เป็นชั่วโมง แนวโน้มที่ไม่เหน็ดเหนื่อยเมื่อทำวิชาคณิตศาสตร์ พวกเขาสามารถทำงานเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้เป็นชั่วโมงได้โดยไม่เหนื่อยหรือไม่ลดละการคำนวณที่พวกเขาทำอยู่ มันเป็นพลังที่ไม่รู้จักหมด อย่างไรก็ตาม พวกเขาก็มีลิมิตในการทำงานคณิตศาสตร์ของพวกเขาด้วย และได้ทำการวิจัย พบว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีลักษณะการคิดแบ่งออกเป็น 3 พวก คือ

9.1 พวกที่มีความคิดแบบวิเคราะห์แยกแยะ (Analytic type) พวกเขาจะคิดถึงรูปแบบนามธรรมได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องอาศัยการมองภาพ เวลาจะพิจารณาความสัมพันธ์ทางด้านคณิตศาสตร์พวกเขาจะใช้วิธีการวิเคราะห์แยกแยะอย่างซับซ้อน เวลาที่จะต้องตอบคำถามถึงแม้ว่าการใช้รูปธรรมจะทำให้ได้ผลที่ง่ายกว่าแต่พวกเขาชอบสถานการณ์แบบนามธรรม การเรียนในโรงเรียนพวกเขาจะเก่งด้านเลขคณิต พีชคณิตมากกว่าเรขาคณิต

9.2 พวกที่มีความคิดเชิงเรขาคณิต (Geometric type) พวกเขาจะแสดงความสามารถทางด้านการมองเห็นภาพทางคณิตศาสตร์ ความคิดของพวกเขาจะได้รับการพัฒนาจากองค์ประกอบทางด้านรูปธรรม พวกเขาจะตีความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์แบบนามธรรมออกมาเป็นรูปธรรมด้วยวิธีการอันชาญฉลาด

9.3 พวกที่เป็นนักคิดแบบประสานกลมกลืน (Harmonic type) พวกเขาจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ 2 แบบข้างต้น

House (1987) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

1. มีความสนใจและอยากเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณของลักษณะสิ่งของ

2. มีความสามารถคิดเชิงเหตุผลและสัญลักษณ์เกี่ยวกับปริมาณ และมิติสัมพันธ์

3. ความสามารถในการรับรู้และการสร้างหลักการทั่วไปเกี่ยวกับรูปแบบคณิตศาสตร์โครงสร้าง ความสัมพันธ์และการปฏิบัติงาน

4. ความสามารถในการวิเคราะห์โดยใช้เหตุผลอนุมานและอุปมาน

5. ความสามารถทางคณิตศาสตร์โดยย่อและการหาเหตุผลอย่างง่ายเพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

6. มีความคิดยืดหยุ่นและมีกระบวนการคิดย้อนกลับในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์

7. มีความสามารถในการจำสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์ การพิสูจน์ การแก้ปัญหา ฯลฯ

8. ความสามารถในการนำความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้

9. มีความมุ่งมั่นในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

10. มีใจเปิดกว้างพร้อมที่จะรับสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

นิตติยา ปภาพจน์ (2540, หน้า 15) ได้ศึกษาลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง เด็กที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีความสามารถในการทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ง่าย แม้ว่าสิ่งนั้นจะเป็นนามธรรม

2. มีความสามารถในการสร้างความคิดจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม และมีความสามารถหาตัวอย่างรูปธรรมจากความคิดนามธรรมได้

3. เป็นเด็กที่เด่นทางด้านคณิตศาสตร์ และมีความสามารถพิเศษในการวางแผน และดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมาย

4. มีสมาธิจดจ่ออยู่กับงานคณิตศาสตร์ได้เป็นเวลานาน

5. มีความคิดริเริ่มและมีความสามารถในการคิดค้นแบบของตนเองในการทำงานที่ใช้สติปัญญา

6. มีความสามารถในการนำความรู้ที่มีอยู่ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้

7. มีความเข้าใจแจ่มชัดในความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุและผล

8. มีความสามารถในการคาดคะเนและตั้งสมมติฐาน

9. มีความสามารถในการรับรู้และมองเห็นหลักการและสามารถสร้างข้อสรุปทั่วไปเกี่ยวกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โครงสร้าง ความสัมพันธ์ และการบวก ลบ คูณและหารของจำนวนได้

10. มองดูอะไร ๆ เป็นคณิตศาสตร์ไปหมด

11. มีพื้นฐานความอยากรู้อยากเห็นและมีความเข้าใจเชิงปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่เยาว์วัย

12. มีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล และคิดเชิงสัญลักษณ์เกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงปริมาณและมิติสัมพันธ์

13. มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิเคราะห์ เชิงอุปนัยและนิรนัย

14. มีความสามารถในการรวบรัด การให้เหตุผลและหาคำตอบอย่างแนบเนียนกะทัดรัด

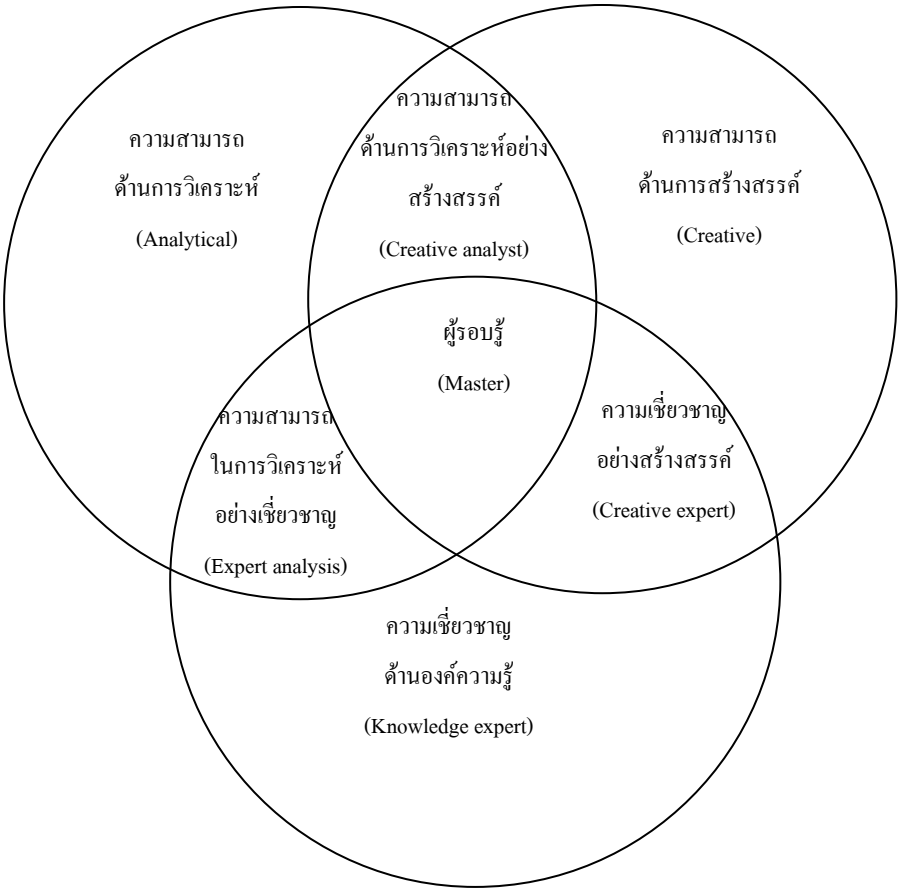
15. มีความสามารถในการคิดที่ยืดหยุ่น กล่าวคือ สามารถปรับเปลี่ยนความคิดในการแก้ปัญหาได้เหมาะสมกับสถานการณ์

16. มีความสามารถในการย้อนทวนกระบวนการคิดได้

17. มีความสามารถในการจดจำสัญลักษณ์ ความสัมพันธ์ การพิสูจน์ วิธีการหาคำตอบได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

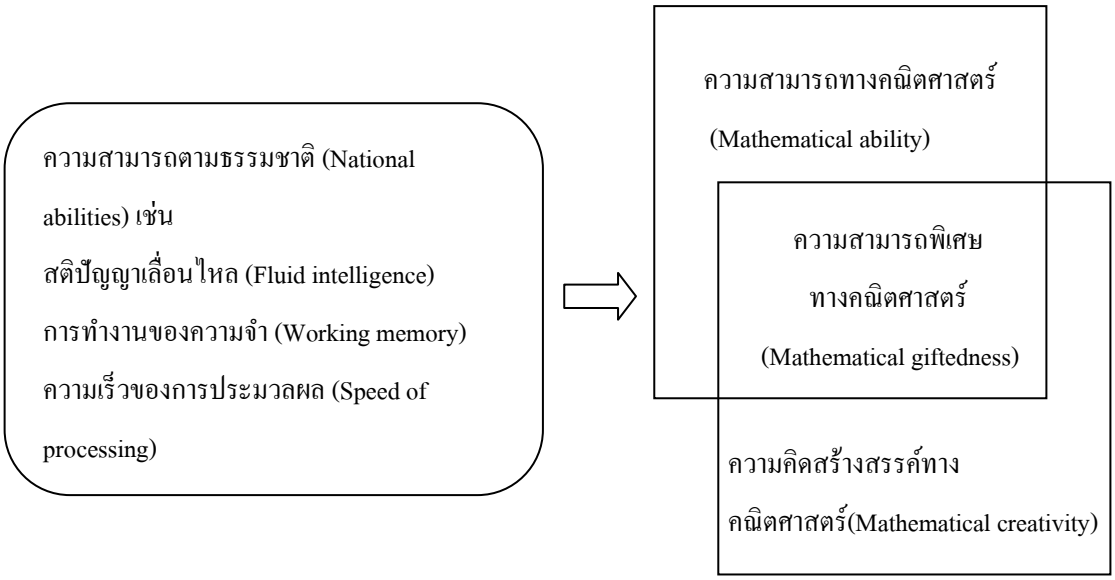
18. มีพลังและมุมานะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Sak (2005) ได้ทำการพัฒนาโมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้าน (The-three mathematical minds model: M^3) เพื่อใช้ในการระบุเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โดยโมเดลที่เขาได้พัฒนาเป็นโมเดลที่อยู่บนพื้นฐานจากรูปแบบของเด็กที่มีความสามารถพิเศษที่เสนอโดย Sternberg (2000) โมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้านที่เขานำเสนอประกอบด้วยคุณลักษณะที่สำคัญ 3 ด้าน คือ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ซึ่งจากปฏิสัมพันธ์ของคุณลักษณะที่สำคัญ 3 ด้านดังกล่าว ทำให้เกิดลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ 7 รูปแบบ คือ นักเรียนที่มีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (Analytical) ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ (Creative) ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ (Knowledge expert) ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์อย่างสร้างสรรค์ (Creative analyst) ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์อย่างเชี่ยวชาญ (Expert analyst) ความเชี่ยวชาญอย่างสร้างสรรค์ (Creative expert) และเป็นผู้รอบรู้ (Master) (เป็นผู้ที่มีทั้งความเชี่ยวชาญด้านความรู้ ความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์อย่างสมดุล) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้าน และโมเดลของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ (Sak, 2005)

Pitta-Pantazi et al. (2011) ได้ศึกษาเพื่อตรวจสอบโครงสร้างและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของเด็กที่มีความสามารพิเศษทางคณิตศาสตร์ ซึ่ง Pitta-Pantazi et al. ได้เสนอโมเดลเพื่อใช้ระบุความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของเด็ก ซึ่งเด็กที่จะเป็นผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์จะต้องมีองค์ประกอบ 2 ด้าน คือ ความสามารถทางคณิตศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตสาสตร์ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โมเดลสำหรับระบุเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ (Pitta-Pantazi et al., 2011)

จากการศึกษาเอกสาร ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษ ลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษ ความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ และคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ จะพบว่า คุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษดังกล่าวมีบางลักษณะที่สอดคล้องกัน ซึ่งสามารถจัดกลุ่มได้ดังนี้ 4 กลุ่ม ดังนี้ 1) คุณลักษณะด้านองค์ความรู้หรือความสามารถทางคณิตศาสตร์ 2) คุณลักษณะด้านความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 3) คุณลักษณะความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ 4) คุณลักษณะด้านจิตพิสัย ซึ่ง พบว่า คุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ตามโมเดลของ Sak สอดคล้องในคุณลักษณะกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ไม่กล่าวถึงคุณลักษณะด้านจิตพิสัย ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่าคุณลักษณะด้านจิตพิสัยไม่ใช่คุณลักษณะความสามารถทางปัญญา ไม่ใช่สมรรถนะทางสมอง และที่สำคัญ Sak ได้สร้างโมเดลโดยใช้ทฤษฎีสติปัญญาสามเกลียว (Triarchic theory of intelligence) และโมเดลของผู้ที่มีความสามารถพิเศษ ซึ่งเป็นทฤษฎีและโมเดลของ Sternberg (2000) เป็นหลักในการพัฒนาโมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้าน และสร้างแบบวัดคุณลักษณะความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นวัดความสามารถทางปัญญาหรือสมรรถนะทางสมอง ผู้วิจัยจึงสรุปว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ หมายถึง นักเรียนที่สามารถหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องด้วยวิธีการที่หลากหลาย รวดเร็ว สมเหตุสมผลและสร้างสรรค์ เป็นที่โดดเด่นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ

เด็กอื่น ๆ ที่อยู่ในวัยเดียวกันที่มีสภาพแวดล้อมหรือประสบการณ์ระดับเดียวกัน ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้จะมีคุณลักษณะที่สำคัญสามด้าน คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ความสามารถทั้งสามจะสนับสนุนและส่งเสริมให้เด็กแต่ละคนเป็นผู้ที่มีความสามารถพิเศษ กล่าวคือ เด็กที่จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเด่นกว่าเด็กอื่น ๆ จะต้องมีความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ เพราะการแก้ปัญหาเป็นกิจกรรมด้านความคิดที่รวบรวมประสบการณ์เดิมกับสภาพของปัญหาเข้าด้วยกัน ซึ่ง Wood (1998, pp. 5-13) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหาองค์ประกอบหนึ่ง คือ กลวิธีในการแก้ปัญหาซึ่งประกอบด้วยการสร้างสรรค์และการคิดวิเคราะห์ ซึ่งสองสิ่งนี้เป็นสิ่งจำเป็นในการแก้ปัญหาที่ดี และส่วนประกอบอื่น ๆ ของกลวิธีในการแก้ปัญหาที่จำเป็น ได้แก่ ความรู้เดิม ประสบการณ์เดิม แต่ในขณะเดียวกันบุคคลจะสามารถคิดวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดีก็จะต้องมีองค์ความรู้หรือมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ เป็นอย่างดี ซึ่งก็สอดคล้องกับ เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546, หน้า 26-30) ที่กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ว่าประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ โดยที่ความรู้ความเข้าในเรื่องที่จะวิเคราะห์จะเป็นองค์ประกอบหนึ่งของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เราจะคิดวิเคราะห์ได้ดีนั้นต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานของเรื่องนั้นเพราะความรู้จะช่วยกำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์ แจกแจงและจำแนกได้ว่าเรื่องนั้นเกี่ยวข้องกับอะไร มีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง มีกี่หมวดหมู่ จัดลำดับความสัมพันธ์อย่างไรและรู้ว่าอะไรเป็นสาเหตุ นอกจาก นี้องค์ความรู้ก็เป็นส่วนสำคัญที่ส่งเสริมให้บุคคลมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ที่ดี ซึ่งผลการวิจัยของ Weisberg (1999) พบว่าองค์ความรู้มีส่วนสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความสำเร็จทางการคิดสร้างสรรค์ วีสเบอร์กยืนยันว่าองค์ความรู้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้บุคคลประสบผลสำเร็จในการคิดสร้างสรรค์หลังจากที่มีการควบคุมปัจจัยด้านสติปัญญาและลักษณะของบุคคลและการค้นพบนี้เป็นจริงในด้านองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วย

การสร้างแบบวัดคุณลักษณะใด ๆ ก็ตามจะต้องมีองค์ประกอบของสิ่งที่ต้องการวัดจะได้สร้างแบบวัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัด การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งต้องวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากการค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากผลการวิจัยของ Sak (2005) ผู้วิจัยจึงสรุปว่า องค์ประกอบเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 คุณลักษณะ คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้หรือความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการคิด

วิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เป็นกรอบในการสร้างแบบวัด โดยที่รายละเอียดของแต่ละคุณลักษณะจะได้นำเสนอในหัวข้อต่อไป

องค์ประกอบของคุณลักษณะความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

จากการที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ สังเคราะห์และสรุปองค์ประกอบของคุณลักษณะความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 3 คุณลักษณะ คือ ด้านความเชี่ยวชาญองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอรายละเอียดในแต่ละคุณลักษณะดังต่อไปนี้

แนวคิดเกี่ยวกับความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้

เป็นที่ยอมรับกันว่าผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ มีความรู้และมีการจัดการความรู้ที่ดี จะนำมาซึ่งการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพและเกิดผลดี ดังนั้น เพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องความเชี่ยวชาญความรู้ และสามารถนำความรู้ไปแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ออย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอเรื่องแนวคิดในเรื่องดังกล่าวตามลำดับดังนี้

1. ความหมายของความเชี่ยวชาญ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีผู้ให้ความหมายของความเชี่ยวชาญสรุปได้ดังนี้

นิพันธ์ เห็นโชคชัยชนะ และศิลปะพร ศรีจั่นเพชร (2552, หน้า 20) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความเชี่ยวชาญ หมายถึง บุคคลที่มีความรู้ ความสามารถหรือประสบการณ์เป็นพิเศษในสาขาใดสาขาหนึ่ง

ธำรงศักดิ์ คงคาสวัสดิ์ (2548, หน้า 47-50) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความเชี่ยวชาญ หมายถึง สมรรถนะความรู้ ความสามารถ ความชำนาญ หรือคุณลักษณะที่เหมาะสมของบุคคลในการปฏิบัติงานให้บรรลุผลสำเร็จ

บัวจันทร์ อินธิโส (2552, หน้า 33) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความเชี่ยวชาญในวิชาชีพ หมายถึง การยอมรับในสมรรถนะพิเศษในด้านหนึ่งหรือหลายด้านของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่งานของผู้ประกอบวิชาชีพ ซึ่งต้องมีความรู้และทักษะในการปฏิบัติงานที่มีความซับซ้อนได้ สามารถนำมาใช้ปรับปรุงการปฏิบัติงานเพื่อสร้างเสริมผลการปฏิบัติงานที่ดีขึ้น

สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (2553, หน้า 17) ได้ให้ความหมายของการสั่งสมความเชี่ยวชาญในงานอาชีพไว้ว่า หมายถึง ความสนใจใฝ่รู้ในอันที่จะสั่งสมความรู้ความสามารถของตนในการปฏิบัติราชการด้วยการศึกษา ค้นคว้า และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องจนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เชิงวิชาการและเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ากับการปฏิบัติราชการให้เกิดผลสัมฤทธิ์

2. ความหมายของความรู้

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าการมีความรู้และการจัดการความรู้ที่ดีจะนำมาซึ่งการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพและเกิดผลดี ดังนั้น เพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องความรู้ การจัดการความรู้และความสามารนำความรู้ไปแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ออย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงนำเสนอเรื่องแนวคิดในเรื่องดังกล่าวตามลำดับดังนี้

Davenport and Prusak (1998) กล่าวว่า ความรู้ คือ กรอบของการผสมผสานของประสบการณ์ ค่านิยม ความรู้ในบริบท ความรู้แจ้งชัดอย่างชำชองและกรอบสำหรับการประมาณค่าและการประสานรวมกันของประสบการณ์และสารสนเทศใหม่ ๆ

Sallis and Jones (2002, pp. 2-10) กล่าวว่า ความรู้เป็นทรัพย์สินที่มีค่าและมีความสำคัญยิ่งขององค์การในการสร้างสรรค์และเพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์และบริการซึ่งต้องอาศัยการจัดการความรู้ที่ถูกต้อง เหมาะสมในการนำความรู้ฝังลึกในตัวคน (Tacit knowledge) กับความรู้เปิดเผย (Explicit knowledge) มาใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาองค์กร โดยองค์การต้องมีความตระหนักและกำหนดไว้ในวิสัยทัศน์ขององค์การว่า ความรู้เป็นสิ่งขับเคลื่อนหลักที่จะนำองค์การไปสู่ความสำเร็จ และผู้นำต้องเห็นคุณค่าของการจัดการความรู้ รวมทั้งต้องมีวิสัยทัศน์ที่ชัดเจนในการสร้างสรรค์ความรู้

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (ราชบัณฑิตยสถาน, 2542, หน้า 232) ได้ให้นิยามว่า ความรู้ คือ สิ่งที่สั่งสมมาจากการศึกษาเล่าเรียน การค้นคว้าหรือประสบการณ์ รวมทั้งความสามารถเชิงปฏิบัติและทักษะ ความเข้าใจหรือสารสนเทศที่ได้รับมาจากประสบการณ์ สิ่งที่ได้รับมาจากการได้ยิน ได้ฟัง การคิดหรือการปฏิบัติองค์วิชาในแต่ละสาขา

บุญส่ง หาญพานิช (2546, หน้า 18) กล่าวว่า ความรู้ คือ ข้อเท็จจริง ประสบการณ์ ค่านิยม ความเชื่อ กระบวนการ และข้อมูลสารสนเทศที่ผนวกด้วยความเข้าใจอันเกิดจากการเปรียบเทียบ การตีความ การวินิจฉัย และการตรวจสอบผลกระทบซึ่งทำให้เกิดคุณค่าสูงสุดและพร้อมที่จะนำไปประยุกต์สู่การตัดสินใจและการปฏิบัติ

ชัชวาล วงษ์ประเสริฐ (2548, หน้า 17) กล่าวว่า ความรู้ คือ กรอบของการประสมประสานระหว่างสถานการณ์ ค่านิยม ความรู้ในบริบทและความรู้แจ้งอย่างชัดเจน ซึ่งโดยทั่วไปความรู้จะอยู่ใกล้ชิดกับกิจกรรมมากกว่าข้อมูลสารสนเทศและทำให้เกิดความตระหนักถึงความสำคัญของความรู้

ทิพวรรณ หล่อสุวรรณรัตน์ (2548, หน้า 21-22) ให้นิยามว่า ความรู้ คือ สารสนเทศที่มีคุณค่าซึ่งมีการนำประสบการณ์ วิจารณญาณ ความคิด ค่านิยม และปัญญาของมนุษย์มาวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ในการสนับสนุนการทำงานหรือใช้ในการแก้ปัญหา

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับความหมายของเชี่ยวชาญ และความหมายของความรู้ สรุปได้ว่า ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ หมายถึง สมรรถนะ ความสามารถ ความชำนาญของบุคคลในการสั่งสมข้อเท็จจริง ประสบการณ์ ค่านิยม ความเชื่อ กระบวนการ และข้อมูลสารสนเทศที่ผนวกด้วยความเข้าใจอันเกิดจากการเปรียบเทียบ การตีความ การวินิจฉัย และการตรวจสอบผลกระทบ ซึ่งทำให้เกิดคุณค่าสูงสุดและพร้อมที่จะนำสิ่งที่สั่งสมดังกล่าวไปประยุกต์สู่การตัดสินใจและการปฏิบัติงานให้บรรลุผลสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. แนวคิดเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มักจะประสบกับปัญหาเมื่อต้องการหาคำตอบในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งในการแก้ปัญหานักเรียนต้องอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ ทางด้านคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งทักษะความสามารถอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ เพื่อที่จะหาวิธีการที่เหมาะสมมาประกอบการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ในลำดับต่อไป ผู้วิจัยจะขอกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์ ความหมายของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังนี้

ความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์

Bruckner (1957, p. 301) กล่าวว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวกับปริมาณที่นักเรียนไม่สามารถตอบได้ทันทีโดยวิธีที่เคยชิน และสิ่งที่เป็นปัญหาของนักเรียนเมื่อวานนี้จะไม่เป็นปัญหาในวันนี้ก็ได้

Anderson and Pingry (1973, p. 228) ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์ หรือคำถามที่ต้องการวิธีการแก้ไขหรือหาคำตอบซึ่งผู้ตอบจะทำได้ดีต้องมีวิธีการที่เหมาะสม ใช้ความรู้ประสบการณ์และการตัดสินใจโดยพร้อมมูล

Adam, Ellis and Beeson (1977, p. 176) กล่าวว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวกับปริมาณและต้องมีการตัดสินใจลงมือทำหรือหาคำตอบโดยปัญหานั้นจะเป็นปัญหาที่ใช้ภาษา เรื่องราวหรือคำพูด นอกจากนี้เขาได้กล่าวถึงความแตกต่างระหว่างปัญหากับการทำแบบฝึกหัดไว้ว่า ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะต้องมีการตัดสินใจแล้วลงมือทำ ส่วนการทำแบบฝึกหัด ไม่จำเป็นต้องมีการตัดสินใจ

Schoenfeld (1989, pp. 83-103) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่าปัญหาทางคณิตศาสตร์แก่นักเรียนว่าเป็นชิ้นงาน (Task) ซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนให้ความสนใจ และประสงค์จะหาข้อยุติ รวมถึงเป็นสิ่งที่นักเรียนยังไม่มีวิถีทางสำเร็จรูปที่จะได้ข้อยุติหรือแก้หาคำตอบได้

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537, หน้า 62) ได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. เป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการคำตอบซึ่งอาจอยู่ในรูปปริมาณหรือจำนวนหรือคำอธิบายให้เหตุผล

2. เป็นสถานการณ์ที่ผู้แก้ปัญหาไม่คุ้นเคยมาก่อน ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องใช้ทักษะ ความรู้และประสบการณ์หลาย ๆ อย่างประมวลเข้าด้วยกันจึงจะหาคำตอบได้

3. สถานการณ์ใดจะเป็นปัญหาหรือไม่ขึ้นอยู่กับบุคคลผู้แก้ปัญหาและเวลา สถานการณ์หนึ่งอาจเป็นปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่ง แต่อาจไม่ใช่ปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่งก็ได้ และสถานการณ์ที่เคยเป็นปัญหาสำหรับบุคคลในอดีตอาจไม่เป็นปัญหาสำหรับบุคคลในปัจจุบัน

สมเดช บุญประจักษ์ (2540, หน้า 1) ได้ให้ความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นสถานการณ์ที่บุคคลหรือกลุ่มบุคคลเผชิญและต้องการหาคำตอบ ซึ่งยังไม่รู้วิถีทางที่จะได้คำตอบของปัญหาทันทีต้องใช้ความรู้และวิธีการต่าง ๆ ที่มีอยู่ผสมผสานเป็นแนวทางในการหาคำตอบของปัญหา

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ สถานการหรือคำถามที่เกี่ยวกับปริมาณ จำนวน คำอธิบายให้เหตุผล การพิสูจน์และปัญหาที่ใช้ในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ผู้แก้ปัญหาไม่คุ้นเคย ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ผู้ตอบจะต้องใช้ความรู้ วิธีการต่าง ๆ ประสบการณ์ที่สั่งสมมาผสมผสานเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการหาคำตอบของปัญหานั้น

ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Gag'ne (1985, pp. 186-187) ได้กล่าวถึงสาระสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ทักษะทางปัญญา (Intellectual skills) หมายถึง ความสามารถในการนำกฎ สูตรความคิดรวบยอด และ/ หรือหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ทักษะทางปัญญาเป็นความรู้ที่นักเรียนเคยเรียนรู้มาก่อน

2. ลักษณะของปัญหา (Problem scheme) หมายถึง ข้อมูลในสมองที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาซึ่งทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ต้องการกับสิ่งที่กำหนดให้ ข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่ คำศัพท์ และวิธีการแก้ปัญหาลักษณะต่าง ๆ

3. การวางแผนหาคำตอบ (Planning stratigies) หมายถึง ความสามารถในการใช้ทักษะทางปัญญาและลักษณะของปัญหาในการวางแผนแก้ปัญหา การวางแผนหาคำตอบเป็นกลวิธีการคิด (Cognitive stratigies) อย่างหนึ่ง

4. การตรวจสอบคำตอบ (Varidating answer) หมายถึง ความสามารถในการตรวจย้อนเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาตลอดกระบวนการ

Krulik and Reys (1980, pp. 3-4; Branca, 1980, pp. 3-8) ได้อ้างถึงการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้ คือ

1. การแก้ปัญหาเป็นเป้าหมาย (Problem solving as goal) จะพบคำถามว่าทำไมต้องสอนคณิตศาสตร์ อะไรเป็นเป้าหมายการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ นักการศึกษา นักคณิตศาสตร์ และบุคคลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคำถามเหล่านี้เข้าใจว่าการแก้ปัญหาเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ เมื่อปัญหาถูกนำมาพิจารณาเป็นเป้าหมายอันหนึ่ง การแก้ปัญหาจึงเป็นอิสระจากปัญหาเฉพาะ (Specific problem) กระบวนการและวิธีการ ตลอดจนเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ แต่การพิจารณาที่สำคัญ คือ จะต้องคำนึงว่าจะแก้ปัญหาอย่างไร ซึ่งเป็นเหตุผลแรกสำหรับการศึกษาคณิตศาสตร์ ข้อพิจารณานี้มีอิทธิพลต่อหลักสูตรทั้งหมดและมีความสำคัญต่อการนำไปใช้ในการฝึกปฏิบัติในห้องเรียน

3. การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการ (Problem solving as process) การตีความในลักษณะนี้จะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนักเรียนตอบปัญหา ตลอดจนกระบวนการหรือขั้นตอนที่กระทำเพื่อจะได้รับคำตอบ ส่วนสำคัญที่ควรนำมาพิจารณา คือ วิธีการ กระบวนการและกลวิธีที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นในกระบวนการแก้ปัญหาและเป็นจุดสำคัญของหลักสูตรคณิตศาสตร์

4. การแก้ปัญหาเป็นทักษะพื้นฐาน (Problem solving as basic skill) การตีความลักษณะนี้ จะพิจารณาเฉพาะในเนื้อหาที่เป็นโจทย์ปัญหา คำนึงถึงรูปแบบของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหา การพิจารณาถึงการแก้ปัญหาว่าเป็นทักษะพื้นฐานจึงช่วยในการจัดการเรียนการสอนของครูซึ่งประกอบด้วย การสอนทักษะ (Skill) มโนมิติ (Concept) และการแก้ปัญหา (Problem solving) ในทุกครั้งของการสอน

Polya (1980, p. 1) กล่าวว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นการหาวิถีทางที่จะหาสิ่งที่ไม่รู้ในปัญหา เป็นการหาวิธีการที่จะนำสิ่งที่ยุ่งยากออกไป หาวิธีการที่จะเอาชนะอุปสรรคที่เผชิญอยู่เพื่อจะให้ได้ข้อลงเอยหรือคำตอบที่มีความชัดเจน แต่ว่าสิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นในทันทีทันใด

กองวิจัยทางการศึกษา (2531, หน้า 10-18) ได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ว่า เป็นกระบวนการคิดแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการเข้าใจโจทย์ ความสามารถในการหาวิธีการได้ถูกต้อง ความสามารถในการคิดคำนวณและความสามารถในการหาคำตอบได้ถูกต้อง

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537, หน้า 62) กล่าวว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นการหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้แก้ปัญหาจะต้องใช้ความรู้ ความคิดและประสบการณ์เดิมประมวลเข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดในปัญหา

สมเดช บุญประจักษ์ (2540, หน้า 1) การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งผู้แก้ปัญหาจะต้องใช้ความรู้ ความคิดและประสบการณ์เดิมประมวลเข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดในปัญหา

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการหรือวิธีการต่าง ๆ ที่ผู้แก้ปัญหาต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการคิดคำนวณ การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประสบการณ์เดิมและทักษะพื้นฐานต่าง ๆ ที่มีอยู่ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ ผู้ที่จะเรียนคณิตศาสตร์ได้ดีนั้นต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี โดยอาศัยการวางแผน การจัดการความรู้ของตนเอง ประสบการณ์ในการได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับความหมายของเชี่ยวชาญ ความหมายของความรู้ความสามารถสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้หรือความสามารถทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สมรรถนะ ความสามารถ ความชำนาญของบุคคลในการสั่งสมข้อเท็จจริง ประสบการณ์ ค่านิยม ความเชื่อ กระบวนการ และข้อมูลสารสนเทศที่ผนวกด้วยความเข้าใจอันเกิดจากการเปรียบเทียบ การตีความ การวินิจฉัย และการตรวจสอบผลกระทบซึ่งทำให้เกิดคุณค่าสูงสุดและพร้อมที่จะนำสิ่งที่สั่งสมดังกล่าวไปประยุกต์สู่การตัดสินใจและดำเนินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้สำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษา ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นคุณลักษณะหนึ่งในโมเดลของผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยจึงสร้างข้อสอบวัดความรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามสาระการเรียนรู้ที่กำหนดในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งกำหนดไว้ 6 สาระ ดังนี้

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric model) ในการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความและนำไปใช้แก้ปัญหา

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดสร้างสรรค์

จะเห็นได้ว่าใน 6 สาระการเรียนรู้ดังกล่าว จะมีสาระที่เป็นเนื้อหาความรู้ทางคณิตศาสตร์มี 5 สาระ ดังนี้ สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สาระที่ 2 การวัด สาระที่ 3 เรขาคณิต สาระที่ 4 พีชคณิต และสาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงทำการสร้างแบบวัดในส่วนที่เป็นเนื้อหาองค์ความรู้ในสาระที่ 1 ถึงสาระที่ 5 เท่านั้น ทั้งนี้เพราะว่าสาระที่ 6 ว่าด้วยทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตัวชี้วัดบางตัว เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหาได้แฝงอยู่ในแต่ละของสาระที่ 1 ถึงสาระที่ 5 แล้ว และตัวชี้วัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ก็ได้มีการข้อสอบวัดในด้านความสามารถในการคิดสร้างสรรค์แล้ว ซึ่งจะไม่ทำให้เป็นการวัดที่ซ้ำซ้อน

แนวคิดเกี่ยวกับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

ความหมายของความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นความสามารถทางสมองที่นักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

Bloom (1956, pp. 6-9) ได้ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผลและที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร

Good (1973, p. 680) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นการคิดอย่างรอบคอบตามหลักของการประเมินและมีหลักฐานอ้างอิงเพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและใช้กระบวนการตรรกวิทยาได้อย่างถูกต้องสมเหตุสมผล

Dewey (1993, p. 30) ได้ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง การคิดอย่างใคร่ครวญไตร่ตรองโดยอธิบายขอบเขตของการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นการคิดที่เริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากและสิ้นสุดลงด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจน

เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์ (2530, หน้า 98) ได้ให้ความหมายของการวิเคราะห์ว่า หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะรายละเอียดของสิ่งสำเร็จรูปออกเป็นส่วนย่อย ๆ อย่างมีหลักเกณฑ์เพื่อหาข้อเท็จจริงที่แฝงอยู่ในเรื่องราวนั้น

วิไลพร คำเพราะ (2539, หน้า 53) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง การพินิจพิจารณาความเชื่อ ความรู้ คำกล่าวอ้างและสิ่งต่าง ๆ อย่างสุขุมรอบคอบ โดยหาสาเหตุเพื่อสรุปได้อย่างถูกต้องก่อนจะตัดสินใจเชื่อหรือสรุปเลือก

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546, หน้า 25) ให้ความหมายไว้ว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (Analytical thinking) หมายถึง ความสามารถในการสืบค้นข้อเท็จจริงเพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่าง โดยการตีความ การจำแนกแยกแยะ และการทำความเข้าใจกับองค์ประกอบของสิ่งนั้นและองค์ประกอบอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กันรวมทั้งเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่ไม่ขัดแย้งกันระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เหตุผลที่หนักแน่นน่าเชื่อถือทำให้เราได้ข้อเท็จจริงที่เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจแก้ปัญหา ประเมิน และตัดสินใจเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

สุวิทย์ มูลคำ (2548, หน้า 9) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวหรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นเพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

จากการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาจำแนกแยกแยะเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยส่วนย่อยอะไร มีความสำคัญหรือมีความสัมพันธ์กันอย่างไร สิ่งใดเป็นเหตุ สิ่งใดเป็นผลและที่เป็นอย่างนั้นเป็นได้ด้วยหลักการอะไร ทำให้ได้ข้อเท็จจริงที่เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ และแก้ปัญหาในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

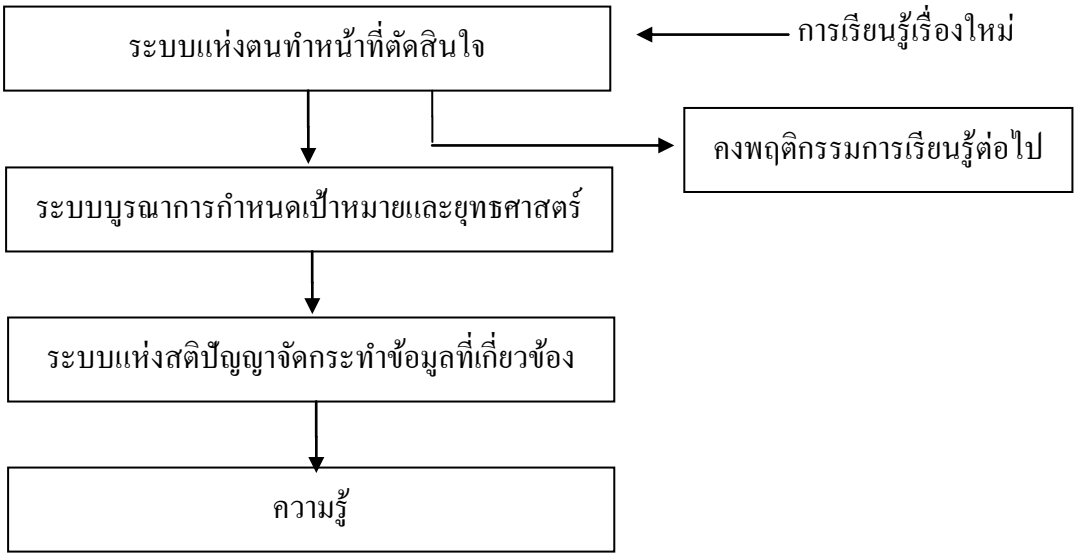
ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์

ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของบลูม

Bloom (1956, pp. 6-9, 201-207) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการศึกษา (Bloom's taxonomy of educational objectives) เป็นสามด้าน ได้แก่ ด้านการรู้คิด ด้านจิตพิสัยและด้านทักษะพิสัยของบุคคลส่งผลต่อความสามารถทางการคิด ซึ่งบลูมจำแนกจุดมุ่งหมายด้านการรู้คิดเป็น 6 ระดับ ในแต่ละระดับมีความซับซ้อนแตกต่างกัน ได้แก่ ระดับที่ 1 ระดับความรู้ความจำ ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ ระดับที่ 3 ระดับการนำไปใช้ ระดับที่ 4 ระดับการวิเคราะห์ ซึ่งระดับนี้แยกเป็นการวิเคราะห์ส่วนประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ ระดับที่ 5 ระดับการสังเคราะห์ และระดับที่ 6 ระดับการประเมินค่า การที่บุคคลจะมีทักษะในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ บุคคลนั้นจะต้องสามารถวิเคราะห์และเข้าใจสถานการณ์ใหม่หรือข้อความจริงใหม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการวิเคราะห์ซึ่งเป็นทักษะการคิดระดับพื้นฐานของนักเรียนสู่ความสามารถในการคิดในระดับสูง เพราะนักเรียนจะเข้าใจเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างชัดเจนผ่านกระบวนการวิเคราะห์หน่วยย่อย การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ โดยนักเรียนสามารถวิเคราะห์ประเด็นต่าง ๆ จากส่วนย่อยสู่ส่วนใหญ่ และเชื่อมความสัมพันธ์ของประเด็นต่าง ๆ เข้าด้วยกันจนสามารถสรุปอย่างเป็นหลักการโดยมีเหตุผลรองรับ

ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโน (Marzano's taxonomy)

Marzano (2001, pp. 11-12) อธิบายว่า รูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วยสามระบบ ได้แก่ ระบบแห่งตน ระบบการบูรณาการ และระบบสติปัญญา ระบบแห่งตนตัดสินการยอมรับการเรียนรู้เรื่องใหม่ เมื่อระบบแห่งตนรับการเรียนรู้เรื่องใหม่ระบบบูรณาการจะเข้ามาเกี่ยวข้องการกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้นั้น โดยการออกแบบกลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อการบรรลุเป้าหมายแห่งการเรียนรู้ และระบบสติปัญญาจะทำหน้าที่จัดกระทำข้อมูลในลักษณะของการวิเคราะห์ ดังนั้น ปริมาณความรู้ของนักเรียนแต่ละคนจึงมีผลต่อความสำเร็จอย่างสูงในการเรียนรู้เรื่องใหม่ ซึ่งความรู้ใหม่สามารถต่อยอดจากความรู้เดิมได้อย่างกว้างขวาง ดังแสดงตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 รูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ (Marzano, 2007)

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่า กระบวนการถ่ายเทของข้อมูลเริ่มจากระบบแห่งตนต่อเนื่องมาที่ระบบบูรณาการ ระบบสติปัญญาและสิ้นสุดที่ความรู้ ระบบแต่ละระบบจะส่งผลสะท้อนต่ออีกระบบที่ตามมาอย่างต่อเนื่อง ถ้าระบบแห่งตนไม่เชื่อว่าการเรียนรู้เรื่องใหม่เป็นเรื่องสำคัญ แรงจูงใจในการเรียนรู้จะต่ำหรือถ้าระบบบูรณาการกำหนดเป้าหมายไม่ชัดเจนการเรียนรู้ จะประสบอุปสรรคหรือแม้การกำหนดเป้าหมายชัดเจนและกำกับตรวจสอบอย่างมีประสิทธิผลแต่กระบวนการจัดทำข้อมูลในระบบสติปัญญาปฏิบัติการไม่มีประสิทธิผล การเรียนรู้จะไม่ประสบผลสำเร็จ ดังนั้นทั้งสามระบบจึงเป็นระบบที่มีการจัดลำดับถูกต้องในกระบวนการถ่ายเทข้อมูล

Marzano (2001, pp. 30-60) ได้พัฒนารูปแบบจุดมุ่งหมายทางการศึกษารูปแบบใหม่ (A new taxonomy of educational objectives) ประกอบด้วยอาณาจักรของความรู้ (Domains of knowledge) 3 ประเภท และระดับของกระบวนการจัดกระทำข้อมูล (Levels of processing) 6 ระดับ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ประเภทของความรู้ ได้แก่

1. ข้อมูล เน้นการจัดระบบความคิดเห็นจากข้อมูลง่ายสู่ข้อมูลยาก เป็นระดับความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง ลำดับเหตุการณ์สมเหตุและผลเฉพาะเรื่องและหลักการ

2. กระบวนการ เน้นกระบวนการเพื่อการเรียนรู้ จากทักษะสู่กระบวนการอัตโนมัติอันเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถที่สั่งสมไว้

3. ทักษะ เน้นการเรียนรู้ที่ใช้ระบบโครงสร้างกล้ามเนื้อ จากทักษะง่ายสู่กระบวนการที่ซับซ้อนขึ้น

กระบวนการจัดกระทำข้อมูล 6 ระดับ ได้แก่

ระดับที่ 1 ขั้นรวบรวม เป็นการคิดทบทวนความรู้เดิม รับรู้ข้อมูลใหม่และเก็บเป็นคลังข้อมูลไว้เป็นการถ่ายโยงความรู้จากความจำถาวรสู่ความจำนำไปใช้ในการปฏิบัติโดยไม่จำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างของความรู้นั้น

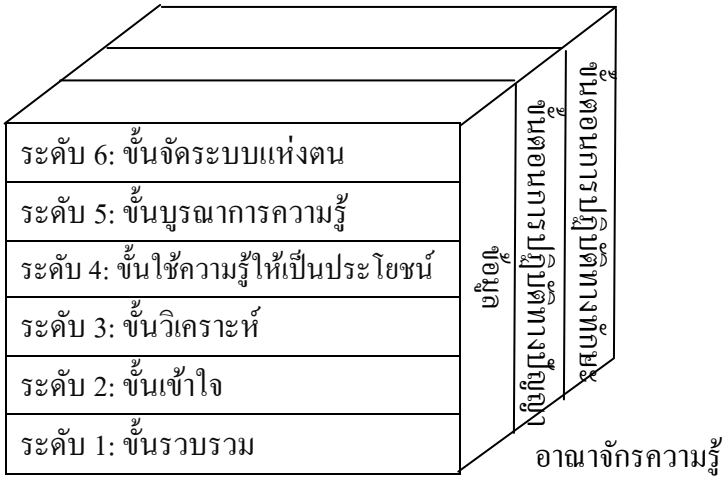
ระดับที่ 2 ขั้นเข้าใจ เป็นการเข้าใจสาระที่เรียนรู้สู่การเรียนรู้ใหม่ในรูปแบบการใช้สัญลักษณ์ เป็นการสังเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานของความรู้นั้นโดยเข้าใจประเด็นสำคัญ

ระดับที่ 3 ขั้นวิเคราะห์ เป็นการจำแนกความเหมือนและความแตกต่างอย่างมีหลักการการจัดหมวดหมู่ที่สัมพันธ์กับความรู้ การสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยสามารถบ่งชี้ข้อผิดพลาดได้ การประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยใช้ฐานความรู้และการคาดการณ์ผลที่ตามมาบนพื้นฐานของข้อมูล

ระดับที่ 4 ขั้นใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ เป็นการตัดสินใจในสถานการณ์ที่ไม่มีคำตอบชัดเจน การแก้ไขปัญหาที่ยุ่งยาก การอธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่างและการพิจารณาหลักฐานสู่การสรุปสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน การตั้งข้อสมมติฐานและการทดสอบสมมติฐานนั้นบนพื้นฐานของความรู้

ระดับที่ 5 ขั้นบูรณาการความรู้ เป็นการจัดระบบความคิดเพื่อบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด การกำกับติดตามการเรียนรู้ และการจัดขอบเขตการเรียนรู้

ระดับที่ 6 ขั้นจัดระบบแห่งตน เป็นการสร้างระดับแรงจูงใจต่อภาวการณ์เรียนรู้และภาระงานที่ได้รับมอบหมายในการเรียนรู้ รวมทั้งความตระหนักในความสารมารถของการเรียนรู้ที่ตนมี ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ระดับของกระบวนการจัดกระทำข้อมูลตามทฤษฎี (Marzano, 2007)

ถ้าสังเคราะห์แนวคิดของบลูม (Bloom's taxonomy) และมาร์ซาโน (Marzano's taxonomy) สามารถเชื่อมโยงเพื่อเป็นกรอบแนวคิดทักษะการคิดวิเคราะห์ โดยสรุปเป็น 5 ด้านตามทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโนเป็นสำคัญ เพราะทฤษฎีการคิดของบลูมเมื่อบูรณาการกับทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโน พบว่า 5 ด้านของขั้นการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโนสอดคล้องกับ 3 หลักการวิเคราะห์ของบลูม และสามารถนำไปเป็นกรอบแนวคิดทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นรูปธรรม ดังแสดงในภาพที่ 6

ทักษะการคิดวิเคราะห์

ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของบลูม (Bloom's taxonomy)	ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโน (Marzano's taxonomy)
1. หลักการวิเคราะห์หน่วยย่อย	1. ด้านการจำแนก 2. ด้านการจัดหมวดหมู่
2. หลักการวิเคราะห์ความสัมพันธ์	3. ด้านการสรุป
3. หลักการวิเคราะห์หลักการ	4. ด้านการประยุกต์ 5. ด้านการคาดการณ์

ภาพที่ 6 กรอบแนวคิดทักษะการคิดวิเคราะห์

ทฤษฎีการคิดของบลูมและทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโนในขั้นการคิดวิเคราะห์ สามารถหลอมรวมได้ดังนี้

1. หลักการวิเคราะห์หน่วยย่อยของบลูมกับทักษะการคิดด้านจำแนกและด้านการจัดหมวดหมู่ของมาร์ซาโนเป็นความสามารถในการแยกแยะส่วนต่าง ๆ และเหตุการณ์ที่มีความเหมือนกันและต่างกันออกเป็นแต่ละส่วนให้เข้าใจง่ายอย่างมีหลักเกณฑ์ และเป็นความสามารถในการจัดลำดับ ประเภท และกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงเข้าด้วยกัน โดยด้านการจำแนกและด้าน การจัดหมวดหมู่สามารถพัฒนาด้วยกิจกรรมการสร้างผังมโนทัศน์ กิจกรรมการใช้เทคนิคในการตั้งคำถาม

2. หลักการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของบลูมกับทักษะการสรุปของมาร์ซาโนเป็นความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลเก่าและข้อมูลใหม่สู่การสรุปอย่างมีเหตุผลเป็นประเด็นต่าง ๆ โดยด้านการสรุปอย่างมีเหตุผลสามารถพัฒนาด้วยกิจกรรมการทำโครงงาน กิจกรรมการอภิปราย กิจกรรมระดมสมอง

3. หลักการวิเคราะห์หลักการของบลูมกับทักษะการคิดด้านการประยุกต์และด้านการคาดการณ์ของมาร์ซาโนเป็นความสามารถในการนำความรู้ หลักการ ทฤษฎีมาใช้ในสถานการณ์ใหม่และในการกะประมาณ คาดเดาสิ่งที่จะเกิดในอนาคตได้ โดยด้านการประยุกต์และด้านการคาดการณ์สามารถพัฒนาด้วยกิจกรรมการสร้างผังมโนทัศน์ กิจกรรมการใช้เทคนิคในการตั้งคำถาม กิจกรรมการทำโครงงาน กิจกรรมการอภิปราย กิจกรรมการระดมสมอง กิจกรรมการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชนและธรรมชาติ

องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

Watson and Glaser (1964, p. 10) ได้กล่าวถึงการคิดวิเคราะห์ว่า ประกอบด้วยทัศนคติ ความรู้ และทักษะในเรื่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ทัศนคติในการสืบเสาะ ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการเห็นปัญหาและความต้องการที่จะสืบเสาะ ค้นหาข้อมูล หลักฐานมาพิสูจน์เพื่อหาข้อเท็จจริง

2. ความรู้ในการหาแหล่งข้อมูลอ้างอิงและการใช้ข้อมูลอ้างอิงอย่างมีเหตุผล

3. ทักษะในการใช้ความรู้และทัศนคติดังที่กล่าวข้างต้น

จากผลการวิจัยต่าง ๆ วัตสันและเกลเซอร์สรุปว่า การคิดวิเคราะห์ ประกอบไปด้วยความสามารถย่อย ๆ 5 ประการ คือ

1. ความสามารถในการอ้างอิง

2. การตั้งสมมติฐาน

3. การนิรนัย

4. การแปลความ

5. การประเมินข้อโต้แย้งต่าง ๆ

Hudgins (1977, pp. 173-180) ได้อธิบายทักษะที่ประกอบกันเป็นการคิดวิเคราะห์ 4 ประการ คือ

1. ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบที่สำคัญของการอ้างเหตุผล โดยขั้นต้นผู้เรียนต้องมีพื้นฐานทางมโนทัศน์และข้อมูลเพียงพอสำหรับการพิจารณาความจริงที่อาจเป็นไปได้ของการอ้างเหตุผล หรือความเป็นไปได้ของผลลัพธ์ที่คาดการณ์ไว้ นอกจากนั้นผู้เรียนจะต้องมีลักษณะที่จำเป็นในการประเมินการอ้างเหตุผลด้วย

2. ผู้เรียนจะต้องแสวงหาหลักฐานที่นำมาใช้ในการอ้างเหตุผลหรือการลงสรุปโดยจะต้องพิจารณาว่า ข้อสรุปที่นำมากล่าวอ้างมีข้อมูลสนับสนุนหรือไม่ ตลอดจนการพิจารณาว่าหลักฐานที่นำมาอ้างอิงมีอคติหรือไม่

3. ผู้เรียนจะต้องพิจารณา ไตร่ตรองและประเมินทั้งหลักฐานที่นำมาใช้และลักษณะการใช้เหตุผลที่นำมาใช้ในการอ้างเหตุผลก่อนการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธข้อสรุปนั้น

4. ผู้เรียนสามารถระบุข้อสันนิษฐานที่เกี่ยวข้องกับการอ้างอิงเหตุผล

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546, หน้า 26-30) ได้แบ่งการคิดวิเคราะห์เป็น 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความสามารถในการตีความ หมายถึง การพยายามทำความเข้าใจและให้เหตุผลแก่สิ่งที่เราต้องการจะวิเคราะห์เพื่อแปลความหมายที่ไม่ปรากฏโดยตรงของสิ่งนั้นเป็นการสร้างความเข้าใจต่อสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์โดยเกณฑ์ที่แต่ละคนใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสินใจย่อมแตกต่างกันตามความรู้ ประสบการณ์ ค่านิยมของแต่ละบุคคลและความสามารถในการเชื่อมโยงเหตุผล

2. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์ หมายถึง เราจะคิดวิเคราะห์ได้ดีนั้นต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานของเรื่องนั้น เพราะความรู้จะช่วยกำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์แจกแจงและจำแนกได้ว่าเรื่องนั้นเกี่ยวข้องกับอะไร มีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง มีกี่หมวดหมู่จัดลำดับความสัมพันธ์อย่างไรและรู้ว่าอะไรเป็นสาเหตุ

3. ความช่างสังเกต ช่างสงสัย และช่างถาม หมายถึง นักคิดเชิงวิเคราะห์ต้องมีองค์ประกอบทั้ง 3 นี้ร่วมด้วย เพราะจะนำไปสู่การสืบค้นความจริงและเกิดความชัดเจนในประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์ ขอบเขตของคำถามจะต้องยึดหลัก 5W1H คือ ใคร (Who) ทำอะไร (What) ที่ไหน (Where) เมื่อไร (When) เพราะเหตุใด (Why) อย่างไร (How)

4. ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล หมายถึง ความสามารถในการใช้เหตุผลจำแนกแยกแยะได้ว่าสิ่งใดเป็นความจริง สิ่งใดเป็นความเท็จ สิ่งใดมีรายละเอียดสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร

สุวิทย์ มูลคำ (2548, หน้า 17) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์มีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ดังนี้

1. สิ่งที่กำหนดให้ เป็นสิ่งสำเร็จรูปที่กำหนดให้วิเคราะห์ เช่น วัตถุ สิ่งของ เรื่องราว เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

2. ลักการหรือกฎเกณฑ์ เป็นข้อกำหนดสำหรับใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ เช่น เกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกัน หลักเกณฑ์ในการหาลักษณะความสัมพันธ์เชิงเหตุผลอาจจะเป็นลักษณะความสัมพันธ์ที่มีความคล้ายคลึงกันหรือขัดแย้งกัน เป็นต้น

3. การค้นหาความจริงหรือความสำคัญ เป็นการพิจารณาส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ตามหลักการหรือกฎเกณฑ์ แล้วทำการรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุป

ลักษณะของการคิดวิเคราะห์

Bloom (1956) แบ่งการคิดวิเคราะห์แยกย่อยออกเป็น 3 อย่าง ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การแยกแยะสิ่งที่กำหนดมาให้ว่าอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทที่สุด ตัวไหนเป็นเหตุ ตัวไหนเป็นผล

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาว่าความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้นเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

3. วิเคราะห์หลักการ หมายถึง การค้นหาว่าโครงสร้างและระบบของวัตถุสิ่งของเรื่องราวและการกระทำต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นอยู่ได้เนื่องด้วยอะไร โดยยึดอะไรเป็นหลักเป็นแกนกลาง มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง ยึดถือหลักการใด มีเทคนิคอย่างไรหรือยึดคติใด

Shaver (1997) ได้แบ่งความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของบลูม ดังนี้

1. ความสามารถพื้นฐาน ได้แก่ ความสามรรถในการทำความเข้าใจเรื่องราว ซึ่งครอบคลุมการย่อความ การสรุปเรื่อง การเล่าเรื่องและการแปลความหมาย เป็นความสามารถขั้นพื้นฐานของนักเรียนในการทำความเข้าใจเรื่องราว

2. ความสามารถในการวิเคราะห์อนุมานข้อมูล ซึ่งได้แก่

2.1 การจำแนก

2.2 การวางหลักการ

2.3 การตั้งข้อสันนิษฐาน

2.4 การเปรียบเทียบ

3. ความสามารถในการตัดสินใจและการลงสรุปความเห็น ได้แก่

3.1 การวิจารณ์

3.2 การประเมินผล

3.3 การตัดสินใจ

ชวาล แพรัตกุล (ม.ป.ป.) กล่าวถึงรายละเอียดของการคิดวิเคราะห์ในแต่ละองค์ประกอบไว้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นความสามารถในการพิจารณาแยกแยะเรื่องราวเหตุการณ์ออกเป็นส่วนย่อย ๆ และสามารถบอกส่วนประกอบที่สำคัญได้ โดยแบ่งย่อยเป็น 3 ชนิด คือ

ชนิดที่ 1 การวิเคราะห์ชนิด ลักษณะ ประเภท

ชนิดที่ 2 การวิเคราะห์สิ่งสำคัญ สิ่งที่มีความหมาย มีนัยสำคัญ

ชนิดที่ 3 การวิเคราะห์เลศนัย เจตนา หรือความคิดที่แฝงอยู่

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการพิจารณา แยกแยะเรื่องราวเหตุการณ์ต่าง ๆ เพื่อหาความเกี่ยวข้องหรือความสัมพันธ์ในลักษณะที่ว่าสัมพันธ์กันอย่างไร ข้อสอบประเภทนี้จะรวมถึงข้อสอบอุปมาอุปไมยด้วย โดยแบ่งย่อยได้เป็น 4 ชนิด คือ

ชนิดที่ 1 วิเคราะห์เกี่ยวกับขนาดของความสัมพันธ์ว่าสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันมากน้อยระดับใด

ชนิดที่ 2 วิเคราะห์ขั้นตอนของความสัมพันธ์ ได้แก่ การวิเคราะห์ลำดับของความสัมพันธ์ว่ามีสิ่งใดเกิดก่อนแล้วส่งผลกระทบต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ตามลำดับถึงสิ่งใดเป็นทอด ๆ

ชนิดที่ 3 วิเคราะห์วัตถุประสงค์และวิธีการ ได้แก่ การวิเคราะห์การกระทำหรือพฤติการณ์และพฤติกรรมนั้น ๆ มีเป้าหมายอะไร ทำเพื่ออะไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกับวัตถุประสงค์และกับหน้าที่วิธีการของเรื่องนั้นในลักษณะใดบ้าง

ชนิดที่ 4 วิเคราะห์สาเหตุและผลที่เกิดตามมา การวิเคราะห์ของสองสิ่งที่เป็นเหตุปัจจัยและเป็นผลซึ่งกันและกันโดยที่ฝ่ายหนึ่งเป็นตัวการต้นเหตุส่งอิทธิพลบางอย่างให้บังเกิดผลบางประการแก่อีกฝ่ายหนึ่ง เช่น ความร้อนทำให้เหล็กขยายตัว เขาอดนอนมากจึงรู้สึกอ่อนเพลีย เป็นต้น

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถในการจำแนกแยกแยะเรื่องราวหรือเหตุการณ์ออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยพิจารณาว่าส่วนย่อยเหล่านั้นทำงานหรือคงสภาพเช่นนั้นได้เพราะอาศัยหลักการใด ข้อสอบการวิเคราะห์หลักการมักถามถึงหลักการที่ยึดถือเทคนิคระเบียบวิธีหรือโครงสร้าง โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

ชนิดที่ 1 วิเคราะห์หาโครงสร้างของเรื่อง วิเคราะห์เกี่ยวกับรูปแบบและโครงสร้างทั่วไปของสิ่งของ เรื่องราวและเหตุการณ์ต่าง ๆ ว่ามีการจัดระเบียบกันอย่างไรจึงสามารถคุมกันเป็นเอกรูปอยู่ได้ และการถามถึงสัดส่วนความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อย ๆ ของเรื่องเหล่านั้น

ชนิดที่ 2 วิเคราะห์หลักการ ความจริงทั่วไปที่ใช้ได้กับสิ่งต่าง ๆ หลายเรื่องในสกุลนั้นและเป็นความจริงพื้นฐานที่บรรดาสูตร กฎของแต่ละเรื่องย่อย ๆ เหล่านั้นยึดถือหรือเป็นต้นกำเนิดของสูตร กฎเหล่านั้น

การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ความหมายของการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

Bloom (1956 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 41-44) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ การแยกแยะส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีจุดมุ่งหมายหรือประสงค์สิ่งใด นอกจากนั้นยังมีส่วนย่อย ๆ ที่สำคัญนั้นแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวพันกันอย่างไร และเกี่ยวพันโดยอาศัยหลักการใด จะเห็นว่าสมรรถภาพด้านการวิเคราะห์จะเต็มไปด้วยการหาเหตุมาใช้ประกอบการพิจารณา การวิเคราะห์จึงต้องอาศัยพฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้มาประกอบการพิจารณา การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์แบ่งแยกย่อยออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. วิเคราะห์ความสำคัญ เป็นการวิเคราะห์ว่าสิ่งที่อยู่นั้นอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทที่สุด ตัวไหนเป็นผล เหตุผลใดถูกต้องและเหมาะสมที่สุด ตัวอย่างคำถามเช่น ศีลห้าข้อใดสำคัญที่สุด

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการหาความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้องส่วนย่อยในปรากฏการณ์หรือเนื้อหานั้น เพื่อนำมาอุปมาอุปไมยหรือค้นหาว่าแต่ละเหตุการณ์นั้นมีความสำคัญอะไรที่ไปเกี่ยวพันกัน ตัวอย่างคำถาม เช่น เหตุใดแสงจึงเร็วกว่าเสียง

3. วิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถที่จะจับเค้าเงื่อนของเรื่องราวนั้นว่ายึดหลักการใด มีเทคนิคหรือยึดหลักปรัชญาใด อาศัยหลักการใดเป็นสื่อสานสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจ ตัวอย่างคำถาม เช่น รถยนต์วิ่งได้โดยอาศัยหลักการใด

Watson and Glaser (1964, p. 11) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ การวัดความสามารถในการวิเคราะห์วิจารณ์ โดยมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเหตุผลในการพิจารณา ในการตัดสินใจเรื่องราวต่าง ๆ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ นอกจากนั้นที่สำคัญก็คือในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ก็จะมีความเกี่ยวข้องเป็นเหตุเป็นผลกัน ซึ่งจะเห็นว่าการคิดวิเคราะห์จะต้องมีการหาสาเหตุและผลมาเพื่อพิจารณาอยู่เสมอ

วารี ว่องพินัยรัตน์ (2530, หน้า 91) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถในการแยกหารายละเอียดของประเด็นต่าง ๆ ของเรื่องราว เหตุการณ์ การกระทำ ความจริง เพื่อนำมาพิจารณาไตร่ตรอง เปรียบเทียบหาสาระหรือแก่นสาร หลักการ ความเกี่ยวโยง หรือหามูลเหตุหรือต้นกำเนิดของสิ่งนั้น

จากการศึกษาค้นคว้า สรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นการศึกษาหาระดับความสาสามารถในการพิจารณาแยกแยะส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยสิ่งใด มีความสำคัญและสัมพันธ์กันอย่างไร สิ่งใดเป็นเหตุ สิ่งใดเป็นผล และที่เป็นอย่างนั้นเป็นไปด้วยหลักการอะไร เป็นการคิดพิจารณาอย่างมีเหตุผลเพื่อหาข้อสรุปหรือหลักการที่จะสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจะศึกษาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนซึ่งเป็นคุณลักษณะความสามารถหนึ่งในโมเดลของผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ โดยจะสร้างแบบวัดคุณลักษณะความสารถใน 3 ด้าน ตามแนวคิดของบลูม คือ ความสามารถในการวิเคราะห์ความสำคัญ ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และความสามารถในการวิเคราะห์หลักการ ซึ่งมีนักวิจัยของไทยหลายท่านใช้แนวคิดของบลูมเป็นกรอบในการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เช่น เทวา รุทเทวิน (2552; ซายารอ สือนิ, 2554) ใช้แนวคิดดังกล่าวเป็นกรอบในการสร้างแบบวัดความสามารถของการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลการวิจัยก็ พบว่า แบบวัดดังกล่าวมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง สำหรับการศึกษาค้นคว้าของนักวิจัยในต่างประเทศการศึกษาวิจัยด้านทักษะในการคิดโดยส่วนใหญ่จะใช้แนวคิดของบลูมเป็นแนวในการกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยเกี่ยวกับทักษะในการคิดเดียวกัน

แนวคิดเกี่ยวกับความสามารถด้านการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นคุณลักษณะพิเศษที่มีอยู่ในมนุษย์ทุกคนแต่จะมีมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่มีคุณค่า และเป็นความต้องการสูงสุดในการจัดการศึกษา เพราะความคิดสร้างสรรค์ในตัวบุคคลถ้าได้รับการพัฒนาส่งเสริมจะเป็นสิ่งที่นำไปสู่การวางแผนเพื่อการปรับปรุง พัฒนา หรือการเปลี่ยนแปลงที่ดีในอนาคตและสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาและประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งนักจิตวิทยา นักการศึกษาและนักวิจัย

ได้อธิบายและสรุปแนวคิดเกี่ยวกับความหมายของความคิดสร้างสรรค์ และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

Torrance (1965, p. 16) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ผลผลิตหรือสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ ที่ไม่รู้จักมาก่อน ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะเกิดจากการรวมความรู้ต่าง ๆ ที่ได้รับจากประสบการณ์แล้วเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ ๆ สิ่งที่เกิดขึ้นไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งที่สมบูรณ์อย่างแท้จริง

Wallach and Kogan (1969) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ว่าเป็นความสามารถที่จะคิดแบบโยงสัมพันธ์ (Association) คือ เมื่อระลึกถึงสิ่งใดได้ก็จะเชื่อมโยงให้ระลึกถึงสิ่งอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กันเป็นลูกโซ่

Wescott and Smith (1967) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่นำประสบการณ์เดิมของตนมาจัดให้อยู่ในรูปแบบใหม่ การจัดรูปแบบใหม่จะเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลซึ่งสอดคล้องกับแอนเดอร์สัน (Anderson, 1990) ที่ว่าการคิดสร้างสรรค์เป็นการดึงประสบการณ์ เดิมออกมาทั้งหมดมาจัดกระทำเพื่อที่จะสร้างแบบแผนใหม่ ๆ ความคิดใหม่ ๆ ออกมา

อารี พันธ์มณี (2540, หน้า 9) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัย (Divergent thinking) อันนำไปสู้การค้นพบสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ ด้วยการคิดดัดแปลงปรุงแต่งจากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ๆ ซึ่งรวมทั้งสิ่งประดิษฐ์คิดค้นต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการคิดทฤษฎีหลักได้สำเร็จ ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้นั้นมิใช่เพียงแต่คิดสิ่งที่เป็นไปได้ สิ่งที่เป็นเหตุเป็นผลเพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากแต่ความคิดจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะก่อให้เกิดความแปลกใหม่ แต่ต้องควบคู่ไปกับความพยายามที่จะสร้างความคิดผันหรือจินตนาการประยุกต์จึงจะทำให้เกิดผลงานจากความคิดสร้างสรรค์ขึ้น

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

Gerhard (1971, p. 157) ได้นิยามความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นการสร้างหรือจัดระบบความคิดใหม่จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ริเริ่มแปลกใหม่ คาดไม่ถึง และมองเห็นผลผลิตในรูปแบบใหม่

Roy (1982, pp. 143-147) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นความคิดความสามารถที่ซับซ้อนแต่ก็สามารถสังเกตได้โดยการใช้เกณฑ์ในการพิจารณา คือ

1. ความสามารถในการสรุปเป็นหลักการทั่วไป
2. ความสามารถในการตีความหมาย

3. ความสามารถในการค้นพบเนื้อหาที่สำคัญ

Haylock (1987, pp. 59-74 cited in Grinstein & Lipsey, 2001, p. 164) กล่าวว่า นักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จะมีความคิดที่เป็นอิสระไม่ยึดติดกับขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบเดิม ๆ พวกเขาต้องการและปรารถนาที่จะเผชิญกับสิ่งที่มีความหลากหลายทั้งทางด้านมุมมองและแนวคิดต่าง ๆ พวกเขาจะมีความสุขไปกับแนวความคิดใหม่ ๆ และมองเห็นคุณค่าในการเรียนคณิตศาสตร์และผลที่พวกเขาได้รับตามมา คือ แนวความคิดใหม่ ๆ นั่นเอง นักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มักมีความคิดรวบยอดในตนเองสูงและจะมีความวิตกในการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ

ทิพย์บุบผา สาคร (2546, หน้า 18) ได้ให้ความหมายของคำว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้กว้างไกลหลายทิศทางด้วยการปรับปรุง ดัดแปลง ต่อเติม หาความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าในแง่มุมต่าง ๆ อันที่จะทำให้เกิดสิ่งที่แปลกใหม่

กชกร รุ่งหัวไผ่ (2547, หน้า 51) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่า หมายถึง ความสามารถทางการคิดของนักเรียนที่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่ มีความยืดหยุ่นและมีความหลากหลาย โดยมีสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมา

จากการศึกษาความหมายของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัย (Divergent thinking) อันนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่ มีความยืดหยุ่นและมีความหลากหลาย ด้วยการคิดดัดแปลงปรุงแต่งความรู้และประสบการณ์เดิมผสมผสานกันให้เกิดวิธีการใหม่ ๆ โดยมีสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมา

แนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ด้านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

Hadamard (1945 cited in Busses & Manfield, 1980, p. 96) นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยกล่าวว่า กระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มี 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นตอนที่ได้รับปัญหาและบุคคลมีการกระทำต่อปัญหาในระดับที่รู้ตัว (Conscious) อย่างเป็นระบบ (Systematic) โดยวิธีการเชิงตรรก (Logical approach) ซึ่งความพยายามในระดับที่รู้ตัวนี้เป็นการกระตุ้นให้เห็นแนวทางทั่ว ๆ ไปในการแก้ปัญหา ซึ่งแนวทางดังกล่าวจะเข้าสู่กระบวนการคิดที่ไม่รู้ตัว

2. ขั้นครุ่นคิด (Incubation) เป็นขั้นตอนที่มีกระบวนการคิดที่ไม่รู้ตัว (Unconscious Thinking processes) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่เกิดจากการรวมกันของความคิดต่าง ๆ แบบสุ่มและจะมีเพียงความคิดที่ดีเท่านั้นที่จะขึ้นสู่ระดับความรู้ตัว (Consciousness)

3. ขั้นรู้แจ้ง (Illumination) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นในระดับรู้ตัว (Consciousness)

4. ขั้นตรวจสอบ เสนอผลงาน และการนำไปใช้ (Verification, Exposition, and utilization of the results) เป็นขั้นสุดท้ายของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้นในระดับรู้ตัว

Guilford (1967 อ้างถึงใน กรมวิชาการ, 2535, หน้า 16) กล่าวว่า คนที่มีความคิดสร้างสรรค์จะต้องมีความฉับไวที่จะรับรู้ปัญหา มองเห็นปัญหา สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดใหม่ ๆ ได้ง่าย ๆ มีความสามารถที่จะสร้างหรือแสดงความคิดเห็นใหม่ ๆ และปรับปรงแก้ไขให้ดีขึ้น ซึ่งวิธีการคิดของคนเราเป็นตามลำดับขั้น ดังนี้

1. การรู้และการเข้าใจ (Cognition) หมายถึง ความสามารถของสมองในการเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว

2. การจำ (Memory) คือ ความสามารถของสมองในการสะสมข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาและสามารถระลึกออกมาได้ตามที่ต้องการ

3. การคิดแบบอเนกนัย (Divergent thinking) หมายถึง ความสามารถของสมองในการให้การตอบสนองได้หลาย ๆ อย่างจากสิ่งเร้าที่กำหนดให้โดยไม่จำกัดจำนวนคำตอบ

4. การคิดแบบเอกนัย (Convergent thinking) หมายถึง ความสามารถของสมองในการให้การตอบสนองที่ถูกต้องและดีที่สุดจากข้อมูลที่กำหนดให้

5. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถของสมองในการตัดสินข้อมูลที่กำหนดให้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ด้านองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

Guilford (1967 อ้างถึงใน กรมวิชาการ, 2535, หน้า 16) จัดวิธีการคิดแบบอเนกนัยว่าเป็นความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งหมายถึง ความสามารถของบุคคลที่ใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการคิดที่ก่อให้เกิดสิ่งต่าง ๆ ใหม่ ๆ เป็นความสามารถของบุคคลที่จะประยุกต์ใช้กับงานหลาย ๆ ชนิด ซึ่งประกอบด้วยลักษณะดังต่อไปนี้

1. ความคิดริเริ่ม
2. ความคิดคล่อง
3. ความคิดยืดหยุ่น
4. ความคิดละเอียดลออ

ความคิดริเริ่ม หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้น เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิด กล้าลองเพื่อทดสอบความคิดของตน บ่อยครั้งต้องอาศัยความคิดจินตนาการหรือที่เรียกว่าความคิดจินตนาการประยุกต์ คือ ไม่ใช้คิดเพียงอย่างเดียว แต่จำเป็นต้องคิดสร้างและหาทางทำให้เกิดผลงานด้วย ความคิดริเริ่มนั้นสามารถอธิบายได้สามลักษณะ คือ

1. ลักษณะทางกระบวนการ คือ เป็นกระบวนการคิดและสามารถแตกความคิดจากของเดิมไปสู่ความคิดแปลกใหม่ที่ไม่ซ้ำกับของเดิม
2. ลักษณะของบุคคล คือ บุคคลที่มีความคิดริเริ่มจะเป็นบุคคลที่มีเอกลักษณ์ของตนเอง เชื่อมั่นในตนเอง กล้าลอง กล้าแสดงออก ไม่ขลาดกลัวต่อความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือแต่เต็มใจและยินดีที่จะเผชิญและเสี่ยงกับสภาพการณ์ดังกล่าว บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นบุคคลที่มีสุขภาพจิตดีด้วย
3. ลักษณะทางผลิตผล คือ ผลงานที่เกิดจากความคิดริเริ่มเป็นงานที่แปลกใหม่ไม่เคยปรากฏมาก่อน มีคุณค่าทั้งต่อตนเองและเป็นประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวม คุณค่าของงานจึงมีตั้งแต่ระดับต้น เช่น ผลงานที่เกิดจากความต้องการแสดงความคิดอย่างอิสระ ซึ่งเกิดจากแรงจูงใจของตนเอง ทำเพื่อสนองความต้องการของตนเองโดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของงานและค่อย ๆ พัฒนาขึ้นโดยเพิ่มทักษะบางอย่าง ต่อมาจึงเป็นขั้นงานประดิษฐ์ซึ่งเป็นสิ่งที่คิดค้นใหม่ไม่ซ้ำกับใคร นอกจากนั้นก็พัฒนางานประดิษฐ์ให้ดีขึ้นจนเป็นขั้นสูงสุด

ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่วรวดเร็วและมีคำตอบในปริมาณที่มากในเวลาจำกัด แบ่งออกเป็น

1. ความคิดคล่องทางด้านถ้อยคำ (Word fluency) ซึ่งเป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่วนั่นเอง
2. ความคิดคล่องทางด้านการโยงสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดที่จะมากได้ภายในเวลากำหนด

3. ความคิดคล่องทางด้านการแสดงออก (Expressional fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค เป็นความสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

4. ความคล่องในการคิด (Idealtional fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เป็นความสามารถอันดับแรกในการที่จะพยายามเลือกเฟ้นให้ได้ความคิดที่ดีและเหมาะสมที่สุด จึงจำเป็นต้องคิดออกมาให้ได้มาก หลายอย่างและแตกต่างกัน แล้วจึงนำเอาความคิดที่ได้มาทั้งหมดมาพิจารณาเปรียบเทียบกันว่าความคิดอันใดจะเป็นความคิดที่ดีที่สุด

ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง แบ่งออกเป็น

1. ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายอย่างอย่างอิสระ

2. ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive flexibility) เป็นความสามารถที่จะคิดได้หลากหลายและสามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้

ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความคิดในรายละเอียดที่แตกต่างหรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นยิ่งในการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ พัฒนาการของความคิดละเอียดลออนั้นขึ้นอยู่กับ

1. อายุ เด็กที่มีอายุมากจะมีความสามารถทางด้านนี้มากกว่าเด็กอายุน้อย

2. เพศ เด็กหญิงจะมีความสามารถมากกว่าเด็กชายในด้านความคิดละเอียดลออ

3. ความสังเกต เด็กที่มีความสามารถด้านการสังเกตสูงจะมีความสามารถทางด้านความคิดละเอียดลออสูงด้วย

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า พฤติกรรมที่เป็นความคิดสร้างสรรค์นี้เป็นความสามารถด้านหนึ่งของเชาวน์ปัญญา เป็นการคิดหลายทิศทาง (Divergent thinking) ที่ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

Torrance (1973, pp. 91-95) เป็นผู้ที่นำแนวคิดและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ดมาใช้ศึกษาวิจัยในรูปแบบของการเรียนการสอน ซึ่งทอร์แรนซ์ได้สนใจที่จะศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยเน้นความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบ คือ

1. ความคิดคล่อง เป็นความสามารถในการผลิตความคิดได้หลากหลายเพื่อตอบสนองต่อคำถามปลายเปิดและคำถามอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นความคิดทางภาษาหรือท่าทาง เช่น ความสามารถทางคณิตศาสตร์ ดนตรี และศิลป เป็นต้น หรืออาจจะกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็นความคิดคล่องทางด้านการโยงสัมพันธ์

2. ความคิดยืดหยุ่น เป็นความสามารถในการกระทำต่อปัญหาได้หลากหลาย คิดได้หลากหลาย และสามารถแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ได้หลาย ๆ ด้าน

3. ความคิดริเริ่ม เป็นความคิดที่แปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากความคิดธรรมดา หรือความคิดที่แตกต่างไปจากบุคคลอื่น หรือเป็นการรวมกันของความคิดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันมาก่อนทั้งในด้านความคิดหรือการกระทำ

การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

มีนักวิจัยหลายท่านที่ทำการศึกษาค้นคว้าทางด้านการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยสร้างเครื่องวัดความสามารถความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็น 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอ ดังนี้

Balka (1974, pp. 633-636) อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ วิทยาลัยเซนต์แมรี่ นอเตอร์ ดัม (Saint Mary's College, Notre Dame) รัฐอินเดียนา สหรัฐอเมริกา ได้สร้างเกณฑ์ที่ใช้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนขึ้นมา 25 เกณฑ์ แล้วนำเกณฑ์ดังกล่าวไปสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่ม ได้แก่ นักคณิตศาสตร์ นักวิชาการคณิตศาสตร์ และครูผู้สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษา แล้วคัดเลือกเกณฑ์ที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน 80% ขึ้นไป จากการสำรวจ พบว่า ได้เกณฑ์ที่ใช้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 6 ด้าน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการวางหลักการหรือกฎเกณฑ์ในลักษณะเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการนำข้อมูลหรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้มาสรุปเป็นหลักการทั่วไปหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการทางตรรกศาสตร์

2. ความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดหาคำตอบที่ถูกต้องหรือสร้างชุดคำตอบที่หลากหลายจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้โดยไม่จำกัดจำนวน

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดวิธีการแก้ปัญหาได้หลาย ๆ วิธี และสามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมและแตกต่างจากวิธีเดิมหรือเป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวิธีการคิดเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

4. ความสามารถในการพิจารณาหรือประเมินปัญหาตลอดจนการคาดคะเนถึงผลที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคาดคะเน

เรื่องราวหรือทำนายเหตุการณ์ต่าง ๆ ในอนาคตได้อย่างถูกต้องโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้กับเหตุการณ์ในอนาคตตามเงื่อนไขที่เป็นไปได้

5. ความสามารถในการค้นหาข้อผิดพลาดหรือสิ่งที่ขาดหายไปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการตรวจสอบหาข้อผิดพลาดหรือสิ่งที่ขาดหายไปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้และสามารถคิดหาคำตอบที่ถูกต้องได้

6. ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อย ๆ ที่เจาะจงได้ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการจับประเด็นของปัญหาและการคิดวิธีแก้ปัญหาโดยการแยกแยะปัญหาย่อย ๆ เพื่อนำไปคิดหาคำตอบตามลำดับขั้นตอนจนได้คำตอบที่ถูกต้อง

หลังจากได้เกณฑ์ที่ใช้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แล้ว Balka ได้นำเกณฑ์ดังกล่าวมาสร้างเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยใช้สำหรับทดสอบนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 และเกรด 8 แล้วจึงนำแบบทดสอบดังกล่าวไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางคณิตศาสตร์ตรวจพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขจนเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Creative ability in mathematics test: CAMT)

Balka ได้นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตสาสตร์ที่สร้างขึ้นและแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของมินเนโซตา (Minnesota test of creative thinking) ไปทดสอบกับนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 และเกรด 8 จำนวน 500 คน แล้วนำมาตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ 3 ลักษณะ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม แล้วนำคะแนนมาวิเคราะห์ผลโดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยใช้คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และคะแนนจากแบบวัดเชาว์ปัญญาของทางโรงเรียนเป็นเกณฑ์ ผลการวิจัย พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวประกอบด้วยการคิด 2 ลักษณะ คือ การคิดแบบอเนกนัย ได้แก่ ด้านที่ 1, 4, 5 และ 6 และความคิดแบบเอกนัย ได้แก่ ด้านที่ 2 และ 3 และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เชาว์ปัญญา และความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

สุภาวดี ตั้งบุบผา (2533, หน้า 153-158) ได้สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่มเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2532 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร แบบทดสอบที่สร้างวัดเกี่ยวกับ

ความสามารถของบุคคลที่แสดงความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย 7 ด้าน ดังนี้

1. ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการตั้งคำถาม หรือโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้โดยไม่จำกัดจำนวน ซึ่งโจทย์ปัญหาที่สร้างขึ้นมาเมื่อคำนวณแล้วได้ผลลัพธ์ตรงกับคำตอบที่กำหนดให้

2. ความสามารถในการสร้างแบบรูปทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการสร้างชุดคำตอบจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยไม่จำกัดจำนวน

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างไปจากวิธีการเดิมจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยไม่จำกัดจำนวน

4. ความสามารถในการคาดคะเนถึงผลที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคาดคะเนเรื่องราวทำนายเหตุการณ์ต่าง ๆ จากความสัมพันธ์ที่ได้ในการเปรียบเทียบเหตุการณ์ครั้งนั้น แล้วขยายความไปสู่เหตุการณ์หรือเรื่องราวในอนาคตได้อย่างถูกต้องจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ในปริมาณที่เป็นไปตามเงื่อนไข

5. ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบและวิธีการคิด หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดหาคำตอบโดยที่สามารถตรวจสอบวิธีการคิดและคำตอบที่ถูกต้องได้จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ในปริมาณที่เป็นไปตามเงื่อนไข

6. ความสามารถในการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ไปใช้เป็นกรณีทั่วไป หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการให้ข้อมูลที่เป็นคำตอบจากการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ไปใช้ได้อย่างไม่จำกัดจำนวน

7. ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลข หรือเรขาคณิต หรือรูปเรขาคณิต 2 มิติ หรือ 3 มิติ หรือการจัดกระทำทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการจัดกลุ่มจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยใช้กฎเกณฑ์หรือสมบัติหรือลักษณะบางอย่างที่ร่วมกันได้อย่างไม่จำกัด

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ (Guilford, 1967 อ้างถึงใน กรมวิชาการ, 2535, หน้า 16) คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และ ความคิดละเอียดลออ แต่ในการสร้างเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ในงานวิจัยต่าง ๆ

โดยส่วนใหญ่จะวัดใน 3 องค์ประกอบ คือ คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ไม่มีการวัดทางด้านความคิดละเอียดลออ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่า เด็กผู้หญิงความสามารถด้านความคิดละเอียดลออมากว่าเด็กผู้ชาย ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการเสียเปรียบในกลุ่มเด็กผู้ชายในการทำข้อสอบ และจากความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษที่ให้โดยเรนซูลี่ (Renzulli, 2005 cited in Clay-Warner & McMahon 2009, p. 52) ที่กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษจะมีคุณลักษณะที่สัมพันธ์ซึ่งกันและกัน 3 คุณลักษณะ คือ มีความสามารถเหนือความสามารถเฉลี่ย มีความมุ่งมั่นในการทำงาน และมีความคิดสร้างสรรค์ โดยเฉพาะในเรื่องความคิดสร้างสรรค์เรนซูลี่ กล่าวว่าจะประกอบด้วยคุณลักษณะ 3 ด้าน คือ ความคล่องแคล่วในการคิด (Fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Originality) และจากการศึกษาค้นคว้าของนักวิจัยไทยท่านอื่น ๆ สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เช่น ธิดารัตน์ ธนะขว้าง (2553; สิทธิพล อาจอินทร์, 2539; สำรวล สัณฐมิตร, 2551) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยวัดใน 3 คุณลักษณะดังกล่าว ผลปรากฏว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้น มีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ทางด้านนักวิจัยในต่างประเทศที่ได้ให้นิยามของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่าขึ้นอยู่กับความคล่องแคล่ว ความยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม เช่น Pitta-Pantazi et al. (2011; Mann, 2005) ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ในการวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยจึงได้สร้างข้อสอบวัดคุณลักษณะใน 3 ด้าน คือ ความคล่องแคล่วในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิด และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

การคัดแยกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ

เกรียงศักดิ์ สังข์ชัย (2542, หน้า 12-13) ได้กล่าวว่า การเสาะหานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษต้องอาศัยกระบวนการในการตรวจสอบหลาย ๆ ลักษณะที่ต่างกันนอกเหนือ จากการสังเกตและกระตุ้นด้วยกิจกรรม ควรกระทำการเสาะหาให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ซึ่งตามหลักการนักเรียนจะส่อแววความสามารถพิเศษให้เห็นแต่เยาว์วัยก่อนเข้าโรงเรียน หากถูกละเลยไม่ได้รับการส่งเสริมสนับสนุนในเยาว์วัยก็ควรจะต้องเสาะหาแววที่หลงเหลืออยู่ในห้วงเวลาต่อไป และในการเสาะหานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ ต้องมีกระบวนการขั้นตอนต่าง ๆ ที่รัดกุมและสามารถกระทำได้หลาย ๆ วิธี ซึ่งได้เสนอวิธีการอย่างกว้าง ๆ ไว้ 3 วิธี คือ

1. พิจารณาจากแววของนักเรียนที่แสดงความสามารถออกมาอย่างเด่นชัด

2. พิจารณาการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนว่ามีความสนใจและเอาใจใส่ต่อกิจกรรมต่าง ๆ มากน้อยเพียงใด

3. ใช้เครื่องมือที่เป็นทางการ หรือเครื่องมือที่เจาะลึกเฉพาะด้าน เช่น แบบเสนอชื่อสำหรับครู แบบแสนอชื่อสำหรับบิดามารดา/ ผู้ปกครอง แบบเสนอชื่อสำหรับเพื่อน แบบเสนอชื่อ

สำหรับตนเอง แบบทดสอบสติปัญญารายบุคคล แบบทดสอบวัดทัศนคติ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเชิงวิชาการ ผลงานดีเด่นและรูปแบบการเรียนรู้ เป็นต้น

ดุษฎี บริพัตร ณ อยุธยา (2542, หน้า 49-57) ได้กล่าวว่า นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษนั้น ส่วนหนึ่งคัดแยกเพราะมีผลงานชัดแจ้ง มีโอกาสได้แสดงความสามารถเต็มที่ แต่อีกส่วนหนึ่งทำการคัดแยกได้ยาก เพราะนักเรียนปิดบังซ้อนเร้นความสามารถไว้อย่างมิดเม้น เป็นต้นว่า นักเรียน 4 ขวบ อ่านหนังสือออกแล้ว แต่ไม่เคยแสดงให้ใคร ๆ ที่โรงเรียนทราบเลยเพราะไม่มีเพื่อนคนใดอ่านกัน ผู้ที่เกี่ยวข้องไม่ว่า พ่อแม่ ผู้ปกครองหรือครูเมื่อสังเกตเห็น “แวว” นักเรียนใช่ว่าจะลงความเห็นได้ทันทีว่าเด็กปัญญาเลิศ ต้องผ่านการกลั่นกรองถึง 3 ขั้นตอน

ขั้นแรก คือ ขั้นเสนอชื่อ (Nomination) จะต้องเป็นผู้ใกล้ชิดและรู้จักนักเรียนดีพอ เช่น พ่อแม่ ผู้ปกครอง ครู อาจารย์ หรือแม้แต่เพื่อนฝูงและตัวนักเรียนเอง เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบฟอร์มสำหรับเสนอชื่อเรียกตามผู้ใช้ดังนี้ ของพ่อแม่เรียกว่า Parent nomination form ของครูเรียกว่า Teacher nomination form

ขั้นที่สอง คือ ขั้นใช้เครื่องมือคัดแยกอย่างหยาบ ๆ (Screening) เป็นเกณฑ์คัดแยกตามหลักวิชาการ (Formal method) เป็นเครื่องมือซึ่งง่าย ๆ รวดเร็ว ผู้ใช้ต้องมีความชำนาญ อาจถึงขั้นนักจิตวิทยาก็เป็นได้ ใช้ทดสอบเด็กวัยก่อนเรียนก็ได้ผลดีมาก เป็นแบบทดสอบที่ไม่ต้องการข้อเขียน (Oral tests)

ขั้นที่สาม คือ ขั้นที่ใช้เครื่องมือตรวจสอบแบบต่าง ๆ ซึ่งต้องใช้เครื่องมือทางวิชาการเพื่อทดสอบดูสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ที่ใช้มากที่สุดก็คือ

1. แบบทดสอบภูมิปัญญาทั่วไปเป็นรายบุคคล (Individual intelligence tests) เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

2. แบบทดสอบภูมิปัญญาทั่วไปเป็นกลุ่ม (Group intelligence tests) เป็นแบบทดสอบที่ใช้งบประมาณน้อยกว่าแบบแรก แต่ไม่ควรใช้แบบทดสอบนี้เพียงอย่างเดียว ควรใช้ควบคู่กับแบบทดสอบเป็นรายบุคคลและข้อทดสอบทางบุคลิกภาพ (Group personality tests)

3. แบบทดสอบความถนัด (Aptitude tests) สร้างขึ้นเพื่อวัดความถนัดด้านต่าง ๆ ในด้านสังคม (Social metric tests) ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ ทางศิลปะ ด้านคำนวณและอื่น ๆ

4. แบบสำรวจความสนใจ (Interest inventories) มักใช้ควบคู่กับแบบทดสอบความถนัดเพราะความถนัดบางทีสวนทางกับความสนใจ

5. ระเบียนต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับรายงานประวัติ รวมทั้งประวัติสุขภาพ ผลการเรียน แต่หนหลังที่เก็บใส่แฟ้มไว้หรือถ่ายเอกสารไว้ก็ได้

ถึงแม้ว่าจะผ่านการกลั่นกรองแล้วทั้งสามขั้นตอนความผิดพลาดก็ยังมีโอกาสมีขึ้นได้ อันที่จริงความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เกิดขึ้นได้เสมอ ไอคิว (คะแนนเชาวน์ปัญญา) หากเพิ่มขึ้นได้ก็ลดได้ มีเหตุผลหลายอย่างที่เป็นตัวแปรทำให้เกิดความไม่แน่นอน เช่น อารมณ์นักเรียน ความรู้สึกนึกคิดของผู้ใหญ่ที่มีอคติเจือปนอยู่เบื้องต้น ทดสอบอย่างเป็นพิธีรีตองหนนี้แล้วต้องทิ้งไปอีกระยะหนึ่งแล้วทดสอบอีกเพื่อให้มีเปอร์เซนต์แน่นอน โดยปกตินักเรียนที่มีมันสมองดีเลิศขั้นอัจฉริยะนั้นเห็นได้ชัดแทบจะไม่ต้องทดสอบเพราะผลงานเป็นดรรชนีบ่งบอกได้อย่างดี แต่นักเรียนที่อยู่ในระดับรอง ๆ ลงมาจะยึดถือไอคิวเป็นตัวเลขแน่นอนไม่ได้ โดยเฉพาะถ้าปัญหาต่าง ๆ ติดตัว เช่น เด็กที่มีปัญหาทางจิต ทางกาย ทางความประพฤติ ปัญหาเหล่านี้เสมือนเมฆหมอกปิดบังครอบคลุมระดับความสามารถอันแท้จริงของสมอง

เกรียงศักดิ์ สังข์ชัย (2542, หน้า 14-15) ได้กล่าวว่า การพิจารณาคัดแยกนักเรียนคนใดเป็นผู้มีความสามารถพิเศษนั้นเป็นเรื่องที่มีความละเอียดอ่อน สลับซับซ้อน ค่อนข้างยุ่งยากและต้องกระทำกันอย่างระมัดระวัง โดยมีการวางแผนในการเตรียมการอย่างแน่นอนและกระจ่างชัดตรงกันเกี่ยวกับเรื่องนี้ในปัจจุบันจะเห็นว่าการจัดการเรียนโดยทั่วไปยังไม่ส่งเสริมและสนับสนุนให้นักเรียนได้พัฒนาศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่ แต่มีบุคคลบางกลุ่มได้พยายามรวบรวมเครื่องมือหรือวิธีการต่าง ๆ มาช่วยครูผู้สอนในด้านการคัดแยกนักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษนี้ ทำให้ครูผู้สอนและผู้เกี่ยวข้องทราบว่านักเรียนคนใดมีแววแสดงออกถึงความอัจฉริยะในด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายด้าน ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะทำให้เกิดประโยชน์ในแง่ของการพัฒนาศักยภาพนักเรียนไปสู่อัจฉริยภาพของแต่ละบุคคลตามธรรมชาติ ความถนัด ความสนใจ และศักยภาพที่แฝงเร้นอยู่ในตัวนักเรียนได้มากขึ้น

ดวงเดือน อ่อนน่วม (2529, หน้า 20) กล่าวไว้ว่า การคัดแยกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษต้องดำเนินการด้วยความรอบคอบ ละเอียดถี่ถ้วน มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยต้องดำเนินตามกระบวนการ/ ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดนิยามของคำว่า “นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ” ให้ชัดเจน
2. กำหนดแหล่งข้อมูลที่จะได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน
3. เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ จากแหล่งข้อมูล
4. กำหนดวิธีการพิจารณาข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจในการคัดแยกนักเรียน

ศรียา นิยมธรรม (2535, หน้า 389-390) มีความเห็นสอดคล้องกับ ดุษฎี บริพัตร ณ อยุธยา (2542) ซึ่งได้กล่าวว่า การคัดแยกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ สามารถกระทำได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเสนอ เป็นขั้นที่ใกล้ชิดและรู้จักเป็นอย่างดี เช่น บิดา มารดา/ ผู้ปกครอง ครูผู้สอน เพื่อน ตัวนักเรียนเอง และสังคมเป็นผู้ให้รายละเอียด โดยใช้เครื่องมือเป็นแบบเสนอชื่อ

และเรียกชื่อตามผู้ใช้ เช่น แบบเสนอชื่อสำหรับบิดา มารดา/ ผู้ปกครอง แบบเสนอชื่อสำหรับครู เป็นต้น

ขั้นที่ 2 ขั้นคัดแยกอย่างเป็นทางการ เป็นการคัดแยกที่ใช้เกณฑ์การคัดแยกตามหลักวิชา โดยใช้เครื่องมือง่าย ๆ และรวดเร็ว จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และความชำนาญเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือเหล่านั้นเป็นอย่างดี เช่น แบบคัดแยกแป้นหมุน แบบทดสอบคำศัพท์ เป็นต้น

ขั้นที่ 3 ขั้นวินิจฉัย เป็นการใช้เครื่องมือเจาะลึกเฉพาะด้านซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือประเภทต่าง ๆ เช่น แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเชิงวิชาการ แบบทดสอบสติปัญญารายบุคคล แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบความถนัด แบบทดสอบวัดทัศนคติ เป็นต้น

จะเห็นได้ว่า กระบวนการคัดแยกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษเป็นสิ่งละเอียดอ่อน สลับซับซ้อน ยุ่งยาก ต้องมีการวางแผนเตรียมการชัดเจน ผู้วิจัยจึงเสนอข้อดีข้อจำกัดเกี่ยวกับการคัดแยกเด็กปัญญาเลิศดังที่ สุรีพร ศิริมาลย์ (2539, หน้า 24-25) กล่าวไว้ ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ข้อดี ข้อจำกัดเกี่ยวกับวิธีการคัดแยกเด็กปัญญาเลิศ

วิธีการ	ข้อดี	ข้อจำกัด
1. ความเห็นของครู (Teacher nomination)	1. เป็นผู้ที่ใกล้ชิดกับเด็ก รู้จักลักษณะนิสัยของเด็ก มีโอกาสได้เปรียบมาก	1. อาจจะปล่อยให้เด็กที่เรียนไม่ดีเท่าที่ควร (Underachiever) เด็กที่มีภูมิหน้าภูมิหลังต่างกัน เด็กที่มีปัญหาทางแรงบันดาลใจหรือเด็กที่ชอบทะเลาะวิวาทหรือเด็กเฉื่อยชา
2. ความเห็นของผู้ปกครอง (Parent nomination)	2. ใกล้ชิดกับเด็ก มีข้อมูลที่สมบูรณ์เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ	2. พ่อแม่อาจจะยกย่องภูมิปัญญาเด็กเกินไปหรือจัดเด็กไว้ต่ำกว่าที่ควร
3. ความเห็นของเพื่อน และ ความเห็นของตนเอง (Peer and self)	3. “ต้องการเพียงหนึ่งให้เห็นชัดอีกหนึ่งเป็นอย่างไร (It take one to know one) 4. เป็นแนวทางให้ทราบว่าควรจะมองหาอะไร	3. เด็กที่มีภูมิปัญญาเลิศหลายคนปิดบังซ่อนเร้นความสามารถของตนไว้ 4. ไม่เหมาะกับเด็กบางคนอาจทำให้เข้าใจผิดได้

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วิธีการ	ข้อดี	ข้อจำกัด
4. แบบสำรวจทั่วไปและเฉพาะแบบตรวจรายการ	5. ใช้เป็นเครื่องมือคัดเลือกเบื้องต้นเพื่อช่วยถ่วงดุลกับการสังเกตของครู	5. ไม่อาจใช้กับเด็กมีปัญหาทางอารมณ์หรือขาดแรงจูงใจหรือเด็กที่มีปัญหาทางการอ่านหรือเด็กที่มีวัฒนธรรม เชื่อชาติซึ่งมีภูมิหลังแตกต่างกัน
5. แบบทดสอบเชาวน์ปัญญา (Intelligent test)	5.1 ดีที่สุดแต่หมดเปลืองมาก เพราะต้องใช้ผู้ที่มีอาชีพทางนี้โดยตรงวัดสมรรถภาพได้กว้างขวางพอสมควร สามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมได้	5.1 ไม่สะดวกโดยเฉพาะเมื่อมีงบประมาณจำกัด ภูมิหลังต่างกันไม่ได้ผลแน่นอนเสมอไป
5.1 แบบทดสอบเชาวน์ปัญญารายบุคคล (Individual intelligence test)		
5.2 แบบทดสอบเชาวน์ปัญญาเป็นกลุ่ม (Group intelligence test)	5.2 ใช้กรองเด็กในขั้นแรกได้ดี มักจะได้เด็กที่มีภูมิปัญญาสูงจำนวนมาก	5.2 เด็กที่อ่านหนังสือไม่คล่องมักจะไม่มีโอกาสได้คะแนนดี เด็กที่ได้ชื่อว่าเป็นเด็กปัญญาเลิศต้องได้คะแนนเกือบเต็ม
6. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ (Achievement test)	6. ช่วยในการจัดหารายละเอียดต่าง ๆ ได้กว้างขวางขึ้น	6. ไม่น่าใช้ในการคัดแยกความสามารถที่แท้จริงของเด็กหรือคัดแยกการเป็นผู้นำหรือทักษะทางสังคม
7. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ (Creatively test)	7. ให้โอกาสในการแสดงคุณภาพ การคิดเป็นและความคิดอเนกนัย	7. วัดยาก และเสียเวลา

เกณฑ์ในการคัดแยกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ

ในการกำหนดค่าเพื่อจำแนกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษนั้น มีผู้กล่าวถึงไว้ดังนี้

Stanley (1979) ได้กล่าวว่า การคัดแยกเด็กที่มีความสามารถพิเศษโดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ที่เป็นมาตรฐานเด็กที่มีความสามารถพิเศษจะต้องได้คะแนนเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97 ขึ้นไป

Fox (1981) กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษจะทำคะแนนจากแบบสอบเชาวน์ปัญญาได้ตั้งแต่ $\overline{X}$ + 2SD ขึ้นไป

New Mexico State Board of Education (1988) ได้ให้ความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษว่า เป็นนักเรียนที่ถูกวัดโดยแบบสอบวัดความสามารถทางปัญญา และได้คะแนนมากกว่า $\overline{X}$ + 2SD และในแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ได้คะแนนเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 ขึ้นไป

Davis and Rimm (1994) ได้กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษเป็นเด็กที่มีความสามารถทางปัญญาโดยทำคะแนนในตำแหน่งเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97 หรือได้คะแนนตั้งแต่ $\overline{X}$ + 2SD

Sheffield (1999 cited in Douglas & Dennis, 2009, p. 38) กล่าวว่า เด็กที่มีเรียกว่ามีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์จะต้องได้คะแนนผลการสอบมาตรฐานระดับชาติอยู่ในระดับสูงสุด 2.5% ของประชากร

ผดุง อารยะวิญญู (2553) ได้กล่าวว่า เกณฑ์ในการตัดสินในว่าเด็กคนใดเป็นเด็กที่มีความสามารถพิเศษโดยใช้คะแนนรวมจากแบบสอบวัดสติปัญญาที่มีความเบี่ยงเบน $\overline{X}$ + 2SD เป็นจุดตัด เด็กที่ได้คะแนนสูงกว่าจุดตัดดังกล่าวจัดเป็นเด็กที่มีความสามารถพิเศษ

จากที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงสรุปเกณฑ์ในการคัดแยกเด็กที่มีความสามารถพิเศษว่า เด็กที่จะเรียกว่าเป็นเด็กที่มีความสามารถพิเศษจะต้องได้คะแนนจากผลการทดสอบมาตรฐานอยู่ในตำแหน่งเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97 หรือได้คะแนนตั้งแต่ $\overline{X}$ + 2SD ขึ้นไป

ตอนที่ 2 แนวคิดและหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาแบบวัด

ความหมายของแบบทดสอบมาตรฐาน

แบบทดสอบมาตรฐาน คือ แบบทดสอบที่มีความเป็นมาตรฐาน 3 อย่าง คือ ความเป็นมาตรฐานในวิธีดำเนินการสร้าง ความเป็นมาตรฐานในการดำเนินการสอบ และความเป็นมาตรฐานในการให้คะแนน (ชวาล แพรัตกุล, 2520; Aiken, 1991, p. 59) ซึ่งแยกกล่าวได้ดังต่อไปนี้

1. ความเป็นมาตรฐานในวิธีดำเนินการสร้าง คือ ดำเนินการสร้างอย่างมีหลักเกณฑ์ถูกต้องตามหลักวิชา และสร้างได้ครอบคลุมจุดมุ่งหมาย เนื้อหาที่จะทำการวัด มีการตรวจสอบหรือวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบทั้งรายข้อ และรายฉบับว่ามีคุณภาพสูงพอที่จะนำไปสอบวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น มีค่าอำนาจจำแนกสูง มีความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นสูง มีความคลาดเคลื่อนมาตาฐานในการวัดต่ำ มีเกณฑ์ปกติที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากพอที่จะเป็นตัวแทนความสามารถของประชากรได้

2. ความเป็นมาตรฐานในการดำเนินการสอบ คือ สามารถควบคุมหรือจัดระบบการสอบให้อยู่ในแนวหรือระบบเดียวกันได้ ไม่ทำให้คลาดเคลื่อนหรือเกิดความไม่ยุติธรรมในการสอบแต่ละครั้ง มีการกำหนดวิธีดำเนินการสอบไว้อย่างเป็นขั้นตอน และละเอียดถี่ถ้วนเพื่อให้สามารถ

เปรียบเทียบคะแนนกันได้อย่างเที่ยงตรง ซึ่งจำแนกเป็นขั้นตอนเป็น 3 ขั้นตอน คือ (ชวาล แพรัตกุล, 2520; Aiken, 1991, pp. 60-63)

ขั้นที่ 1 การเตรียมตัวก่อนสอบ

ขั้นที่ 2 วิธีดำเนินการสอบ

ขั้นที่ 3 วิธีดำเนินการเมื่อหมดเวลาสอบ

องค์ประกอบของแบบทดสอบมาตรฐาน

1. ตัวแบบทดสอบ (Test)

โดยทั่ว ๆ ไปจะพิมพ์เป็นฉบับมีปกหน้าและปกหลัง บนปกจะบอกชื่อแบบทดสอบ จุดมุ่งหมายขอแบบทดสอบโดยสรุป คำชี้แจงของแบบทดสอบโดยสรุป ซึ่งจะต้องมีตัวอย่างข้อสอบประกอบด้วย ภายในประกอบด้วยข้อสอบที่มีคุณภาพสูง มีประสิทธิภาพในการวัดสูง และตัวแบบทดสอบจะต้องมีรูปที่สะดวกแก่การอ่าน และการดำเนินการสอบ

2. คู่มือแบบทดสอบ (Test manual)

เป็นเอกสารประกอบแบบทดสอบ ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับแบบทดสอบฉบับนั้นซึ่งจะควบคุมวิธีการดำเนินการสอบ การให้คะแนน การแปลความคะแนนให้อยู่ในระบบเดียวกัน และประกอบด้วยส่วนสำคัญดังต่อไปนี้ (American Psychological Association, 1986)

2.1 เหตุผลและหลักในการสร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชานั้น ๆ ว่า สร้างขึ้นโดยอาศัยพื้นฐานความคิดใด

2.2 วัตถุประสงค์ของแบบทดสอบบอกถึงวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบทดสอบฉบับนั้นว่า สร้างขึ้นเพื่ออะไร เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ วัดความถนัด วินิจฉัยหรือวัดความสามารถด้านใด เช่น ด้านเหตุผล ทักษะ เป็นต้น แนวคำถามเป็นแบบไหน แบบเลือกตอบ แบบเติมคำ จับคู่ เป็นต้น ใช้กับเด็กระดับชั้นหรือระดับอายุใด

2.3 โครงสร้างของแบบทดสอบ เป็นการกล่าวถึงว่าแบบทดสอบนั้นวัดกี่ด้าน หรือแบ่งเป็นแบบทดสอบย่อย ๆ กี่ฉบับ แต่ละฉบับนั้นวัดอะไร พร้อมตัวอย่างที่ชี้บ่งคุณลักษณะข้อสอบย่อยแต่ละฉบับ แต่ละฉบับมีกี่ข้อ ให้เวลาทำเท่าใด

2.4 วิธีสร้างให้เป็นมาตรฐาน บอกถึงวิธีการสร้างตั้งแต่เริ่มต้นจนจบว่าสร้างแบบทดสอบขึ้นมาแล้ว มีการวิเคราะห์ปรับปรุงอย่างไร ทดลองสอบ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างใดกี่ครั้ง สอบกับกลุ่มประชากรใด กลุ่มตัวอย่างแบบใด ขนาดเท่าใด พร้อมทั้งบอกถึงคุณภาพของแบบทดสอบ เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือค่าความแปรปรวน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความเที่ยงตรง และค่าความเชื่อมั่นเป็นแบบใด มีค่าเท่าใด

2.5 วิธีดำเนินการสอบ จะต้องบอกถึงวิธีสอบอย่างละเอียดถี่ถ้วนเป็นขั้นตอน ตั้งแต่การเตรียมตัวก่อนสอบ ขณะสอบ ภายหลังสอบเสร็จแล้ว เพื่อให้การดำเนินการสอบเป็นมาตรฐานเดียวกัน

2.6 วิธีตรวจให้คะแนน จะต้องบอกถึงวิธีการตรวจให้คะแนนไว้อย่างละเอียด มีคำเฉลยหรือแนวคำตอบ ตอบถูกได้ข้อละกี่คะแนน ยิ่งเป็นแบบทดสอบที่ใช้ข้อสอบแบบความเรียงหรือแบบอื่น ๆ เช่น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ ยิ่งต้องบอกวิธีตรวจให้คะแนนอย่างถี่ถ้วน

2.7 วิธีแปลความหมายคะแนน โดยบอกเกณฑ์ปกติไว้เพื่อให้สามารถแปลความหมายคะแนนจากเกณฑ์เดียวกัน อาจเป็นเกณฑ์ปกติแบบใดแบบหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น เกณฑ์ปกติแบบชั้น (Grade norm) เกณฑ์แบบอายุ (Age norm) แบบเปอร์เซนต์ไทล์ โดยสร้างเป็นตารางบัญชีแปลงคะแนนไว้ให้ นอกจากนี้ยังต้องบอก

2.7.1 วิธีอ่านเกณฑ์ปกติ

2.7.2 การแปลความหมายจากเกณฑ์ปกติ

2.8 ประโยชน์ของแบบทดสอบ บอกถึงวิธีนำผลการสอบไปใช้ในด้านใดบ้าง เช่น ใช้ในการวินิจฉัย บอกระดับความพร้อม ระดับผลสัมฤทธิ์ ใช้ในการแนะแนว และการบริหาร เป็นต้น

2.9 ข้อควรระวังในการใช้แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นความพยายามที่จะอธิบายข้อจำกัดของการใช้แบบทดสอบเพื่อเตือนใจผู้ใช้แบบทดสอบมิให้เลือกใช้วัตถุประสงค์ผิด กลุ่มตัวอย่าง และอื่น ๆ อีกที่มิได้อยู่ในขอบเขต ซึ่งกำหนดไว้ในแปลนการสร้างแบบทดสอบจนถึงการแปลความหมายคะแนนที่ได้จากการสอบวัดในที่สุด

วิธีการสร้างแบบทดสอบมาตรฐาน

แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่มีการสร้างขึ้นมาอย่างถูกต้องตามหลักการ มีการปรับปรุงจนมีคุณภาพ มีการสร้างเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบนั้นควบคู่แบบทดสอบ ขั้นตอนการสร้างโดยสังเขป มีดังนี้

1. กำหนดรายละเอียดของแบบทดสอบ (Test specification) ก่อนที่จะสร้างแบบทดสอบแบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อย ดังนี้ คือ (Aiken, 1991, pp. 40-52)

1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบ ทั้งวัตถุประสงค์ทั่วไป (General purpose) และวัตถุประสงค์เฉพาะ (Specific purpose) กำหนดสาขาเฉพาะที่จะวัด ทดสอบกับคนกลุ่มใด จะใช้คะแนนสอบอย่างไร ใช้เวลาสอบนานเท่าไร สร้างแบบทดสอบคู่ขนานด้วยหรือไม่ ในขั้นนี้ถ้าธรรมดาทั่ว ๆ ไปเป็นแบบทดสอบวัดลักษณะทางจิตวิทยา (Psychological trait) ได้แก่ ความถนัด

ความวิตกกังวล การก้าวร้าว เป็นต้น จะต้องมีนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational definition) เพื่อบอกลักษณะของตัวแปรนั้น ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างแบบทดสอบ ซึ่งวัดตัวแปรได้เที่ยงตรงดีขึ้น ในการกำหนดวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบนี้ ถือเป็นขั้นตอนสำคัญเพราะจะช่วยให้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้ ถ้าจะให้ได้ผลดีควรมีกรรมการและควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเฉพาะสาขา และควรศึกษาอย่างละเอียดก่อนเสมอ

1.2 เลือกแบบของข้อสอบ (Item type) ที่เหมาะสม โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ ของแบบทดสอบ การตรวจให้คะแนน การพิมพ์ การดำเนินการสอบ ประหยัด วัดได้ครอบคลุม ให้ค่าความเชื่อมั่นสูง และค่าความเที่ยงตรงสูง

1.3 กำหนดรูปแบบหรือมาตรวัดที่จะนำมาใช้ในการวัด โดยอาศัยความรู้ และประสบการณ์ของผู้สร้าง

1.4 กำหนดจำนวนข้อของแบบทดสอบ โดยพิจารณาถึงน้ำหนักของตอนย่อยในแบบทดสอบว่า ตอนย่อยที่สามารถวัดได้ควรใช้อย่างน้อยกี่ข้อ ทั้งหมดทุกตอนควรเป็นกี่ข้อ คำนึงถึงช่วงเวลา (Time limit) ที่ใช้ในการตอบแบบทดสอบฉบับนั้นว่า จะใช้เวลานานเท่าไร เช่น ใช้เวลานานถึง 20 นาที หรือ 1 ชั่วโมง

1.5 กำหนดผู้เขียน และผู้ตรวจสอบทบทวน โดยต้องคำนึงถึงความสามารถประสบการณ์ ความเชี่ยวชาญในการเขียนข้อสอบ มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการวัดผล และมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชานั้นเป็นอย่างดี

1.6 กำหนดตารางดำเนินงานแต่ละขั้นตอน เพื่อให้งานดำเนินไปตามแผนและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตั้งแต่เริ่มวางแผนจนกระทั่งจัดพิมพ์แบบทดสอบมาตรฐานเสร็จสิ้น

2. เขียนข้อสอบ และตรวจทานข้อสอบ (Item writing and item review) เมื่อเขียนข้อสอบเสร็จก็ต้องมีการตรวจทานข้อสอบตามเกณฑ์ลักษณะข้อสอบที่ดี และวิเคราะห์เชิงตรรกวิทยา พร้อมทั้งแก้ไขปรับปรุงตรงจุดที่เห็นว่าเป็นข้อบกพร่อง (Linn, 1989, pp. 349-353)

3. เขียนคำชี้แจงสำหรับผู้เข้าสอบ เพื่อความกระจ่างและชัดเจน ให้ความยุติธรรมสำหรับผู้สอบทุกคนโดยเท่าเทียบกัน (Aiken, 1991, p. 30) ในส่วนนี้ประกอบด้วยจุดประสงค์ของการสอบ ระยะเวลาที่ใช้สอบ การให้คะแนน วิธีการเดาคำตอบเมื่อพบข้อที่ไม่แน่ใจ (Aiken, 1991, p. 56)

4. จัดฉบับแบบทดสอบ เริ่มด้วยการพิจารณาข้อสอบทั้งหมด แล้วกะประมาณความยากของข้อสอบ จัดเรียงเข้าเป็นฉบับเพื่อทดลองสอบ ขณะที่จัดฉบับก็ต้องพิจารณาความเหมาะสม และข้อบกพร่องไปในตัวด้วย เช่น การวางหน้า คำชี้แจง ฯลฯ หลังจากนั้นจึงนำไปจัดพิมพ์ เพื่อทดลองสอบต่อไป (ชวาล แพรัตกุล, 2520)

5. ทดลองสอบ (Try out) และปรับปรุงข้อสอบ ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบคุณภาพข้อสอบเบื้องต้น (ชวาล แพรัตกุล, 2520) โดยการนำแบบทดสอบไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างของประชากรของแบบทดสอบนั้น นำผลการสอบมาวิเคราะห์รายข้อว่า ดี เลว เด่น ด้อยอย่างไร แล้วจึงปรับปรุงแก้ไขตัดทอน เพิ่มเติม และวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับ ทั้งในด้านกายภาพ และด้านสถิติ (Linn, 1989) เช่น พิจารณาการเรียงลำดับข้อ พิจารณาค่าสถิติพื้นฐาน เช่น ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน แล้วจึงจัดฉบับใหม่ นำไปทดลองสอบวิเคราะห์ปรับปรุงเช่นนี้หลายครั้ง ซ้ำแล้วซ้ำอีกจนแน่ใจว่าข้อสอบแต่ละข้อมีคุณภาพดีพอ

6. ตรวจสอบคุณภาพครั้งสุดท้าย โดยนำแบบทดสอบที่ทดลองและปรับปรุงแล้วนั้นไปทดลองสอบกับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่พอควร เพื่อตรวจสอบคุณภาพข้อสอบเป็นครั้งสุดท้าย แล้วหาค่าสถิติพื้นฐาน วิเคราะห์หาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเที่ยงตรง ค่าความเชื่อมั่น ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด และอื่น ๆ เมื่อแน่ใจว่าเป็นแบบทดสอบที่ดีพอจะเป็นแบบทดสอบมาตรฐานแล้วจึงนำไปสร้างเกณฑ์ปกติต่อไป

7. สร้างเกณฑ์ปกติ (Norm) เมื่อได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพสูงแล้วก็นำไปสอบกับกลุ่มตัวอย่างใหญ่ที่เป็นตัวแทนประชากรของแบบสอบนั้น เช่น ประชากรของแบบทดสอบ ก. เป็นนักเรียน ม.3 ทั่วประเทศ ก็ต้องเลือกกลุ่มตัวอย่างให้เป็นตัวแทนของนักเรียน ม.3 ทั่วประเทศ กลุ่มตัวอย่างนั้นต้องเป็นกลุ่มตัวอย่างใหญ่พอ เช่น อาจใช้ขนาดตั้งแต่จำนวน 5,000 คนขึ้นไป (ชวาล แพรัตกุล, 2520) แต่ถ้าเป็นประชากรเล็กลงในระดับท้องถิ่น เช่น ระดับจังหวัดหนึ่งก็อาจเป็นกลุ่มตัวอย่างที่เล็กลงได้ การเลือกกลุ่มตัวอย่างอาจใช้กลุ่มตัวอย่างสุ่ม (Random sample) ก็ได้ หรือการสุ่มเป็นชั้น (Stratified random sample) ก็ได้ แต่นิยมใช้แบบหลัง เพราะสามารถแบ่งชั้นได้หลายแบบ ทั้งแบบพื้นที่ แบบประเภทโรงเรียน ทำให้สามารถเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนประชากรได้ดี ขั้นการออกเกณฑ์ปกติต้องดำเนินการสอบอย่างเคร่งครัดละเอียดถี่ถ้วนตามคำชี้แจงทุกประการ แล้วจึงนำคะแนนที่ได้มาแจกแจงแปลงเป็นคะแนนรูปอื่น นิยมใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ หรือคะแนนมาตรฐานปกติอื่น เช่น คะแนนทีปกติ (Normalized T score) เป็นเกณฑ์ปกติ (Norm) ของแบบทดสอบนั้น อาจแสดงในรูปของตารางแปลงคะแนนหรือกราฟที่แสดงคะแนนดิบกับคะแนนที่แปลงแล้วในรูปอื่น ๆ (Aiken, 1991, pp. 89-96)

8. สร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบ (Test manual) โดยบอกรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบ บอกวิธีใช้ วิธีดำเนินการสอบ วิธีแปลความหมายคะแนน วิธีตรวจข้อสอบ และวิธีการนำผลการสอบไปใช้ (American Psychological Association, 1986)

9. จัดพิมพ์แบทดสอบจริง โดยการสำรวจตรวจสอบแต่ละข้ออีกครั้ง จัดรูปแบบให้เหมาะสมถูกต้องตามหลักวิชาการวัดผลแล้วจัดพิมพ์ (ชวาล แพรัตกุล, 2520)

การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด

คุณภาพของแบบวัด

แบบวัดที่สร้างขึ้นสำหรับใช้รวบรวมข้อมูลต้องมีคุณภาพ ทั้งคุณภาพรายข้อและคุณภาพทั้งฉบับ เพราะแบบวัดที่ขาดคุณภาพจะทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่มีคุณภาพด้วย บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2549, หน้า 11-15) ได้กล่าวถึงคุณลักษณะของแบบวัดที่ดีไว้ ดังนี้

1. มีความตรง (Validity) หมายถึง วัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการให้วัด วัดได้ครอบคลุม ครบถ้วนตามเนื้อหาที่ต้องการให้วัด และวัดได้ถูกต้องตรงความเป็นจริงของสิ่งหรือตัวแปรที่วัด ความตรงของเครื่องมือรวบรวมข้อมูลแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) คือ วัดได้ตรงตามเนื้อหาและครอบคลุมครบถ้วนตามเนื้อหาที่ต้องให้วัด

1.2 ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) คือ วัดได้ตรงตามทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลนั้น

1.3 ความตรงเชิงเกณฑ์ (Criterion-related validity) คือ วัดได้ตรงหรือเหมือนกับเกณฑ์ที่ต้องการให้วัด ถ้าตรงตามเกณฑ์ที่เป็นสภาพความจริงในปัจจุบัน เรียกว่าความตรงเชิงสภาพการณ์ (Concurrent validity) แต่ถ้าตรงหรือเหมือนกับเกณฑ์ที่เป็นสภาพความจริงในอนาคตเรียกว่าความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive validity)

เครื่องมือรวบรวมข้อมูลแต่ละประเภทต้องการให้มีความแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ และกรอบแนวคิดที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลเป็นสำคัญ โดยทั่วไปเครื่องมือรวบรวมข้อมูลที่ดีจะต้องมีความตรงเชิงเนื้อหา และมีความตรงเชิงโครงสร้าง วิธีการตรวจสอบต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญและมีการนำไปทดลองใช้

2. มีความเที่ยง (Reliability) หมายถึง ผลของการวัดหรือการใช้เครื่องมือรวบรวมข้อมูลนั้น ๆ ได้ผลคงที่หรือเหมือนเดิมมากน้อยเพียงใด ถ้าเหมือนเดิมหรือให้ผลใกล้เคียงของเดิมมากก็แสดงว่ามีความเที่ยงมาก ความเที่ยงของเครื่องมือรวบรวมข้อมูลจะมีค่าระหว่าง +1 ถึง-1 ค่าใกล้ 1 แสดงว่ามีความเที่ยงมาก และต้องมีค่าความเที่ยงเป็นบวกจึงจะถือว่ามีความเที่ยงตามที่ต้องการ โดยทั่วไปถ้ามีข้อคำถามประมาณ 15-20 ข้อ ต้องมีความเที่ยงตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป จึงจะเป็นที่ยอมรับได้ ความเที่ยงมีวิธีหาได้ 3 ลักษณะ ได้แก่

2.1 แบบคงที่ (Stability) วิธีนี้รู้จักกันทั่วว่าวิธีการสอบซ้ำ (Test & retest method) นำแบบวัดไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างคนเดียวกัน 2 ครั้งในเวลาที่ต่างกัน

2.2 แบบคล้ายกัน (Equivalence) ใช้แบบวัด 2 ชุดที่มีเนื้อหาและวัดพฤติกรรมเดียวกัน มีรูปแบบการถามและการตอบเหมือนกันและมีความยากง่ายพอ ๆ กันนำไปทดลองใช้ด้วยการให้กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนตอบทั้ง 2 ชุดพร้อมกัน

2.3 แบบคงที่ภายใน (Internal onsistency) วิธีนี้แบ่งได้เป็นหลายวิธี ได้แก่

2.3.1 แบบแบ่งครึ่ง (Split-half method) ใช้แบบวัดชุดเดียวนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างครั้งเดียว แล้วนำไปแยกผลการตอบเป็น 2 ส่วน วิธีแบ่งที่นิยมใช้ คือ แบ่งเป็นข้อคู่กับข้อคี่

2.3.2 แบบใช้สูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson 20 and 21) วิธีนี้ใช้แบบวัดชุดเดียวและทดลองกับกลุ่มตัวอย่างครั้งเดียว นำผลไปแทนค่าในสูตร ซึ่งมี 2 สูตร สูตรที่ 20 กับสูตรที่ 21

2.3.3 แบบสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient alpha) ของครอนบาค (Cronbach) ใช้แบบวัดชุดเดียวนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างครั้งเดียว แล้วนำผลไปแทนค่าในสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา

3. มีความยากง่ายพอเหมาะ เนื้อหาและภาษาที่ใช้สร้างคำถาม คำตอบจะต้องยากง่ายพอเหมาะกับผู้ตอบ ถ้ายากจนทุกคนตอบไม่ได้หรือเกือบไม่มีใครตอบได้ และถ้าง่ายจนทุกคนตอบถูกหรือเกือบทุกคนตอบถูก ข้อคำถามนั้นจะใช้วัดและนำผลไปเปรียบเทียบกันไม่ได้ เว้นแต่ข้อคำถามแบบอิงเกณฑ์ใช้ผลการวัดเปรียบเทียบเนื้อหาเพื่อให้รู้ว่า ใครรู้อะไรหรือไม่รู้อะไรบ้าง

ความยากง่ายเป็นสัดส่วนของผู้ตอบถูกกับผู้ตอบทั้งหมด ถ้ามีคนตอบถูกมากคำถามก็ง่าย ถ้ามีคนตอบถูกน้อยคำถามก็ยาก ความยากง่ายมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าค่าใกล้ 0 แปลว่ายาก และค่าใกล้ 1 แปลว่าง่าย ข้อคำถามที่ยากและง่ายพอเหมาะจะมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.40-0.60 แต่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยใช้ระหว่าง 0.20-0.80 ก็ยังถือว่ามีความยากง่ายพอเหมาะ แต่ต้องมีค่าระหว่าง 0.40-0.60 จำนวนมาก ๆ ข้อ

4. มีอำนาจจำแนก (Discrimination power) หมายถึง ความสามารถในการแบ่งแยกกลุ่มแยกประเภทของผู้ตอบ กรณีข้อคำถามวัดความรู้ ข้อคำถามที่ดีต้องแยกผู้ที่มีความรู้กับไม่มีความรู้ออกจากกันโดยเด็ดขาด คือ คนที่ตอบถูกต้องเป็นคนเก่งหรือเป็นคนที่ได้คะแนนรวมมาก แต่คนตอบไม่ถูกต้องเป็นคนไม่เก่งหรือเป็นคนที่ได้คะแนนรวมน้อย กรณีข้อความวัดทัศนคติ ข้อความที่มีอำนาจจำแนกต้องแยกผู้ตอบเห็นด้วยกับไม่เห็นด้วยออกจากกันได้ คือ ข้อความเชิงบวก ถ้าตอบเห็นด้วยต้องเป็นคนที่มีทัศนคติดีต่อเรื่องนั้น และคนที่ตอบไม่เห็นด้วยจะต้องเป็นคนที่มีทัศนคติไม่ดีต่อเรื่องนั้น

5. มีความเป็นปรนัย (Objectivity) หมายถึง

5.1 มีความถูกต้องทางวิชาการทั้งเนื้อหาและภาษา คือ เนื้อหาวิชาที่ถามทั้งตัวคำถามและตัวคำตอบให้เลือกถูกต้องตามหลักวิชา โดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้รู้ในเรื่องนั้นยอมรับและเห็นว่าถูกต้อง

5.2 มีเกณฑ์ให้คะแนนแน่นอน คือ มีเกณฑ์และระเบียบการให้คะแนนหรือให้ค่า (Value) ไว้แน่นอน ชัดเจน ถ้าตอบเหมือนกันต้องให้คะแนนเท่ากัน

5.3 ใช้ภาษาชัดเจน ภาษาที่ใช้ต้องมีใจความและสื่อความหมายให้เข้าใจได้เหมือนกัน ไม่มีความหมายแตกต่างกันตามเวลาและบุคคล ใคร ๆ อ่านก็ได้ความหมายเดียวกัน

6. มีความหมายของการวัด (Meaningfulness) คือ ผลการวัดที่ได้ต้องมีความหมายหรือสื่อความหมายได้ตรงและเท่าเทียมกันตามความจริงที่ต้องการวัดเหมือนกันทุกคน เช่น ท่านรับประทานไข่ไก่ลวกเฉลี่ยสัปดาห์ละกี่ฟอง คำตอบเป็นจำนวนฟองที่รับประทาน คำถามลักษณะนี้มีความหมายของการวัด จำนวนฟองที่ตอบมีความ หมายถึง ความมากน้อยในการรับประทานไข่ไก่ลวกเฉลี่ยต่อสัปดาห์เหมือนกันทุกคน

7. สามารถนำไปใช้ได้ (Usability) ได้แก่

7.1 ใช้ง่าย สะดวกทั้งผู้ดำเนินการและผู้ตอบ

7.2 ใช้เวลาพอเหมาะ ไม่สั้น ไม่ยาวเกินไป ควรใช้เวลาตอบไม่เกิน 15 หรือ 20 นาที

7.3 วิเคราะห์ให้คะแนนง่าย สะดวก รวดเร็วและยุติธรรม

7.4 คุ้มกับเวลา แรงงานและความพยายามที่เสียไป

7.5 แปลผลง่าย และนำผลไปใช้ได้

การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด

ในการพัฒนาแบบวัดให้มีคุณภาพและเป็นแบบวัดที่มีคุณลักษณะที่ดีต้องทำการตรวจสอบคุณลักษณะดังกล่าว คุณลักษณะที่สำคัญที่ต้องตรวจสอบ คือ ความตรง (Validity) ซึ่งหมายถึง เครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดในคุณลักษณะที่ต้องการวัด และความเที่ยง (Reliability) ซึ่งหมายถึง ความคงที่ หรือความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการวัด นอกจากคุณภาพของแบบวัดแล้ว คุณลักษณะที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งซึ่งเป็นคุณลักษณะของแบบวัดที่เป็นมาตรฐาน คือ เกณฑ์ปกติซึ่งเป็นการแสดงข้อมูลของคะแนนของกลุ่มทั้งหมดที่เป็นตัวแทนของประชากร โดยแสดงในรูปของคะแนนมาตรฐานต่าง ๆ เพื่อบอกระดับคุณลักษณะที่มุ่งวัดของแต่ละคนที่ถูกวัดว่าอยู่ในระดับใด หัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด ดังต่อไปนี้

ความตรงและการตรวจสอบ

ความหมายของความตรง

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความตรงไว้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

Allen and Yen (1979, p. 95) กล่าวว่า แบบวัดจะมีความตรงถ้าสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวัด คล้ายกับที่ กรอนลันด์ (Gronlund, 1981, p. 65) กล่าวว่า เป็นผลการประเมินที่สอดคล้องตามจุดมุ่งหมาย และ อนาสตาซี (Anastasi, 1982, p. 131) กล่าวว่า เป็นความสามารถในการตรวจสอบว่าแบบวัดนั้นวัดอะไร ได้ดีเพียงใด

McMillan (2004, p. 59) กล่าวว่า ความตรง (Validity) เป็นคุณลักษณะที่ หมายถึง ความเหมาะสมในการสรุปผล การใช้ผลลัพธ์ของข้อมูล และผลที่เกิดจากผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมิน ความตรงมีความเกี่ยวข้องกับความมีเหตุผล (Soundness) ความน่าเชื่อถือ (Trustworthiness) ความสมเหตุสมผล (Legitimacy) ของการกล่าวอ้าง (Claim) หรือสรุปผล (Inferences) บนพื้นฐานของคะแนนที่ได้มา หรือในคำกล่าวอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับความตรง เช่น การตีความผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบมีความเหมาะสม (Reasonable) หรือไม่ หรือข้อมูลที่รวบรวมมานั้นเป็นข้อมูลที่ถูกต้องตรงตามชนิดของข้อมูลที่จะใช้สำหรับการตัดสินใจในการดำเนินการหรือไม่ การตีความข้อมูลที่เก็บรวบรวมมานั้นดีเพียงใด ความตรงเป็นสิ่งที่จะต้องเกี่ยวข้องกับผลจากการสรุปไม่เกี่ยวกับตัวแบบทดสอบ ดังนั้น ความตรงจึงเป็นผลการสรุปหรือเป็นการใช้ผลสรุปที่สมเหตุสมผลหรือไม่สมเหตุสมผล ไม่ใช่ความตรงของแบบทดสอบหรือเครื่องมือหรือกระบวนการที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล บ่อยครั้งที่มีการใช้คำพูดที่ว่า “ความตรงของแบบทดสอบ” (Validity of the test) แต่เป็นสิ่งที่น่าจะถูกต้องมากกว่าในการที่จะกล่าวว่า “ความตรงของการตีความของ การสรุปผลหรือของการใช้ผลลัพธ์ของจากการประเมิน” (The validity of the interpretation, inference, or use of the results)

สำหรับนักการศึกษาไทยได้ให้ความหมายของความตรงไว้ใกล้เคียงกัน ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด, มนตรี อนันตรักษ์ และนิภา ศรีไพโรจน์ (2521, หน้า 169) และอนันต์ ศรีโสภา (2524, หน้า 69) ให้ความหมายของความตรงว่า หมายถึง ความสามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้ถูกต้องตรงตามจุดประสงค์ ส่วน เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์ (2525, หน้า 197) และ ศิริชัย กาญจนวาสี (2544, หน้า 73) กล่าวว่า เป็นความถูกต้องแม่นยำของแบบวัดในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด และ วิรัช วรรณรัตน์ (2532, หน้า 49; พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538, หน้า 115) ให้ความหมายไว้คล้ายกัน คือ เครื่องมือที่จะได้ชื่อว่ามีความตรงต้องสามารถวัดในสิ่งที่ต้องการได้ตรงจุด ถูกต้อง แม่นยำ ครบถ้วนและค่าที่ได้จากการวัดตรงเป้าหมายหรือความต้องการในการดำเนินการ

จากความหมายของความตรงที่กล่าว ผู้วิจัยจึงสรุปเป็นความหมายของความตรงของแบบวัดในการวิจัยครั้งนี้ว่า เป็นคุณลักษณะของแบบวัดที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้ครบถ้วน ถูกต้อง แม่นยำ และสิ่งที่วัดได้นั้นสามารถตีความ อธิบาย หรือสรุปผลเกี่ยวกับคุณลักษณะที่ต้องการวัดได้อย่างสมเหตุสมผล

ชนิดของความตรง

สมาคมการวิจัยของอเมริกา (American Educational Research Association) ได้แบ่งความตรงออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. ความตรงตามเนื้อหา (Content validity)

2. ความตรงตามโครงสร้าง (Construct validity)

3. ความตรงตามสภาพ (Concurrent validity)

4. ความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive validity)

French and Michael (1966) ได้แบ่งความตรงออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. ความตรงตามเนื้อหา (Content validity)

2. ความตรงตามเกณฑ์ (Criterion related validity)

3. ความตรงตามโครงสร้าง (Construct validity)

ซึ่งสอดคล้องกับ ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 318; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544, หน้า 75-76; บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547, หน้า 173; บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2549, หน้า 11-15) ที่กล่าวว่า ความตรงตามเกณฑ์แบ่งย่อยออกเป็น ความตรงตามสภาพ และความตรงเชิงพยากรณ์ สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงความตรง 3 ชนิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ความตรงตามเนื้อหา (Content validity)

นักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้ให้ความหมายไว้ใกล้เคียงกันคือ หมายถึง เครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงและครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัด โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

ต่าย เซี่ยงฉี (2526, หน้า 140) กล่าวถึงเกณฑ์ในการสร้างเครื่องมือให้มีความตรงตามเนื้อหานั้น ต้องสร้างเครื่องมือให้มีความตรงตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ทั้งมิติด้านเนื้อหาและมิติด้านพฤติกรรม ส่วนเกณฑ์สำหรับให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือนั้นจะมีความตรงตามเนื้อหามากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ

1. ข้อสอบแต่ละข้อวัดเนื้อหาสอดคล้องตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือไม่

2. ตารางวิเคราะห์หลักสูตรนั้นใครเป็นคนทำ น่าเชื่อถือได้เพียงใด

3. ข้อสอบแต่ละข้อเป็นตัวแทนที่ดีของเนื้อหาวิชาหรือไม่

4. ข้อสอบแต่ละข้อมีตัวแปรอื่น ๆ ที่จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนหรือไม่ เช่น คำถามกำกวม ใช้ศัพท์ยาก ตัวถูกมีหลายตัว เป็นต้น

5. ข้อสอบนั้นมีจำนวนข้อเหมาะสมกับเนื้อหาวิชาหรือไม่

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2538, หน้า 115-117) กล่าวถึงเกณฑ์ที่ใช้ตรวจสอบมี 3 วิธี คือ

1. ตรวจสอบความสอดคล้องของข้อสอบกับเนื้อหาของข้อสอบ ถ้าข้อสอบรายวิชาที่ต้องการสร้างออกข้อสอบได้ตามเนื้อหาที่ระบุไว้ในฟอร์มข้อสอบหรือลักษณะเฉพาะข้อสอบก็แสดงว่าข้อสอบฉบับนั้นมีความตรงตามเนื้อหา

2. ตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาของข้อสอบรายวิชาที่สร้างขึ้นกับเนื้อหาที่ระบุไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร รวมทั้งตรวจสอบสัดส่วนของจำนวนข้อคำถามในแต่ละเนื้อหาด้วย ถ้าข้อสอบรายวิชาที่สร้างขึ้นมีสัดส่วนของจำนวนข้อคำถามในแต่ละเนื้อหาตรงตามที่ระบุไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรก็แสดงว่าข้อสอบรายวิชาที่สร้างนั้นมีความตรงตามเนื้อหา ในการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาตามวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 นี้ส่วนใหญ่ใช้กับข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement test) และวิธีที่ 2 เป็นที่นิยมใช้มากกว่าวิธีที่ 1

3. การตรวจสอบโดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญหรือผู้รอบรู้เฉพาะเรื่อง (Subject matter specialists) เป็นวิธีการที่ใช้กับเครื่องมือวิจัยทั่ว ๆ ไปด้วยไม่ว่าจะเป็นแบบสอบถาม การสัมภาษณ์ การสังเกต ซึ่งมีรายการคำถามสร้างไว้เรียบร้อยแล้ว (Structured form) รวมทั้งมาตราวัดทัศนคติต่าง ๆ ด้วย ซึ่งอาจวิเคราะห์ออกมาในเชิงปริมาณหรือตัวเลขได้โดยใช้วิธีเดียวกับการหาความตรงตามโครงสร้าง ซึ่งเรียกว่าวิธี “Face validity” โดยในการตรวจสอบนั้นจะเน้นการตรวจสอบที่ลักษณะทางจิตวิทยาและทัศนคติต่าง ๆ (Affective domain) ล้วน สายยศ (2543 ข, หน้า 246-251) กล่าวว่า การพิจารณาความตรงชนิดนี้จะใช้การวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล (Rational analysis) ผลที่ได้จึงขึ้นอยู่กับบุคคลที่จะวิเคราะห์ ทำให้ผลที่ได้มักจะไม่ค่อยแน่นอน ขาดความเป็นปรนัย และได้แบ่งความตรงตามเนื้อหาออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1 ความตรงเชิงเหตุผล (Logical validity) บางครั้งเรียกว่า ความตรงเชิงการสุ่ม (Sampling validity) เป็นความตรงที่ใช้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อนั้นวัดได้ตรงตามตารางวิเคราะห์รายละเอียด (Table of specification) หรือไม่ ซึ่งพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of items objective congruency: IOC) โดย IOC จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงถือว่าวัดได้สอดคล้องกัน

3.2 ความตรงเชิงพินิจ (Face validity) เป็นคุณภาพของแบบทดสอบที่พิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดได้ตรงคุณลักษณะที่นิยามไว้หรือไม่ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาว่าข้อสอบสร้างตรงตามที่นิยามไว้หรือไม่ ถ้าสร้างตรงตามนิยามไว้ก็แสดงว่าแบบทดสอบมีความตรงเชิงเนื้อหาทางด้านความตรงเชิงพินิจ ดังนั้น ความตรงชนิดนี้จึงขึ้นอยู่กับผู้เชี่ยวชาญที่ทำการตรวจสอบว่ามีความตรงมากน้อยเพียงใด เป็นความตรงที่ใช้กับการวัดด้านความรู้สึก (Affective domain)

ความตรงตามเกณฑ์ (Criterion related validity)

นักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้ให้ความหมายและวิธีการตรวจสอบไว้คล้ายคลึงกัน คือ ความตรงที่หาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบนั้นกับเกณฑ์ภายนอก (External criterion) ถ้าเกณฑ์ภายนอกนั้นเป็นเกณฑ์ที่เก็บได้ในปัจจุบัน เรียกว่าความตรงตามสภาพ

(Concurrent validity) แต่ถ้าเป็นเกณฑ์ที่เก็บได้ในอนาคตเรียกว่าความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive validity)

1. ความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบกับสภาพที่แท้จริงในปัจจุบันของนักเรียน โดยหาได้จากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบนั้นกับคะแนน (การจัดอันดับ) สภาพที่แท้จริงของนักเรียนในกลุ่มเดิมนั้น ใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson product moment) เมื่อข้อมูลเป็นคะแนนทั้งสองชุด หรือใช้สูตรของ Spearman (Spearman rank-order) เมื่อข้อมูลเป็นการจัดอันดับ

2. ความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive validity) หมายถึง ความตรงในการทำนาย หรือพยากรณ์ผลการเรียนในอนาคต เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในปลายปี เกรดเฉลี่ยเมื่อจบการศึกษา (GPA) เครื่องมือที่นำมาหาค่าความตรงเชิงพยากรณ์อาจจะเป็นข้อสอบคัดเลือกเข้าเรียนต่อ ข้อสอบคัดเลือกเข้าทำงาน โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson product moment) เช่น ในการหาความตรงเชิงพยากรณ์ของข้อสอบคัดเลือกเข้าศึกษาต่อ (r_{xy}) จะใช้คะแนนจากการสอบคัดเลือกเป็นตัวพยากรณ์ (x) และให้เกรดเฉลี่ยปลายปี (GPA) เป็นเกณฑ์ เป็นต้น (ต่าย เซี่ยงฉี, 2526, หน้า 146-153; พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538, หน้า 119-120; บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547, หน้า 174-175)

ข้อสังเกตเกี่ยวกับความตรงตามสภาพ คือ ความตรงตามสภาพจะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับค่าอำนาจจำแนก (Discrimination power) ของเครื่องมือนั้น ๆ เครื่องมือที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงจะทำให้เกิดความตรงตามสภาพสูงด้วย ดังนั้น การพิจารณาความตรงตามสภาพจึงต้องคำนึงถึงอำนาจจำแนกควบคู่กันไปด้วย (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538, หน้า 120)

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2547, หน้า 175) มีข้อโต้แย้งในการเลือกใช้เกณฑ์เพื่อพิจารณาความสำเร็จ เนื่องจากตัวพยากรณ์แต่ละตัวมีสหสัมพันธ์กับคะแนนเกณฑ์แต่ละตัวแตกต่างกัน ทำให้การแสดงหลักฐานค่าความตรงเชิงพยากรณ์มีความแตกต่างกัน และไม่มีการแสดงหลักฐานความตรงเชิงพยากรณ์ใดดีที่สุด ดังนั้น จึงต้องใช้การสะสมการแสดงหลักฐานความตรงของเครื่องมือวัด การแสดงหลักฐานความตรงเชิงพยากรณ์มีปัญหาเกี่ยวกับตัวเกณฑ์เช่นเดียวกับการแสดงหลักฐานความตรงตามสภาพ เพราะค่าวัดตัวแปรทั้งสองต้องมีความตรงสูงจึงจะแปลความหมายได้ด้วยความมั่นใจและนำไปสู่การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพสูง ความตรงตามสภาพจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับความสอดคล้องระหว่างค่าจากเครื่องมือวัดกับคะแนนของตัวเกณฑ์ ฉะนั้นถ้าตัวใดไม่มีความตรง และความเที่ยงต่ำก็จะทำให้ค่าการแสดงหลักฐานความตรงเชิงพยากรณ์ต่ำไปด้วย

ความตรงตามโครงสร้าง (Construct validity)

นักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้ให้ความหมายไว้คล้ายคลึงกัน คือ หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามคุณลักษณะ (Trait) หรือทฤษฎีต่าง ๆ ของโครงสร้างนั้น (ต่าย เซี่ยงฉี, 2526, หน้า 141; พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538, หน้า 116; บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547, หน้า 175) คำว่า “โครงสร้าง” (Construct) หมายถึง องค์ประกอบ (Factor) จึงเรียกความตรงตามโครงสร้างอีกอย่างหนึ่งว่า “หลักฐานแสดงความตรงตามองค์ประกอบ” ตัวอย่างของโครงสร้าง ได้แก่ ความก้าวร้าว การปรับตัว เชาวน์ปัญญา ทัศนคติ ความถนัดทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น แต่ละโครงสร้างจะต้องเกี่ยวกับทฤษฎี ซึ่งอธิบายและพยากรณ์พฤติกรรมของมนุษย์ การแสดงหลักฐานความตรงตามโครงสร้างจึงเป็นการหาความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบที่วัดในเครื่องมือวัดและองค์ประกอบที่ต้องการวัดว่าวัดองค์ประกอบเดียวกันหรือไม่ และปริมาณที่วัดแต่ละองค์ประกอบเป็นสัดส่วนสอดคล้องกับที่ต้องการหรือไม่ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547, หน้า 177-178)

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 265) กล่าวว่า ความตรงตามโครงสร้างไม่นิยมที่จะหาจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เพราะแบบทดสอบชนิดนี้มีเนื้อหาและพฤติกรรมที่จะวัดชัดเจนอยู่แล้ว ส่วนแบบทดสอบทางด้านความถนัดทางการเรียน หรือแบบทดสอบวัดด้านบุคลิกภาพ จริยธรรม คุณธรรม เป็นต้น เป็นแบบทดสอบที่ไม่มีเนื้อหาและพฤติกรรมที่ชัดเจน จึงเหมาะสมที่จะหาความตรงตามโครงสร้าง

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2547, หน้า 178) กล่าวถึงการสร้างเครื่องมือให้มีความตรงตามโครงสร้าง จะต้องให้คำนิยามปฏิบัติการ (Operational definition) ของคำ โดยอาศัยทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่งเป็นหลัก แล้วจึงสร้างเครื่องมือวัดสิ่งนั้นตามคำนิยามปฏิบัติการ ความหมายของคำนิยามปฏิบัติการประกอบด้วยสามส่วน คือ คุณลักษณะ (Trait) ที่ต้องการวัด สิ่งเร้าหรือสถานการณ์ที่จะกระตุ้นให้คุณลักษณะนั้นแสดงออกมา และการตอบสนองแสดงออกที่สามารถสังเกตเห็นได้เมื่อสามารถให้คำนิยามปฏิบัติการในสิ่งที่ต้องการจะทดสอบได้แล้ว จึงสร้างข้อคำถามขึ้นตามนิยามปฏิบัติการที่ให้มานั้น และนำผลการทดสอบไปคำนวณหาค่าการแสดงหลักฐานความตรงตามเนื้อหา และหลักฐานความตรงตามเกณฑ์ แต่ความแตกต่างอยู่ที่หลักฐานความตรงตามโครงสร้างต้องสะสมรายละเอียดจากหลาย ๆ แหล่งต่าง ๆ กันมากกว่าเพื่อนำมารวมเป็นคำบรรยายพฤติกรรมได้อย่างกว้างขวาง คงทนกว่า และมีลักษณะเป็นนามธรรมมากกว่า การกำหนดเกณฑ์เพียงเกณฑ์เดียวจึงไม่เพียงพอที่จะอธิบายคุณลักษณะของโครงสร้างได้จึงต้องอาศัยรายละเอียดที่มากกว่าหรือต้องอาศัยเกณฑ์หลายเกณฑ์

การตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างเป็นการแสดงว่าเครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดขอบเขตความหมาย หรือคุณลักษณะประจำตามโครงสร้างทางทฤษฎีที่สมมติขึ้นนั้นได้เพียงใด การตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งพอสรุปรวบรวมจากนักการศึกษาต่าง ๆ แล้ว พบว่า ที่ใช้กันในปัจจุบันมี 8 วิธี คือ

1. วิธีตรวจสอบความสอดคล้องของข้อสอบกับมวลพฤติกรรมที่ต้องการ

วิธีการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อสอบกับมวลพฤติกรรมที่ต้องการวัดใช้ฟอร์มข้อสอบ หรือลักษณะเฉพาะของข้อสอบเป็นตัวเทียบ โดยเน้นในส่วนที่เป็นพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือพฤติกรรมย่อย ถ้าข้อสอบที่สร้างขึ้นมีลักษณะที่เป็นพฤติกรรมคู่ขนาน (Parallel item) กับข้อสอบตัวอย่างในฟอร์มข้อสอบ หรือลักษณะเฉพาะของข้อสอบนั้นก็แสดงว่าข้อสอบนั้นมีความตรงตามโครงสร้าง (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538, หน้า 116)

2. วิธีการตรวจสอบความสอดคล้องกับโครงสร้างที่กำหนด

วิธีตรวจสอบความสอดคล้องกับโครงสร้างที่กำหนด สร้างข้อสอบตามตารางลักษณะเฉพาะหรือตารางวิเคราะห์หลักสูตรตามรายวิชานั้น ๆ แล้วนำมาตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ว่า ข้อสอบแต่ละข้อวัดได้ตรงตามพฤติกรรมในตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือไม่ และจำนวนข้อสอบเหล่านั้นมีสัดส่วนเป็นไปตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร การใช้ดุลพินิจดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้มีหลักฐานแสดงความตรงตามโครงสร้างการวัดด้านสติปัญญา (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547, หน้า 185; พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538, หน้า 117)

3. วิธีอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญ

วิธีการอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญหรือผู้รอบรู้เฉพาะเรื่อง (Subject matter specialists) ซึ่งเรียกว่าวิธี “Face validity” เช่นเดียวกับการหาความตรงตามเนื้อหา โดยในการตรวจสอบนั้น จะเน้นการตรวจสอบที่ลักษณะพฤติกรรมของข้อคำถามแทนเนื้อหาและก็เป็นวิธีที่ใช้ได้กับเครื่องมือวิจัยที่มีคุณลักษณะทางจิตวิทยาและทัศนคติต่าง ๆ (Affective domain) ด้วย การตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและตามโครงสร้างโดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญนั้น ในทางปฏิบัติสามารถตรวจสอบไปพร้อม ๆ กันได้และสามารถวิเคราะห์ออกมาในเชิงปริมาณหรือตัวเลขได้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538, หน้า 117)

4. วิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัดอยู่แล้ว

วิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด (Known group technique) เป็นการนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปสอบวัดกับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณลักษณะตรงกับคุณลักษณะที่ต้องการศึกษา แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการวัดอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งไม่มีคุณลักษณะตามที่ต้องการศึกษา เช่น ต้องการศึกษา

ทัศนคติที่มีต่อศาสนาพุทธ กลุ่มตัวอย่างที่มีคุณลักษณะตรงตามที่ศึกษา คือ พระ กลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีคุณลักษณะตรงตามที่ต้องการศึกษาก็ คือ คนที่ไม่ได้บวชเป็นพระ หรือกลุ่มที่ไม่มีความรู้ทางศาสนาหรือไม่นับถือศาสนาพุทธ เป็นต้น โดยใช้ t-test ถ้าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าเกณฑ์เทียบแสดงว่าคะแนนที่ได้จากกลุ่มทั้งสองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเครื่องมือนั้นมีความตรงตามโครงสร้างสูง สามารถนำไปใช้วัดคุณลักษณะที่ต้องการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างจริงได้ การหาความตรงตามโครงสร้างโดยวิธีนี้มักใช้กับเครื่องมือที่เป็นมาตราวัดทัศนคติซึ่งใช้ศึกษาเกี่ยวกับความรู้สึกที่มีต่อคุณลักษณะทางจิตวิทยา (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538, หน้า 117)

5. วิธีเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานที่คุณลักษณะเดียวกัน

วิธีเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานที่วัดคุณลักษณะเดียวกัน (Correlation with other test) โดยตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเครื่องมือที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือมาตรฐานที่วัดคุณลักษณะเดียวกัน สามารถตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างได้ โดยนำเครื่องมือวัดที่ต้องการกับเครื่องมือวัดในคุณลักษณะเดียวกันที่เป็นมาตรฐานแล้วไปสอบกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน แล้วหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสองชุดด้วยสูตรของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538, หน้า 119; บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547, หน้า 187-188)

6. วิธีหาความสอดคล้องภายในเครื่องมือวัด

การตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างดังกล่าวไปแล้วจะอาศัยสหสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือวัดกับเกณฑ์ภายนอกที่ยอมรับ สำหรับวิธีนี้จะอาศัยความสอดคล้องภายในเครื่องมือวัดโดยไม่ใช้เกณฑ์ภายนอก ซึ่งสามารถพิจารณาจากดัชนีต่าง ๆ ดังนี้

6.1 พิจารณาจากดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ เพราะข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงเป็นข้อสอบที่วัดในทิศทางเดียวกันกับส่วนรวม ถือว่ามีหลักฐานความตรงตามโครงสร้างสูง

6.2 พิจารณาจากระดับความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนส่วนย่อยภายในเครื่องมือวัดกับคะแนนรวม

6.3 พิจารณาจากความเที่ยงของเครื่องมือวัดที่หาด้วยสูตรความสอดคล้องภายในได้ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547, หน้า 192-193)

7. วิธีวิเคราะห์หลายลักษณะหลากวิธี (Multitrait-multimethod)

เป็นวิธีหาความตรงแบบหลายลักษณะหลากวิธี (Multitrait-multimethod validity) ซึ่งแคมป์เบลและฟิสค์ (Campbell and Fiske) ได้กล่าวถึง การวัดความตรงแบบหลายลักษณะหลากวิธีนี้ว่าเป็นการหาความตรงของแบบทดสอบที่ประกอบด้วยสองลักษณะหรือมากกว่าสองลักษณะ และมีวิธีวัดสองวิธีหรือมากกว่าสองวิธี แล้วนำมาคำนวณหาความตรงสองลักษณะดังนี้

7.1 ความตรงร่วมหรือความตรงเชิงเหมือน (Convergent validity) เป็นความตรงที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดลักษณะเดียวกันหรือวิธีวัดเดียวกัน ซึ่งก็คือ ความเที่ยงแบบทดสอบที่ซ้ำกัน (Reliability of test-retest) และวัดลักษณะเดียวกันแต่ต่างวิธีวัดจะมีความสัมพันธ์กันมีค่าสูง

7.2 ความตรงแยกหรือความตรงเชิงจำแนก (Discriminate validity) เป็นความตรงที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดที่ต่างลักษณะกันจะใช้วิธีวัดเดียวกันหรือต่างวิธีกันก็ตามจะมีค่าความสัมพันธ์กันต่ำหรือมีค่าต่ำกว่าความตรงเชิงเหมือน (Allen & Yen, 1979, pp. 108-114; สำเริง บุญเรืองรัตน์, 2528, หน้า 1-2; บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547, หน้า 189-192)

8. วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis)

ความตรงแบบวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นคุณสมบัติของการวัดได้ตรงตามองค์ประกอบที่มุ่งวัดด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งเป็นเทคนิคทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตค่าหาได้เพื่อหาลักษณะร่วมกันของชุดตัวแปรเหล่านั้น ลักษณะร่วมกันนี้เรียกว่า องค์ประกอบ (Factor) (Allen & Yen, 1979, pp. 110-114) เป็นวิธีการทางสถิติที่สามารถตรวจชี้ลักษณะประจำทางจิตวิทยาเนื่องจากตัวแปรต่าง ๆ เมื่อนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะ พบว่า ตัวแปรบางคู่มีความสัมพันธ์กันสูง หรือบางทีก็ พบว่า มีกลุ่มตัวแปรบางกลุ่มมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันสูง นั่นแสดงว่า ตัวแปรเหล่านั้นวัดบางสิ่งบางอย่างที่เป็นองค์ประกอบร่วมกัน การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นการจัดสมรรถภาพหรือคุณลักษณะต่าง ๆ ทางจิตวิทยาที่วัดได้ให้เป็นหมวดหมู่ตามโครงสร้างซึ่งค่าน้ำหนักองค์ประกอบแรกก่อนหมุนแกนจะเป็นค่าที่แสดงหลักฐานความตรงตามโครงสร้าง (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547, หน้า 193)

รูปแบบของการวิเคราะห์องค์ประกอบลักษณะต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้ (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2541, หน้า 27-41)

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory factor analysis) จะใช้ในการสำรวจข้อมูล กำหนดจำนวนองค์ประกอบ อธิบายความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรเมื่อผู้วิจัยไม่มีหลักฐานอ้างอิงเพียงพอสำหรับเป็นกรอบของสมมติฐานเกี่ยวกับจำนวนองค์ประกอบภายใต้ข้อมูลที่สอบวัดได้

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis: CFA) ต้องการศึกษาว่าองค์ประกอบร่วมคู่ใดมีความสัมพันธ์กัน ตัวแปรที่สังเกตได้ตัวใดได้รับผลมาจากองค์ประกอบร่วมตัวใด ตัวแปรที่สังเกตได้ตัวใดได้รับผลจากองค์ประกอบเฉพาะคู่ใดมีความสัมพันธ์กัน โดยวิธีการนี้จะอาศัยการทดสอบทางสถิติที่มีข้อมูลช่วยยืนยัน ซึ่งการวิเคราะห์จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ LISREL, AMOS, EQS เป็นต้น

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันในรูปแบบของโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation modeling: SEM) ซึ่งเข้ามาแทนที่การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA) เนื่องจากวิธี CFA สามารถนำไปใช้ตรวจสอบโครงสร้างองค์ประกอบของเครื่องมือวัดทางจิตวิทยาได้ละเอียดกว่าวิธี EFA จึงมีการนำวิธี CFA ไปใช้พัฒนาเครื่องมือวัดทางจิตวิทยากันอย่างกว้างขวางหลายแง่มุม โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบ่งเป็นโมเดลย่อย ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่ง (First order confirmatory factor analysis) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง (Second order confirmatory factor analysis) และโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับเทคนิคพหุลักษณะพหุวิธี (Multitrait-multimethod: MTMM)

ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน แบ่งเป็นขั้นตอนหลักในการวิเคราะห์ 5 ขั้น (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 138-140)

1. กำหนดรูปแบบของโมเดลองค์ประกอบ (Specification of confirmatory factor model) จากทฤษฎีเกี่ยวกับคุณลักษณะที่ต้องการตรวจสอบ นำมากำหนดรายละเอียดของโมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันในส่วนของจำนวนองค์ประกอบร่วมและจำนวนตัวแปรที่สังเกตได้ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบร่วมกับตัวแปรที่สังเกตได้ และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้กับองค์ประกอบของส่วนที่เหลือ ความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบร่วม ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบส่วนเหลือ

2. ศึกษาคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล (Identification of the confirmatory factor model) พารามิเตอร์ในโมเดลจะเป็นเอกลักษณ์ (Unique) ก็ต่อเมื่อโครงสร้างของโมเดลอยู่ในเงื่อนไขที่สามารถใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ทุกตัวที่สนใจได้ (Identify) คือ เงื่อนไขที่จำเป็น (Necessary) สำหรับโครงสร้างของโมเดล คือ จะต้องมีจำนวนหน่วยของข้อมูลมากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่สนใจประมาณค่า เช่น ถ้าโมเดลมีตัวแปรที่สังเกตได้ p ตัว จำนวนค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่สามารถเป็นข้อมูลสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์จะมีได้ $\frac{P(P+1)}{2}$ ค่า ดังนั้น จำนวนพารามิเตอร์อิสระที่สนใจประมาณค่าจะต้องไม่เกิน $\frac{P(P+1)}{2}$ และเงื่อนไขที่จำเป็นและเพียงพอ (Necessary and sufficient) สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล คือ พารามิเตอร์อิสระที่สนใจประมาณค่าทุกตัวจะต้องสามารถคำนวณ หรือหาค่าได้โดยการจัดกระทำทางพีชคณิตในเทอมของค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของตัวแปรที่สังเกตได้

3. ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล (Estimation of confirmatory factor model) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น LISREL, EQS, LISCOMP เป็นต้น ทำการประมาณ

ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลโดยใช้หลักความน่าจะเป็นได้สูงสุด (Maximum likelihood) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของประชากรกับเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์

4. ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล (Assessment of fit in the confirmatory factor model) โดยการพิจารณาดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบ χ^2 ถ้าผลการทดสอบไม่มีนัยสำคัญแสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูล ดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล ถ้าดัชนีมีค่าเข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูล เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างโมเดล สำหรับโมเดลที่เป็นส่วนหนึ่งหรือโมเดลที่ซ้อนหรือเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน (Nested model)

5. แปลความหมายผลการวิเคราะห์ (Interpretation of the confirmatory factor model) ทำการแปลความหมายและสรุปผลการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน ถ้าผลที่ได้สอดคล้องกับสมมติฐานเชิงทฤษฎีตามโมเดลองค์ประกอบที่นำมาตรวจสอบ ก็เป็นหลักฐานสำหรับการยืนยันองค์ประกอบหรือลักษณะที่มุ่งวัด แต่ถ้าผลที่ได้ไม่สอดคล้อง จะต้องหาแนวทางอธิบายสำหรับปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงเครื่องมือ ทฤษฎี หรือโมเดลเพื่อทำการตรวจสอบต่อไป

ในการประเมินความสอดคล้องของโมเดล ใช้ค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2 Chi-square goodness of fit statistic) เป็นการประเมินความสอดคล้องของโมเดลตามทฤษฎีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าค่า χ^2 มีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ โมเดลตามทฤษฎีไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าค่า χ^2 มีค่าต่ำจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) นั่นคือ โมเดลตามทฤษฎีสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ค่า χ^2 นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง และการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องการแจกแจงปกติพหุ ในกรณีที่ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (มากกว่า 500 หน่วยตัวอย่างขึ้นไป) สถิติไค-สแควร์อาจปฏิเสธโมเดลองค์ประกอบที่เป็นไปได้ทางทฤษฎี เนื่องจากเมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ความแตกต่างระหว่างโมเดลองค์ประกอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีเพียงเล็กน้อยก็ทำให้ χ^2 มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่ควรใช้ค่า χ^2 เพียงค่าเดียวในการสรุปความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ จึงควรพิจารณาค่าที่ใช้ประกอบการประเมินความสอดคล้องของโมเดลค่าอื่น ๆ อีก (Schumacker & Lomax, 2004, pp. 81-83) ดังนี้

1. ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (Relative chi-square) เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าสถิติไค-สแควร์กับจำนวนองศาอิสระ $\left(\frac{\chi^2}{df}\right)$ โดยหลักทั่วไป ถ้าค่า $\frac{\chi^2}{df}$ น้อยกว่า 3.00 ถือว่าโมเดลตามทฤษฎีสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2. ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of fit index: GFI) มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ค่าดัชนี GFI ยิ่งเข้าใกล้ 1.00 แสดงว่า โมเดลตามทฤษฎีมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3. ค่าดัชนีระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted goodness of fit index: AGFI) เป็นการนำดัชนี GFI มาปรับแก้ การพิจารณาเหมือนดัชนี GFI

4. ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (Root mean square residual: Standard RMR) เป็นการเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนของโมเดลตามทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่า Standard RMR ยิ่งเข้าใกล้ 0 ถ้ามีค่าต่ำกว่า .05 แสดงว่าโมเดลตามทฤษฎียิ่งมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

5. ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า (Root mean square error of approximation: RMSEA) เป็นสูตรที่พัฒนามาจากปัญหาที่ว่าเมื่อเพิ่มพารามิเตอร์อิสระทำให้ค่าสถิติมีค่าลดลง เพราะค่าสถิตินี้ขึ้นอยู่กับ df มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.00 ถ้ามีค่ามากจนกระทั่งปฏิเสธสมมติฐาน แสดงว่าโมเดลตามทฤษฎีไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้ามีค่าต่ำกว่า .06 แสดงว่าโมเดลตามทฤษฎีสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

6. นันเซ็นทรัลไคสแควร์ (Non-centrality parameter: NCP) เป็นสถิติที่ใช้ทดสอบความตรงของรูปแบบหรือความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์ ถ้าค่า NCP มีค่ามากจนปฏิเสธสมมติฐาน แสดงว่าโมเดลตามทฤษฎีไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้ามีค่าน้อยจนยอมรับสมมติฐาน แสดงว่ารูปแบบมีความตรง

7. ฟังก์ชันความแตกต่างจากประชากร (Population discrepancy function: FO) เป็นการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการที่โมเดลนั้นใช้ไม่ได้กับกลุ่มประชากร ถ้ามีค่ามากจนกระทั่งปฏิเสธสมมติฐาน แสดงว่าโมเดลตามทฤษฎีไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ในกรณีที่การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งมีองค์ประกอบมากและองค์ประกอบดังกล่าวสามารถจะอธิบายจากตัวแปรแฝงอื่น ๆ ที่ไม่มีอิทธิพลทางตรงกับตัวแปรสังเกต (Bollen, 1989, pp. 313-314) ดังนั้น การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดจำนวนองค์ประกอบที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ลงได้ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองนั้นจะกระทำได้ก็ต่อเมื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลเป็นอย่างดี สมมติฐานการทดสอบองค์ประกอบอันดับสองมีลักษณะคล้ายกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่ง แต่องค์ประกอบอันดับสองจะเป็นตัวแปรภายนอกแฝงส่งอิทธิพลไปยังตัวแปรแฝงภายใน (องค์ประกอบอันดับหนึ่ง) สมมติฐานที่แตกต่างจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่ง คือ ความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบอันดับหนึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอย (Factor loading) ของ

องค์ประกอบอันดับสอง โดยไปรวมกับความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนในการวัดระหว่างองค์ประกอบอันดับหนึ่ง (Byrue, 2001, p. 170)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า การตรวจสอบความตรงของแบบวัดเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่บ่งบอกถึงแบบวัดนั้นวัดได้ตรงตามเป้าหมาย เป็นตัวแทนของคุณลักษณะที่มุ่งวัด ซึ่งแบ่งตามคุณสมบัติที่ต้องการวัดได้ 3 ชนิด คือ ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้าง และความตรงตามเกณฑ์

ความเที่ยงและการประเมินความเที่ยง

ความหมายของความเที่ยง

นักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้ให้ความหมายของความเที่ยงไว้ใกล้เคียงกัน ซึ่งสรุปได้โดยสังเขปดังนี้

Lord and Novick (1968, p. 46; Gronlund, 1981, p. 105; Anastasi, 1982, p. 102) ได้ให้ความหมายของความเที่ยงในลักษณะใกล้เคียงกันว่า หมายถึง ความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการทดสอบซ้ำคนกลุ่มเดียวกันด้วยแบบทดสอบเดิมในเวลาที่ต่างกัน ลอร์ดและโนวิกได้เสริมด้วยว่า คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบทั้งสองครั้งเป็นอิสระไม่ขึ้นกับความคลาดเคลื่อนของการวัดใด ๆ

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2521, หน้า 269) กล่าวว่า ความเที่ยงของแบบวัดเป็นความคงที่ของคะแนนซึ่งได้จากการวัดนักเรียนกลุ่มเดียวกันด้วยแบบวัดฉบับเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง หรือด้วยแบบวัดสองฉบับที่มีลักษณะเหมือนกัน หรือภายใต้เงื่อนไขของตัวแปรอื่น ๆ ในการวัดนั้น

อนันต์ ศรีโสภา (2524, หน้า 42; สำเริง บุญเรืองรัตน์, 2529, หน้า 61) ได้ให้ความหมายไว้คล้ายกัน คือ ความเที่ยง หมายถึง การนำเอาแบบวัดไปวัดกับสิ่งเดียวกันสองครั้ง จะให้ผลไม่เปลี่ยนแปลง หรือมีความคงที่ของคะแนนที่ได้สูง

วิรัช วรรณรัตน์ (2532, หน้า 53; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544, หน้า 34) ให้ความหมายของความเที่ยงของแบบวัดไว้ใกล้เคียงกันว่า เครื่องมือที่สามารถให้ผลการวัดที่ถูกต้องแน่นอน (Accuracy) คงเส้นคงวา (Consistency) เป็นที่เชื่อถือในผลที่ได้ออกมาอย่างแท้จริง แม้จะมีการวัดซ้ำอีกครั้งผลการวัดคงเส้นคงวาสูงขึ้นถือว่าแบบวัดมีความเที่ยงมากขึ้น โดยที่สภาพในการวัดเหมือนหรือคล้ายกัน

วิรัช วรรณรัตน์ (2532, หน้า 79-80) กล่าวว่า ความเที่ยงมีลักษณะที่สำคัญอยู่ 2 ลักษณะ คือ ความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) และความคงที่แน่นอน (Consistency or stability) ของผลการวัด แนวคิดทั้งสองลักษณะพิจารณาได้ดังนี้

ความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) หมายถึง ผลจากการวัดที่ได้นั้นปราศจากความคลาดเคลื่อน (Free from error) ซึ่งเป็นแนวคิดทางทฤษฎีความเชื่อมั่น โดยยึดหลักการที่ว่า คะแนนที่สังเกตได้ (Observed score) ประกอบด้วยคะแนนจริง (True score) และคะแนนความคลาดเคลื่อน (Error score) ดังสมการ

$$X = T + E$$

เมื่อ X แทน คะแนนที่สังเกตได้

T แทน คะแนนจริง

E แทน คะแนนความคลาดเคลื่อน

คะแนนจริง (True score) หมายถึง คะแนนที่ผู้สอบได้รับจากการทดสอบวัดด้วยเครื่องมือที่มีคุณภาพสูงปราศจากความคลาดเคลื่อน

คะแนนความคลาดเคลื่อน (Error score) หมายถึง ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการวัด ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในลักษณะสุ่ม (Random error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญกับความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ (Systematic error)

จาก $S_X^2 = S_T^2 + S_E^2$

เมื่อ S_X^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนสังเกต

S_T^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนจริง

S_E^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อน

ถ้าคะแนนที่ได้เป็นคะแนนจริงแล้ว S_E^2 จะเท่ากับ 0

ดังนั้น การทดสอบแต่ละครั้งผู้ใช้แบบทดสอบจะต้องพยายามหาทางให้คะแนนสอบที่ได้ (คะแนนสังเกต) ในการสอบแต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกันกับคะแนนจริงของผู้เข้าสอบ โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้แบบวัดมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด (สุพัฒน์ สุกมลสันต์, 2538, หน้า 12)

ความคงที่แน่นนอน (Consistency) หมายถึง ผลจากการวัดที่ได้มีความคงที่ไม่แปรเปลี่ยน แนวคิดลักษณะนี้จึงต้องอาศัยการวัดซ้ำ หมายความว่า ถ้าใช้เครื่องมือนั้นวัดซ้ำสองครั้งแล้วผลที่ได้จะคงที่ไม่แปรเปลี่ยนไปจากเดิม จึงเป็นแนวคิดที่เน้นวิธีการที่จะหาความเที่ยงในทางปฏิบัติจริง ๆ

การหาค่าความเที่ยง

ในการหาค่าความเที่ยงของแบบวัด ตามที่นักการศึกษาและนักวิจัยกล่าวถึงมีหลายวิธีที่แตกต่างกัน ดังนี้

Ferguson (1986, pp. 365-366; Stanley & Hopkins, 1972, pp. 122-127 อ้างถึงใน บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2521) ได้กล่าวถึงวิธีการหาสัมประสิทธิ์ความเที่ยงในลักษณะเดียวกันว่ามี 4 วิธี ดังนี้

1. วิธีสอบซ้ำ (Test-retest method) หรือเรียกว่า สัมประสิทธิ์ความคงที่ (Coefficient of stability) เป็นการนำแบบทดสอบฉบับเดียวกันไปทดสอบกับคน ๆ เดียว หรือคนกลุ่มเดียวกันซ้ำสองครั้งในช่วงเวลาที่แตกต่างกันพอสมควร คะแนนที่ได้จากการทดสอบทั้งสองครั้งนี้จะมีความสัมพันธ์กัน และค่าสหสัมพันธ์ที่ได้จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบทดสอบ

2. วิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนาน (Parallel form method) เป็นการนำแบบทดสอบที่มีลักษณะคู่ขนานกันหรือเท่าเทียมกัน โดยมีเนื้อหา ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเท่ากันไปทดสอบในเวลาเดียวกัน หรือในเวลาที่แตกต่างกัน คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้งสองฉบับมีสหสัมพันธ์และค่าสหสัมพันธ์ที่ได้ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบทดสอบ

3. วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split-half method) เป็นการนำแบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบกับบุคคลกลุ่มเดียวแล้วแบ่งครึ่งแบบทดสอบในชุดของคะแนนข้อคี่และข้อคู่ นำคะแนนทั้งสองชุดไปหาความสัมพันธ์ จากนั้นปรับขยายด้วยสูตรของสเปียร์แมน บราวน์ ค่าที่ได้ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ

4. วิธีวัดความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบ (Internal-consistency method) ซึ่งเป็นการนำแบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบกับกลุ่มคนหนึ่งกลุ่ม และนำไปหาสัมประสิทธิ์ความเที่ยงโดยวิธีของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson)

Anastasi (1968, pp. 105-133) ได่แบ่งวิธีการประมาณค่าความเที่ยงออกเป็น 4 วิธีคล้ายกับเฟอร์กูสัน วิธีที่ 1 วิธีที่ 3 คือ วิธีสอบซ้ำ วิธีใช้แบบสอบคู่ขนาน และวิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ แต่อนาสตาซีได้ขยายวิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนานเป็น 2 วิธี คือ ใช้แบบทดสอบคู่ขนานไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกันในเวลาเดียวกัน กับในเวลาที่ต่างกัน ส่วนวิธีวัดความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบ อนาสตาซีไม่ได้กล่าวถึง

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2521, หน้า 278-323) ได้แบ่งวิธีการประมาณค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ จำแนกเป็น 2 แบบ คือ

1. แบบสัมประสิทธิ์ความคงตัว (Coefficient of stability) การประมาณค่าจากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของนักเรียนกลุ่มเดียวกันที่ได้จากการวัดหลาย ๆ ครั้ง

โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสองชุดซึ่งได้จากแบบทดสอบสองฉบับหรือฉบับเดียวกันแต่เป็นการสอบต่างเวลากัน จำแนกเป็น 2 แบบ คือ

1.1 วิธีสอบซ้ำ (Test-retest method) เป็นวิธีคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความคงตัวของคะแนนที่ได้จากการสอบวัดนักเรียนกลุ่มเดียวกันสองครั้ง โดยทิ้งช่วงห่างของเวลาการสอบพอประมาณ แล้วนำคะแนนที่สอบวัดได้แต่ละครั้งมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient)

1.2 วิธีคู่ขนาน (Parallel-form method) เป็นการคำนวณหาสัมประสิทธิ์ของความเสมอเหมือนกัน (Coefficient of equivalence) ของคะแนนแบบทดสอบตั้งแต่สองฉบับ การประมาณค่าด้วยวิธีนี้อาศัยแนวคิดที่ว่า แบบทดสอบที่สร้างทั้งสองฉบับจะมีข้อคำถามซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งและเป็นตัวแทนของคุณลักษณะที่ต้องการวัด แล้วนำแบบทดสอบทั้งสองฉบับไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกัน แล้วคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนสอบที่ได้ทั้งสองฉบับด้วยสูตรของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient)

2. แบบสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องภายใน (Coefficient of internal consistency) เป็นการประมาณค่าจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากการวัดนักเรียนกลุ่มเดียวกัน โดยมีแนวคิดว่าแบบทดสอบที่ดีจะมีเอกภาพภายในการวัด (Functional unity) คือ ส่วนย่อยของแบบสอบหนึ่ง ๆ จะต้องมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน หมายความว่าข้อคำถามแต่ละข้อหรือส่วนย่อยของแบบทดสอบแต่ละส่วนมีความเสมอเหมือนกันทุกข้อ หรือทุกส่วนเพื่อให้เกิดความเป็นเอกพันธ์ในการที่จะวัดคุณลักษณะหนึ่ง ๆ จำแนกได้ 2 วิธี คือ

2.1 วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split-half method) วิธีนี้จะนำแบบทดสอบไปสอบกับนักเรียนกลุ่มหนึ่ง แล้วแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยให้ทั้งสองส่วนมีข้อคำถามที่ถามในเนื้อหาที่คล้ายคลึงกัน และความยากง่ายของข้อคำถามทั้งสองส่วนมีค่าเท่าเทียมกัน วิธีที่ดีวิธีหนึ่ง คือ จัดข้อสอบให้มีความยากง่ายเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก แล้วแบ่งแบบทดสอบออกเป็นข้อคี่กับข้อคู่ แล้วนำคะแนนที่ได้จากการแบ่งครึ่งแบบทดสอบหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน จากนั้นปรับขยายสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้วยสูตรของสเปียร์แมน-บราวน์ สูตรของฮอยท์ หรือสูตรของรูลอน เป็นสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ

2.2 วิธีวิเคราะห์ส่วนย่อย เป็นวิธีที่เกิดจากความคิดที่ว่าวิธีแบ่งข้อสอบไม่สามารถคำนวณความสอดคล้องภายในได้อย่างแท้จริง เพราะการแบ่งครึ่งแบบทดสอบเพียงสองส่วนนั้นลักษณะของความเที่ยงจะเป็นความเสมอเหมือนกันระหว่างคะแนนข้อคี่กับข้อคู่มากกว่า ได้มีผู้คิดวิธีวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบจากส่วนย่อย ๆ โดยจำแนกเป็นรายข้อ จะได้ค่าความเที่ยงเป็นความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบที่แท้จริง วิธีนี้จะใช้แบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบกับ

นักเรียนกลุ่มเดียว แล้วนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบไปคำนวณค่าความเที่ยงด้วยวิธีต่าง ๆ หลายวิธี คือ วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์ (Hoyt) และวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach alpha coefficient)

นักทฤษฎีทางการวัดผลได้เสนอเทคนิคในการประมาณค่าความเที่ยงที่เชื่อถือได้ไว้หลายเทคนิค โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าแบบทดสอบฉบับรวมสามารถแบ่งเป็นส่วน ๆ เช่น สองส่วน สามส่วน สี่ส่วน หรือหลาย ๆ ส่วน และเมื่อใช้ระดับของความคู่ขนานของการวัด (Degree of measurement parallelism) ในแต่ละส่วนเป็นเกณฑ์แล้วการประมาณค่าความเที่ยงที่ได้จากการสอบเพียงครั้งเดียวด้วยข้อสอบฉบับเดียวจะจัดกลุ่มของข้อตกลงของระดับความคู่ขนานได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

แบบจำลองคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิม (Classical parallel parts) เป็นการประมาณค่าความเที่ยงจากแบบทดสอบแต่ละส่วนมีความคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิมที่มีข้อตกลงอย่างเคร่งครัด 6 ข้อ คือ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2537, หน้า 9)

1. มีความเป็นเอกพันธ์ในเนื้อหาหรือวัดคุณลักษณะเดียวกัน
2. มีคะแนนจริงเท่ากัน ($T_{i1} = T_{i2} = \ldots.$) และมีความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนเท่ากัน ($S_{E1} = S_{E2} = \ldots$)
3. มีคะแนนสอบ (X) เฉลี่ยเท่ากัน ($\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots$)
4. มีความแปรปรวนของคะแนนสอบ (X) เท่ากัน ($S_1^2 = S_2^2 = S_3^2 = \ldots$)
5. มีความแปรปรวนร่วมของคะแนนสอบ (X) เท่ากัน ($S_{12} = S_{13} = S_{23} = \ldots$)
6. มีความแปรปรวนร่วมของคะแนนสอบ (X) กับเกณฑ์ภายนอก (Y) เท่ากัน ($S_{1Y} = S_{2Y} = S_{3Y} = \ldots$)

จากข้อตกลงดังกล่าวในทางปฏิบัติแทบไม่สามารถสร้างแบบทดสอบให้แต่ละส่วนมีความคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิมได้ จึงได้มีการพัฒนาเทคนิคที่เหมาะสมขึ้นมาใหม่ โดยผ่อนปรนเงื่อนไขเดิมมาเป็นแต่ละส่วนจำเป็นต้องมีคะแนนจริงสมมูล (Essentially tua-equivalent part) นักทฤษฎีการทดสอบที่มีชื่อเสียง ได้แก่ Spearman (1910) และ Brown (1910)

แบบจำลองคะแนนจริงสมมูล (Essentailly tua-equivalent part) วิธีนี้เป็นการประมาณค่าความเที่ยงของแบบทดสอบโดยผ่อนปรนเงื่อนไขข้อ 2, 3 และ 4 ของแบบจำลองความคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิมให้มีความเป็นไปได้มากขึ้น ดังนี้ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2537, หน้า 10-11)

คะแนนจริงแต่ละส่วนไม่จำเป็นต้องเท่ากัน แต่ยอมให้เท่ากันได้เท่ากับความยากที่ต่างกันในแต่ละส่วน นั่นคือ $T_{ig} = T_{ih} + C_{gh}$ เมื่อ $g = h = 1, \ldots, k$ และ C_{gh} ไม่จำเป็นต้องเท่ากับศูนย์เสมอไป

- แต่ละส่วนมีคะแนนสอบ (X) เฉลี่ยต่างกัน
- ความแปรปรวนของคะแนนสอบ (X) ต่างกันได้เล็กน้อย

แม้ว่าคะแนนแต่ละส่วนสอบที่แบ่งนั้นจะมีขนาดของความยาวหรือจำนวนข้อเท่ากัน แต่ในทางปฏิบัติจริงมีแบบทดสอบบางชนิดอาจต้องแบ่งให้เหมาะสมตามลักษณะของแบบทดสอบ ทำให้แต่ละส่วนมีจำนวนข้อเท่ากัน ซึ่งส่งผลต่อเงื่อนไขข้อ 5 และข้อ 6 ถึงแม้ว่าขนาดของความยาวเท่ากัน แต่เมื่อนำไปสอบกับกลุ่มตัวอย่างแล้วปรากฏว่าแต่ละส่วนมีการกระจายของคะแนนไม่เท่ากัน แสดงว่าความยาวที่ทำหน้าที่ (Function lengths) ของมันในแต่ละส่วนมีขนาดไม่เท่ากัน (Feidt, 1975, p. 558) นักทฤษฎีการทดสอบจึงจำเป็นต้องนิยามความคู่ขนานขึ้นมาอีกระดับหนึ่งที่มีความผ่อนปรนมากที่สุด เรียกว่า ความคู่ขนานตามแบบจำลองคะแนนจริงสัมพัทธ์ (Congeneric model)

นักทฤษฎีที่เสนอเทคนิคสำหรับการประมาณค่าความเที่ยงตามกลุ่มนี้ ได้แก่ Rulon (1939; Guttman, 1945; Feldt & Brennan, 1989; Cronbach, 1951)

ความคู่ขนานตามแบบจำลองคะแนนจริงสัมพัทธ์ (Congeneric model) เป็นการประมาณค่าความเที่ยงแบบทดสอบที่ผ่อนปรนเงื่อนไขต่าง ๆ เกือบทั้งหมด โดยคงไว้เฉพาะเงื่อนไขข้อที่ 1 ที่ว่า แต่ละส่วนของแบบทดสอบต้องมีเนื้อหาเป็นเอกพันธ์ หรือวัดคุณลักษณะเดียวกัน (Kristof, 1974, p. 492)

ลักษณะสำคัญของความคู่ขนานตามแบบคะแนนจริงสัมพัทธ์ คือ การแบ่งแบบทดสอบออกเป็นส่วน ๆ ที่มีความยาวไม่เท่ากัน หรือมีความยาวเท่ากันแต่มีการกระจายของคะแนนในแต่ละส่วนแตกต่างกันมาก

วิธีการคำนวณความเที่ยงโดยใช้ระดับความคู่ขนานเป็นเกณฑ์กับแบบทดสอบที่สามารถแบ่งได้เป็นส่วนนั้น สามารถสรุปได้ ดังนี้ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2537, หน้า 216-230)

1. วิธีหาความเที่ยงแบบแบ่งหลายส่วนที่มีความคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิมกรณีที่หลายส่วนมีความคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิม ใช้สูตรของ สเปียร์แมน-บราวน์ สูตรทั่วไป

2. วิธีหาค่าความเที่ยงแบบแบ่งหลายส่วนย่อยที่มีความคู่ขนานแบบคะแนนจริงสมมูล ถ้าส่วนของเครื่องมือวัดแบ่งเป็นหลายส่วนและมีความเป็นคู่ขนานแบบคะแนนจริงสมมูลแยกพิจารณาออกเป็น 3 กรณี คือ

2.1 เครื่องมือวัดที่ให้คะแนนแบบสองค่า เช่น แบบทดสอบเลือกตอบ แบบทดสอบถูก-ผิด หรือแบบทดสอบเติมคำ เมื่อตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน หรือแบบสอบถามบางเรื่องที่ให้เลือกว่า ใช่ หรือ ไม่ใช่ ถ้าใช่ให้ 1 คะแนน ถ้าไม่ใช้ให้ 0 คะแนน การหาความเที่ยงคำนวณได้จากสูตร คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) สูตร 20 และ 21

2.2 ถ้าเครื่องมือวัดนั้นให้คะแนนแบบหลายค่า เช่น มาตรประมาณค่า (Ratting scale) ฉบับหนึ่ง ให้คะแนนเป็นหลายค่า เมื่อข้อความนั้นตรงตามลักษณะของผู้ที่ตอบจากน้อยสุดไปหา

มากสุด จะได้คะแนนเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 หรือแบบทดสอบอัตนัยฉบับหนึ่งมีคำถาม 5 ข้อ แต่ละข้อคะแนนเต็ม 10 คะแนน ดังนั้น แต่ละข้อสามารถให้คะแนนหลายค่าตั้งแต่ 0 ถึง 10 คะแนน ในกรณีนี้ ค่าความเที่ยงคำนวณได้จากสูตร สัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient-α) หรือสูตรของ Cronbach

2.3 วิธีหาความเที่ยงกรณีหลายส่วนมีความคู่ขนานแบบคะแนนจริงสัมพัทธ์

2.3.1 เมื่อใช้จำนวนข้อเป็นตัวกำหนดความยาว (Norminal lengths) ของเครื่องมือวัดโดยแบ่งเครื่องมือวัดเป็นส่วน ๆ เท่ากับจำนวนข้อ หรือแต่ละส่วนความยาวเท่ากับ 1 ข้อ และแต่ละข้อให้คะแนนเป็นสองค่า คือ ตอบถูกได้ 1 ตอบผิดได้ 0 สามารถคำนวณจากสัมประสิทธิ์ r_B (Coefficient r_B) ของบุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2537, หน้า 51) ซึ่งสามารถพัฒนามาจากสัมประสิทธิ์ r_{12} ของ Liou

สูตร r_B คล้ายกับสูตร KR-20 แต่ใช้ข้อตกลงแบบคะแนนจริงสัมพัทธ์ ดังนั้น สูตร r_B จึงเป็นสูตรปรับขยายจากสูตร KR-20

2.3.2 เมื่อใช้จำนวนข้อเป็นตัวกำหนดความยาว (Nominal lengths) ของเครื่องมือวัด คำนวณได้จากสูตร ราชู (Raju) สูตรที่ใช้คำนวณความเที่ยงเมื่อแบ่งเครื่องมือวัดออกเป็นส่วน ๆ แต่ละส่วนมีจำนวนข้อหรือความยาวไม่เท่ากัน ราชู ตั้งชื่อสูตรนี้ว่า สัมประสิทธิ์เบต้าเค (Coefficient-βk) ถ้าแต่ละสูตรมีจำนวนข้อเท่ากันแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์เบต้าเค จะเท่ากับสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค ดังนั้น สัมประสิทธิ์เบต้าเคจึงเป็นสูตรทั่วไปของสัมประสิทธิ์แอลฟา

2.3.3 เมื่อใช้ผลการสอบจริงเป็นตัวชี้บอกความยาว (Functional of effective lengths) ของเครื่องมือ หรือไม่ทราบความยาว (Unknown length) คำนวณได้จากสูตร เฟลด์-ราชู (Feldt-Raju) สูตรทั่วไปแบ่งส่วนย่อยเป็น K ส่วน

Allen and Yen (1979, p. 88) กล่าวว่า วิธีประมาณค่าความเที่ยงที่แตกต่างกันจะได้ค่าความเที่ยงที่ต่างกัน สำหรับแบบทดสอบที่ใช้ความเร็วควรใช้แบบสอบซ้ำหรือแบบทดสอบคู่ขนาน เพราะการวัดความสอดคล้องภายในอาจทำให้ค่ามากกว่าความจริง ส่วนการใช้สัมประสิทธิ์ α และวิธีของ Kuder-Richardson จะให้ค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริงและใช้และแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) เท่านั้น เพราะสูตรเหล่านี้มีพื้นฐานมาจากความเป็นเอกพันธ์ของข้อสอบ ถ้าเป็นข้อสอบที่มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันการหาค่าความเที่ยงแบบสัมประสิทธิ์ α และคูเดอร์-ริชาร์ดสัน จะไม่เหมาะสมเพราะได้ค่าต่ำกว่าที่ควร

3. การตรวจสอบความเที่ยงด้วยทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability theory: G-theory)

เทคนิคการศึกษาความเที่ยงแบบสอบ หรือแบบวัดตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory) ที่ใช้กันอยู่นั้นเป็นการประมาณค่าความเที่ยงของแบบสอบที่ใช้เฉพาะบุคคลภายใต้เงื่อนไขของการทดสอบที่เฉพาะ ได้แก่ การทดสอบที่ผู้สอบทุกคนต้องทำข้อสอบเหมือนกันทุกข้อ ผลการตอบได้รับการให้คะแนนโดยผู้ตรวจคนเดียว และแบบทดสอบที่ใช้ตั้งอยู่บนข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นคู่ขนานระหว่างแบบสอบ แต่ถ้าสถานการณ์ของการทดสอบแตกต่างไปจากที่กล่าวมา เทคนิคการประมาณค่าความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ เช่นกรณีของการทดสอบที่มีผู้ตรวจหลายคนให้คะแนนข้อสอบความเรียงของผู้สอบทุกคน หรือกรณีการทดสอบที่ผู้ตรวจหลายคนให้คะแนนผลการตอบแบบสอบที่มีความยาวและจำนวนครั้งของการทดสอบแตกต่างกัน เป็นต้น นอกจากนี้โมเดลการวัดของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมถือว่าคะแนนความคลาดเคลื่อนหรือความคลาดเคลื่อนของการวัดเป็นคะแนนความคลาดเคลื่อนทุกแหล่งเข้าด้วยกัน และเป็นความคลาดเคลื่อนรวมอันเดียวที่ไม่สามารถแบ่งแยกได้ (Unique error) จึงเป็นข้อจำกัดทางทฤษฎีที่ไม่สามารถศึกษารายละเอียดของแหล่งความคลาดเคลื่อนของการวัด ในสถานการณ์หรือเงื่อนไขของการวัดต่าง ๆ ได้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550, หน้า 11)

ไพรัตน์ วงษ์นาม (2533, หน้า 17-21) ได้ศึกษาและกล่าวถึงความเป็นมาของทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดไว้ดังนี้

จากทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory) ใช้ค่าความเที่ยงอธิบายความแม่นยำของการวัด โดยยึดข้อตกลงคุณสมบัติคู่ขนานหรือความเท่าเทียมเป็นสำคัญ ผู้ที่ได้ชื่อว่าเป็นบิดาของทฤษฎีความเที่ยงการวัดทางจิตวิทยา คือ Spearman จากการที่รู้ว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่ต่างกันสองอย่างมักจะต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้เป็นผลมาจากความคลาดเคลื่อนของการสังเกต ในปี ค.ศ. 1910 Spearman ได้พัฒนาทฤษฎีความเที่ยงอย่างจริงจังและได้กล่าวถึงข้อตกลงเกี่ยวกับแบบสอบคู่ขนานเป็นครั้งแรกว่า แบบทดสอบทั้งหลายที่วัดคุณลักษณะเดียวกันคะแนนของแต่ละฉบับประกอบด้วยคะแนนจริงที่เท่ากันรวมกับความคลาดเคลื่อน และมีข้อตกลงเพิ่มเติมเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนว่า มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 มีความแปรปรวนเท่ากัน เป็นอิสระต่อกันและเป็นอิสระต่อคะแนนจริง ภายใต้เงื่อนไขนี้ แบบสอบแต่ละฉบับจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ความแปรปรวนเท่ากัน และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบคู่ขนานดังกล่าวจะมีค่าดังนี้ 1) มีค่าเท่ากัน 2) มีค่าเท่ากับกำลังสองของค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสังเกตกับคะแนนจริง ในระยะเวลาใกล้เคียงกัน Brown ได้พัฒนาทฤษฎีความเที่ยงโดยการเริ่มด้วยการนิยามแบบสอบคู่ขนาน ในขณะที่ Spearman เริ่มจากคะแนนสังเกตประกอบด้วยคะแนนจริงรวมกับคะแนนความคลาดเคลื่อน แต่แนวคิดของ Brown สอดคล้องกับทฤษฎีของ Spearman (Cronbach, Rajaratnam & Gleser, 1963 อ้างถึงใน ไพรัตน์ วงษ์นาม, 2533, หน้า 17-18)

นักทฤษฎีการทดสอบหลายท่านพยายามศึกษาเชิงจำแนกแหล่งความคลาดเคลื่อนของการวัดโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การนำเทคนิควิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติมาใช้ในการประมาณค่าความเที่ยงของแบบสอบ และความคลาดเคลื่อนจากการวัดมีนานแล้วในแวดวงของการวัดผล วิธีการที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์ของ Hoyt นอกจากนี้ยังมีท่านอื่นที่เสนอวิธีการในทำนองคล้าย ๆ กัน เช่น Linquist, Medley and Mitzel เป็นต้น (Hoyt, 1941; Linquist, 1953; Medley & Mitzel, 1963 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550, หน้า 11-12)

ในระยะแรกของการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการประเมินความเที่ยงยังคงยึดข้อตกลงความเท่าเทียมกันเป็นหลัก เวลาต่อมามีนักวิจัยได้นำไปใช้หาค่าความเที่ยงโดยไม่ยึดข้อตกลงความเท่าเทียม กลุ่มนักวิจัยที่ได้ชื่อว่าเป็นผู้พัฒนาทฤษฎีความเที่ยงที่ไม่ยึดข้อตกลงของความเท่าเทียมอย่างเป็นระบบพร้อมกับตั้งชื่อทฤษฎีนี้ว่า “Generality theory” ได้แก่ Cronbach (1970; Brennun, 1983) พยายามเผยแพร่แนวคิดให้ง่ายขึ้นทั้งในแง่การตีความและการคำนวณ ในเวลาต่อมา Cardinet, Tourneur and Allal (1976) ได้ขยายความทฤษฎีในบางจุดให้สามารถประยุกต์ใช้ได้กว้างขวางยิ่งขึ้นกว่าเดิม (Cronbach, 1970; Brennun, 1983; Cardinet et al., 1976 อ้างถึงใน ไพรัตน์ วงษ์นาม, 2533, หน้า 21)

หลักการพื้นฐานและข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการสรุปอ้างอิง

G-theory เป็นทฤษฎีทางสถิติของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการวัดในสถานการณ์ของการวัดผลลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นเป้าหมายของการนำเครื่องมือไปใช้ ความน่าเชื่อถือของผลการวัด หมายถึง ความถูกต้องของการสรุปอ้างอิง (Generalization) จากคะแนนที่สังเกตได้ไปยังคะแนนจริงของบุคคล โดยคะแนนจริงเป็นคะแนนเฉลี่ยที่พึงได้ของผู้สอบแต่ละคนจากการสอบภายใต้สถานการณ์หรือเงื่อนไขของการวัดที่ยอมรับได้ทั้งหมด

ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการสรุปอ้างอิง

ข้อตกลงเบื้องต้นมีสาระสำคัญดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550, หน้า 14)

1. คุณลักษณะที่มุ่งวัดของบุคคลไม่ว่าจะเป็นความรู้ ทัศนคติ ทักษะ หรือคุณลักษณะอื่น ๆ ซึ่งเป็นเป้าหมายของการวัด เป็นค่าที่อยู่ในสภาวะคงที่ (Steady state)

2. ผู้สอบคนเดียวกันได้คะแนนแตกต่างกันจากการวัดในแต่ละสถานการณ์ หรือเงื่อนไขของการวัดเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบอย่างน้อย 1 แหล่ง โดยองค์ประกอบด้านวุฒิภาวะ (Maturation) และการเรียนรู้ (Learning) ระหว่างการวัดไม่เป็นแหล่งความคลาดเคลื่อนของคะแนนที่ได้จากการวัด

3. เมื่อพิจารณาผู้สอบทั้งกลุ่ม ความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ ประกอบด้วย ความแปรปรวนของคะแนนจริง ซึ่งเป็นความแตกต่างที่แท้จริงระหว่างบุคคล ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบอย่างน้อย 1 แหล่ง และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสุ่ม

G-theory ได้พิจารณาแหล่งความคลาดเคลื่อนพหุ (Multiple source of error) ที่สามารถวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากหลายแหล่งพร้อมกันไป ผู้บริหารการทดสอบจึงสามารถตัดสินใจได้ว่า ควรใช้สถานการณ์หรือเงื่อนไขการวัดแบบใด จึงจะได้คะแนนที่เชื่อถือถึงระดับที่ต้องการ ผลการวิเคราะห์ด้วย G-theory จะให้ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสรุปที่แสดงถึงระดับความเชื่อถือของคะแนนที่ได้จากการวัด (Level of dependability) เรียกว่า สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability coefficient) ซึ่งคล้ายกับสัมประสิทธิ์ความเที่ยง (Reliability coefficient) ในทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม

ไพรัตน์ วงษ์นาม (2533, หน้า 24) กล่าวว่า ถึงแม้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงจะมีความหมายเช่นเดียวกับความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม แต่ก็มีประเด็นที่แตกต่างกันดังนี้

1. การวัดแต่ละครั้งมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงได้มากกว่า 1 ค่า

2. การอ้างอิงไปยังเอกภพใด จะต้องระบุและอธิบายเอกภพนั้นให้ชัดเจนและต้องสุ่มเงื่อนไขนั้นมาศึกษาด้วย

3. ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสามารถบอกถึงความเป็นเอกพันธ์ของเอกภพได้ด้วย ถ้าข้อสอบที่นำมาศึกษาเป็นตัวอย่างสุ่มจากเอกภพข้อสอบที่มีความเป็นเอกพันธ์ เราสามารถจะใช้คะแนนสังเกตแทนคะแนนเอกภพได้อย่างมั่นใจ (Cronbach et al., 1963 อ้างถึงใน ไพรัตน์ วงษ์นาม, 2533, หน้า 24)

คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับ G-theory

ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด มีความจำเป็นต้องทำความเข้าใจคำศัพท์เฉพาะที่เกี่ยวข้องที่สำคัญดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550, หน้า 15-19)

1. ประชากร (Population) และเอกภพ (Universe)

G-theory ได้จำแนกคำศัพท์ “ประชากร” และ “เอกภพ” ให้มีความหมายแตกต่างกันดังนี้

1.1 ประชากร หมายถึง สิ่งที่มุ่งวัดทั้งหมดในสถานการณ์ของการทดสอบทั่วไป สิ่งที่มุ่งวัดมัก ได้แก่ บุคคลหรือผู้ทำการทดสอบ

1.2 เอกภพ หมายถึง เงื่อนไขของการวัดที่สนใจทั้งหมด กลุ่มเงื่อนไขของการวัด หรือที่เรียกว่า ฟาเซท (Facet) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่คาดว่ามีผลต่อความคลาดเคลื่อนของการวัด เช่น ความยาวของแบบทดสอบ รูปแบบของข้อสอบ จำนวนครั้งของการสอบ จำนวนผู้ตรวจให้คะแนน เป็นต้น สำหรับเงื่อนไขของการวัดเป็นระดับฟาเซท (องค์ประกอบ) ของการวัด เช่น ฟาเซทของจำนวนผู้ตรวจ อาจกำหนดจำนวนระดับเป็น 1, 2, 3 คน ฟาเซทความยาวของข้อสอบอาจกำหนดเป็น 10, 30, 50 เป็นต้น

หลังจากการออกแบบจำนวนฟาเซท (องค์ประกอบ) และจำนวนเงื่อนไข (ระดับการวัด) ของแต่ละองค์ประกอบแล้ว การวัดที่ครอบคลุมเงื่อนไขทั้งหมดที่เป็นเป้าหมายของการสรุปอ้างอิงคุณภาพของแบบสอบ เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการทดสอบของประชากรผู้ทำการทดสอบภายใต้เงื่อนไขของการวัดที่สนใจทั้งหมด เรียกว่า เอกภพที่ได้จากการสังเกตทั้งหมด (Universe of admissible observation)

1.3 ฟาเซทที่ต้องการศึกษาอาจเป็นองค์ประกอบแบบสุ่ม (Random) หรือองค์ประกอบเจาะจง (Fix) ถ้าเงื่อนไขการวัดถูกเลือกมาอย่างเจาะจงจากองค์ประกอบที่ศึกษา แสดงว่า ผู้ศึกษาสามารถทำการสรุปความเที่ยงของแบบสอบไปยังองค์ประกอบเฉพาะระดับของเงื่อนไขที่เลือกมาศึกษาเท่านั้น แต่ถ้าเงื่อนไขการวัดได้รับการสุ่มเพื่อเป็นตัวแทนขององค์ประกอบที่ศึกษาแสดงว่าผู้ศึกษาสามารถทำการสรุปอ้างอิงความเที่ยงของแบบสอบไปยังระดับต่าง ๆ ขององค์ประกอบที่ศึกษาได้

2. การศึกษา G (G-study) และการศึกษา D (D-study)

ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงทางการทดสอบประกอบด้วยขั้นตอนการศึกษาที่สำคัญ 2 ขั้นตอน ได้แก่ การศึกษาเชิงสรุปอ้างอิง หรือการศึกษา G (Generalizability study: G-study) กับการศึกษาเชิงตัดสินใจหรือการศึกษา D (D-study)

2.1 การศึกษา G (G-study) เป็นการสรุปอ้างอิงผลการศึกษาตัวอย่างการวัดตามเงื่อนไขที่น่าสนใจ บรรยายความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนจากแหล่งความคลาดเคลื่อนเพื่อสรุปอ้างอิงไปยังเอกภพของการวัด

2.2 การศึกษา D (D-study) เป็นการใช้ข้อมูลจากการศึกษา G ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์เฉพาะของการตัดสินใจเลือกใช้แบบสอบในสถานการณ์ต่าง ๆ ของการวัด

จุดประสงค์ของการศึกษา G ต้องการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจริงและความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนจากแหล่งความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ที่สนใจและใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนเพื่อตัดสินใจในการศึกษา D เกี่ยวกับค่าความเที่ยงของแบบสอบในสถานการณ์ของการวัดต่าง ๆ ดังนั้น การออกแบบ G-study จึงควรครอบคลุมเงื่อนไขของการวัดที่ต้องการวัดที่ต้องการตัดสินใจนำแบบสอบไปใช้ใน D-study

3. ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อน

ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม คะแนนจริง (True score: T_p) ของผู้สอบ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการสอบซ้ำ ๆ ด้วยแบบสอบคู่ขนาน ความแปรปรวนของคะแนนจริงจึงเป็นความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของการสอบซ้ำนั้น และความแปรปรวนของคะแนนสังเกตได้จึงเป็นผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อน ดังนี้

$$X_{pi} = T_{pi} + E_{pi}$$
$$\sigma^2_{X_p} = \sigma^2_{T_p} + \sigma^2_{E_p}$$

สำหรับ G-study คะแนนเอกภพ (Universe score: Mp) คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งตามเงื่อนไขการวัดในเอกภพการสรุปอ้างอิง สำหรับความคลาดเคลื่อนของการวัด (E_{pi}) และความคลาดเคลื่อนจากแหล่งที่เหลืออื่น ๆ (e_{pi}) ซึ่งการวัดแต่ละครั้งไม่จำเป็นต้องใช้แบบทดสอบคู่ขนานเหมือนทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ส่วนความแปรปรวนของค่าคาดหมายของคะแนนที่สังเกตได้เป็นผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ($\sigma^2_{\mu_p}$ หรือเขียนย่อ ๆ ว่า σ^2_p) กับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนจากฟาเซท หรือองค์ประกอบ (i) ต่าง ๆ ของการวัด (σ^2_{Ei}) และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนจากแหล่งอื่น (σ^2_{ep}) ดังนี้

$$X_{pi} = T_{pi} + E_{pi} + e_{pi}$$
$$\sigma^2_{X_p} = \sigma^2_{\mu_p} + \sigma^2_{Ei} + \sigma^2_{ep}$$

สำหรับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนจากองค์ประกอบต่าง ๆ ของการวัด สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

3.1 ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute error variance; σ^2_{ABS} หรือ σ^2_Δ) คือ ความแปรปรวนของ μ_p-X_p ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจากแหล่งต่าง ๆ ยกเว้น $\sigma^2_{\mu_p}$ หรือ σ^2_p

3.2 ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error variance; σ^2_{REL} หรือ σ^2_δ) คือ ความแปรปรวนของ μ_p-X_p ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจากแหล่งต่าง ๆ ที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอบ (p)

4. สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient)

ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมสัมประสิทธิ์ความเที่ยง (Reliability) ของแบบสอบเป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ ดังนี้

$$\text{Reliability} = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2} = 1 - \frac{\sigma_E^2}{\sigma_X^2} = \rho_{XT}^2$$

สำหรับ G-theory สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient or ρ_i^2) เป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพกับความแปรปรวนของค่าคาดหมายของคะแนนที่สังเกตได้

$$\text{G-coefficient} = \frac{\sigma_P^2}{\sigma_P^2 + \text{Error variance}}$$

เนื่องจากความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนจากองค์ประกอบต่าง ๆ ของการวัดมี 2 ประเภท จึงทำให้สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมี 2 ประเภท ได้แก่

4.1 สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์

เมื่อคะแนนความคลาดเคลื่อนเป็นความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ สัมประสิทธิ์บ่งบอกความเที่ยงของแบบสอบในสถานการณ์ของการตัดสินใจที่ขึ้นกับคะแนนของผู้สอบตามลำพัง ไม่มีการเปรียบเทียบภายในกลุ่ม หรือ ระหว่างกลุ่ม เช่น ความเที่ยงของแบบสอบอิงเกณฑ์ ซึ่งใช้แสดงความน่าเชื่อถือสำหรับการตรวจสอบความสามารถของผู้สอบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เป็นต้น

4.2 สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์

เมื่อคะแนนความคลาดเคลื่อนเป็นความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ สัมประสิทธิ์นี้บ่งบอกความเที่ยงของแบบสอบในสถานการณ์ของการตัดสินที่มีการเปรียบเทียบระหว่างผู้สอบ เช่น ความเที่ยงของแบบสอบอิงกลุ่ม ซึ่งใช้แสดงความน่าเชื่อถือสำหรับการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างผู้สอบด้วยโค้งการแจกแจงคะแนน และตัดเกรดหรือ

การสอบแข่งขันหาผู้สอบที่ได้คะแนนสูงสุดเทียบกับกลุ่มเพื่อเข้าศึกษาต่อในสถานศึกษาต่าง ๆ เป็นต้น

จะเห็นว่า การประมาณค่าความเที่ยงของ G-theory นั้นแยกความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนออกเป็นความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ (จากเงื่อนไขต่าง ๆ ของการวัด) กับความคลาดเคลื่อนสุ่ม ทำให้ทราบแหล่งความคลาดเคลื่อนที่สำคัญ ทำให้ควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ตรงประเด็นอันนำไปสู่การตัดสินใจใช้เงื่อนไขเพื่อกำหนดความน่าเชื่อถือของการวัดได้ถ้าระดับที่ต้องการ ในขณะที่การประมาณค่าความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมนั้นมีพื้นฐานความเชื่อว่า ความผันแปรของคะแนนที่สังเกตได้โดยคะแนนความคลาดเคลื่อนมาจากความคลาดเคลื่อนของทุกแหล่งรวมเป็นหนึ่งเดียวไม่สนใจปฏิสัมพันธ์ระหว่างเงื่อนไขในการวัดที่อาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของคะแนน ค่าความเที่ยงที่ได้จึงไม่สามารถปรับได้ ทำให้ต้องเริ่มต้นใหม่ทุกครั้งในการประมาณค่าความเที่ยง หากไม่ได้ค่าตามระดับที่ต้องการ

เกณฑ์ความเหมาะสมของค่าความเที่ยง

สัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบวัดควรมีค่าสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ภายใต้สภาพการณ์ของการวัด อย่างน้อยที่สุดควรมีค่าไม่ต่ำกว่า .50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550, หน้า 97) แต่จะสูงถึงขนาดไหนขึ้นอยู่กับความสำคัญของการตัดสินใจที่จะมีขึ้นจากการนำผลการวัดไปใช้ และโอกาสของการติดตามตรวจสอบในเรื่องที่ตัดสินใจ ซึ่ง Gronlund and Linn (1990, p. 101) ได้กล่าวถึงการตัดสินใจที่มีความสำคัญที่ต้องการความถูกต้องสูงนั่นคือ แบบวัดต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงสูง ได้แก่ การตัดสินใจในการคัดเลือกรับหรือไม่รับที่ตัดสินไปแล้วไม่สามารถกลับไปเปลี่ยนแปลงผลหรือนำผลการวัดครั้งอื่นมายืนยันในภายหลังได้อีกแล้ว ส่วนในการตัดสินใจที่มีความสำคัญไม่มากแบบวัดที่ใช้ก็ไม่จำเป็นต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงสูงนัก เป็นการตัดสินใจที่สามารถนำผลการวัดครั้งอื่นมายืนยันหรือเปลี่ยนแปลงผลเดิมได้อีกในภายหลัง ในบางครั้งแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made test) โดยทั่วไปมีค่าความเที่ยงอยู่ระหว่าง .60 ถึง .85 ในขณะที่ Nunnally and Bernstein (1994, p. 265) แนะนำว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยควรมีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงสูงกว่า .70 และควรเพิ่มให้ค่าความเที่ยงสูงกว่า .80 สำหรับเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัยเชิงทฤษฎี และในกรณีที่การตัดสินใจที่สำคัญเกี่ยวกับการตัดสินถึงอนาคตของบุคคลจะทำบนพื้นฐานของคะแนนจากแบบวัดที่มีความเที่ยงอย่างน้อย .90 หรือสูงกว่า

การตรวจสอบคุณภาพรายข้อ

แบบวัดคุณลักษณะความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนนี้ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาข้อคำถาม มีทั้งเป็นแบบเลือกตอบ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน และแบบเติมคำตอบ โดยที่มีการให้คะแนนได้หลายค่า ในการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อเพื่อคัดเลือกข้อสอบใช้การวิเคราะห์ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ข้อสอบแบบเลือกตอบ

ข้อสอบแบบเลือกตอบชนิดให้คะแนนแบบตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน แบบอิงกลุ่ม (Item analysis procedure for norm-referenced) จะดำเนินการวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบแบบอิงกลุ่มเพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 225-227)

1. ระดับความยาก (p) (Level of difficulty of the item) หมายถึง สัดส่วนของจำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูก เช่น ข้อสอบข้อหนึ่งมีคน 100 คน ปรากฏว่าตอบถูกเพียง 30 คน แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีค่าระดับความยาก (p) เท่ากับ 0.3 (หรือ 30%) ดังนั้น ระดับความยากของข้อสอบจึงมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1.0 ถ้าข้อสอบใดมีคนตอบถูกมาก p จะมีค่าสูง (เข้าใกล้ 1) แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่าย ในทางตรงข้ามถ้าข้อสอบใดมีคนตอบถูกน้อย p จะมีค่าต่ำ (เข้าใกล้ 0) แสดงว่าข้อนั้นยาก โดยทั่วไปข้อสอบที่มีค่า p ระหว่าง 0.2-0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะ และข้อสอบทั้งฉบับควรมีระดับความยากเฉลี่ยประมาณ 0.50 สำหรับสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$p = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L}$$

เมื่อ R_H = จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L = จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H = จำนวนคนในกลุ่มสูง

N_L = จำนวนคนในกลุ่มต่ำ

2. อำนาจจำแนกของข้อสอบ (r) (Discriminant power of the items) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกหรือแยกให้เห็นความแตกต่างระหว่างผู้สอบที่มีผลสัมฤทธิ์ต่างกัน เช่น จำแนกคนเก่งกับคนอ่อนออกจากกันได้ หรือจำแนกคนที่มีความสามารถกับคนที่ไม่มีความสามารถออกจากกันได้ โดยถือว่าคนเก่งหรือมีความสามารถทำข้อสอบข้อนั้นได้ ส่วนผู้ที่อ่อนหรือไม่มีความสามารถไม่ควรทำข้อสอบข้อนั้นได้ Johnson (1951) เป็นผู้ริเริ่มให้ความหมายของดัชนีอำนาจจำแนก โดยเสนอการคำนวณอำนาจจำแนกข้อสอบ (r) อย่างง่าย สามารถคำนวณผลต่างระหว่างสัดส่วนจำนวนคนตอบถูกในกลุ่มเก่งกับสัดส่วนคนตอบถูกในกลุ่มอ่อน เช่น กลุ่มเก่ง 10 คน ตอบถูก 9 คน แต่กลุ่มอ่อน 10 คน ตอบถูกเพียง 2 คน เพราะว่า r มีค่าตั้งแต่-1 ถึง +1 แต่อำนาจจำแนกที่ดีจะต้องมีค่าเป็นบวก ควรมีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป สำหรับสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H \text{ or } N_L}$$

เมื่อ R_H = จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L = จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H = จำนวนคนในกลุ่มสูง

N_L = จำนวนคนในกลุ่มต่ำ

ข้อสอบแบบอัตนัย (เขียนคำตอบ)

เป็นข้อสอบที่ให้นักเรียนเขียนตอบได้อย่างเสรี การให้คะแนนไม่เป็นแบบตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดให้ 0 คะแนน การหาค่าความง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของข้อสอบแบบอัตนัยจะดำเนินการโดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-201) ดังนี้

$$P_E = \frac{S_U + S_L - 2NX_{min}}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ P_E แทน ค่าดัชนีความง่าย

S_U แทน ผลรวมคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับคะแนนมาตรฐาน และการสร้างเกณฑ์ปกติ

คะแนนดิบและคะแนนแปลงรูป

สมนึก ภัททิยธนี (2549, หน้า 259-260) ได้กล่าวถึงคะแนนดิบและคะแนนแปลงรูปไว้สรุปได้ดังนี้

การวัดพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ของนักเรียนไม่ว่าจะใช้เครื่องมือชนิดใดก็ตาม ส่วนใหญ่จะปรากฏผลเป็นตัวเลข โดยเฉพาะเมื่อใช้แบบทดสอบ ตัวเลขใช้แทนปริมาณความมากน้อยของสิ่งที่ต้องการจะวัดนี้ เรียกว่า คะแนน โดยทั่วไปจะแบ่งคะแนนออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คะแนนดิบและคะแนนแปลงรูป

1. คะแนนดิบ (Raw score) เป็นคะแนนที่เกิดจากการสอบโดยตรงไม่สามารถตีความหมายให้ชัดว่ามีสภาพการเรียนรู้มากน้อยเท่าไร จึงจัดว่าเป็นตัวเลขลอย ๆ ไม่มีความหมาย เช่น นายแดงสอบได้ 20 คะแนน แม้จะเอาไปเปรียบเทียบกับคะแนนเต็มก็ให้ความหมายไม่ชัดเจน

2. คะแนนแปลงรูป (Derived score) เป็นคะแนนที่ได้จากการนำคะแนนดิบไปเปลี่ยนให้เป็นคะแนนที่มีความหมายดีขึ้นกว่าเดิม คือ ทำให้สามารถบอกสภาพการเรียนรู้ของเด็กได้แน่ชัดขึ้นว่าเขาเก่งหรืออ่อนวิชาใด เพียงใด คะแนนแปลงรูปนี้อาจจำแนกเป็นประเภทย่อย ๆ ได้หลายแบบ ซึ่งต่างก็ตีความได้ชัดเจนแตกต่างกัน มีดังนี้

2.1 คะแนนเปอร์เซนต์ ได้แก่ การนำคะแนนที่สอบได้ไปเทียบกับคะแนนเต็มโดยเปลี่ยนคะแนนเต็มให้มีค่าเป็น 100 เช่น สอบได้ 32 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน แสดงว่าถ้าคะแนนเต็ม 100 คะแนน จะสอบได้ 80 คะแนน เรียกว่า ร้อยละ 80 หรือ 80%

2.2 คะแนนอันดับที่ ได้แก่ การนำคะแนนดิบที่ได้ไปกำหนดตำแหน่งของผู้เข้าสอบโดยเรียงอันดับคะแนนที่ได้จากจำนวนทั้งหมด มุ่งพิจารณาอันดับที่ได้เป็นสำคัญ เช่น สอบได้ 20 คะแนน เมื่อเรียงอันดับคะแนนแล้วอยู่อันดับที่ 10 จากคนเข้าสอบทั้งหมด 30 คน แล้วอาจจะปรับเทียบอันดับที่ได้นี้จากคนเข้าสอบทั้งหมดเป็น 100 คน จะเรียกว่า ตำแหน่งร้อยละ หรือตำแหน่งเปอร์เซนต์ไทล์ (Percentile rank)

2.3 คะแนนมาตรฐาน ได้แก่ การนำคะแนนดิบที่ได้ไปเทียบกับคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) ของกลุ่มโดยพิจารณาว่ามากกว่าหรือน้อยกว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มเท่าไร คะแนนมาตรฐานที่นิยมใช้ ได้แก่ คะแนนมาตรฐาน Z และ T

2.4 คะแนนมาตรฐานเก้า (Stanine) ได้แก่ การนำคะแนนดิบที่ได้ไปเทียบกับคะแนนในกลุ่มย่อย เมื่อแบ่งผู้สอบทั้งหมดออกเป็น 9 กลุ่ม ตามอัตราส่วนร้อยละของการแจกแจงโค้งปกติที่กำหนดไว้คงที่

คะแนนมาตรฐาน Z และ T

สมนึก ภัททิยธนี (2549, หน้า 261-268) ได้กล่าวแนวความคิดเกี่ยวกับคะแนนมาตรฐานไว้ดังนี้

1. คะแนนมาตรฐานเป็นคะแนนแปลงรูปมาจากคะแนนดิบ ตามแนวการประเมินผลแบบอิงกลุ่มเพื่อให้มีความหมายชัดเจนขึ้นเพราะคะแนนมาตรฐานมีจุดเปรียบเทียบความเก่งอ่อนที่มีหน่วยเท่ากันและเชื่อถือได้ จึงมีผลทำให้สามารถนำคะแนนมาตรฐานมาบวกลบกันได้

2. หลักในการเปรียบเทียบคะแนนมาตรฐาน จะใช้คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มเป็นหลัก กล่าวคือ ถ้ามีนักเรียนสอบเพียงคนเดียวจะไม่สามารถบอกได้ว่าเขาเก่งหรืออ่อน เพราะความเก่งหรืออ่อนต้องอาศัยการเปรียบเทียบกับนักเรียนคนอื่น ๆ ที่อยู่ในกลุ่ม และจะไม่นำไปเปรียบเทียบกับคะแนนของนักเรียนทุกคน เพราะว่าจะทำให้เกิดความยุ่งยากสับสน แต่จะใช้คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มเป็นหลัก ซึ่งตามหลักวิชาสถิติถือว่าเป็นคะแนนที่เป็นตัวแทนของกลุ่มที่ใช้เป็นหลักในการเปรียบเทียบโดยถือว่า ถ้านักเรียนคนใดสอบได้คะแนนมากกว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มก็ถือว่าเก่ง ถ้ายิ่งสอบได้คะแนนมากกว่าคะแนนเฉลี่ยเท่าไรก็ยิ่งถือว่าเก่งมากขึ้นเท่านั้น

คะแนนมาตรฐาน Z

คะแนนมาตรฐานที่ใช้ในทางการศึกษามีหลายชนิด แต่ชนิดที่ใช้ได้สะดวกและเหมาะที่จะนำไปใช้ในการประเมินผล ได้แก่ คะแนนมาตรฐาน Z มีรายละเอียดดังนี้

คะแนนมาตรฐาน Z (Z-score) หมายถึง ผลต่างคะแนนดิบกับคะแนนเฉลี่ยในหนึ่งส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือเป็นกี่เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$Z = \frac{X - \overline{X}}{S}$$

เมื่อ Z แทน คะแนนมาตรฐานของแต่ละคน

X แทน คะแนนดิบของแต่ละคน

$\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่ม

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม

คะแนนมาตรฐาน Z เป็นคะแนนที่มีคุณสมบัติดีเด่น 3 ประการ คือ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 263-264)

1. สามารถแปลความหมายได้โดยตัวของมันเองอย่างยุติธรรม

2. สามารถนำมารวมกันได้ตามหลักคณิตศาสตร์

3. คะแนนของนักเรียนกลุ่มเดียวกันสามารถนำมาเปรียบเทียบระดับความเก่ง-อ่อนได้ในต่างวิชากัน

นอกจากคุณสมบัติดีเด่น 3 ประการดังกล่าวแล้ว คะแนนมาตรฐาน Z ยังมีคุณสมบัติอีก 2 ประการ คือ

1. คะแนนมาตรฐาน Z มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 1

2. การแปลงคะแนนดิบเป็นคะแนนมาตรฐาน Z จะทำให้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเปลี่ยนไป แต่รูปโค้งการแจกแจงยังคงมีลักษณะเหมือนเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

คะแนนมาตรฐาน T (T-score)

แม้ว่าคะแนนมาตรฐาน Z จะมีคุณสมบัติดีเด่นหลายประการ แต่ยังมีข้อจำกัด ดังนี้

1. การเปลี่ยนคะแนนดิบเป็นคะแนนมาตรฐาน Z มีกรรมวิธีหลายขั้นตอนและมีหน่วยใหญ่เกินไป คือ ค่า Z จะเพิ่ม-ลดทีละ 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและโดยธรรมชาติของคะแนนมาตรฐาน Z จะมีค่าอยู่ในช่วง-4 ถึง 4 (ส่วนมากจะมีค่าอยู่ระหว่าง-3 ถึง 3) เมื่อคำนวณหาค่า Z มักจะได้ค่าเป็นทศนิยมด้วยจึงทำให้เกิดความยุ่งยาก

2. ค่าของคะแนนมาตรฐาน Z จะมีทั้งบวกและลบ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0 ทำให้ยุ่งยากในการตีความหมาย และมักเข้าใจผิด โดยเฉพาะเมื่อคะแนนมาตรฐาน Z มีค่าเป็น ลบ หรือ 0

จากเหตุผล 2 ประการ จึงมีผู้เสนอให้ใช้คะแนนมาตรฐาน T แทนคะแนนมาตรฐาน Z ซึ่งคะแนนมาตรฐาน T ยังแบ่งออกกรณี ดังนี้

2.1 คะแนนมาตรฐานทีเชิงเส้นตรง

เป็นการแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐานทีโดยการแปลงในเชิงเส้นตรง (Linear transformation) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$T = 10Z + 50$$

เมื่อ T แทน คะแนนมาตรฐาน T หรือ T-score

Z แทน คะแนนมาตรฐาน Z หรือ Z-score

2.2 คะแนนมาตรฐานทีปกติ (Normalized T-score)

การแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐานที (T-score) ดังหัวข้อ 2.1 เรียกว่า การแปลงเชิงเส้นตรง (Linear transformation) ซึ่งลักษณะการแจกแจงข้อมูลยังคงเหมือนคะแนนดิบ ดังนั้น ปกติจะไม่แปลงคะแนนดิบโดยวิธีนี้ เพราะการเปรียบเทียบคะแนนยังไม่ถูกต้องแน่นอนหรือสมบูรณ์ วิธีแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐานที่สะดวกถูกต้องชัดเจนก็คือ วิธีแปลงคะแนนโดยยึดพื้นที่ใต้โค้งปกติ (Area transformation) คือ ทำให้รูปโค้งการแจกแจงเปลี่ยนไปเข้าสู่รูปโค้งปกติมากยิ่งขึ้น คะแนนมาตรฐานที่ได้จากวิธีการแบบนี้ เรียกว่า คะแนนมาตรฐานทีปกติ (Normalized T-score)

การสร้างเกณฑ์ปกติโดยอาศัยการพยากรณ์

โดยทั่วไปเมื่อสร้างแบบทดสอบมาตรฐานจะต้องสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) ด้วยเพื่อให้ผู้นำแบบทดสอบไปใช้สามารถเทียบคะแนนสอบเป็นคะแนนเกณฑ์ปกติ และแปลความหมายของการสอบได้ทันที แต่ขั้นตอนการสร้างเกณฑ์ปกติ เช่น สร้างเป็นคะแนนทีปกติ (Normalized T-score) อาจจะใช้วิธีการเขียนกราฟจากคู่อันดับระหว่างคะแนนสอบกับคะแนนทีปกติแล้วพิจารณาแนวโน้มของจุดกราฟดังกล่าวและลากเส้นตรงให้ผ่านจุดกราฟต่าง ๆ ที่มีอยู่ให้มากที่สุด จึงสามารถอ่านคะแนนสอบเป็นคะแนนทีปกติที่ต้องการขยายได้ ลักษณะเช่นนี้จะพบจุดบกพร่อง คือ ไม่มีหลักฐานที่ยืนยันได้ว่าเส้นตรงดังกล่าวเป็นเส้นตรงที่มีความเหมาะสม (Fit a straight line) และทำให้เกณฑ์ปกติมีความคลาดเคลื่อนได้ จึงมีวิธีการสร้างเกณฑ์ปกติอีกวิธีหนึ่ง คือ ใช้วิธีการแปลงคะแนนโดยอาศัยสมการพยากรณ์ จะช่วยให้การสร้างเกณฑ์ปกติมีความถูกต้องเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการสร้างเกณฑ์ปกติมากยิ่งขึ้น จึงขอเสนอสาระตามลำดับ ดังนี้

แนวความคิดเกี่ยวกับเกณฑ์ปกติ

เกณฑ์ปกติ (Norms) เป็นส่วนประกอบสำคัญของแบบทดสอบมาตรฐานใช้สำหรับตีความหมายของคะแนนที่ได้จากการใช้แบบทดสอบมาตรฐาน ทำให้ทราบระดับความสามารถของผู้ถูกทดสอบแต่ละคนได้ทันที โดยไม่ต้องเปรียบเทียบกับคะแนนของคนอื่น ๆ ที่สอบพร้อมกัน เพราะตีความหมายของคะแนนสอบจะใช้การอ้างอิงจากเกณฑ์ปกติที่สร้างไว้

ความหมายของเกณฑ์ปกติ

เกณฑ์ปกติ (Norms) หมายถึง ข้อเท็จจริงทางสถิติที่บรรยายการแจกแจงของคะแนนจากประชากรที่นิยามไว้อย่างดีแล้ว และเป็นคะแนนตัวที่จะบอกระดับความสามารถของผู้สอบว่าอยู่ในระดับใดของกลุ่มประชากร การสร้างเกณฑ์ปกติจึงต้องคำนึงถึงหลัก 3 ประการ ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 313-314)

1. ความเป็นตัวแทนที่ดี หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้สร้างเกณฑ์ปกติเกิดจากการสุ่มที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร

2. มีความตรง (Validity) หมายถึง การนำคะแนนสอบไปเทียบกับเกณฑ์ที่ทำไว้แล้วสามารถแปลความได้ตรงกับความเป็นจริงหรือไม่ เช่น นักเรียนคนหนึ่งสอบวิชาคณิตศาสตร์ได้ 20 คะแนน ตรงกับคะแนนทีปกติ 50 แปลว่ามีความสามารถปานกลาง ความเป็นจริงจะเป็นเช่นนั้นหรือไม่ ในเรื่องนี้จึงถือเป็นเรื่องสำคัญมาก

3. มีความทันสมัย เกณฑ์ปกตินั้นขึ้นอยู่กับความสามารถของประชากรกลุ่มนั้น การพัฒนาคนมีอยู่ตลอดเวลา เทคโนโลยี สภาพแวดล้อม อาหารการกิน สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้คนเก่งหรืออ่อนได้ ดังนั้น เกณฑ์ปกติที่เคยศึกษาไว้นานหลายปีอาจไม่ตรงกับความเป็นจริง จึงต้องสร้างขึ้นใหม่ให้ทันสมัย โดยทั่วไปแล้วเกณฑ์ปกติควรเปลี่ยนทุก ๆ 5 ปี

ชนิดของเกณฑ์ปกติ

เกณฑ์ปกติสามารถแบ่งได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับหลักที่ใช้ในการแบ่ง ซึ่ง เยาวดี วิบูลย์ศรี (2548, หน้า 59-62) ได้แบ่งไว้ดังนี้

1. แบ่งตามกลุ่มตัวอย่างประชากรและความเป็นตัวแทนของพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ ซึ่งอาจแบ่งได้ดังนี้

1.1 เกณฑ์ปกติภายในชั้นเรียน เกณฑ์ปกติประเภทนี้ ได้แก่ คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น โดยลักษณะของการกระจายของคะแนนในชั้นเรียนย่อมจะสามารถนำมาเทียบเป็นคะแนนเปอร์เซนต์ไทล์ และแปลงเป็นคะแนนมาตรฐานซี (Z) หรือที (T) หรือสเตไนน์ได้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างนักเรียนภายในกลุ่มนั้น ๆ เกณฑ์ปกติลักษณะนี้จะไม่สามารถนำไปใช้เปรียบเทียบข้ามกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการทดสอบได้

1.2 เกณฑ์ปกติภายนอก เกณฑ์ปกติประเภทนี้เป็นการจัดระบบการกระจายของคะแนนของกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้มาจากการดำเนินการสอบที่เป็นมาตรฐานเดียวกันโดยแบบสอบที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นแบบสอบมาตรฐานที่มีการพิมพ์ออกจำหน่าย เกณฑ์ปกติที่ได้นี้จะได้มาจากการกระจายของคะแนนกลุ่มตัวอย่างประชากรขนาดใหญ่ กลุ่มตัวอย่างประชากรที่นำคะแนนมาสร้างเป็นเกณฑ์มาตรฐานจะต้องเป็นกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากรที่ต้องการอ้างอิงถึงในภายหลัง ซึ่งสามารถแบ่งเกณฑ์ปกติภายนอกออกเป็นส่วนย่อยได้ดังนี้

1.2.1 เกณฑ์ปกติระดับท้องถิ่น (Local norms) ซึ่งเป็นเกณฑ์ปกติที่กำหนดกลุ่มตัวอย่างประชากรที่จะใช้ในการเปรียบเทียบคะแนนว่าเป็นบุคคลจำนวนหนึ่งภายใต้ท้องถิ่นละแวกเดียวกัน เกณฑ์ปกติที่ได้จะใช้กลุ่มตัวอย่างประชากรละแวก ท้องถิ่นที่กำหนด การตีความหมายของคะแนนที่ได้จะต้องจำกัดขอบเขตอยู่เฉพาะกลุ่มประชากรที่กำหนดขึ้นเท่านั้น

1.2.2 เกณฑ์ปกติระดับภาค (Regional norms) เป็นเกณฑ์ปกติที่กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ต้องการอ้างอิงออกไปมากกว่าระดับท้องถิ่น คือ กำหนดประชากรที่ต้องการเปรียบเทียบในระดับภาค ในกรณีนี้กลุ่มตัวอย่างประชากรที่ต้องการทดสอบเพื่อนำมาสร้างเกณฑ์ปกติก็ต้องสุ่มจากประชากรทั้งหมดในภาคนั้น ๆ การแปลความหมายของคะแนนจะทำได้โดยการเปรียบเทียบกับคะแนนเกณฑ์ปกติและตีความหมายในระดับภาค

1.2.3 เกณฑ์ปกติระดับประเทศ (National norms) เกณฑ์ปกติแบบนี้จะกำหนดกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ต้องการใช้เป็นมาตรฐานของการเปรียบเทียบ คือ ประชากรทั้งประเทศ การสุ่มตัวอย่างประชากรเพื่อนำมาสร้างเกณฑ์ปกติจะต้องสุ่มมาจากประชากรทั้งประเทศ เกณฑ์ปกติลักษณะนี้จะทำให้สามารถเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบที่แต่ละคนทำได้กับเกณฑ์ปกติภายในประเทศ

2. แบ่งตามลักษณะการแปลงคะแนน ในการสร้างเกณฑ์ปกติ โดยทั่วไปแล้วยึดหลักการกระจายของคะแนนของกลุ่มตัวอย่างประชากรที่มีขนาดใหญ่ว่ามีลักษณะเป็นโค้งปกติ คะแนนที่ได้จากการสอบซึ่งเป็นคะแนนดิบจะได้รับการเทียบหรือแปลงไปในรูปใดรูปหนึ่ง ซึ่งมี 2 ระบบใหญ่ ๆ ดังนี้

2.1 ระบบการเทียบคะแนนดิบเป็นคะแนนเปอร์เซนต์ไทล์ ระบบการเทียบคะแนนนี้จะใช้หลักการเทียบคะแนนที่ว่า ถ้าหากมีคนเข้าสอบทั้งหมด 100 คน คนที่ได้คะแนน ณ ตำแหน่งนั้น ๆ จะมีคนที่ได้ลำดับที่ที่ต่ำกว่าอยู่เท่าไร โดยธรรมชาติของตัวมันเองแล้วคะแนนเปอร์เซนต์ไทล์เป็นคะแนนในมาตราลำดับที่ ในแง่ของการเปรียบเทียบก็จะทราบได้ว่า คนที่ได้เปอร์เซ็นต์ไทล์ต่ำกว่า 50 จะเป็นคนอ่อนในกลุ่ม และคนที่ได้ลำดับที่เปอร์เซ็นต์ไทล์สูงกว่า 50 จะเป็นคนเก่งในกลุ่ม

2.2 ระบบการแปลงคะแนนดิบเป็นคะแนนมาตรฐาน ระบบของการแปลงคะแนนแบบนี้พัฒนามาจากพื้นฐานของคะแนนมาตรฐานที่มีสมการว่า

$$Z = \frac{X - \overline{X}}{SD}$$

ค่า Z มีคุณสมบัติเฉพาะ คือ $\overline{Z} = 0$ และ SD = 1 คะแนนมาตรฐานซี (Z-score) ได้รับการพัฒนาให้เป็นคะแนนมาตรฐานรูปแบบต่าง ๆ อีก เช่น คะแนนมาตรฐานที (T-score) เป็นต้น

ในด้านความหมายแล้ว ระบบของคะแนนแบบนี้ เราจะสามารถทราบได้ว่า คนที่ได้คะแนนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจะเป็นคนเก่งในกลุ่ม คนที่ได้คะแนนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยจะเป็นคนอ่อนในกลุ่ม

3. แบ่งตามลักษณะกลุ่มการใช้เพื่อการเปรียบเทียบ ลักษณะของการสร้างเกณฑ์ปกติแบบนี้ อาจจะแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ คือ

3.1 เกณฑ์ปกติจำแนกตามระดับอายุ (Age norms) ซึ่งเกณฑ์ปกติในระบบนี้ผู้สร้างต้องแยกเกณฑ์ปกติของคนที่มีอายุแตกต่างกันออกจากกัน เหตุนี้ผู้ที่มีอายุต่างกันก็จะใช้ปกติวิสัยและเกณฑ์เปรียบเทียบสถานภาพของเขาในแบบสอบนั้น ๆ แตกต่างกันออกไปด้วย

3.2 เกณฑ์ปกติจำแนกตามระดับชั้นเรียน (Grade norms) ซึ่งเกณฑ์ปกติในระบบนี้ผู้สร้างจะไม่สนใจว่าผู้ที่ใช้แบบสอบถามควรจะมีอายุเท่าไร แต่จะสนใจระดับชั้นเรียนเป็นเกณฑ์ในการสร้าง เหตุนี้ผู้ที่อยู่ต่างชั้นเรียนก็จะมีเกณฑ์ปกติแตกต่างกัน ในการสร้างเกณฑ์ปกติก็จะแยกสร้างตามระดับชั้นเรียน การเปรียบเทียบเกณฑ์ปกติก็จะพิจารณาว่าผู้ทำแบบสอบอยู่ในระดับชั้นใดก็จะใช้เกณฑ์ปกติสำหรับคนในระดับชั้นนั้นมาใช้เปรียบเทียบบอกสถานภาพของเขาเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์

หลักการสร้างเกณฑ์ปกติโดยอาศัยสมการพยากรณ์

สมนึก ภัททิยธนี (2549, หน้า 271-272) กล่าวถึงหลักการสร้างเกณฑ์ปกติโดยใช้คะแนนทีปกติ (Normalized T-score) ไว้ดังนี้

เมื่อพิจารณาคะแนนสอบและคะแนนทีปกติ (T_C) แต่ละคู่ จะพบว่า มีลักษณะเป็นตัวแปรคู่อันดับ (Ordered pairs) ที่มีความสัมพันธ์กันสูง (หากทดสอบความสัมพันธ์ (r_{XY}) ระหว่างคะแนนสอบกับคะแนนทีปกติ ย่อมมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ) จึงสามารถเขียนเป็นฟังก์ชันในรูปของคะแนนสอบและคะแนนทีปกติที่เป็นสมการเส้นตรงได้ ดังนี้

$$T_C = a + bX \quad (1)$$

เมื่อ T_C แทน คะแนนทีปกติที่คำนวณจากสมการเส้นตรงอยู่ในรูปฟังก์ชันของคะแนนสอบ

b แทน ความชันของเส้นตรง (ค่าสัมประสิทธิ์การทำนายหรือการพยากรณ์)

$$\text{โดยที่} \quad b = \frac{N\sum XY - \sum X \sum Y}{N\sum X^2 - (\sum X)^2} \qquad (2)$$

a แทน Y-intercept (ตำแหน่งที่เส้นตรงตัดแกน Y)

$$\text{โดยที่} \quad a = \overline{Y} - b\overline{X} \qquad (3)$$

X แทน คะแนนสอบ

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบ

Y แทน คะแนนทีปกติ

$\overline{Y}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนทีปกติ

ดังนั้น ในการแปลงคะแนนสอบให้เป็นคะแนนทีปกติโดยอาศัยสมการพยากรณ์ มีขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 แปลงคะแนนสอบเป็นคะแนนทีปกติ

ขั้นที่ 2 หาค่า b และ a เพื่อนำไปสร้างสมการเส้นตรง $T_C = a + bX$ (สมการพยากรณ์) โดยคำนวณหาค่า b และ a ตามสูตรที่ (2) และ (3) ตามลำดับ

ขั้นที่ 3 คำนวณค่าคะแนนทีปกติจากคะแนนสอบ (X) โดยแทนค่า X ในสมการ (1): $T_C = a + bX$

ขั้นที่ 4 ขยายคะแนน (Extrapolate) ทีปกติ (T_C)

การวิจัยครั้งนี้เป็นพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่างนักเรียนในภาคตะวันออกของประเทศ จึงสร้างเป็นเกณฑ์ปกติระดับภาค ส่วนการแปลผลคะแนนได้ทำการแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์แล้วปรับค่าเป็นคะแนนมาตรฐานทีปกติ ซึ่งในการแปลค่าคะแนนของนักเรียนได้แบ่งความสามารถพิเศษของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับ

ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเพื่อนำมาเป็นข้อมูลและกรอบแนวคิดในการพัฒนาแบบสอบวัดคุณลักษณะความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในครั้งนี้ จำแนกเป็น 2 ส่วน คือ งานวิจัยต่างประเทศ และงานวิจัยในประเทศไทย ซึ่งนำเสนอพอสังเขป ดังนี้

งานวิจัยต่างประเทศ

Robinson (1973 อ้างถึงใน สมจิตร กำเนิดผล, 2546, หน้า 47-48) ได้วิจัยถึงพฤติกรรมการคิดแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรดหก จำนวน 115 คน ตัวแปรต้นที่ใช้ในการศึกษามีสองประเภท คือ ตัวแปรทางด้านความรู้คิด และตัวแปรทางด้านคุณธรรม แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถด้านการคิดแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีจำนวน 16 ข้อ ผลปรากฏว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง จะได้คะแนนจากแบบทดสอบเหล่านี้สูงด้วย แต่จะได้คะแนนจากแบบวัดความกังวลใจต่ำ

Howell (1989, pp. 210-217) ได้สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ (TOMA) เพื่อตัดสินว่านักเรียนคนใดมีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงหรือต่ำว่าเด็กทั่ว ๆ ไป โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กนักเรียนตั้งแต่ 8 ปี 6 เดือน ถึง 18 ปี 11 เดือน แบบสอบชุดนี้ประกอบด้วยแบบสอบย่อย 5 ฉบับ คือ แบบทดสอบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ (AT) แบบทดสอบวัดความสามารถทางคำศัพท์ (VO) แบบทดสอบวัดความสามารถทางคำนวณ (CO) แบบวัดความสามารถทั่วไป (GI) และแบบทดสอบโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (SP) การวิจัยพบว่า ความเที่ยงของแบบสอบ AT มีค่า 0.77 แบบสอบ VO มีค่า 0.87 แบบสอบ GI มีค่า 0.92 และแบบสอบ SP มีค่า 0.78 ส่วนความตรงของแบบสอบเป็นความตรงตามเกณฑ์ได้ค่าความตรงระหว่าง 0.30 ถึง 0.40

Sak (2005) ได้ทำการศึกษาเรื่อง โมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้าน (Three-mathematical minds model: M^3) สำหรับการระบุนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ วัตถุประสงค์แรกของการศึกษาเป็นการหาความตรงในทางจิตวิทยาของแบบจำลองสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้าน ที่พัฒนาโดยผู้วิจัย ซึ่งโมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์นี้อยู่บนพื้นฐานความคิดในด้านการมีความสามารถพิเศษที่หลากหลายเพื่อที่จะใช้ระบุนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ เช่น การเรียนการสอนของ Poincare และ Polya เกี่ยวกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนทฤษฎีแห่งความสำเร็จที่เสนอโดย Sternberg (1977) เป็นกรอบในการพัฒนาโมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้าน วัตถุประสงค์ข้อที่สองเพื่อตรวจสอบความตรงในทางจิตวิทยาของโมเดลความซับซ้อนทางปัญญาสามระดับ (Three-level cognitive model: C^3) ซึ่งพัฒนาโดยผู้วิจัย โมเดลความซับซ้อนทางปัญญาสามระดับอยู่บนพื้นฐานของการศึกษาเกี่ยวกับทักษะ ความรู้หรือความชำนาญเฉพาะด้าน (Expertise) เพื่อให้เห็นความแตกต่างระหว่างนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ นักเรียนที่มีความสามารถสูงกว่าระดับค่าเฉลี่ย และนักเรียนที่มีความสามารถในระดับค่าเฉลี่ยและต่ำกว่า ในสามระดับของความซับซ้อน ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่อยู่บนพื้นฐานของโมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้านและ

โมเดลความซับซ้อนทางปัญญาสามระดับ โดยความร่วมมือของนักคณิตศาสตร์ นำแบบทดสอบที่พัฒนาไปทดสอบนักเรียนในโรงเรียนมัธยม จำนวนนักเรียน 291 คน คนซึ่งเป็นนักเรียนที่มาจากโรงเรียนที่แตกต่างกัน 4 โรงเรียน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.72 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ พบว่า มี 3 องค์ประกอบซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 55 ของความแปรปรวนทั้งหมด ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเหมือน (Convergent validity) พบว่าค่าสหสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง ถึงระดับสูงปานกลาง โดยที่สหสัมพันธ์ระหว่างโมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้านกับการประเมินระดับความสามารถของนักเรียนที่ประเมินโดยครู การประเมินระดับความสามารถของนักเรียนซึ่งนักเรียนเป็นผู้ประเมินตนเอง และการประเมินความชื่นชอบในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีค่าสหสัมพันธ์เป็น .45, .36 และ .35 ตามลำดับ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบของ แบบสอบย่อยและคะแนนรวมของแบบสอบทั้งฉบับมีค่าอยู่ในระดับต่ำไปหาสูง ข้อสอบบางข้อวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์เพียงด้านเดียว เช่น วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามข้อสอบบางข้อก็เป็นข้อสอบที่วัดได้ดี โดยวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ได้มากกว่าหนึ่งด้าน

โมเดลความซับซ้อนทางปัญญาสามระดับสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 41 ของความแปรปรวนทั้งหมด ความยากของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง .02 ถึง .93 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ .29 การวิเคราะห์อำนาจจำแนกของโมเดลความซับซ้อนทางปัญญาสามระดับ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในปัญหาระดับสองและปัญหาระดับสามระหว่างกลุ่มที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน แต่ในปัญหาระดับหนึ่ง พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษกับกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถอยู่ในระดับเหนือค่าเฉลี่ย ผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า โมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้าน และโมเดลความซับซ้อนทางปัญญาสามระดับมีความตรงในทางจิตวิทยาในการระบุนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

Pitta-Pantazi et al. (2011, pp. 39-54) ได้ทำการศึกษาเรื่อง โมเดลของผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์: การบูรณาการความสามารถโดยธรรมชาติ ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบโครงสร้างและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของผู้มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ และเพื่อระบุกลุ่มเด็กตามความแตกต่างระหว่างองค์ประกอบของความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โมเดลที่ศึกษาเป็นโมเดลที่สร้างขึ้นโดยการบูรณาการระหว่างความสามารถโดยธรรมชาติ (ความสามารถทางปัญญา) ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัย เชื่อว่าผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ประกอบ ด้วยความสามารถทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ในขณะที่ความสามารถโดยธรรมชาติ

(ความสามารถทางปัญญา) จะทำหน้าที่ทำนายคุณลักษณะความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ในการตรวจสอบโมเดล ผู้วิจัยได้ได้รวบรวมข้อมูลจากนักเรียนระดับประถมศึกษา จำนวน 239 คน โดยใช้เครื่องมือ 4 ชนิด การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบโครงสร้างของโมเดล พบว่า ความสามารถทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างของผู้มีความสามารถพิเศษทาง คณิตศาสตร์มากกว่าความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้ ความสามารถโดยธรรมชาติจะ เป็นสิ่งที่ใช้ทำนายความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ด้านการระบุกลุ่มของเด็ก สามารถระบุเด็ก ได้เป็นสามกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งพิจารณาจากระดับของการปฏิบัติที่แตกต่างได้สามระดับ คือ กลุ่มที่มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำ กลุ่มที่มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง และกลุ่มที่มี ความสามารถอยู่ในระดับสูง ระหว่างกลุ่มเด็กที่มีความสามารถอยู่ในระดับสูง กลุ่มเด็กที่มีอายุเก้าปี จะเป็นเด็กที่มีความสามารถพิเศษ

งานวิจัยในประเทศไทย

สุภาวดี ตั้งบุบผา (2533, บทคัดย่อ) ได้สร้างแบบสอบวัดความสามารถในการคิด สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยความสามารถ 7 ด้าน คือ ความสามารถในการตั้งโจทย์ ปัญหา ความสามารถในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ ความสามารถในการคาดคะเนถึงผลที่จะเกิดขึ้นจาก สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบและวิธีการคิด ความสามารถ ในการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ไปใช้เป็นกรณีทั่วไป และความสามารถ ในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลขหรือภาพเรขาคณิตหรือทรงเรขาคณิตหรือการจัด กระทำทางคณิตศาสตร์ โดยให้คะแนนเป็น 3 องค์ประกอบ คือ คะแนนความคล่องแคล่วในการคิด ความยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2532 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 367 คน ได้ผลการวิจัยดังนี้ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบทุกข้อของคะแนนทั้ง 3 องค์ประกอบมีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหาโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา ได้ค่าความเชื่อมั่น ของคะแนนความคล่องแคล่วในการคิดทั้งฉบับ 0.574 ค่าความยืดหยุ่นในการคิดทั้งฉบับ 0.563 ค่าความคิดริเริ่มทั้งฉบับ 0.653 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.789 ค่าความ เที่ยงตรงเชิงโครงสร้างวิธี Multitrait-multimethod มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความเที่ยงตรง 0.7089-0.8983 และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงเชิงจำแนก 0.1538-0.3145

สุรีพร ศิริมาลย์ (2539) ได้พัฒนาเครื่องมือระบุเด็กที่มีความสามารถพิเศษทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องมือระบุ นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ปีการศึกษา 2539 จำนวน 1,286 คน ในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมี 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 ประกอบด้วย แบบเติมคำ จำนวน 8 ข้อ แบบเลือกตอบ จำนวน 24 ข้อ แบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ฉบับที่ 2 เป็นมาตรประมาณค่า จำนวน 24 ข้อ

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ผลการวิจัยในแบบสอบแต่ละฉบับ มีดังนี้

ฉบับที่ 1

1.1 แบบเติมคำ มีค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ .771

1.2 แบบเลือกตอบ มีค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในสูตร KR-20 เท่ากับ .753 ความตรงเชิงจำแนกระหว่างนักเรียนเก่งกับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ ทดสอบด้วยสถิติ t-test พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.3 แบบอัตนัย มีค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ .508 ความตรงเชิงจำแนกระหว่างนักเรียนเก่งกับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ ทดสอบด้วยสถิติ t-test พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ฉบับที่ 2 มาตรประมาณค่า มีค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาเท่ากับ .898 ความตรงเชิงจำแนกระหว่างนักเรียนเก่งกับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ ทดสอบด้วยสถิติ t-test พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบมีค่าตั้งแต่ .1942 ถึง .8613 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ศรัณยา หนูเงิน (2549) ได้ทำการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิดตามทฤษฎีแห่งความสำเร็จของสเติร์นเบอร์กสำหรับนำเรียนช่วงชั้นที่ 3 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิดตามทฤษฎีปัญญาแห่งความสำเร็จของสเติร์นเบอร์กสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดและสร้างปกติวิสัยของแบบวัด เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบวัดความสามารถทางการคิดตามทฤษฎีแห่งความสำเร็จของเสติร์นเบอร์ก 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ การสร้างสรรค์ และการปฏิบัติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครนายก ปีการศึกษา 2547 จำนวน 1,300 คน วิเคราะห์สถิติเชิงบรรยายโดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดโดยใช้โปรแกรม Lertap 5 และตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับ 2 โดยใช้โปรแกรมลิสเรล 8.50 ผลการวิจัยปรากฏว่า

1. ข้อสอบในแบบวัดความสามารถทางการคิดมีความตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อ มีดัชนีความยากของข้อสอบตั้งแต่ .21 ถึง .79 ดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบตั้งแต่ .23 ถึง .38 และค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับเท่ากับ .81

2. แบบวัดความสามารถทางการคิดมีความตรงเชิงโครงสร้างอยู่ในเกณฑ์ องค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ และข้อสอบทั้ง 35 ข้อ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีไค-สแควร์ (Chi-square) เท่ากับ 133.55; p = 1.00 ที่องศาอิสระเท่ากับ 283 และดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .99 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .99 และดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 1.00

3. ปกติวิสัยของแบบวัดความสามารถทางการคิดจำแนกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ผู้ที่มีความสามารถทางการคิดระดับสูง มีตำแหน่งเปอร์เซนต์ไทล์มากกว่า 77.00 ขึ้นไป ผู้ที่มีความสามารถทางการคิดระดับปานกลาง มีตำแหน่งเปอร์เซนต์ไทล์ตั้งแต่ 23.01 ถึง 77.00 และผู้ที่มีความสามารถทางการคิดระดับต่ำ มีตำแหน่งเปอร์เซนต์ไทล์น้อยกว่า 23.01 ลงมา

วิภาภรณ์ เอียดคง (2550) ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดสงขลา การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดสงขลา เครื่องมือที่พัฒนามี 5 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวัดความสามารถในการจำ จำนวน 10 ข้อ ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ จำนวน 5 ข้อ ฉบับที่ 3 แบบทดสอบวัดความคิดวิจารณญาณ จำนวน 30 ข้อ ฉบับที่ 4 แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหา จำนวน 5 ข้อ และฉบับที่ 5 แบบวัดความสนใจในการรวบรวมความรู้ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ โดยหาคุณภาพของเครื่องมือด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่น ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง สร้างเกณฑ์ปกติและคู่มือการใช้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสงขลา จังหวัดสงขลา จำนวน 826 คน ผลการศึกษาปรากฏว่า เครื่องมือทุกฉบับมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยค่าดัชนีความความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรมมีค่าตั้งแต่ 0.71 ถึง 1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ความยากง่ายและอำนาจจำแนกของเครื่องมือที่พัฒนาทั้ง 5 ฉบับ ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการจำ หาโดยการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ โดยใช้เทคนิค 27% มีความยากง่ายตั้งแต่ 0.40 ถึง 0.69 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.35 ถึง 0.83 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกข้อ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หาโดยสูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสันมีค่าเท่ากับ 0.82 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนทั้งฉบับ

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตั้งแต่ 0.71 ถึง 0.57 เกณฑ์ปกติ คะแนนทีปกติ ตั้งแต่ T_{21} ถึง T_{67} แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ หาโดยการใช้สูตรวิทนีย์และซาเบอร์ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.38 ถึง 0.74 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33 ถึง 0.60 ซึ่งผ่านเกณฑ์ทุกข้อ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หาโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา มีค่าเท่ากับ 0.81 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนทั้งฉบับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.69 ถึง 0.82 เกณฑ์ปกติ คะแนนทีปกติ ตั้งแต่ T_{16} ถึง T_{72} แบบทดสอบวัดความคิดวิจารญาณ หาโดยการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ โดยใช้เทคนิค 27% มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.24 ถึง 0.60 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกข้อ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หาโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน มีค่าเท่ากับ 0.86 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนทั้งฉบับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตั้งแต่ 0.31 ถึง 0.51 เกณฑ์ปกติ คะแนนทีปกติตั้งแต่ T_{20} ถึง T_{73} แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหา หาโดยการใช้สูตรวิทนีย์และซาเบอร์ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.32 ถึง 0.70 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.36 ถึง 0.71 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกข้อ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หาโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา มีค่าเท่ากับ 0.81 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนทั้งฉบับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตั้งแต่ 0.58 ถึง 0.84 เกณฑ์ปกติ คะแนนทีปกติ ตั้งแต่ T_{31} ถึง T_{68} และแบบวัดความสนใจในการรวบรวมความรู้ทางคณิตศาสตร์ หาค่าอำนาจจำแนก โดยการทดสอบค่าที มีค่าทีตั้งแต่ 2.71 ถึง 15.35 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกข้อ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หาโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา มีค่าเท่ากับ 0.88 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนทั้งฉบับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.30 ถึง 0.60 เกณฑ์ปกติ คะแนนทีปกติ ตั้งแต่ T_{12} ถึง T_{86}

สำรวล สัณฐมิตร (2551) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 4 ฉบับ คือ แบบทดสอบวัดความคล่องแคล่วในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดความยืดหยุ่นในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบความวัดความคิดริเริ่มในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบความความคิดละเอียดลออในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หาคุณภาพด้านความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนน สร้างเกณฑ์ปกติและคู่มือการใช้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษากระบี่ ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน

ผลการศึกษาปรากฏว่า แบบทดสอบวัดความคล่องแคล่วในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.26-0.40 ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88 มีความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.64-0.87 เกณฑ์ปกติมีคะแนนทีปกติตั้งแต่ T_{22} ถึง T_{73} แบบทดสอบความความยืดหยุ่นในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.66 ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.62 มีความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.50-0.83 เกณฑ์ปกติมีคะแนนทีปกติตั้งแต่ T_{20} ถึง T_{80} แบบทดสอบวัดความคิดริเริ่มในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.23-0.73 ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.66 มีความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.49-0.73 เกณฑ์ปกติมีคะแนนทีปกติตั้งแต่ T_{24} ถึง T_{75} และแบบทดสอบวัดความคิดละเอียดลออในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.48-0.79 มีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78 ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.48-0.79 เกณฑ์ปกติมีคะแนนทีปกติตั้งแต่ T_{27} ถึง T_{70}

ซายารอ สือนิ (2554) ได้สร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และสร้างเกณฑ์ปกติและคู่มือการใช้แบบทดสอบ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ วัดการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน คือ ด้านความสำคัญ ด้านความสัมพันธ์ และด้านหลักการ โดยหาคุณภาพของแบบทดสอบด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่น สร้างเกณฑ์ปกติและคู่มือการใช้แบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2553 ของโรงเรียนในจังหวัดนราธิวาส สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การประถมศึกษาและมัธยมศึกษา จำนวน 600 คน โดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน

ผลการวิจัย พบว่า แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง มีความดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00 มีความยากง่ายรายข้อตั้งแต่ 0.23 ถึง 0.77 มีอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.77

ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบมีคะแนนดิบตั้งแต่ 10 ถึง 55 และคะแนนทีปกติตั้งแต่ T_{25} ถึง T_{75}

เกศราภรณ์ คงยะฤทธิ์ (2551) ได้พัฒนาเครื่องมือสำหรับคัดกรองนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาคุณภาพของเครื่องมือ สร้างเกณฑ์ปกติ และคู่มือการใช้ ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความรู้ ความเข้าใจพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 ข้อ แบบทดสอบวัดความถนัดทางด้านจำนวนและตัวเลข จำนวน 20 ข้อ และแบบวัดคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสตูล จำนวน 361 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) ผลการศึกษา พบว่า เครื่องมือสำหรับคัดกรองนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้ง 4 ฉบับมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ 0.70 ถึง 1.00 และมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ความยากง่ายมีค่าตั้งแต่ 0.39 ถึง 0.79 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.28 ถึง 0.76 ความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.81 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดเท่ากับ 1.92 และเกณฑ์ปกติมีค่าตั้งแต่ T_{24} ถึง T_{68} แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความยากง่ายมีค่าตั้งแต่ 0.31 ถึง 0.73 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.55 ความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.66 มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดเท่ากับ 2.91 และเกณฑ์ปกติมีค่าตั้งแต่ T_{19} ถึง T_{85} แบบทดสอบวัดความถนัดทางด้านจำนวนและตัวเลข ความยากง่ายมีค่าตั้งแต่ 0.31 ถึง 0.78 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.76 ความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.79 มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการวัดเท่ากับ 1.76 และเกณฑ์ปกติมีค่าตั้งแต่ T_{23} ถึง T_{67} และแบบวัดคุณลักษณะบุคคลทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ อำนาจจำแนกทุกข้อ พิจารณาจากค่าสถิติทีมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.78 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดเท่ากับ 5.14 และเกณฑ์ปกติมีค่าตั้งแต่ T_{30} ถึง T_{84}

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ หลังจากผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ เอกสารและงานวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจึงสรุปว่า เด็กที่มี

ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ หมายถึง เด็กที่สามารถหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องด้วยวิธีการที่หลากหลาย รวดเร็ว สมเหตุสมผลและสร้างสรรค์ เป็นที่โดดเด่นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเด็กอื่น ๆ ที่อยู่ในวัยเดียวกันที่มีสภาพแวดล้อมหรือประสบการณ์ระดับเดียวกัน และจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์จะ พบว่า เด็กกลุ่มนี้จะมีคุณลักษณะความสามารถในสามด้าน คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้หรือความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยที่การสรุปคุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว ผู้วิจัยใช้แนวคิดพื้นฐานจากผลการวิจัยของแซก (Sak, 2005) ซึ่งโมเดลของแซกมีพื้นฐานมาจากรูปแบบของเด็กที่มีความสามารถพิเศษของสเติร์นเบอร์ก (Sternberg, 2000) และรูปแบบของเด็กที่มีความสามารถพิเศษของสเติร์นเบอร์กมีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีเชาวน์ปัญญาสามเกลียว (Triarchic theory of intelligence) ของเสติร์นเบอร์ก ทั้งนี้เด็กที่มีความสามารถพิเศษจะต้องมีคุณลักษณะความสามารถทั้งสาม เพราะคุณลักษณะดังกล่าวจะสนับสนุนและส่งเสริมให้เด็กแต่ละคนเป็นผู้ที่มีความสามารถพิเศษ กล่าวคือ เด็กที่จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเด่นกว่าเด็กอื่น ๆ จะต้องมีความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ เพราะการแก้ปัญหาเป็นกิจกรรมด้านความคิดที่รวบรวมประสบการณ์เดิมกับสภาพของปัญหาเข้าด้วยกัน ซึ่งวูดส์ (Wood, 1998, pp. 5-13) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหา มีองค์ประกอบหนึ่ง คือ กลวิธีในการแก้ปัญหาซึ่งประกอบด้วยการสร้างสรรค์และการคิดวิเคราะห์ ซึ่งสองสิ่งนี้เป็นสิ่งจำเป็นในการแก้ปัญหาที่ดี และส่วนประกอบอื่น ๆ ของกลวิธีในการแก้ปัญหาที่จำเป็น ได้แก่ ความรู้เดิม ประสบการณ์เดิม และในขณะเดียวกันบุคคลจะสามารถคิดวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดีก็จะต้องมีองค์ความรู้หรือมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ เป็นอย่างดี ซึ่งก็สอดคล้องกับ เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546, หน้า 26-30) ที่กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ว่าประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ โดยที่ความรู้ความเข้าในเรื่องที่จะวิเคราะห์เป็นองค์ประกอบหนึ่งของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เราจะคิดวิเคราะห์ได้ดีนั้นต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานของเรื่องนั้นเพราะความรู้จะช่วยกำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์ แจกแจงและจำแนกได้ว่าเรื่องนั้นเกี่ยวข้องกับอะไร มีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง มีกี่หมวดหมู่ จัดลำดับความสัมพันธ์อย่างไรและรู้ว่าอะไรเป็นสาเหตุ นอกจากนี้มีองค์ความรู้ก็เป็นส่วนสำคัญที่ส่งเสริมให้บุคคลมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ที่ดี ซึ่งผลการวิจัยของวีสเบอร์ก (Weisberg, 1999) พบว่า องค์ความรู้มีส่วนสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความสำเร็จทางการคิดสร้างสรรค์

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งการสร้างแบบวัดคุณลักษณะใด ๆ ก็ตามผู้วัดจะต้องมีความเข้าใจที่ชัดเจนว่าสิ่งที่มุ่งวัด คืออะไร และควรวัดสิ่งนั้นอย่างไร จากการที่ผู้วิจัยสรุปความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ และคุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ไว้ในตอนต้น ผู้วิจัยจึงสรุปว่า องค์ประกอบของเด็กที่มีความสารมารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ คือ ด้านความเชี่ยวชาญองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบหลักประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย โดยมีองค์ประกอบย่อยทั้งหมด 11 องค์ประกอบ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเป็นโมเดลองค์ประกอบของผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในแผนภาพที่ 8 และมีรายละเอียดดังนี้

1. ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้

จากที่กล่าวข้างต้นว่าเด็กจะเป็นผู้ที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดีจะต้องมีองค์ความรู้และความสามารถเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ เป็นอย่างดี เนื่องจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2555, หน้า 56-57) กล่าวว่า คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จึงกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนไว้ 6 สาระ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 จำนวนและการดำเนินการ

ต้องการให้ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง

1.2 การวัด

ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

1.3 เรขาคณิต

ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติ สองมิติ และสามมิติ การนึกภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต (Geometric transformation) ในเรื่องการเลื่อนทางขนาน (Translation) การสะท้อน (Reflection) และการหมุน (Rotation)

1.4 พีชคณิต

ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับแบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซต และการดำเนินการของเซต การให้เหตุผล นิพจน์ สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ในการกำหนดประเด็น การเขียนข้อคำถาม การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอข้อมูล ค่ากลางและการกระจายของข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลความข้อมูล การสำรวจความคิดเห็น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

1.6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ต้องการให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จะเห็นได้ว่าในทั้ง 6 สาระหลัก สาระที่ 6 เป็นสาระที่ว่าด้วยทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทักษะบางอย่าง เช่น ต้องการให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่หลายหลาย มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นทักษะที่อยู่ในองค์ประกอบหลักความสามารถในการคิดสร้างสรรค์อยู่แล้ว และความสามารถบางอย่าง เช่น ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ อาจไม่ตรงกับส่วนที่เป็นองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์โดยตรง ดังนั้น ในการสร้างแบบวัดในองค์ประกอบหลักด้านความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ผู้วิจัยจึงใช้ 5 สาระหลักแรกเป็นกรอบในการสร้างข้อสอบวัดความสามารถในด้านความเชี่ยวชาญในองค์ความรู้ นั่นคือ องค์ประกอบย่อยของความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้จะประกอบด้วย 5 องค์ประกอบย่อย

2. ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์นับว่ามีความสำคัญทั้งต่อชีวิตและสังคม ทั้งนี้เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการคิดการกระทำ เป็นการบุกเบิกความก้าวหน้าทั้งทางด้านเทคโนโลยีและวิทยาการทั้งปวง (ศิลา จายนียโยธิน, 2522)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ (Guilford, 1967 อ้างถึงใน กรมวิชาการ, 2535, หน้า 16) คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และ ความคิดละเอียดลออ แต่ในการสร้างเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ในงานวิจัยต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะวัดใน 3 องค์ประกอบ คือ คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ไม่วัดทางด้านความคิดละเอียดลออ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่า เด็กผู้หญิงความสามารถด้านความคิดละเอียดลออมากว่าเด็กผู้ชาย ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการเสียเปรียบในกลุ่มเด็กผู้ชายในการทำข้อสอบ และจากความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษที่ให้โดยเรนซูลี่ (Renzulli, 2005 cited in Clay-Warner & McMahon, 2009, p. 52) ที่กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษจะมีคุณลักษณะที่สัมพันธ์ซึ่งกันและกัน 3 คุณลักษณะ คือ มีความสามารถเหนือความสามารถเฉลี่ย มีความมุ่งมั่นในการทำงาน และมีความคิดสร้างสรรค์ โดยเฉพาะในเรื่องความคิดสร้างสรรค์เรนซูลี่ กล่าวว่าจะประกอบด้วยคุณลักษณะ 3 ด้าน คือ ความคล่องแคล่วในการคิด (Fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Originality) และจากการศึกษาค้นคว้าของนักวิจัยไทยในการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เช่น ธิดารัตน์ ธนะขว้าง (2553) สิทธิพล อาจอินทร์ (2539) สำรวล สัณฐมิตร (2551) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยวัดใน 3 คุณลักษณะดังกล่าว และแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ทางด้านนักวิจัยในต่างประเทศที่ได้ให้นิยามของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วยคุณลักษณะความคล่องแคล่ว ความยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม เช่น Pitta-Pantazi et al. (2011; Mann, 2005) ดังนั้น ในการวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้สร้างข้อสอบวัดคุณลักษณะใน 3 ด้าน คือ

2.1 ความคิดคล่อง

2.2 ความคิดยืดหยุ่น

2.3 ความคิดริเริ่ม

3. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

จากการศึกษาค้นคว้า สรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นการศึกษาหาระดับความสาสามารถในการพิจารณาแยกแยะส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยสิ่งใด มีความสำคัญและสัมพันธ์กันอย่างไร สิ่งใดเป็นเหตุ สิ่งใดเป็นผล และที่เป็นอย่างนั้นเป็นไปด้วยหลักการอะไร เป็นการคิดพิจารณาอย่างมีเหตุผลเพื่อหาข้อสรุปหรือหลักการที่จะสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งในการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน พบว่า มีงานวิจัยภายในประเทศ และงานวิจัยของต่างประเทศ

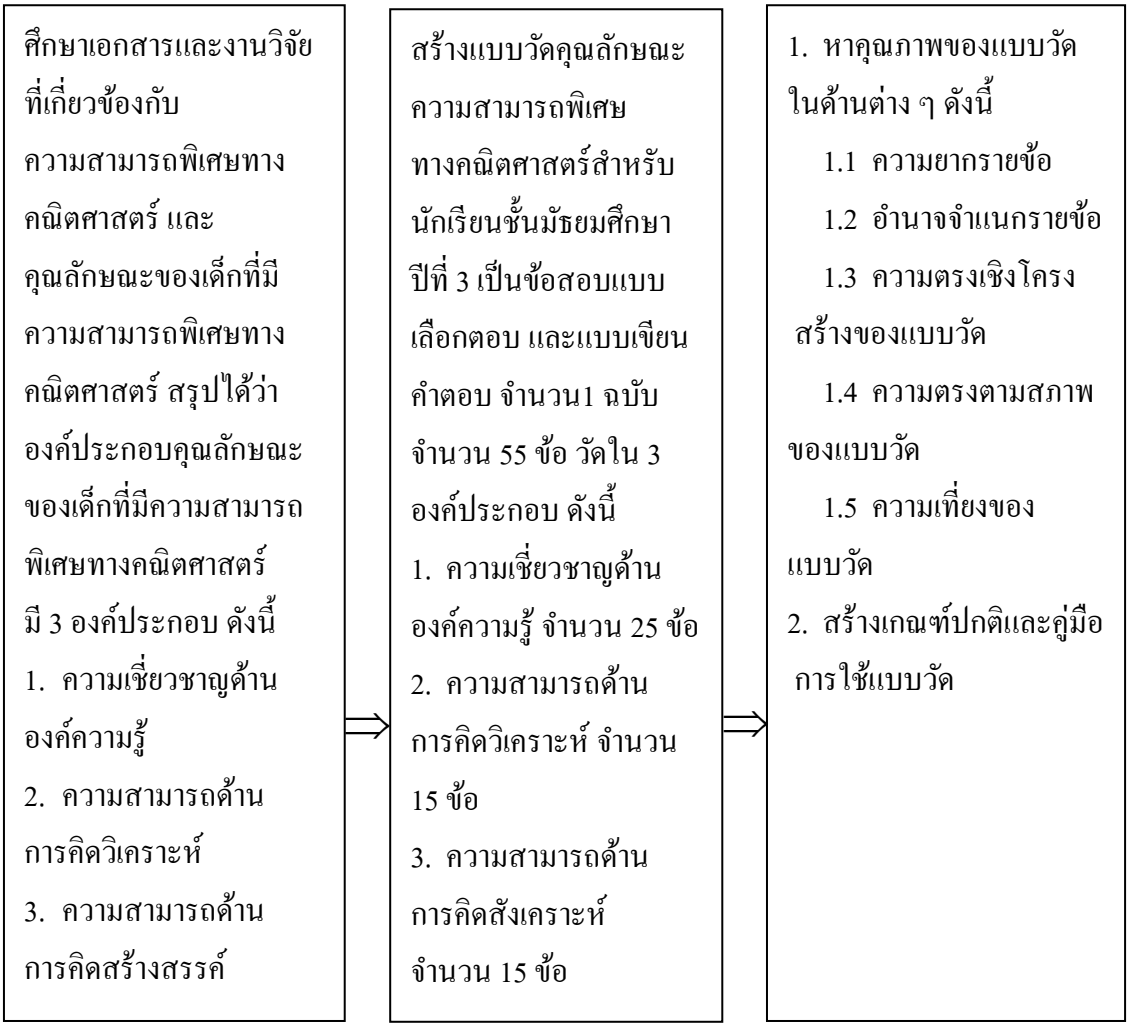
ใช้แนวคิดของบลูมเป็นกรอบในการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน โดยสร้างแบบวัดคุณลักษณะความสามารถใน 3 ด้าน คือ ความสามารถในการวิเคราะห์ความสำคัญ ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และความสามารถในการวิเคราะห์หลักการ เช่น เทวา รุทเทวิน (2552; ซายารอ สือนิ, 2554) ใช้แนวคิดดังกล่าวเป็นกรอบในการสร้างแบบวัดความสามารถของการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลการวิจัยก็พบว่า แบบวัดดังกล่าวมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง สำหรับการศึกษาค้นคว้าของนักวิจัยในต่างประเทศมีการศึกษาวิจัยด้านทักษะในการคิดซึ่งใช้แนวคิดของบลูมเป็นแนวในการกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยเกี่ยวกับทักษะในการคิด ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงกำหนดองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 3 องค์ประกอบ คือ

3.1 ความสามารถในการวิเคราะห์ความสำคัญ

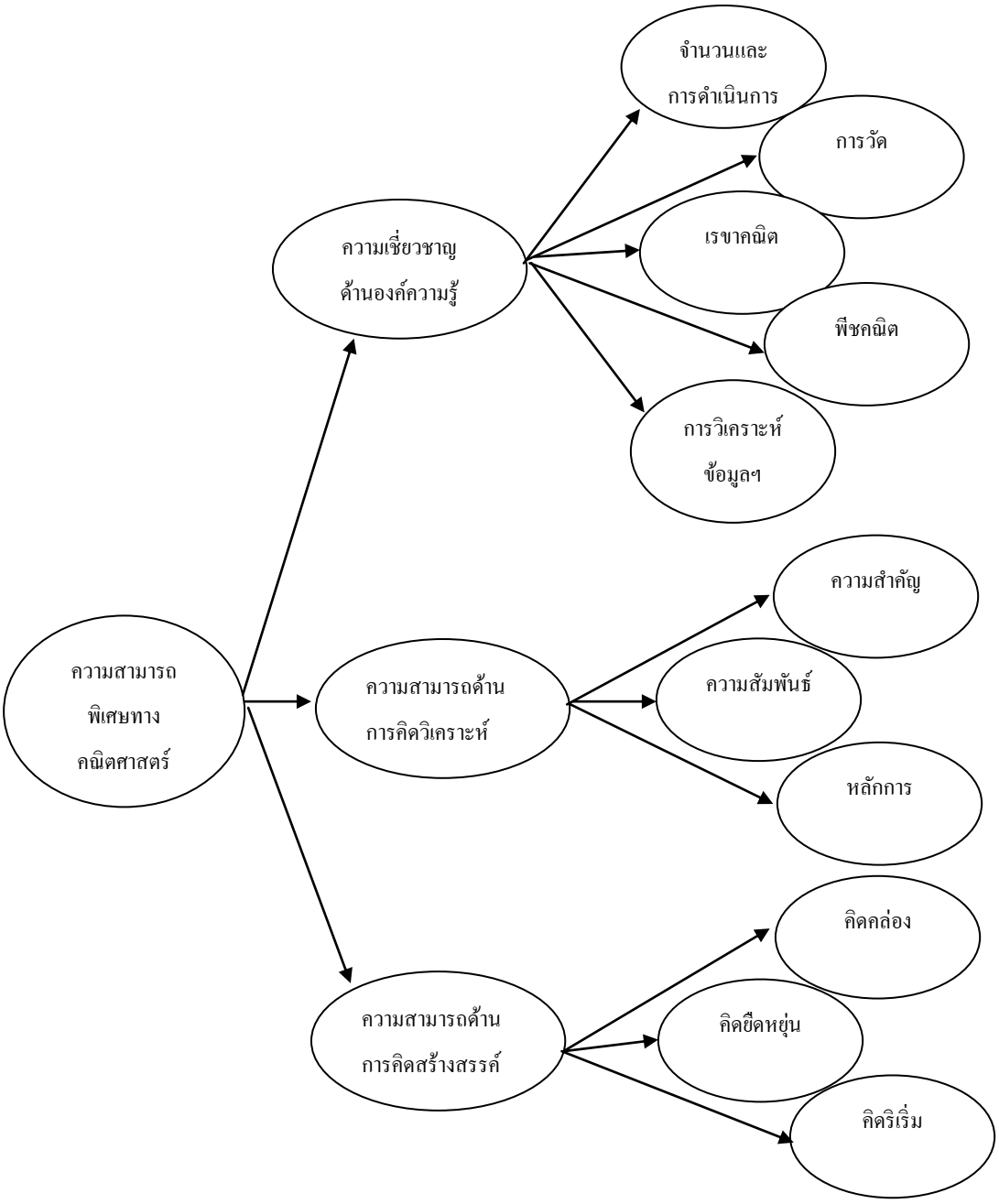
3.2 ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์หลักการ

จากที่กล่าวมาข้างต้นที่ผู้วิจัยจึงได้กำหนดโมเดลของผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อย ดังแสดงภาพที่ 8 และใช้โมเดลดังกล่าวเป็นกรอบในการสร้างและพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ครอบคลุมในองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ และองค์ประกอบย่อย 11 องค์ประกอบ โดยจัดทำเป็นแบบวัด 1 ฉบับ ตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบตามกรอบทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (Modern test theory: MTT) โดยใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability theory) หรือ G-theory ในรูปสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ แล้วสร้างเกณฑ์ปกติระดับภาค โดยแปลงคะแนนดิบให้เป็นเปอร์เซนต์ไทล์ และเป็นคะแนนมาตรฐานที ซึ่งกรอบแนวคิดของการวิจัยในครั้งนี้แสดงได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กรอบแนวคิดของการวิจัย



ภาพที่ 8 โมเดลองค์ประกอบคุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทำการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถที่พัฒนาขึ้น สร้างเกณฑ์ปกติและคู่มือการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอวิธีดำเนินการวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตอนที่ 3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษา ของจังหวัดในภาคตะวันออก 7 จังหวัด จำนวน 28,224 คน (กลุ่มสารสนเทศ สนผ. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560)

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษา ของจังหวัดในภาคตะวันออก 7 จังหวัด จากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตาราง Krejcie and Morgan (1970) เมื่อกำหนดขนาดความคลาดเคลื่อน (Limit of error) และระดับความเชื่อมั่น (Level of confidence: 1-α) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = .05) จะต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 394 คน แต่เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขของการวิเคราะห์องค์ประกอบ จะต้องนำแบบวัดที่พัฒนาไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 10-20 เท่าของข้อสอบ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, หน้า 311; สุวิมล ติรกานันท์, 2550, หน้า 168; สุภมาศ อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณา และรัชนีกูล

ภิญโญภานุวัฒน์, 2551, หน้า 31) และมีการสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาแบบวัด จำนวน 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพขั้นต้น ใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จำนวน 100 คน โดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย ครั้งที่ 2 เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดภายใต้กรอบทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 500 คน ครั้งที่ 3 เพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบรายข้อตามกรอบทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันอันสามและวิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด พร้อมสร้างเกณฑ์ปกติ ใช้กลุ่มตัวอย่าง 400 คน ซึ่งการได้มาของกลุ่มตัวอย่างในการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling technique) โดยมีขั้นตอนในการสุ่มกลุ่มตัวอย่างดังนี้

ขั้นที่ 1 สุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยจังหวัดในภาคตะวันออกมีจำนวน 7 จังหวัด สุ่มได้ตัวอย่างมา 3 จังหวัด

ขั้นที่ 2 สุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ดำเนินการสุ่มโรงเรียนในแต่ละจังหวัด โดยสุ่มโรงเรียนขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก ขนาดละ 1 โรงเรียน ได้โรงเรียนทั้งหมด 9 โรงเรียน เพื่อใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 และทำการสุ่มโรงเรียนในแต่ละจังหวัดตามขนาดของโรงเรียน ขนาดละ 1 โรงเรียน ได้โรงเรียนทั้งหมด 9 โรงเรียน เพื่อใช้ในการทดลองครั้งที่ 3 ทั้งนี้การจำแนกขนาดโรงเรียนใช้เกณฑ์ของกระทรวงศึกษาธิการ (2555, หน้า 10) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขนาดโรงเรียนจำแนกตามจำนวนนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ของกระทรวงศึกษาธิการ (2555, หน้า 10)

จำนวนนักเรียน (คน)	**ขนาดโรงเรียน**
1-500	ขนาดเล็ก
501-1,500	ขนาดกลาง
1,501 ขึ้นไป	ขนาดใหญ่

ขั้นที่ 3 สุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนจากแต่ละโรงเรียนตามสัดส่วนประชากร โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) ซึ่งจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 และการทดลองครั้งที่ 3 แสดงในตารางที่ 3-4

จากการดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการพัฒนาเครื่องมือทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลองครั้งที่ 1 นำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 100 คน เพื่อตรวจสอบขั้นต้น โดยวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา ความเป็นปรนัยของแบบวัด โดยทำการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 10 และบันทึกเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลองแบบวัด ครั้งที่ 2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ได้แก่ ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับ ได้แก่ ค่าความเที่ยง ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 500 คน จากโรงเรียนจำนวน 9 โรงเรียน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 จำแนกตามจังหวัด ขนาดโรงเรียนและโรงเรียน

จังหวัด	ขนาดโรงเรียน	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน	
			ประชากร	กลุ่มตัวอย่าง
ชลบุรี	ใหญ่	ชลกันยานุกูล	687	163
	กลาง	อ่างศิลาพิทยาคม	198	47
	เล็ก	เกาะจันทร์พิทยาคาร	52	12
		รวม	937	222
ตราด	ใหญ่	สตรีประเสริฐศิลป์	312	74
	กลาง	ตราดสรรเสริญวิทยาคม	151	36
	เล็ก	เขาน้อยวิทยาคม	25	7
		รวม	488	117
ปราจีนบุรี	ใหญ่	ปราจีนกัลยาณี	396	94
	กลาง	ประจันตราษฎร์บำรุง	236	56
	เล็ก	ไทยรัฐวิทยา 7	45	11
		รวม	677	161
		รวมทั้งสิ้น	2,102	500

กลุ่มตัวอย่างที่ 3 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลองแบบวัด ครั้งที่ 3 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ได้แก่ ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ความตรงตามสภาพ ความเที่ยง และเพื่อสร้างเกณฑ์ปกติ ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน จากโรงเรียนจำนวน 9 โรงเรียน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 3 จำแนกตามจังหวัด ขนาดโรงเรียนและโรงเรียน

จังหวัด	ขนาดโรงเรียน	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน	
			ประชากร	กลุ่มตัวอย่าง
ชลบุรี	ใหญ่	ชลราษฎรอำรุง	538	107
	กลาง	จุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี	96	19
	เล็ก	หนองรีมงคลสุขสวัสดิ์	40	8
		รวม	674	134
ตราด	ใหญ่	ตราษตระการคุณ	356	71
	กลาง	เขาสมิงวิทยาคม (จงจินต์รุจิรวงศ์ อุปถัมภ์)	210	42
	เล็ก	แหลมงอบวิทยาคม	53	11
		รวม	619	124
ปราจีนบุรี	ใหญ่	ปราจิณราษฎรอำรุง	520	103
	กลาง	ศรีมโหสถ	124	25
	เล็ก	ชิตใจชื่น	82	14
		รวม	726	142
		รวมทั้งสิ้น	2,019	400

ตอนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ (Knowledge expert) ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ (Creative ability) และความสามารถ

ด้านการคิดวิเคราะห์ (Analytical ability) ซึ่งผู้วิจัยประยุกต์โมเดลสติปัญญาทางคณิตศาสตร์สามด้าน (The-three mathematical minds model: M^3) ที่พัฒนาโดย Sak (2005) สำหรับองค์ประกอบย่อยในแต่ละองค์ประกอบหลักผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสาร ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดองค์ประกอบย่อย โดยองค์ประกอบความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้เป็นการวัดความรู้ตามเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ที่กำหนดในหลักสูตรของประเทศไทย องค์ประกอบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยตามแนวคิดของบลูม และองค์ประกอบความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยตามแนวคิดของ Torrance. (1973, pp. 91-95) และ Pitta-Pantazi. (2011) รายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบหลักเป็นดังนี้

1. ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ประกอบด้วย
   1.1 ความเชี่ยวชาญด้านจำนวนและการดำเนินการ
   1.2 ความเชี่ยวชาญด้านการวัด
   1.3 ความเชี่ยวชาญด้านเรขาคณิต
   1.4 ความเชี่ยวชาญด้านพีชคณิต
   1.5 ความเชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น
2. ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ประกอบด้วย
   2.1 ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ
   2.2 ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์
   2.3 ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์หลักการ
3. ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย
   3.1 ความสามารถด้านการคิดคล่อง
   3.2 ความสามารถด้านการคิดยืดหยุ่น
   3.3 ความสามารถด้านการคิดริเริ่ม

วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ

การสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยปรับปรุงขั้นตอนการพัฒนาแบบทดสอบของ ชวาล แพรัตกุล (2520; เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์, 2525, หน้า 1-17; บุญชม ศรีสะอาด, 2540, หน้า 52-53; สุวิมล ติรกานันท์, 2550, หน้า 28-36) กำหนดเป็นขั้นตอนการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ แสดงขั้นตอนการพัฒนาดังภาพที่ 9

ภาพที่ 9 การพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

รายละเอียดการดำเนินการในขั้นต่าง ๆ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยกำหนดจุดมุ่งหมายของการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

1.1 เพื่อสร้างแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออกที่มีคุณภาพ

1.2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โดยตรวจสอบในด้านต่อไปนี้

1.2.1 ตรวจสอบคุณภาพรายข้อในด้าน ความตรงเชิงเนื้อหา ความยาก และอำนาจจำแนก

1.2.2 ตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับในด้าน ความตรงเชิงโครงสร้าง ความตรงตามสภาพ และความเที่ยง

1.3 เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติระดับภาคและคู่มือการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยศึกษาทฤษฎี นิยาม เกี่ยวกับคุณลักษณะนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ การพัฒนาแบบวัด การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด การสร้างเกณฑ์ปกติ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบวัด เพื่อสร้างกรอบแนวคิดในการวิจัย

3. วิเคราะห์ สังเคราะห์คุณลักษณะความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์และเขียนนิยามเชิงปฏิบัติการ

ดำเนินการศึกษาและทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์คุณลักษณะความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากการศึกษาทฤษฎี นิยาม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเขียนนิยามเชิงปฏิบัติการในแต่ละองค์ประกอบของคุณลักษณะความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

4. สร้างข้อสอบตามนิยามเชิงปฏิบัติการ ศึกษาวิธีการสร้างข้อสอบและเขียนข้อสอบตามนิยามเชิงปฏิบัติการเพื่อให้ได้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เขียนข้อสอบวัดองค์ประกอบย่อยทั้ง 11 องค์ประกอบย่อย องค์ประกอบย่อยละ 5 ข้อ เพื่อจัดทำเป็นแบบวัดที่มีข้อสอบจำนวน 55 ข้อ ตามรายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 โครงสร้างแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

คุณลักษณะ	องค์ประกอบย่อย	จำนวนข้อสอบ
ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ (Knowledge expert)	จำนวนและการดำเนินการ	5
	การวัด	5
	เรขาคณิต	5
	พีชคณิต	5
	การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น	5
ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (Analytical ability)	วิเคราะห์ความสำคัญ	5
	วิเคราะห์ความสัมพันธ์	5
	วิเคราะห์หลักการ	5
ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ (Creative ability)	ความคิดคล่อง	5
	ความคิดยืดหยุ่น	5
	ความคิดริเริ่ม	5

รูปแบบของข้อสอบ (Item format) และการตรวจให้คะแนน

รูปแบบของข้อสอบ

แบบวัดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้รูปแบบของข้อสอบ 2 รูปแบบ รูปแบบแรก คือ ข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก ประกอบด้วยส่วนที่เป็นตัวปัญหา และตัวเลือก 4 ตัวเลือก ซึ่งมีตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว รูปแบบที่สองที่ใช้ในแบบวัดจะเป็นแบบปลายเปิด (Open problem) ให้นักเรียนเขียนคำตอบ ซึ่งมีวิธีการในการหาคำตอบได้มากกว่าหนึ่งวิธีและมีคำตอบได้มากกว่าหนึ่งคำตอบ

การตรวจให้คะแนน

สำหรับข้อสอบที่วัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ และข้อสอบที่วัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้คะแนนแบบตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน

ข้อสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัย ผู้วิจัยดำเนินการตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 คุณลักษณะ คือ

ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยใช้หลักการตรวจให้คะแนนตามหลักการของกรมวิชาการ (2535, หน้า 51) ดังนี้

1. การให้คะแนนความคิดคล่องทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของข้อคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบข้อละ 1 คะแนนตามปริมาณคำตอบที่ไม่ซ้ำ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

(0) ให้นักเรียนใช้ตัวเลขที่กำหนดให้ 1, 2, 3, 4, 5 ทำให้ได้ผลบวกเป็น 7

ถ้านักเรียนได้ดังนี้

1. 3 + 4 = 7
2. 1 + 2 + 4 = 7
3. 5 + 2 = 7
4. 2 + 3 + 2 = 7

นักเรียนจะได้คะแนนความคิดคล่อง 4 คะแนน

2. การให้คะแนนความคิดยืดหยุ่นทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามวิธีการคิดที่แตกต่างกันต่อเงื่อนไขที่กำหนด โดยให้คะแนนเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

(0) ให้นักเรียนหาตัวเลข 3 จำนวน มาจัดกระทำและได้ผลลัพธ์ตามที่กำหนดให้

$$\square + \square - \square = 15$$

ถ้าคำตอบของนักเรียนเป็นดังนี้

1. 15 + 5-5 = 15
2. 18 + 2-5 = 15
3. 17 + 3-5 = 15
4. 20 + 2-7 = 15
5. 26 + 4-15 = 15

จากตัวอย่างคำตอบดังกล่าวจะได้คะแนนความคิดยืดหยุ่น 3 คะแนน เพราะคำตอบสามารถจัดเข้ากลุ่มเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ ข้อ 1, 2 และ 3 เพราะเป็นวิธีการคิดที่เหมือนกันด้วยการทำผลบวกได้ 20 แล้วลบด้วย 5 ส่วนข้อ 4 และข้อ 5 ถือว่าเป็น 2 กลุ่ม

3. การให้คะแนนความคิดริเริ่มทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดที่แปลกแตกต่างไปจากธรรมดาในการตอบของกลุ่มตัวอย่าง โดยให้คะแนนตามสัดส่วนของความถี่ของคำตอบตามวิธีการของ Cropley (1966) ซึ่งมีหลักดังนี้

คำตอบซ้ำ 12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน
คำตอบซ้ำ 6-11%	ให้ 1 คะแนน

คำตอบซ้ำ 3-5% ให้ 2 คะแนน

คำตอบซ้ำ 2% ให้ 3 คะแนน

คำตอบซ้ำกันไม่เกิน 1% ให้ 4 คะแนน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม (ข้อที่ 7, 8 และ 9) ตามรูปแบบของคำตอบของนักเรียน ดังแสดงในตารางที่ 38-40 ในภาคผนวก ง

เมื่อให้คะแนนในแต่ละข้อด้านความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น และคิดริเริ่มตามวิธีการดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการปรับคะแนนเป็น 0, 1, 2, และ 3 โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแต่ละข้อมากำหนดเกณฑ์ในการปรับคะแนน ดังตารางที่ 6 และได้เกณฑ์การปรับคะแนนดิบของแต่ละข้อดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 เกณฑ์การปรับคะแนนดิบความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์โดยอิง
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละข้อ

คะแนนของแต่ละข้อ	**ปรับเป็นคะแนน**
0	0
มากกว่า 0 ถึง $\bar{x}$ - 0.5 (SD)	1
มากกว่า ถึง $\bar{x}$ - 0.5 (SD) ถึง $\bar{x}$ + 0.5(SD)	2
มากกว่า $\bar{x}$ + 0.5(SD)	3

ตารางที่ 7 เกณฑ์การปรับคะแนนดิบความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์

ข้อที่	**คะแนนที่ปรับ/ คะแนนจากการสอบ**			
	0	**1**	**2**	**3**
1	0	> 0 - ≤ 3	> 3 - 9	> 9
2	0	> 0 - ≤ 11	>11 - 19	> 19
3	0	> 0 - ≤ 3	> 3 - 9	> 9
4	0	> 0 - ≤ 2	> 2 - 4	> 4
5	0	> 0 - ≤ 2	> 2 - 4	> 4
6	0	> 0 - ≤ 1	> 1 - 3	> 3

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนที่ปรับ/ คะแนนจากการสอบ			
	0	**1**	**2**	**3**
7	0	$>0-\leq 5$	$>5-16$	>16
8	0	$>0-\leq 1$	$>1-10$	>10
9	0	$>0-\leq 1$	$>1-4$	>4

ตัวอย่างข้อสอบในแต่ละตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 วัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวโดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงใน กระดาษคำตอบที่กำหนดให้

00. ค่าของ $73_8 \times 24_5$ มีค่าตรงกับข้อใด

ก. 2424_7 ข. 4422_7

ค. 4242_7 ง. 2260_7

ตอนที่ 2 วัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์

คำสั่ง ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้ นักเรียนสามารถเขียนคำตอบได้โดยไม่จำกัดจำนวนคำตอบ

00. ให้นักเรียนสร้างโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาสาระและหน่วยอะไรก็ได้ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วได้ผลลัพธ์เท่ากับ 24

คำตอบ

1. .....

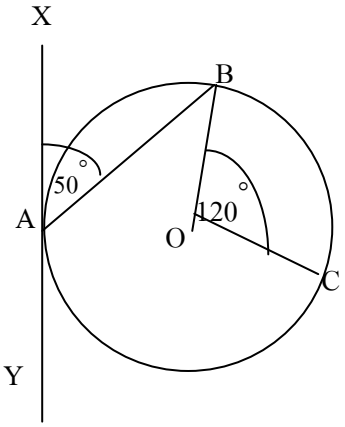
2. .....

3. .....

ตอนที่ 3 วัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวโดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้

00. XY เป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่มี O เป็นจุดศูนย์กลาง ที่จุด A ดังรูป ความรู้ในข้อใดต่อไปนี้**ไม่เกี่ยวข้อง**ต่อการหาขนาดของมุม AOB



ก. รัศมีของวงกลมจะตั้งฉากกับเส้นสัมผัสวงกลมที่จุดสัมผัส

ข. มุมภายในของรูปสามเหลี่ยมรวมกันได้ 180 องศา

ค. มุมที่ฐานของสามเหลี่ยมหน้าจั่วมีขนาดเท่ากัน

ง. มุมในส่วนโค้งเดียวกันมีขนาดเท่ากัน

5. การตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบด้านความตรงเชิงเนื้อหา

เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้านความตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยนำข้อสอบ โครงสร้างของแบบสอบ พร้อมทั้งคำนิยามเชิงปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องในการเขียนข้อสอบให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และด้านการวัดผลทางการศึกษา จำนวน 5 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิปรากฏในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยการหาค่าดัชนี IOC แล้วคัดเลือกข้อที่มี IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

6. การทดลองครั้งที่ 1 นำแบบวัดไปสอบกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จำนวน 100 คน โดยดำเนินการในเดือนสิงหาคม 2559 เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา ความเป็นปรนัยของข้อสอบ บันทึกเวลาที่ใช้ในการสอบ พร้อมทั้งสัมภาษณ์นักเรียนถึงความเข้าใจในคำถาม และตัวเลือกของแบบวัด และนำผลมาวิเคราะห์หาคุณภาพ โดยการวิเคราะห์หาคุณภาพรายข้อขั้นต้นแบบอิงกลุ่ม คือ หาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม เพื่อปรับปรุงคำถามและตัวเลือก แล้วคัดเลือกข้อสอบ

ที่มีคุณภาพ โดยข้อสอบที่มีค่า p ระหว่าง 0.2 ถึง 0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะ และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 225) คัดเลือกข้อสอบไว้จำนวน 44 ข้อ แล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการทดลองครั้งที่ 2 ต่อไป

7. การทดลองครั้งที่ 2 นำแบบวัดไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2559 จำนวนนักเรียน 500 คน โดยดำเนินการในเดือนธันวาคม 2559 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และพิจารณาข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ คือ $0.20 \leq p \leq 0.8$ และ $r \geq 0.2$ แล้วคัดเลือกไว้ จำนวน 33 ข้อ ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในครั้งที่ 3 ต่อไป

8. การทดลองครั้งที่ 3 นำแบบวัดไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2559 จำนวนนักเรียน 400 คน โดยดำเนินการในเดือนกุมภาพันธ์ 2560 นำผลการสอบมาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพ และจัดทำปกติวิสัยของแบบวัดดังนี้

8.1 ตรวจสอบคุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมโดยหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และใช้เกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

ค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.20 ถึง 0.80

ค่าอำนาจจำแนกมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.20

8.2 ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัด โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม (Third order confirmatory factor analysis) และวิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด (Known group technique)

8.3 ตรวจสอบความตรงตามสภาพของแบบวัดโดยการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์

8.4 ตรวจสอบความเที่ยงของแบบวัด ด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือของคะแนน (G-coefficient) ตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability theory: G-thoery) สำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ ตามเงื่อนไขการตัดสินใจ 1 ฟาเซต และแบบการวัดเป็นแบบ Cross design ($p \times i$) โดยที่ p แทน บุคคล (Person) และ i แทน ข้อสอบ

8.5 สร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นเกณฑ์ปกติระดับภาค (Regional norms) โดยแปลงคะแนนดิบให้อยู่ในรูปคะแนนเปอร์เซ็นไทล์ และคะแนนมาตรฐานทีปกติ

9. เขียนคู่มือการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยคู่มือประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ (อรพินทร์ ชูชม, 2545, หน้า 42)

9.1 แนวคิดเกี่ยวกับแบบวัด

9.2 วัตถุประสงค์ของแบบวัด

9.3 กรอบการสร้างแบบวัด

9.4 วิธีการใช้และวิธีดำเนินการสอบ

9.5 วิธีการตรวจให้คะแนนและแปลความหมาย

9.6 คุณภาพของแบบวัด

9.7 เกณฑ์ปกติ

9.8 แบบวัด

ตอนที่ 3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำหนังสือจากฝ่ายบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนแต่ละโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ติดต่อและประสานงานกับผู้บริหารโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การติดต่อทางโทรศัพท์เพื่อวางแผนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลของแต่ละโรงเรียนด้วยตนเอง โดยที่ช่วงเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลของการทดลองแต่ละครั้งเป็นดังนี้

3.1 การทดลองครั้งที่ 1 ดำเนินการในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559

3.2 การทดลองครั้งที่ 2 ดำเนินการในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559

3.3 การทดลองครั้งที่ 3 ดำเนินการในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด

ในการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน มีวิธีการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1.1 การตรวจสอบคุณภาพรายข้อ

1.1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้านความตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยนำข้อสอบ โครงสร้างของแบบสอบ พร้อมทั้งคำนิยามเชิงปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องในการเขียนข้อสอบให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และด้านการวัดผลทางการศึกษา จำนวน 5 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิปรากฏในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยการหาค่าดัชนี IOC ซึ่งมีสูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 220)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์กับเนื้อหาหรือระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

โดยใช้เกณฑ์พิจารณาดัชนี IOC ดังนี้

ข้อสอบที่มีค่าดัชนี IOC เฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 แสดงว่า วัดได้ครอบคลุมกับเนื้อหาตามชื่อเรื่องนั้น หรือข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ข้อสอบที่มีค่าดัชนี IOC เฉลี่ยน้อยกว่า 0.5 แสดงว่ามีความสอดคล้องต่ำ ต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างใดอย่างหนึ่งหรือตัดออกไม่นำมาใช้

1.1.2 การตรวจสอบค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ โดยตรวจสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel โดยใช้สูตรในการหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจ (r) จำแนกดังนี้

1.1.2.1 การหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบแบบตอบเลือกตอบ โดยที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดให้ 0 คะแนน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 227)

$$p = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L}$$

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H \text{ or } N_L}$$

เมื่อ R_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูง

N_L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำ

1.1.2.2 การหาค่าความง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของข้อสอบแบบเขียนคำตอบโดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-201)

$$P_E = \frac{S_U + S_L - 2NX_{min}}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ P_E แทน ค่าดัชนีความง่าย

S_U แทน ผลรวมคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ดังนี้

เกณฑ์การพิจารณาค่าความยาก (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 228)

ความยากง่ายของข้อสอบ (p)	ความหมาย
0.81-1.00	ง่ายมาก
0.60-0.80	ค่อนข้างง่าย

0.40-0.59	ปานกลาง
0.20-0.39	ค่อนข้างยาก
0-0.19	ยากมาก

เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 228)

อำนาจจำแนกของข้อสอบ (r)	ความหมาย
0.60-1.00	ดีมาก
0.40-0.59	ดี
0.20-0.39	พอใช้
0.10-0.19	ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง
0-0.19	ต่ำมาก ควรปรับปรุง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบซึ่งเสนอแนะโดย ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 225) ดังนี้ คือ $0.20 \leq p \leq 0.80$ และ $r \geq 0.20$

1.2 การตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ

1.2.1 ความตรงเชิงโครงสร้าง เป็นการตรวจสอบว่าแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 องค์ประกอบที่กำหนดไว้หรือไม่ ด้วยวิธีดังนี้

1.2.1.1 วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม (Third order confirmatory factor analysis) ทำการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลเพื่อเลือกวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโดยพิจารณาจากค่าความเบ้ (Skew: Sk) และค่าความโด่ง (Kurtosis: Ku) ข้อมูลมีการแจกแจงปกติเมื่อ $-5 \leq Sk \leq 5$ และ $-5 \leq Ku \leq 5$ (Runyon et al., 1996, p. 157 อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2548, หน้า 180) หากข้อมูลมีการแจกแจงปกติ เลือกวิเคราะห์ด้วยวิธี Maximum likelihood estimation: MLE หากข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นปกติ เลือกวิเคราะห์ด้วยวิธี Generalized least squares: GLS (David, 2007 อ้างถึงใน วัฒนา โอทาตะวงษ์ (2559) วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโดยใช้โปรแกรม LISREL 8.72

เกณฑ์การพิจารณาความสอดคล้องที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลที่กำหนดตามทฤษฎี มีดัชนีความสอดคล้องหลายตัวด้วยกัน ในเรื่องนี้ Schemelleh-Engel, Moosbrugger and Müller (2003, p. 52 อ้างถึงใน สุวิมล ติรกานันท์, 2553, หน้า 249) ได้เสนอแนวทางในการตัดสินค่าดัชนีเป็น 2 ลักษณะ คือ ค่าที่แสดงความสอดคล้องและค่าที่ยอมรับได้ว่ามีความสอดคล้อง โดยกำหนดเป็นช่วงของค่าดัชนี ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์ในการตัดสินใจค่าดัชนีความสอดคล้อง

ดัชนีความสอดคล้อง	ค่าที่แสดงความสอดคล้อง	ค่าที่ยอมรับได้ว่ามีความสอดคล้อง
χ^2	$.05 < p \leq 1.00$	$.01 < p \leq .05$
χ^2/df	$0 < \chi^2/df \leq 2$	$2 < \chi^2/df \leq 3$
RMR	$0 \leq RMR \leq .05$	$.05 < RMR < .08$
SRMR	$0 \leq SRMR \leq .05$	$0 < SRMR \leq .05$
RMSEA	$0 \leq RMSEA \leq .05$	$.05 < RMSEA \leq .08$
NFI	$.95 \leq NFI \leq 1.00$	$.90 \leq NFI \leq .95$
NNFI	$.97 \leq NNFI \leq 1.00$	$.95 \leq NNFI \leq .97$
CFI	$.97 \leq CFI \leq 1.00$	$.95 \leq CFI \leq .97$
GFI	$.95 \leq GFI \leq 1.00$	$.90 \leq GFI \leq .95$
AGFI	$.90 \leq AGFI \leq 1.00$	$.85 \leq AGFI \leq .90$

1.2.1.2 วิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด (Known group technique)

ผู้วิจัยทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ แยกเป็นรายด้าน คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ (รวมทั้งฉบับ) ด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนตัวแปรตามหลายตัวแบบทางเดียว (One-way MANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows Version 16.0 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มเรียนเก่ง กลุ่มเรียนปานกลาง และกลุ่มเรียนอ่อน โดยใช้เกณฑ์การแปลผลระดับคุณภาพของนักเรียนจากการสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ของสถาบันการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) (รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2559) เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนที่ได้คะแนนในช่วง 85.00-100 เป็นนักเรียนที่อยู่ในระดับดีเยี่ยม ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นนักเรียนกลุ่มเรียนเก่ง นักเรียนที่ได้คะแนนในช่วง 34.00-45.99 เป็นนักเรียนกลุ่มอยู่ในระดับปานกลาง ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นนักเรียนกลุ่มที่เรียนปานกลาง และนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำกว่า 27.99 เป็นนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ถึงระดับสมควรปรับปรุงอย่างยิ่ง ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นนักเรียนกลุ่มที่เรียนอ่อน

1.2.2 ความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ตรวจสอบโดยการหาค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ระหว่างคะแนนจากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้สูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2540, หน้า 173)

$$r = \frac{N\sum XY - \left(\sum X\right)\left(\sum Y\right)}{\sqrt{\left[N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2\right]\left[N\sum Y^2 - \left(\sum Y\right)^2\right]}}$$

เมื่อ N แทน จำนวนคนหรือสิ่งที่ศึกษา

$\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนดิบ X

$\sum Y$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนดิบ Y

$\sum X^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนดิบ X แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum Y^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนดิบ Y แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum XY$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนดิบ X และ Y คูณกันแต่ละคู่

1.2.3 การตรวจสอบความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนตามกรอบทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด เพื่อวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง โดยใช้โปรแกรม EduG-6e ตามเงื่อนไขการตัดสินใจ 1 ฟาเซต แบบการวัดเป็นแบบ Cross design ($p \times i$) โดยใช้สัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือของคะแนนสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (Generalizability coefficients for relative decisions) สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550, หน้า 27)

$$\rho^2_{Rel} = \frac{\sigma^2_p}{\sigma^2_p + \sigma^2_{Rel}}$$

เมื่อ ρ^2_{Rel} แทน สัมประสิทธิ์ของความน่าเชื่อถือของคะแนนสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์

σ^2_p แทน องค์ประกอบความแปรปรวนของบุคคล

σ^2_{Rel} แทน องค์ประกอบความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์

2. การสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) ของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยวิธีการแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนนเปอร์เซ็นไทล์และคะแนนมาตรฐานทีปกติ และแบ่งระดับความสามารถของนักเรียนโดยอ้างอิงเกณฑ์ของ Clark and Carter (2005 อ้างถึงใน คมกริบ ธีรานุรักษ์, 2552, หน้า 223-224) ที่มีอยู่ 4 ระดับ คือ ความสามารถสูง ความสามารถปานกลาง ความสามารถค่อนข้างต่ำ และความสามารถต่ำ และจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเกณฑ์ในการแยกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ พบว่า Stanley (1979) และ Davis and Rimm (1994) กล่าวไว้ตรงกันว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษเป็นเด็กที่มีความสามารถทางปัญญาโดยจะต้องทำคะแนนได้ในตำแหน่งเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97 ขึ้นไป ผู้วิจัยจึงเพิ่มระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนขึ้นอีกหนึ่งระดับ คือ ระดับความสามารถพิเศษสูงมาก ทำให้ได้เกณฑ์การแบ่งระดับความสามารถพิเศษของนักเรียนเป็น 5 ระดับ โดยมีรายละเอียดของเกณฑ์การแปลผลดังนี้

เปอร์เซ็นไทล์	คะแนนมาตรฐานทีปกติ	ระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์
P_{97} ขึ้นไป	T_{69} ขึ้นไป	สูงมาก
$P_{75} - P_{96}$	$T_{57} - T_{68}$	สูง
$P_{50} - P_{74}$	$T_{50} - T_{56}$	ปานกลาง
$P_{25} - P_{49}$	$T_{43} - T_{49}$	ค่อนข้างต่ำ
น้อยกว่า P_{25}	น้อยกว่า T_{43}	ต่ำ

.

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเพื่อพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในระดับภาคตะวันออก ที่เป็นมาตรฐาน มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ ประการแรก เพื่อพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประการที่สอง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ และประการที่ 3 เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติระดับภาค และคู่มือการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยจึงแบ่งการนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 3 ผลการสร้างเกณฑ์ปกติและคู่มือการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เพื่อให้เกิดความเข้าในตรงกันในการแปลความหมายผลของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติ และตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

สัญลักษณ์แทนค่าสถิติ

N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
$\overline{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบวัดตามสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค
Sk	แทน	ค่าความเบ้
Ku	แทน	ค่าความโด่ง
χ^2	แทน	สถิติไค-สแควร์

df	แทน	องศาอิสระ
p	แทน	ระดับนัยสำคัญ
GFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน
AGFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว
RMR	แทน	ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ
RMSEA	แทน	ค่ารากของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า
χ^2/df	แทน	ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์
CFI	แทน	ดัชนีเปรียบเทียบ
SEM	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด
SE	แทน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
SS	แทน	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสอง (Sum of Square)
MS	แทน	กำลังสองเฉลี่ย (Mean of Square)

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปร

num1-num3	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ด้านจำนวนและการดำเนินการ
mea1-mea3	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ด้านการวัด
geo1-geo3	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ด้านเรขาคณิต
alg1-alg3	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ด้านพีชคณิต
sta1-sta3	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น
ele1-ele3	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ
rel1-rel3	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์
pri1-pri3	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ด้านการวิเคราะห์หลักการ
flu1-flu3	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ด้านการคิดคล่อง
fle1-fle3	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ด้านการคิดยืดหยุ่น
ori1-ori3	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ด้านการคิดริเริ่ม
snum	แทน	ความสามารถด้านจำนวนและการดำเนินการ
smea	แทน	ความสามารถด้านการวัด
sgeo	แทน	ความสามารถด้านเรขาคณิต
salg	แทน	ความสามารถด้านพีชคณิต

ssta	แทน	ความสามารถด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น
sele	แทน	ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ
srel	แทน	ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์
spri	แทน	ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์หลักการ
sflu	แทน	ความสามารถด้านการคิดคล่อง
sfle	แทน	ความสามารถด้านการคิดยืดหยุ่น
sori	แทน	ความสามารถด้านการคิดริเริ่ม
Know	แทน	ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้
Anal	แทน	ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์
Crea	แทน	ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์
GMATH	แทน	ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

ในการสร้างแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก มีการสร้างและพัฒนาดังนี้

ผู้วิจัยสร้างแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามโครงสร้างและตามนิยามเชิงปฏิบัติการ 1 ฉบับ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 วัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ สร้างเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ตอนที่ 2 วัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ สร้างเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 18 ข้อ และตอนที่ 3 วัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ สร้างเป็นข้อสอบแบบเขียนคำตอบ จำนวน 16 ข้อ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ ผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 จำนวนข้อสอบทั้งหมด และจำนวนข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่า IOC

แบบวัดความสามารถพิเศษ	**ข้อสอบทั้งหมด**	**ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์**	**ค่า IOC**
ตอนที่ 1 ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้	30	30	0.8-1
ตอนที่ 2 ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์	18	18	0.8-1
ตอนที่ 3 ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์	16	16	0.8-1
รวม	64	64	0.8-1

จากตารางที่ 9 พบว่า จำนวนข้อสอบทั้งหมด 64 ข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80-1.00เป็นข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าดัชนี IOC ทั้ง 64 ข้อ

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยนำเสนอผลการตรวจสอบดังต่อไปนี้

ผลการตรวจสอบจากการทดลองครั้งที่ 1

ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านการหาค่า IOC จำนวน 55 ข้อ ไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 100 คน และทำการวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งผลเป็นดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากการทดลองครั้งที่ 1

แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	**จำนวนข้อสอบ**	**จำนวนข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์**	**ค่าความยาก (p)**	**ค่าอำนาจจำแนก (r)**
ตอนที่ 1 วัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้	25	23	0.33-0.79	0.26-0.47
ตอนที่ 2 วัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์	15	14	0.41-0.69	0.21-0.71
ตอนที่ 3 วัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์	15	12	0.21-0.63	0.21-0.64
รวม	55	49	0.21-0.79	0.21-0.71

จากตารางที่ 10 พบว่า จากข้อสอบทั้งหมด 55 ข้อ เลือกข้อสอบที่ค่าความยากที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกมากกว่า 0.20 ขึ้นไป ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 49 ข้อ โดยข้อสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.21-0.79 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.21-0.71 ข้อสอบทุกข้อมีความเป็นปรนัยด้านภาษา ทั้งนี้ไม่มีนักเรียนสอบถามเกี่ยวกับภาษาที่เขียนในข้อสอบแต่ละข้อ และจากการสัมภาษณ์นักเรียน 10 คน นักเรียนทุกคนเข้าใจภาษาที่เขียนในข้อสอบตรงกัน จากการจับเวลาในการทำแบบสอบ พบว่า นักเรียนใช้เวลาโดยเฉลี่ย 3 นาทีต่อการทำข้อสอบหนึ่งข้อ

ผลการตรวจสอบคุณภาพจากการทดลองครั้งที่ 2

ผู้วิจัยเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก จากการทดลองครั้งที่ 1 จำนวน 44 ข้อ โดยที่ตอนที่ 1 วัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ จำนวน 20 ข้อ ตอนที่ 2 วัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ จำนวน12 ข้อ และตอนที่ 3 วัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ จำนวน12 ข้อ ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 500 คน เพื่อหาคุณภาพของข้อสอบรายข้อ คือ ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และหาค่าความเที่ยงซึ่งวิเคราะห์ ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows Version 16.0 ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ช่วงค่าความยาก (p) ช่วงค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ และค่าความเที่ยง (α) ของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ จากการทดลองครั้งที่ 2

แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	**จำนวนข้อสอบ**	**จำนวนข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์**	**ค่าความยาก (p)**	**ค่าอำนาจจำแนก (r)**	**ความเที่ยง (α)**
ตอนที่ 1 ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้	20	16	0.20-0.65	0.21-0.55	0.76
ตอนที่ 2 ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์	12	10	0.22-0.70	0.20-0.46	0.63
ตอนที่ 3 ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์	12	10	0.29-0.72	0.20-0.54	0.70
รวม	44	36	0.20-0.72	0.20-0.55	0.75

จากตารางที่ 11 พบว่า ข้อสอบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 44 ข้อ มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก ($0.2 \leq p \leq 0.8$) ค่าอำนาจจำแนก ($r \geq 0.2$) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 225) ซึ่งนำไปใช้ได้โดยไม่ต้องปรับแก้ จำนวน 36 ข้อ ข้อสอบจำนวนดังกล่าวมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20-0.72 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.55 รายละเอียดดังภาคผนวก ค ตารางที่ 35-37 และแบบวัดมีค่าความเที่ยงซึ่งคำนวณด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha method) เท่ากับ 0.75 จำแนกเป็นรายด้านโดยเรียงลำดับจากด้านที่มีค่าความเที่ยงมากไปน้อย คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.76 ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.70 และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.63

ผลการตรวจสอบคุณภาพจากการทดลองครั้งที่ 3

1. ผลการหาคุณภาพรายข้อ

จากผลการทดลองใช้ครั้งที่ 2 ซึ่งมีข้อสอบที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ได้ จำนวน 36 ข้อ ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ จำนวน 15 ข้อ วัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านละ 9 ข้อ รวมเป็นแบบวัดทั้งฉบับจำนวน 33 ข้อ ไปทดลองครั้งที่ 3 กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบวัดความความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์

ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้			**ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์**			**ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์**		
ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
1	0.6	0.6	1	0.5	0.6	1	0.6	0.3
2	0.5	0.6	2	0.5	0.6	2	0.7	0.2
3	0.6	0.7	3	0.5	0.5	3	0.6	0.4
4	0.5	0.6	4	0.5	0.6	4	0.6	0.2
5	0.6	0.7	5	0.6	0.8	5	0.5	0.4
6	0.5	0.6	6	0.7	0.5	6	0.5	0.5
7	0.7	0.4	7	0.6	0.7	7	0.5	0.3
8	0.7	0.6	8	0.6	0.5	8	0.4	0.5
9	0.5	0.8	9	0.4	0.4	9	0.4	0.6
10	0.7	0.4						
11	0.4	0.7						
12	0.5	0.5						
13	0.6	0.6						
14	0.5	0.6						
15	0.4	0.4						

จากตารางที่ 12 พบว่า ข้อสอบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 33 ข้อ ทุกข้อเป็นข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก ($0.2 \leq p \leq 0.8$) เกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก ($r \geq 0.2$) โดยมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.4-0.7 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2-0.8

2. ผลการหาคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับ

การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรง

โดยตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม (Third order confirmatory factor analysis) ด้วยโปรแกรม LISREL Version 8.72 และตรวจสอบโดยวิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด (Known group technique) ด้วยสถิติ One-way MANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window Version 16.0 ตรวจสอบความตรงตามสภาพ พร้อมทั้งตรวจสอบความเที่ยงตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ซึ่งเป็นการตรวจสอบตามทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ ตามเงื่อนไขการตัดสินใจ 1 ฟาเซท ซึ่งฟาเซท คือ ความยาวของแบบวัด (จำนวนข้อคำถาม) โดยแบบการวัดเป็นแบบ Crossed design (p × i) เมื่อ p (Person) คือ นักเรียน และ i (Item) คือ ข้อสอบ ด้วยโปรแกรม EduG-6e ซึ่งนำเสนอผลตามลำดับ ดังนี้

2.1 การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม จึงนำเสนอผลตามลำดับดังนี้

2.1.1 ค่าสถิติพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายและการแจกแจงกลุ่มตัวอย่าง คือ สถิติพื้นฐานของตัวแปร และการตรวจสอบความเหมาะสมของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความเบ้ (Sk) ความโด่ง (Ku) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าสถิติ Bartlett's test of sphericity และค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin ผลดังแสดงในตารางที่ 13-14

ตารางที่ 13 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรการวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

ตัวแปร	$\bar{X}$	SD	Sk	Ku
ตอนที่ 1 ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ (Know)	8.25	(คะแนนเต็ม 15)		
จำนวนและการดำเนินการ (Snum)	1.74	1.07	-0.25	-1.22
การวัด (Smea)	1.56	1.08	0.05	-1.28
เรขาคณิต (Sgeo)	1.86	1.04	-0.35	-1.13
พีชคณิต (Salg)	1.60	0.94	0.04	-0.96
การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (Ssta)	1.50	1.01	0.09	-1.07
ตอนที่ 2 ความสามารถด้านคิดสร้างสรรค์ (Crea)	14.52	(คะแนนเต็ม 27)		
ความคิดคล่อง (Sflu)	5.42	2.17	-0.05	-0.87
ความคิดยืดหยุ่น (Sfle)	4.82	2.21	-0.28	-0.68
ความคิดริเริ่ม (Sori)	4.28	2.70	-0.09	-1.18

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ตัวแปร	$\bar{X}$	SD	Sk	Ku
ตอนที่ 3 ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (Anal)	5.07	(คะแนนเต็ม 9)		
คิดวิเคราะห์ความสำคัญ (Sele)	1.39	1.00	0.23	-1.00
คิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Srel)	1.88	0.98	-0.40	-0.93
คิดวิเคราะห์หลักการ (Spri)	1.80	0.96	-0.44	-0.73

จากตารางที่ 13 พบว่า ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบหลัก (แบบวัด 3 ตอน) มีค่าตั้งแต่ 5.07 ถึง 14.52 และตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ แบบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ โดยที่องค์ประกอบย่อย มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.39 ถึง 5.42 และตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความคิดคล่อง

เมื่อพิจารณาความเบ้ หรือขนาดความไม่สมมาตรของการแจกแจง มีค่าตั้งแต่-0.44 ถึง 0.23 โดยตัวแปรที่มีเบ้ขวา (ค่าความเบ้เป็นบวก) จำนวน 4 ตัว แสดงว่าข้อมูลของตัวแปรเหล่านี้ส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิต และมีตัวแปรที่มีลักษณะเบ้ซ้าย (ค่าความเบ้เป็นลบ) จำนวน 7 ตัว แสดงว่าข้อมูลของตัวแปรเหล่านี้ส่วนใหญ่สูงกว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิต

เมื่อพิจารณาความโด่ง หรือความสูงของการแจกแจง มีค่าตั้งแต่-1.28 ถึง-0.68 โดยตัวแปรทุกตัวมีค่าความโด่งเป็นลบ แสดงว่าข้อมูลอยู่ในลักษณะแบน (ค่าความโด่งน้อยกว่า 0) มีค่าการกระจายค่อนข้างมาก

การตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยการพิจารณาความเบ้ (Skew: Sk) และค่าความโด่ง (Kurtosis: Ku) ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติเมื่อ$-5 \leq Sk \leq 5$ และ$-5 \leq Ku \leq 5$ (Runyon et al., 1996, p. 157 อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2548, หน้า 180) หากข้อมูลมีการแจกแจงปกติ เลือกวิเคราะห์ด้วยวิธี Maximum likelihood estimation: MLE จากข้อมูลที่ได้พบว่า ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี MLE

2.1.2 การตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและสถิติทดสอบของตัวแปร

	Snum	**Smea**	**Sgeo**	**Salg**	**Ssta**	**Sele**	**Srel**	**Spri**	**Sflu**	**Sfle**	**Sori**
จำนวนและการดำเนินการ (Snum)											
การวัด (Smea)	0.556**										
เรขาคณิต (Sgeo)	0.467**	0.445**									
พีชคณิต (Salg)	0.528**	0.441**	0.488**								
การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (Ssta)	0.427**	0.389**	0.430**	0.401**							
วิเคราะห์ความสำคัญ (Sele)	0.345**	0.396**	0.308**	0.409**	0.422**						
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Srel)	0.452**	0.365**	0.344**	0.424**	0.341**	0.343**					
วิเคราะห์หลักการ (Spri)	0.361**	0.316**	0.319**	0.289**	0.249**	0.259**	0.534**				
ความคิดคล่อง (Sflu)	0.387**	0.335**	0.320**	0.287**	0.229**	0.264**	0.252**	0.310**			
ความคิดยืดหยุ่น (Sfle)	0.393**	0.389**	0.292**	0.340**	0.254**	0.273**	0.358**	0.333**	0.468**		
ความคิดริเริ่ม (Sori)	0.459**	0.463**	0.352**	0.358**	0.295**	0.284**	0.409**	0.348**	0.545**	0.615**	
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of sampling adequacy = 0.886 Bartlett's test of sphericity approx. Chi-square = 2797 df = 528 p < .05											

** p < .01

จากตารางที่ 14 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมด 55 คู่ มีความสัมพันธ์กันทางบวกทั้งหมด มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกคู่ โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีค่าตั้งแต่ 0.229 ถึง 0.615 ผลการทดสอบค่าสถิติ Bartlett's test of sphericity approx. Chi-square = 2797 df = 528 ($p < .05$) แสดงให้เห็นว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์นี้มีความแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสถิติ Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy มีค่าเท่ากับ 0.886 ซึ่งมีค่าใกล้ 1 นั่นคือ ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน เหมาะสมที่จะนำไปใช้ตรวจสอบความตรงของโมเดลโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันต่อไป

2.1.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เนื่องจากเป็นการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดตามกรอบแนวคิดการวิจัยที่ประยุกต์มาจากแนวคิดของ Sak (2005) ซึ่งโครงสร้างของเครื่องมือที่ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ องค์ประกอบย่อย 11 องค์ประกอบ แต่ละองค์ประกอบย่อยประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ซึ่งผู้วิจัยใช้เป็นกรอบในการสร้างเป็นแบบวัด 1 ฉบับ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 วัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ จำนวน 15 ข้อ ตอนที่ 2 วัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ จำนวน 9 ข้อ และตอนที่ 3 วัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ จำนวน 9 ข้อ รวมเป็นแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 33 ข้อ และทำการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 15 และภาพที่ 10

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสามขององค์ประกอบความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ (GMATH)

ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	น้ำหนักองค์ประกอบคะแนนดิบ	SE	น้ำหนักองค์ประกอบคะแนนมาตรฐาน	t	R^2
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับหนึ่ง					
ความสามารถด้านจำนวนและการดำเนินการ (snum)					
จำนวนและการดำเนินการ 1 (num1)	0.26	-	0.54	-	0.29
จำนวนและการดำเนินการ 2 (num2)	0.25*	0.035	0.50	7.03	0.25
จำนวนและการดำเนินการ 3 (num3)	0.31*	0.038	0.64	8.12	0.40
ความสามารถด้านการวัด (smea)					
การวัด 1 (mea1)	0.24	-	0.49	-	0.24
การวัด 2 (mea2)	0.28*	0.041	0.56	6.81	0.32
การวัด 3 (mea3)	0.28*	0.041	0.55	6.74	0.30
ความสามารถด้านเรขาคณิต (sgeo)					
เรขาคณิต 1 (geo1)	0.20	-	0.46	-	0.21
เรขาคณิต 2 (geo2)	0.25*	0.041	0.53	6.15	0.29
เรขาคณิต 3 (geo3)	0.33*	0.049	0.66	6.74	0.44
ความสามารถด้านพีชคณิต (salg)					
พีชคณิต 1 (alg1)	0.18	-	0.43	-	0.18
พีชคณิต 2 (alg2)	0.27*	0.042	0.55	6.32	0.30
พีชคณิต 3 (alg3)	0.21*	0.038	0.42	5.51	0.17
ความสามารถด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (ssta)					
การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น 1 (sta1)	0.22	-	0.45	-	0.21

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	น้ำหนักองค์ประกอบคะแนนดิบ	SE	น้ำหนักองค์ประกอบคะแนนมาตรฐาน	t	R^2
การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น 2 (sta2)	0.26*	0.044	0.53	6.05	0.28
การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น 3 (sta3)	0.19*	0.038	0.39	5.00	0.15
ความสามารถด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ (sele)					
วิเคราะห์ความสำคัญ 1 (ele1)	0.17	-	0.34	-	0.12
วิเคราะห์ความสำคัญ 2 (ele2)	0.27*	0.055	0.54	4.96	0.29
วิเคราะห์ความสำคัญ 3 (ele3)	0.18*	0.043	0.36	4.22	0.13
ความสามารถด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (srel)					
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ 1 (rel1)	0.14	-	0.28		0.08
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ 2 (rel2)	0.29*	0.056	0.58	5.05	0.34
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ 3 (rel3)	0.23*	0.044	0.56	5.18	0.31
ความสามารถด้านการวิเคราะห์หลักการ (spri)					
วิเคราะห์หลักการ 1 (pri1)	0.24	-	0.50	-	0.25
วิเคราะห์หลักการ 2 (pri2)	0.15*	0.020	0.32	7.31	0.10
วิเคราะห์หลักการ 3 (pri3)	0.09*	0.024	0.18	3.78	0.032
ความสามารถด้านการคิดคล่อง (sflu)					
ความคิดคล่อง 1 (flu1)	0.63	-	0.62	-	0.39
ความคิดคล่อง 2 (flu2)	0.29*	0.067	0.28	4.37	0.078
ความคิดคล่อง 3 (flu3)	0.67*	0.079	0.64	8.49	0.41

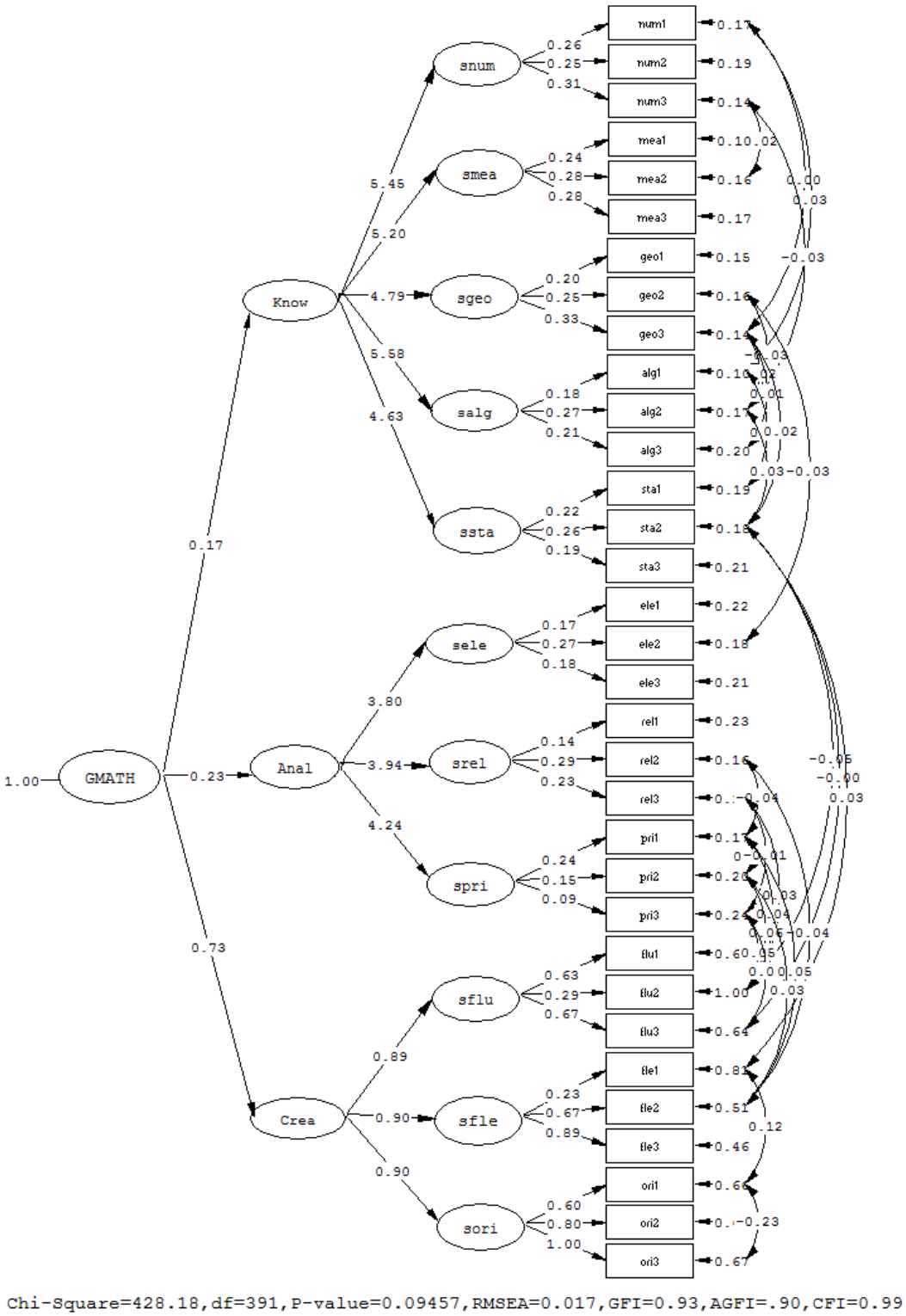
ตารางที่ 15 (ต่อ)

ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	น้ำหนักองค์ประกอบคะแนนดิบ	SE	น้ำหนักองค์ประกอบคะแนนมาตรฐาน	t	R^2
ความสามารถด้านการคิดยืดหยุ่น (sfle)					
ความคิดยืดหยุ่น 1 (fle1)	0.23	-	0.25	-	0.062
ความคิดยืดหยุ่น 2 (fle2)	0.67*	0.16	0.68	4.11	0.47
ความคิดยืดหยุ่น 3 (fle3)	0.89*	0.21	0.79	4.16	0.63
ความสามารถด้านการคิดริเริ่ม (sori)					
ความคิดริเริ่ม1 (ori1)	0.60	-	0.59	-	0.35
ความคิดริเริ่ม2 (ori2)	0.80*	0.089	0.71	8.99	0.50
ความคิดริเริ่ม3 (ori3)	1.00*	0.11	0.77	8.73	0.60
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับสอง					
ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ (Know)					
ความสามารถด้านจำนวนและการดำเนินการ (snum)	5.45*	0.80	0.98	6.82	0.95
ความสามารถด้านการวัด (smea)	5.20*	0.90	0.93	5.79	0.87
ความสามารถด้านเรขาคณิต (sgeo)	4.79*	0.88	0.86	5.43	0.74
ความสามารถด้านพีชคณิต (salg)	5.58	-	1.00	-	-
ความสามารถด้านด้านวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (ssta)	4.63*	0.80	0.83	5.80	0.69
ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (Anal)					
ความสามารถด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ (sele)	3.80*	0.80	0.90	4.75	0.80
ความสามารถด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (srel)	3.94*	0.78	0.93	5.05	0.86
ความสามารถด้านการวิเคราะห์หลักการ (spri)	4.24	-	1.00	-	-

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	น้ำหนักองค์ประกอบคะแนนดิบ	SE	น้ำหนักองค์ประกอบคะแนนมาตรฐาน	t	R^2
ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ (Crea)					
ความสามารถด้านการคิดคล่อง (sflu)	0.89*	0.099	0.89	8.96	0.79
ความสามารถด้านการคิดยืดหยุ่น (sfle)	0.90*	0.22	0.90	4.06	0.82
ความสามารถด้านการคิดริเริ่ม (sori)	0.90*	0.10	090	8.68	0.82
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับสาม					
ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์					
ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ (Know)	0.17*	0.024	0.94	7.17	0.89
ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (Anal)	0.23*	0.027	0.97	8.60	0.94
ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ (Crea)	0.73*	0.089	0.73	8.16	0.53
Chi-Square = 428.18, df = 391, χ^2/df = 1.09, p-value = 0.09457, RMSEA = 0.017, GFI = 0.93, AGFI = 0.90, CFI = 0.99					

* $p < .05$



ภาพที่ 10 โมเดลผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสามของความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

จากตารางที่ 15 และภาพที่ 10 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างขององค์ประกอบความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยพิจารณาจากค่าไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 428.18 มีองศาอิสระเท่ากับ 391 ไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) เท่ากับ 1.09 ดัชนีความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.93 ดัชนีความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.90 ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.99 และค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ 0.017 ซึ่งดัชนีดังกล่าวมีค่าที่เป็นไปตามเกณฑ์ในการตัดสิน กล่าวคือ โมเดลตามทฤษฎีจะมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เมื่อค่า χ^2 ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ไค-สแควร์สัมพัทธ์ไม่เกิน 2 ค่า GFI มากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 ค่า AGFI มากกว่าหรือเท่ากับ 0.90 ค่า CFI มากกว่าหรือเท่ากับ 0.97 ค่า EMSEA น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 (Schemelleh-Engel, Moosbrugger & Müller. 2003, p. 52 อ้างถึงใน สุวิมล ติรกานันท์,2553, หน้า 249) เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบของการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับสาม แต่ละองค์ประกอบมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.17 ถึง 0.73 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกค่า แสดงว่าโครงสร้างของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์วัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ได้ตามทฤษฎี

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยวิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเรียนเก่ง กลุ่มเรียนปานกลาง และกลุ่มเรียนอ่อน โดยทดสอบแยกเป็นรายด้าน คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์รวมทั้งฉบับ ด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนตัวแปรตามหลายตัวแบบทางเดียว (One-Way MANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS for window version 16.0 ซึ่งก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนผู้วิจัยได้หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในแต่ละด้านของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม ผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อน

ตัวแปรตาม	กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน	
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้	13.36	1.726	5.18	2.994	4.00	1.905
ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์	7.36	1.446	3.68	1.765	2.43	1.200
ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์	19.07	4.018	11.29	5.394	7.07	2.918
ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	39.79	5.159	20.14	8.414	13.50	3.835

จากตารางที่ 16 พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งมีคะแนนเฉลี่ยด้านความเชี่ยวชาญองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 13.36, 7.36, 19.07 และ 39.79 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่านักเรียนกลุ่มปานกลาง และนักเรียนกลุ่มอ่อน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรตามหลายตัวแบบทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถของนักเรียนทั้งสามกลุ่มผลดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ของกลุ่มนักเรียน

แหล่งความแปรปรวน	Value (Wilks' Lambda)	F	Sig.
Intercept	.049	5.095E2	.000**
กลุ่มนักเรียน (Group)	.159	39.712	.000**

** $p < .01$

จากตารางที่ 17 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อน ในด้านความเชี่ยวชาญองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โดยทำการทดสอบ Univariate F-test ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อน

แหล่งความแปรปรวน	**ตัวแปรตาม**	**SS**	**df**	**MS**	**F**	**Sig.**
กลุ่มนักเรียน	ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้	1454.452	2	727.226	140.072	.000**
	ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์	367.595	2	183.798	82.989	.000**
	ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์	2075.524	2	1037.762	57.914	.000**
	ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	10461.810	2	5230.905	139.968	.000**
ความคลาดเคลื่อน	ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้	420.536	81	5.192	-	-
	ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์	179.393	81	2.215	-	-
	ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์	1451.429	81	17.919	-	-
	ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	3027.143	81	37.372	-	-

** $p < .01$

จากตารางที่ 18 เมื่อทำการทดสอบ Univariate test พบว่า คะแนนเฉลี่ยความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่เพื่อดูความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน ดังแสดงในตารางที่ 19-22

ตารางที่ 19 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน

กลุ่มนักเรียน	คะแนนเฉลี่ย	กลุ่มเก่ง	กลุ่มปานกลาง	กลุ่มอ่อน
กลุ่มเก่ง	13.36		8.18*	9.36*
กลุ่มปานกลาง	5.18			1.18
กลุ่มอ่อน	4.00			

* $p < .05$

จากตารางที่ 19 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้เป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งมีคะแนนเฉลี่ยของความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้สูงกว่านักเรียนกลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนนักเรียนกลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อนมีค่าเฉลี่ยของความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 20 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน

กลุ่มนักเรียน	คะแนนเฉลี่ย	กลุ่มเก่ง	กลุ่มปานกลาง	กลุ่มอ่อน
กลุ่มเก่ง	7.36		3.68*	4.93*
กลุ่มปานกลาง	3.68			1.25*
กลุ่มอ่อน	2.43			

* $p < .05$

จากตารางที่ 20 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์เป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนกลุ่มปานกลางและกุล่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มปานกลางมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนกลุ่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 21 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน

กลุ่มนักเรียน	คะแนนเฉลี่ย	กลุ่มเก่ง	กลุ่มปานกลาง	กลุ่มอ่อน
กลุ่มเก่ง	19.07		7.79*	12.00*
กลุ่มปานกลาง	11.29			4.21*
กลุ่มอ่อน	7.07			

* $p < .05$

จากตารางที่ 21 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์เป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนกลุ่มปานกลางและกุล่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มปานกลางมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนกลุ่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 22 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน

กลุ่มนักเรียน	คะแนนเฉลี่ย	กลุ่มเก่ง	กลุ่มปานกลาง	กลุ่มอ่อน
กลุ่มเก่ง	39.79		19.64*	26.29*
กลุ่มปานกลาง	20.14			6.64*
กลุ่มอ่อน	13.50			

* $p < .05$

จากตารางที่ 22 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์เป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มปานกลางและกุล่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มปานกลางมีคะแนนเฉลี่ยความพิเศษทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การตรวจสอบความตรงตามสภาพ

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความตรงตามสภาพ โดยการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก กับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 340 คน ได้ผลดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์กับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

ผลการวัด	คะแนนเต็ม	r_{xy}
ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์	51	0.73**
O-NET วิชาคณิตศาสตร์	100	

** $p < .01$

จากตารางที่ 23 พบว่า คะแนนสอบจากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์กับคะแนนผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และสัมพันธ์กันในระดับสูง (r_{xy} = 0.73) (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2546, หน้า 316) แสดงว่าแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีความตรงตามสภาพ

การตรวจสอบความเที่ยง

ในการตรวจสอบความเที่ยงของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ ตามเงื่อนไขการตัดสินใจ 1 ฟาเซท และแบบการวัดเป็นแบบ Crossed design ($p \times i$) โดยเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนในขั้น G-study และประมาณค่าความเที่ยงในขั้น D-study จากข้อมูลนักเรียนจำนวน 340 คน นำเสนอผลการตรวจสอบความเที่ยงของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาพรวม และขององค์ประกอบความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ ทีละองค์ประกอบ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แสดงดังตารางที่ 24-25 และภาพที่ 11

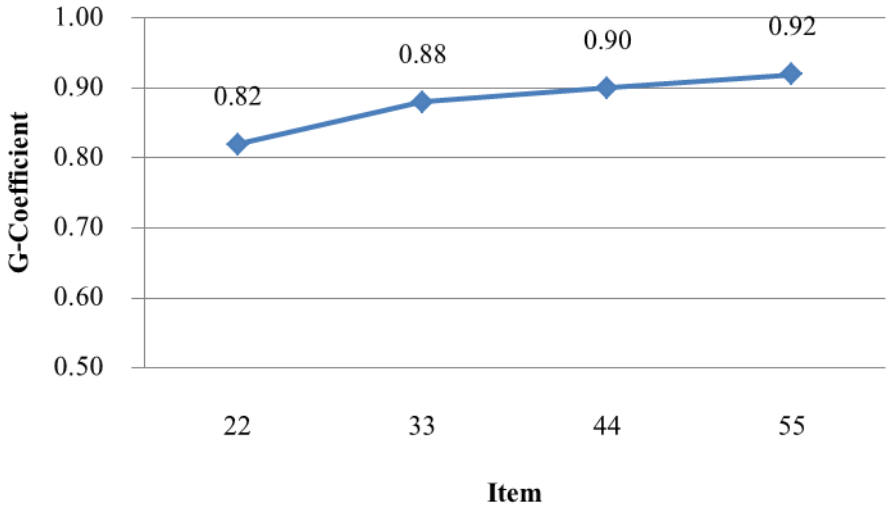
ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในขั้นการศึกษา G

Source of variation	**df**	**SS**	**MS**	**Estimated variance component**	**Percentage of total variance**
Person (p)	339	1076.1037	3.1743	0.0842	11.5
Item (i)	32	2777.0125	86.7816	0.2541	34.6
Residual (pi, e)	10848	4292.6845	0.3957	0.3957	53.9
Total	11219	8190.76435		0.7340	100

จากตารางที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แสดงให้เห็นการแบ่งความแปรผันของคะแนนออกเป็นของนักเรียน (Person, p) ของข้อคำถาม (Item, i) และของส่วนเหลือ (Residual, pi, e) ซึ่งประกอบด้วยผลรวมความแปรปรวนที่เป็นระบบซึ่งไม่อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม จากตาราง พบว่า ค่าผลรวมของความเบี่ยงเบนกำลังสอง (SS) ของส่วนที่เหลือมีค่าสูงสุด เท่ากับ 4292.6845 รองลงมา คือ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของข้อคำถาม และของนักเรียน เท่ากับ 2777.0125 และ 1076.1037 ตามลำดับ สำหรับกำลังสองเฉลี่ย (MS) มีค่าเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ กำลังสองเฉลี่ยของข้อคำถาม นักเรียนและของส่วนที่เหลือ คือ 86.7816, 3.1743 และ 0.3957 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการประมาณค่าความแปรปรวนโดยที่เอกภพของการสังเกตประกอบด้วยนักเรียน ข้อคำถามซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนจาก 3 แหล่ง คือ ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อคำถาม ($\sigma^2_{pi,e}$) ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ พบว่า ความไม่คงเส้นคงวาของนักเรียนแต่ละคนที่ตอบข้อคำถามแต่ละข้อมีค่าความแปรปรวน 0.3957 หรือประมาณร้อยละ 53.9 ของความแปรปรวนรวม ความแปรปรวนของนักเรียน (σ^2_p) พบว่า ความแตกต่างที่มีจากความสามารถของนักเรียน หรือความแปรปรวนของเอกภพ เท่ากับ 0.0842 หรือประมาณร้อยละ 11.5 ของความแปรปรวนรวม และความแปรปรวนของข้อคำถาม (σ^2_i) พบว่า มีความแตกต่างของข้อคำถาม เท่ากับ 0.2541 หรือประมาณร้อยละ 34.6 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 25 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำแนกตามจำนวนข้อคำถาม

Source of variation	**Estimate G-study variance component**	**Alternative estimated D-study design variance component**			
		22	**33**	**44**	**55**
Person (p)	0.0842	0.0842	0.0842	0.0842	0.0842
Item (i)	0.2541	0.0115	0.0077	0.0057	0.0046
Residual (pi, e)	0.3957	0.0179	0.0119	0.0089	0.0072
GENERALIZABILITY COEFFICIENT		0.82	0.88	0.90	0.92



ภาพที่ 11 สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

จากตารางที่ 25 และภาพที่ 11 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิง (Generalizability coefficient: G-coefficient) พบว่า แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 33 ข้อ มีค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์เท่ากับ 0.88 และเมื่อพิจารณาผลการศึกษาในขั้นการตัดสินใจ (D-study) พบว่า เมื่อจำนวนข้อสอบเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

2. สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ แสดงดังตารางที่ 26-27 และภาพที่ 12

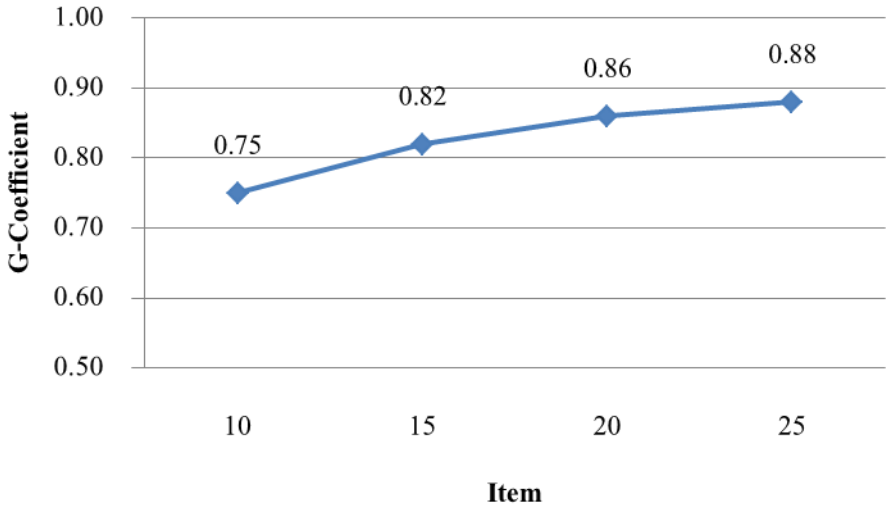
ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ในขั้นการศึกษา G

Source of variation	**df**	**SS**	**MS**	**Estimated variance component**	**Percentage of total variance**
Person (p)	339	339.3498	1.0010	0.0547	22.0
Item (i)	14	68.8851	4.9204	0.0139	5.6
Residual (pi, e)	4746	853.9149	0.1799	0.1799	72.4
Total	5099	1262.1498		0.2485	100

จากตารางที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ พบว่า ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสอง (SS) ของส่วนที่เหลือมีค่าสูงสุด คือ 853.9149 ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียนและของข้อคำถามมีค่าเท่ากับ 339.3498 และ 68.8851 ตามลำดับ สำหรับกำลังสองเฉลี่ย (MS) มีค่าเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ กำลังสองเฉลี่ยของข้อคำถาม นักเรียนและส่วนผลของส่วนที่เหลือ คือ 4.9204, 1.0010 และ 0.1799 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการประมาณค่าความแปรปรวน พบว่า ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อคำถาม ($\sigma^2_{pi,e}$) เท่ากับ 0.1799 หรือประมาณร้อยละ 72.4 ของความแปรปรวน ความแปรปรวนของนักเรียน (σ^2_p) เท่ากับ 0.0547 หรือประมาณร้อยละ 22 ของความแปรปรวนรวม และความแปรปรวนของข้อคำถาม (σ^2_i) เท่ากับ 0.0139 หรือประมาณร้อยละ 5.6 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 27 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ของแบบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ จำแนกตามจำนวนข้อคำถาม

Source of variation	**Estimate G-study variance component**	**Alternative Estimated D-study Design Variance component**			
		10	**15**	**20**	**25**
Person (p)	0.0547	0.0547	0.0547	0.0547	0.0547
Item (i)	0.0139	0.0014	0.0009	0.0007	0.0006
Residual (pi,e)	0.1799	0.0180	0.0120	0.0089	0.0072
GENERALIZABILITY COEFFICIENT		0.75	0.82	0.86	0.88



ภาพที่ 12 สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้

จากตารางที่ 27 และภาพที่ 12 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิง (Generalizability coefficient: G-coefficient) พบว่า แบบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ที่ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน15 ข้อ มีค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์เท่ากับ 0.82 และเมื่อพิจารณาผลการศึกษาในขั้นการตัดสินใจ (D-study) พบว่า เมื่อจำนวนข้อสอบเพิ่มขึ้นค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

3. สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 28-29 และภาพที่ 13

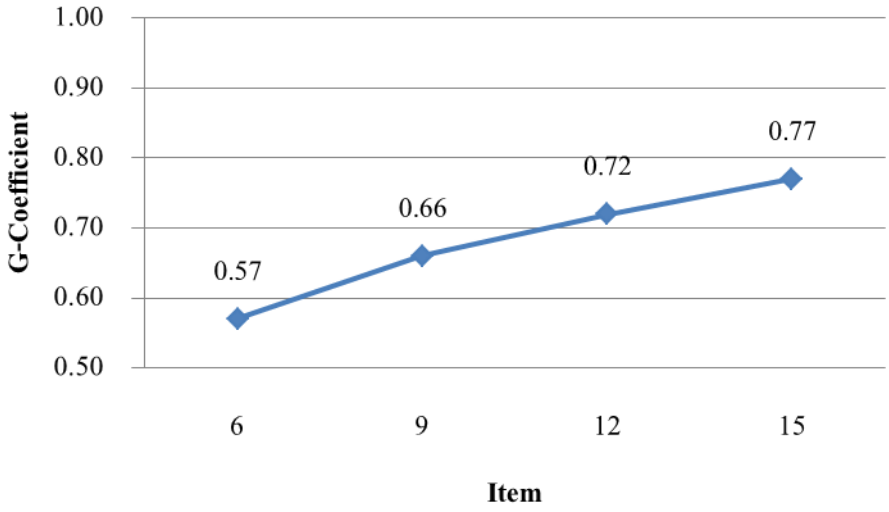
ตารางที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ในขั้นการศึกษา G

Source of variation	**df**	**SS**	**MS**	**Estimated variance component**	**Percentage of total variance**
Person (p)	339	191.3673	0.5645	0.0415	16.7
Item (i)	8	43.7830	5.4729	0.0155	6.3
Residual (pi, e)	2712	517.5503	0.1908	0.1908	77.0
Total	3059	752.7007		0.2478	100

จากตารางที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ พบว่า ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสอง (SS) ของส่วนที่เหลือมีค่าสูงสุด คือ 517.5503 ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียนและของข้อคำถามมีค่าเท่ากับ 191.3673 และ 43.7830 ตามลำดับ สำหรับกำลังสองเฉลี่ย (MS) มีค่าเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ กำลังสองเฉลี่ยของข้อคำถาม นักเรียนและส่วนผลของส่วนที่เหลือ คือ 5.4729, 0.5645 และ 0.1908 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการประมาณค่าความแปรปรวน พบว่า ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อคำถาม ($\sigma^2_{pi,e}$) เท่ากับ 0.1908 หรือประมาณร้อยละ 77 ของความแปรปรวน ความแปรปรวนของนักเรียน (σ^2_p) เท่ากับ 0.0415 หรือประมาณร้อยละ 16.7 ของความแปรปรวนรวม และความแปรปรวนของข้อคำถาม (σ^2_i) เท่ากับ 0.0155 หรือประมาณร้อยละ 6.3 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 29 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ของแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ จำแนกตามจำนวนข้อคำถาม

Source of variation	**Estimate G-study variance component**	**Alternative Estimated D-study Design Variance component**			
		6	**9**	**12**	**15**
Person (p)	0.0415	0.0415	0.0415	0.0415	0.0415
Item (i)	0.0155	0.0026	0.0017	0.0013	0.0010
Residual (pi,e)	0.1908	0.0318	0.0212	0.0159	0.0127
GENERALIZABILITY COEFFICIENT		0.57	0.66	0.72	0.77



ภาพที่ 13 สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

จากตารางที่ 29 และภาพที่ 13 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิง (Generalizability coefficient: G-coefficient) พบว่า แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ที่ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 9 ข้อ มีค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์เท่ากับ 0.66 และเมื่อพิจารณาผลการศึกษาในขั้นการตัดสินใจ (D-study) พบว่า เมื่อจำนวนข้อสอบเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

4. สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ แสดงดังตารางที่ 30-31 และภาพที่ 14

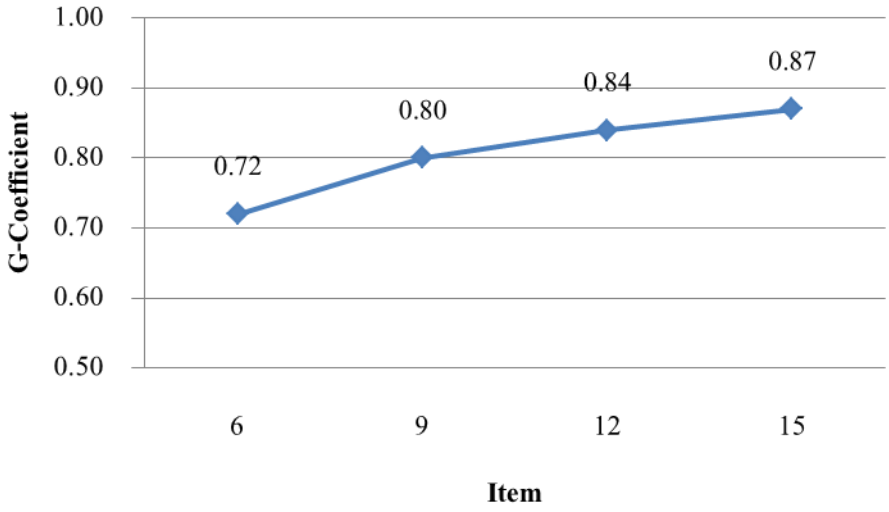
ตารางที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจากแบบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ ในขั้นการศึกษา G

Source of variation	**df**	**SS**	**MS**	**Estimated variance component**	**Percentage of total variance**
Person (p)	339	1322.3216	3.9007	0.3456	28.9
Item (i)	8	173.2712	21.6589	0.0614	5.1
Residual (pi, e)	2712	2144.2843	0.7907	0.7907	66.0
Total	3059	3639.8771		1.1977	100

จากตารางที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ พบว่า ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสอง (SS) ของส่วนที่เหลือมีค่าสูงสุด คือ 2144.2843 ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียนและของข้อคำถามมีค่าเท่ากับ 1322.3216 และ 173.2712 ตามลำดับ สำหรับกำลังสองเฉลี่ย (MS) มีค่าเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ กำลังสองเฉลี่ยของข้อคำถาม นักเรียนและส่วนผลของส่วนที่เหลือ คือ 21.6589, 3.9007 และ 0.7907 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการประมาณค่าความแปรปรวน พบว่า ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อคำถาม ($\sigma^2_{pi,e}$) เท่ากับ 0.7907 หรือประมาณร้อยละ 66 ของความแปรปรวน ความแปรปรวนของนักเรียน (σ^2_p) เท่ากับ 0.3456 หรือประมาณร้อยละ 28.9 ของความแปรปรวนรวม และความแปรปรวนของข้อคำถาม (σ^2_i) เท่ากับ 0.0614 หรือประมาณร้อยละ 5.1 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 31 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ของแบบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ จำแนกตามจำนวนข้อคำถาม

Source of variation	**Estimate G-study variance component**	**Alternative Estimated D-study Design Variance component**			
		6	**9**	**12**	**15**
Person (p)	0.3456	0.3456	0.3456	0.3456	0.3456
Item (i)	0.0614	0.0102	0.0068	0.0051	0.0041
Residual (pi,e)	0.7907	0.1318	0.0878	0.0658	0.0527
GENERALIZABILITY COEFFICIENT		0.72	0.80	0.84	0.87



ภาพที่ 14 สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์

จากตารางที่ 31 และภาพที่ 14 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิง (Generalizability coefficient: G-coefficient) พบว่า แบบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ที่ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 9 ข้อ มีค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์เท่ากับ 0.80 และเมื่อพิจารณาผลการศึกษาในขั้นการตัดสินใจ (D-study) พบว่า เมื่อจำนวนข้อสอบเพิ่มขึ้นค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

ตอนที่ 3 ผลการสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

ในการวิเคราะห์เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก โดยนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดมาแปลงเป็นคะแนนเปอร์เซ็นไทล์ (Percenttile rank) และคะแนนมาตรฐานทีปกติ (Normalized T-score) แล้วนำมาแปลผลเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์และแบ่งระดับความสามารถของนักเรียนโดยอ้างอิงเกณฑ์ของ Clark and Carter (2005 อ้างถึงใน คมกริบ ธีรานุรักษ์, 2552, หน้า 223-224) ที่มีอยู่ 4 ระดับ คือ ความสามารถสูง ความสามารถปานกลาง ความสามารถค่อนข้างต่ำ และความสามารถต่ำ และจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเกณฑ์ในการแยกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ พบว่า Stanley (1979) และ Davis and Rimm (1994) กล่าวไว้ตรงกันว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษเป็นเด็กที่มีความสามารถทางปัญญาโดยจะต้องทำคะแนนได้ในตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 97 ขึ้นไป ผู้วิจัยจึงเพิ่มระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนขึ้นอีกหนึ่งระดับ คือ

ระดับความสามารถพิเศษสูงมาก ทำให้ได้เกณฑ์การแบ่งระดับความสามารถพิเศษของนักเรียนเป็น 5 ระดับ ซึ่งมีรายละเอียดของเกณฑ์การแปลผลดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 การแปลระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์อิงกลุ่มตามคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์และคะแนนมาตรฐานทีปกติ

คะแนนเปอร์เซ็นไทล์	**คะแนนมาตรฐานทีปกติ**	**การแปลผลระดับความสามารถพิเศษ**
P_{97} ขึ้นไป	T_{69} ขึ้นไป	ความสามารถพิเศษสูงมาก
P_{75}-P_{96}	T_{57}-T_{68}	ความสามารถพิเศษสูง
P_{50}-P_{74}	T_{50}-T_{56}	ความสามารถพิเศษปานกลาง
P_{25}-P_{49}	T_{43}-T_{49}	ความสามารถพิเศษค่อนข้างต่ำ
น้อยกว่า P_{25}	น้อยกว่า T_{43}	ความสามารถพิเศษต่ำ

การสร้างเกณฑ์ปกติระดับภาค ของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออกครั้งนี้ ผู้วิจัยนำคะแนนดิบจากการสอบวัดนักเรียน 340 คน มาแปลงเป็นคะแนนเปอร์เซ็นไทล์ และคะแนนมาตรฐานทีปกติ โดยที่คะแนนเต็มของแบบวัดเท่ากับ 51 คะแนน มีคะแนนต่ำสุด เท่ากับ 5 คะแนนสูงสุด เท่ากับ 49 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต เท่ากับ 27.84 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 10.22 ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับขยายในส่วนของคะแนนดิบ 1-4 และ 50-51 เพิ่มเติมให้ครบถ้วน ตั้งแต่คะแนนต่ำสุด 1 คะแนน คะแนนสูงสุด (คะแนนเต็ม) 51 คะแนน โดยอาศัยสมการพยากรณ์ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 269-275) ซึ่งผลการสร้างเกณฑ์ปกติเป็นตารางที่ 33

ตารางที่ 33 คะแนนความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 51 คะแนน) เกณฑ์ปกติเปอร์เซ็นไทล์ เกณฑ์ปกติทีปกติและระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นไทล์	ทีปกติ	ระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์
51	99.18	74	
50	98.93	73	
49	98.61	72	
48	88.21	71	สูงมาก
47	97.72	70	
46	97.13	69	
45	96.41	68	
44	95.54	67	
43	94.52	66	
42	93.32	65	
41	91.92	64	สูง
40	90.32	63	
39	88.49	62	
38	86.43	61	
37	84.13	60	
36	81.59	59	
35	78.81	58	สูง
34	75.80	57	
33	69.15	55	
32	65.54	54	
31	61.79	53	
30	57.93	52	ปานกลาง
29	53.98	51	
28	50.00	50	

ตารางที่ 33 (ต่อ)

คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นไทล์	ทีปกติ	ระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์
27	46.02	49	
26	42.07	48	
25	38.21	47	
24	34.46	46	ค่อนข้างต่ำ
23	30.85	45	
22	27.43	44	
21	24.20	43	
20	21.19	42	
19	18.41	41	
18	15.87	40	
17	13.57	39	
16	11.51	38	
15	9.68	37	ต่ำ
14	8.08	36	
13	5.48	34	
12	4.46	33	
11	3.59	32	
10	2.87	31	
9	2.28	30	
8	1.79	29	
7	1.39	28	
6	1.07	27	ต่ำ
5	0.82	26	
4	0.62	25	
3	0.47	24	
2	0.35	23	
1	0.26	22	

จากตารางที่ 33 พบว่า เกณฑ์ปกติเปอร์เซ็นไทล์มีค่าตั้งแต่ 0.26 ถึง 99.18 และเกณฑ์ปกติทีปกติมีค่าตั้งแต่ 22 ถึง 74 เมื่อพิจารณาคะแนนดิบ พบว่า นักเรียนที่ได้คะแนนดิบตั้งแต่ 46 คะแนนขึ้นไป ถือว่าเป็นนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนที่ได้คะแนนตั้งแต่ 34 ถึง 45 คะแนน ถือว่าเป็นนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง และนักเรียนที่ได้คะแนนตั้งแต่ 20 คะแนนลงมา ถือว่าเป็นนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออกที่เป็นมาตรฐาน มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ ประการแรกเพื่อพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประการที่สองเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ และประการที่ 3 เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติระดับภาค และสร้างคู่มือการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2559 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐานในภูมิภาคภาคตะวันออก จำนวน 28,224 คน สุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชากรด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประยุกต์โมเดลของ Sak (2005) ซึ่งมีโครงสร้างเป็น 3 กลุ่มองค์ประกอบ สร้างเป็นแบบวัด 1 ฉบับ แบ่งเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 วัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ตอนที่ 2 วัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และตอนที่ 3 วัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ลักษณะของแบบวัดตอนที่ 1 และตอนที่ 3 เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว เกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ ตอบถูกให้คะแนน 1 ตอบผิดให้คะแนน 0 ตอนที่ 2 เป็นข้อสอบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เป็นข้อสอบแบบเขียนตอบ ให้นักเรียนเขียนคำตอบตามความสามารถของนักเรียน โดยมีวิธีการให้คะแนนดังนี้ คือ ข้อสอบวัดความคิดคล่องทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของข้อคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนนตามปริมาณคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน การให้คะแนนความคิดยืดหยุ่นทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามวิธีการคิดที่แตกต่างกันต่อเงื่อนไขที่กำหนด โดยให้คะแนนเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน การให้คะแนนความคิดริเริ่มทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดที่แปลกแตกต่างไปจากธรรมดาในการตอบของกลุ่มตัวอย่าง โดยให้คะแนนตามสัดส่วนของความถี่ของคำตอบตามวิธีการของ Cropley (1966) ซึ่งมีหลักดังนี้

คำตอบซ้ำ 12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน
คำตอบซ้ำ 6-11%	ให้ 1 คะแนน
คำตอบซ้ำ 3-5%	ให้ 2 คะแนน

คำตอบซ้ำ 2% ให้ 3 คะแนน

คำตอบซ้ำกันไม่เกิน 1% ให้ 4 คะแนน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ ข้อที่ 7, 8 และ 9 ตามรูปแบบของคำตอบที่นักเรียนเขียนตอบ ดังตารางที่ 38-40 ในภาคผนวก ง

เมื่อให้คะแนนในแต่ละข้อด้านความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น และคิดริเริ่มตามวิธีการดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยดำเนินปรับคะแนนให้เป็น 0, 1, 2, และ 3 โดยใช้เกณฑ์ในการปรับคะแนน ดังตารางที่ 7

ในการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยดำเนินการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมการโดยศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างกรอบแนวคิดและนิยามเชิงปฏิบัติการของการวิจัย

2. สร้างแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยสร้างตารางแผนงานการประเมินในองค์ประกอบของแบบวัด จำนวน 1 ฉบับ แบ่งเป็น 3 ตอน จำนวน 64 ข้อ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบด้านความตรงตามเนื้อหา ด้วยวิธีหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือนิยาม (Item objective congruence index: IOC)

3. หาคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โดยนำแบบวัดไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง ดังนี้ ครั้งแรกทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน แบบวัดประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 55 ข้อ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา ความเป็นปรนัยของข้อสอบ บันทึกเวลาที่ใช้ในการสอบ พร้อมทั้งสัมภาษณ์นักเรียนถึงความเข้าใจในคำถาม และตัวเลือกของแบบวัด และนำผลมาวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบขั้นต้นตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ในส่วนของความยาก (p) อำนาจจำแนก (r) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์จำนวน 44 ข้อ เพื่อนำไปทดสอบครั้งที่ 2 ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 500 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้อ ในส่วนของความยากและอำนาจจำแนก และหาความเที่ยง ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows Version 16.0 แล้วคัดเลือกข้อสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์ จำนวน 33 ข้อ ไปทดสอบครั้งที่ 3 ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 400 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้อด้านความยาก อำนาจจำแนก เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม ด้วยโปรแกรม LISREL version 8.72 และตรวจสอบด้วยวิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด ด้วยสถิติ One-way MANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows Version 16.0 เพื่อตรวจสอบความตรงตามสภาพโดยการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับคะแนนผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows version 16.0 เพื่อตรวจสอบความเที่ยงของแบบวัด ด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือของคะแนน (G-coefficient) ตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability theory: G-thoery) ตามเงื่อนไขการตัดสินใจ 1 ฟาเซท ซึ่งแบบการวัดเป็นแบบ Crossed design ($p \times i$) โดยใช้โปรแกรม EduG-6e และเพื่อสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นเกณฑ์ปกติระดับภาค โดยแปลงคะแนนดิบให้อยู่ในรูปคะแนนเปอร์เซ็นไทล์ และคะแนนมาตรฐานทีปกติ

4. เขียนคู่มือการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก พบว่า ได้แบบวัดความสามารถพิเศษที่ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 33 ข้อ เป็นข้อสอบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ 15 ข้อ วัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ 9 ข้อ และวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ 9 ข้อ

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

2.1 ผลการตรวจความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า ข้อสอบที่สร้างขึ้น จำนวน 64 ข้อ มีความตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อ โดยมีค่าดัชนี IOC อยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00

2.2 ผลการตรวจสอบความยาก และอำนาจจำแนก ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ในการทดลองครั้งที่ 2 พบว่า จากข้อสอบจำนวน 44 ข้อ มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก ($0.20 \leq p \leq 0.80$) และค่าอำนาจจำแนก ($r \geq 0.20$) และนำไปใช้ได้โดยไม่ต้องปรับแก้ จำนวน 36 ข้อ โดยมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20-0.72 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.55

2.3 ผลการตรวจสอบความยาก และอำนาจจำแนก ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม จากการทดลองครั้งที่ 3 พบว่า จากข้อสอบจำนวน 33 ข้อ ทุกข้อเป็นข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก ($0.20 \leq p \leq 0.80$) เกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก ($r \geq 0.2$) โดยมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.4-0.7 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2-0.8

2.4 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม พบว่า โมเดลความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีค่าไค-สแควร์ เท่ากับ 428.18 องศาอิสระเท่ากับ 391 p-value เท่ากับ 0.09457 ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ เท่ากับ 1.09 ค่า RMSEA เท่ากับ 0.017 ดัชนีความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.93 ดัชนีความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.90 และค่าน้ำหนักองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบมีค่าระหว่าง 0.17 ถึง 0.73 และมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทุกค่า แสดงว่าโครงสร้างของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สามารถวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ได้ตามทฤษฎี

2.5 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยวิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งมีคะแนนเฉลี่ยความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า โครงสร้างของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สามารถวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ได้ตามทฤษฎี

2.6 ผลการตรวจสอบความตรงตามสภาพ พบว่า คะแนนจากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสัมพันธ์กับคะแนนผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (r_{xy} = 0.73) แสดงว่าแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีความตรงตามสภาพ

2.7 ผลการตรวจสอบความเที่ยง วิเคราะห์ข้อมูลภายใต้กรอบทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ด้วยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ พบว่า สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.88

3. ผลการสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก เป็นเกณฑ์ระดับภาค โดยนำคะแนนดิบที่ได้จากการทดสอบนักเรียน 340 คน แปลงเป็นคะแนนเปอร์เซ็นไทล์ (Percentile rank: PR) และคะแนนมาตรฐานทีปกติ (Normalized T-score) ผลการสร้างเกณฑ์ปกติ พบว่า คะแนนเปอร์เซ็นไทล์ของคะแนนดิบมีค่าตั้งแต่ 0.26 ถึง 99.18 คะแนนมาตรฐานทีปกติมีค่าตั้งแต่ 22 ถึง 74

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก ที่สร้างขึ้นด้วยการประยุกต์โมเดลของ Sak (2005) โดยสร้างแบบวัดจำนวน1 ฉบับ ดำเนินการพัฒนาตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและตามกรอบทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ เพื่อให้ได้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพ มีประเด็นที่น่าสนใจนำมาอภิปรายผล ซึ่งผู้วิจัยขออภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. ผลการสร้างแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก มีประเด็นอภิปรายผล ดังนี้

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา เนื่องจากแบบวัดที่สร้างขึ้นตามองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ซึ่งยึดเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรในชั้นเรียน โดยที่ในแต่ละองค์ประกอบได้เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการตามนิยาม หลักการ และทฤษฎีที่ชัดเจน การตรวจสอบความตรงเนื้อหาจึงเป็นการตรวจสอบตามนิยาม หลักการและทฤษฎี เมื่อผู้เชี่ยวชาญได้พิจารณาข้อคำถาม ให้ความเห็นในการปรับแก้ และนำผลมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์ของการวัด (IOC) พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีค่าดัชนี IOC อยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00 ดังนั้น แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จึงเป็นเครื่องมือที่วัดได้ตรงตามลักษณะของพฤติกรรมบ่งชี้และเป็นตัวแทนของคุณลักษณะที่ดีของพฤติกรรมนั้นได้ สอดคล้องกับ Tirakanon (2003) ที่กล่าวว่า ข้อรายการที่ดีควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องใกล้ 1.00 ส่วนค่าดัชนีความสอดคล้องที่ต่ำกว่า 0.50 ควรมีการปรับปรุงแก้ไขถ้าจะนำไปใช้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Thaweerat (1977) ได้กล่าวว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องที่คำนวณได้มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่าข้อรายการนั้นเป็นตัวแทนลักษณะพฤติกรรมนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าแบบวัดที่สร้างขึ้นมีความความเที่ยงตรงตามเนื้อหาที่เชื่อถือได้

1.2 ความยาก และอำนาจจำแนก ในการทดลองครั้งที่ 1 แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยข้อสอบทั้งหมดจำนวน 55 ข้อ ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม มีค่าความยากตั้งแต่ 0.08 ถึง 0.79 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.07 ถึง 0.71 ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 49 ข้อ ซึ่งมีข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 6 ข้อ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นการทดสอบครั้งแรกอาจเกิดข้อบกพร่อง

บางประการ เช่น ข้อสอบมีจำนวนมาก และบางข้อมีความยากเกินไป ทำให้นักเรียนบางส่วนไม่ให้ความสำคัญในการทำแบบวัดเท่าที่ควร เพราะนักเรียนไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับคะแนนที่สอบวัด ผู้วิจัยจึงคัดเลือกและปรับปรุงเพื่อนำไปทดลองครั้งที่ 2

หลังจากการทดลองครั้งที่ 2 พบว่า ข้อสอบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ จำนวน 44 ข้อ ตอนที่ 1 ด้านความเชี่ยวชาญองค์ความรู้ จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.17 ถึง 0.65 มีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.13 ถึง 0.55 เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก ($0.20 \leq p \leq 0.80$) และค่าอำนาจจำแนก ($r \geq 0.20$) ที่นำไปใช้ได้โดยไม่ต้องปรับแก้ จำนวน 16 ข้อ เป็นข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก แต่ต้องปรับตัวลวงก่อนนำไปใช้ จำนวน 2 ข้อ และข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกซึ่งนำไปใช้ไม่ได้ จำนวน 2 ข้อ ตอนที่ 2 ด้านความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ จำนวน 12 ข้อ มีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.00 ถึง 0.64 มีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.00 ถึง 0.46 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกที่นำไปใช้ได้ จำนวน 10 ข้อ ข้อสอบที่นำไปใช้ไม่ได้ จำนวน 2 ข้อ และตอนที่ 3 ด้านความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จำนวน 12 ข้อ มีค่าความยากตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.72 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.54 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ซึ่งนำไปใช้ได้จำนวน 10 ข้อ และข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกแต่ควรปรับปรุงตัวลวงก่อนนำไปใช้ จำนวน 2 ข้อ รวมแล้วจะได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์สามารถนำไปใช้ได้โดยไม่ต้องปรับแก้ จำนวน 36 ข้อ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในการทดลองครั้งที่ 2 ยังมีข้อสอบที่มีค่าความยากยากมาก และค่าอำนาจจำแนกต่ำซึ่งใช้ไม่ได้ในบางข้อ ทั้งนี้ก็อาจจะด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับการทดลองในครั้งแรก คือ อาจเป็นเพราะข้อสอบยังมีจำนวนข้อที่มากและบางข้ออาจจะมีความยากเกินไป ทำให้นักเรียนบางส่วนไม่ให้ความสำคัญในการทำข้อสอบ และที่สำคัญ คือ สิ่งที่เขาทำไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับตัวนักเรียน ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) จำนวน 33 ข้อ ไปทดลองครั้งที่ 3 เพื่อหาคุณภาพของข้อสอบรายข้อ พบว่า ข้อสอบทั้ง 33 ข้อมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 0.7 ซึ่งเป็นข้อสอบที่มีค่าความยากพอเหมาะ และนำไปใช้ได้ และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 ซึ่งผ่านเกณฑ์ด้านค่าอำนาจจำแนกทุกข้อ อย่างไรก็ตามจะมีข้อสอบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ 2 ข้อ ที่มีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.2 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อสอบค่อนข้างง่าย ($p = 0.6$ และ $p = 0.7$) ซึ่งอำนาจในการจำแนกคนเก่งและคนอ่อนจึงมีค่าค่อนข้างต่ำ เพราะข้อสอบที่ง่ายเกินไปทั้งคนเก่งและคนอ่อนต่างก็ทำได้ไม่แตกต่างกัน หรือข้อสอบที่ยากเกินไปทั้งคนเก่งและคนอ่อนต่างก็ทำไม่ได้เหมือน ๆ กัน จึงไม่สามารถจำแนกคนเก่งหรือคนอ่อนได้

2. การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งฉบับ มีประเด็นการอภิปราย ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้าง

2.1.1 วิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสาม พบว่า โมเดลความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 428.18 มีองศาอิสระเท่ากับ 391 ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) เท่ากับ 1.09 p-value = 0.09457 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ 0.017 ดัชนีความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.93 ดัชนีความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.90 ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.99 ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2541, หน้า 34-35) ; สุภมาศ อังศุโชติและคณะ (2551, หน้า 21-25) ที่แนะนำให้พิจารณาค่าดัชนีหลาย ๆ ค่าประกอบกัน เช่น ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ไม่ควรมีนัยสำคัญ แต่หากพบมีนัยสำคัญซึ่งอาจเป็นไปได้เนื่องจากไค-สแควร์ขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/ df) ควรมีค่าน้อยกว่า 2.0 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of fit index: GFI) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted goodness of fit index: AGFI) และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ (Comparative fit index: CFI) ที่ยอมรับได้ควรมีค่ามากกว่า 0.90 หากมีค่าใกล้ 1.0 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มาก ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า (Root mean square error of approximation: RMSEA) มีค่าเข้าใกล้ 0.05 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องมาก จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออกที่พัฒนาขึ้นมีความตรงเชิงโครงสร้าง เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบของข้อสอบแต่ละข้อ (33 ข้อ) พบว่า เป็นบวกทั้งหมด และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกข้อ ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่ง จึงได้ดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบในอันดับสองและสาม และเมื่อพิจารณาน้ำหนักขององค์ประกอบเชิงยืนยันจากผลการวิเคราะห์เชิงยืนยันอันดับสามองค์ประกอบทั้งสาม คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.17, 0.23 และ 0.73 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเป็นบวกทั้งหมด และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกค่า แสดงให้เห็นว่าแบบวัดทั้ง 3 ตอนมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับคะแนน นอกจากนี้ยังจะเห็นได้ว่า น้ำหนักองค์ประกอบด้านความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.73 เป็นองค์ประกอบของความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบสูงสุดใน 3 องค์ประกอบหลัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kontoyianni, Kattou, Pitta-Pantazi & Christou (2013, pp. 304-305)

ที่ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยความสามารถทางคณิตศาสตร์ (Mathematical ability) และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical creativity) พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงสุดในสององค์ประกอบของโมเดล

2.1.2 วิเคราะห์ด้วยเทคนิควิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด

กลุ่มนักเรียนที่เรียนเก่งมีคะแนนเฉลี่ยความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 13.36, 7.36, 19.07 และ 39.79 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่แตกต่าง (สูงกว่า) จากนักเรียนกลุ่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่นักเรียนกลุ่มอ่อนมีคะแนนเฉลี่ยความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 4.00, 2.43, 7.07 และ 13.50 ตามลำดับ แสดงว่า โครงสร้างของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์วัดได้ตรงตามโครงสร้างตามทฤษฎี สอดคล้องกับงานวิจัยของทิวาพร รักศิลป์ (2553, หน้า 146) ได้ทำการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และใช้เทคนิคกลุ่มรู้ชัด ในการเปรียบเทียบโดยใช้สูตร t-test พบว่า คะแนนเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้น แบบทดสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นมีความตรงตามโครงสร้าง กล่าวได้ว่าเมื่อนำแบบทดสอบไปวัดนักเรียนกลุ่มที่ไม่มีข้อบกพร่องในการเรียนจะมีค่าคะแนนเฉลี่ยมากกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มนักเรียนที่มีข้อบกพร่องในการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของรัตน์สิมาพร ดาวเรือง (2549, หน้า 121) ที่ใช้วิธีการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยเทคนิควิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด พบว่า นักเรียนกลุ่มที่มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ดีเยี่ยมมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์มากกว่ากลุ่มที่มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่ควรปรับปรุง

2.2 ผลการวิเคราะห์ความตรงตามสภาพ

พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีทีที่ 3 กับคะแนนผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (r_{xy} = 0.73) แสดงว่าแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความตรงตามสภาพในระดับสูง กล่าวคือ นักเรียนโดยส่วนใหญ่ที่ได้คะแนนจากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ในระดับสูงก็จะได้คะแนนการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์สูงด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของทิวาพร รักศิลป์ (2553, หน้า 146) ที่ดำเนินการ

ตรวจสอบความตรงตามสภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 1 พบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยคณิตศาสตร์ชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันตั้งแต่ 0.73 ถึง 0.79 ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันที่อยู่ในช่วง 0.70-0.90 แสดงว่ามีค่าความตรงตามสภาพในระดับสูง (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2546, หน้า 316)

2.3 ค่าความเที่ยงของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

ความเที่ยงเป็นคุณภาพของแบบทดสอบในลักษณะโดยรวมทั้งฉบับ โดยความเที่ยงของเครื่องมือวัดใด ๆ จะ หมายถึง ความคงที่ในผลของการวัด กล่าวคือ ไม่ว่าจะทำการวัดกี่ครั้งก็ตามหากสิ่งที่วัดมีคุณลักษณะคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลงแล้วจะได้ผลของการวัดคงที่อย่างสม่ำเสมอ ในการหาความเที่ยงของแบบวัดความสามารถพิเศษครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ตามกรอบทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือผลของการวัด ด้วยวิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิง โดยทำการสุ่มการตอบข้อสอบของนักเรียน จำนวน 340 คน พบว่า สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ในภาพรวม 33 ข้อ มีค่าเท่ากับ 0.88 จะเห็นว่าแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้พัฒนาขึ้นมีคุณภาพด้านความเที่ยงอยู่ในระดับสูง โดยที่ระดับที่ยอมรับได้ คือ 0.70 ขึ้นไป Crocker and Algina (1989 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544, หน้า 60-65) กล่าวว่า สัมประสิทธิ์ความเที่ยงจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับความเป็นเอกพันธ์ของกลุ่มผู้ให้ข้อมูล ถ้ากลุ่มผู้ให้ข้อมูลมีลักษณะใกล้เคียงกัน เมื่อนำคะแนนมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงจะได้ค่าที่ต่ำกว่ากลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่มีลักษณะหลากหลายคละกัน (วิวิธพันธ์) ด้วยเหตุผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าค่าความเที่ยงที่หาได้จากแบบวัดครั้งนี้น่าจะมาจากกลุ่มผู้ตอบที่มีลักษณะวิวิธพันธ์ และเมื่อพิจารณาผลการศึกษาในขั้นตัดสินใจ พบว่า เมื่อข้อคำถามเพิ่มขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงจะสูงตามไปด้วย แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีความสามารถที่หลากหลาย และจากค่าความเที่ยงที่ได้เท่ากับ 0.88 โดยที่แบบวัดประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 33 ข้อ น่าจะเป็นจำนวนที่เพียงพอและเหมาะสมที่ใช้ในแบบวัด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าความเที่ยงของแบบวัดเป็นรายด้าน จะพบว่าค่าความเที่ยงของแบบวัดด้านความเชี่ยวชาญองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์มีค่าเท่ากับ 0.82, 0.66 และ 0.80 จะเห็นได้ว่าแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 9 ข้อ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.66 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ ไม่ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อพิจารณาค่าความยากของข้อสอบทั้ง 9 ข้อ

พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 0.7 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 0.8 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสม และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความเที่ยง (สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง) จะเห็นว่าเมื่อจำนวนข้อสอบเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความเที่ยงของแบบวัดเพิ่มขึ้นด้วย การที่ความเที่ยงของแบบวัดค่อนข้างต่ำอาจเป็นเพราะจำนวนข้อสอบที่ใช้ในแบบวัดอาจจะน้อยเกินไป ดังนั้น จึงควรเพิ่มจำนวนข้อสอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ในการสร้างแบบวัดในครั้งต่อไป

2. ผลการสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

เกณฑ์ปกติเป็นส่วนประกอบสำคัญของแบบทดสอบมาตรฐาน ใช้สำหรับตีความหมายของคะแนนที่ได้จากการใช้แบบทดสอบมาตรฐาน ทำให้ทราบระดับความสามารถของผู้ถูกทดสอบแต่ละคนได้ทันทีโดยไม่ต้องเปรียบเทียบกับคะแนนของคนอื่น ๆ ที่สอบพร้อมกัน เพราะการตีความหมายของคะแนนสอบจะใช้การอ้างอิงจากเกณฑ์ปกติที่สร้างไว้แล้ว และการสร้างเกณฑ์ปกติจะทำได้เมื่อนำแบบทดสอบที่พัฒนาจนมีคุณสมบัติรายข้อ (ความยากและอำนาจจำแนก) และทั้งฉบับ (ความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น) เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมากพอที่จะสร้างเกณฑ์ปกติ หลังจากนั้นจึงนำคะแนนสอบมาสร้างเกณฑ์ปกติ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 269) และสอดคล้องกับ ชวาล แพรัตกุล (2509, หน้า 364) ที่กล่าวว่า การสอบวัดใด ๆ จะมีความหมายมากขึ้นเมื่อผลการวัดนั้นสามารถบอกถึงระดับความสามารถหรือสมรรถภาพเด่นด้อยกว่าบุคคลอื่นในกลุ่มสอบนั้นเพียงใด ควรมีการสร้างเกณฑ์ปกติ โดยมีผลการสอบแบ่งตามเกณฑ์ปกติ ใช้ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบมาเป็นหลักเริ่มต้นในการวัดผล นำผลที่ได้ไปตัดสินได้ตก ในการสร้างเกณฑ์ปกติครั้งนี้ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่างจากประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออกเพื่อสร้างเกณฑ์ปกติระดับภาค โดยผู้วิจัยดำเนินการแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนนเปอร์เซ็นไทล์ แล้วปรับค่าเปอร์เซ็นไทล์เป็นคะแนนมาตรฐานทีปกติ เพื่อให้มีความเหมาะสมและใช้เป็นเกณฑ์ในการแปลค่าคะแนนของผู้สอบได้สมบูรณ์และใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง ซึ่งสอดคล้องกับ สมนึก ภัททิยธนี (2549, หน้า 271) กล่าวว่า เกณฑ์ปกติเปอร์เซ็นไทล์เป็นคะแนนจัดอันดับเท่านั้นจะนำไปบวกลบกันไม่ได้ แต่สามารถเปรียบเทียบและแปลความหมายได้ เช่น นักเรียนคนหนึ่งสอบได้ 25 คะแนน ไปเทียบกับเกณฑ์ปกติตรงกับตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 แสดงว่าถ้ามีคนเข้าสอบ 100 คน เขามีความสามารถเก่งกว่าคนอื่น 80 คน และเขาอ่อนกว่าคนอื่นเพียง 20 คน ไม่สามารถนำเกณฑ์ปกติเปอร์เซ็นไทล์ไปบวกลบ หรือหาค่าเฉลี่ย ในกรณีที่ต้องการบวก ลบ หาคะแนนเฉลี่ยต้องใช้เกณฑ์ปกติคะแนนทีปกติ จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้สร้างเกณฑ์ปกติทั้งที่เป็นคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์และคะแนนทีปกติ

ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีประเด็นเสนอแนะ 2 ประเด็น คือ ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรนำแบบวัดไปใช้วัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งจะทำให้ทราบว่านักเรียนมีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับใดเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนการสอน เช่น เพื่อคัดเลือกนักเรียนที่จะเรียนในกลุ่มที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์

2. การใช้เครื่องมือวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้ใช้ควรศึกษาคู่มือการใช้แบบวัดให้เข้าใจ และอธิบายวิธีการทำแบบวัดให้ผู้เข้าสอบเข้าใจตรงกันเพื่อให้ผลการวัดมีความสมบูรณ์และป้องกันความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการดำเนินการสอบ

3. การนำแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันควรหาเกณฑ์ปกติใหม่สำหรับการแปลผล

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ๆ โดยเฉพาะระดับชั้นที่เป็นชั้นสุดท้ายของแต่ละช่วงชั้นและจัดทำเป็นปกติวิสัยระดับประเทศ เช่น ระดับประถมศึกษาก็ควรมีการสร้างแบบวัดความสามารถพิเศษสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จะได้นำผลการวัดไปใช้ในการพัฒนาการเรียนสอนในระดับมัธยมศึกษาได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

2. ควรมีการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ในส่วนที่เป็น Interaction ของความสามารถด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

3. ควรมีการพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถพิเศษในสาขาวิชาอื่น ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ภาษาไทย เป็นต้น และพัฒนาให้ครบทุกช่วงชั้น

4. ควรมีการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดหรือทฤษฎีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น

บรรณานุกรม

กชกร รุ่งหัวไผ่. (2547). *ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่มีต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องการประยุกต์ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ช่วงชั้นที่ 3).* ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

กรมวิชาการ. (2535). *ความคิดสร้างสรรค์: หลักการ ทฤษฎีการเรียนการสอน การวัดประเมินผล* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

กลุ่มสารสนเทศ สนผ. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารการศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18.* เข้าถึงได้จาก https://data.bopp-obec.info/emis/schooldata-view.php?School_ID=1020080309&Area_CODE=101718

กองวิจัยทางการศึกษา. (2531). *รายงานผลการวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการคิดและความรู้สึก โครงการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนทางด้านความรู้ความคิด.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ศาสนา.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *ระเบียบกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยรางวัลพระราชทานแก่นักเรียน นักศึกษา และสถานศึกษา พ. ศ. 2555*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.

กาญจนา สังข์ผาด. (2559). *การพัฒนาแบบวัดความไว้วางใจระหว่างบุคคลในเครือข่ายสังคมออนไลน์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในจังหวัดชลบุรี*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์สักดิ์. (2546). *การคิดเชิงวิเคราะห์.* กรุงเทพฯ: ซัคเซส มีเดีย.

เกรียงศักดิ์ สังข์ชัย. (2542). *คู่มือการจัดการศึกษาแนวใหม่: การพัฒนาศักยภาพเด็กและเยาวชนผู้มีความสามารถพิเศษ.* กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน, กระทรวงศึกษาธิการ.

เกศราภรณ์ คงยะฤทธิ์. (2551). *การพัฒนาเครื่องมือสำหรับคัดกรองนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

โกวิทย์ ประวาลพฤกษ์ และสมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. (2523). *การประเมินในชั้นเรียน.* กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

คมกริบ ธีรานุรักษ์. (2552). *การพัฒนามาตรวัดเมตาคอคนิชั่นโดยใช้คอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา, ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (2541). การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน. *วารสารการวัดผลการศึกษา, 20*(59), 27-41.

ชวาล แพรัตกุล (2520). *คู่มือดำเนินการสอบแบบทดสอบมาตรฐานความถนัดทางการเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. กรุงเทพฯ: คุรุสภา.

ชัชวาล วงษ์ประเสริฐ. (2548). *การจัดการความรู้ในองค์การธุรกิจ*. กรุงเทพฯ: เอ็กซเปอร์.

ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์. (2546). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์. (2525). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์. (2530). *การฝึกสมรรถภาพสมองเพื่อพัฒนาคุณภาพการคิด*. ดุษฎีนิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ซายารอ สือนิ. (2554). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัดนราธิวาส*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ดวงเดือน อ่อนน่วม. (2529). *การสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดุษฎี บริพัตร ณ อยุธยา, หม่อม. (2531). *เด็กปัญญาเลิศ*. กรุงเทพฯ: ปาณยา.

ดุษฎี บริพัตร ณ อยุธยา, หม่อม. (2542). *เด็กปัญญาเลิศ* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ 1999.

ต่าย เซี่ยงฉี. (2526). *เอกสารคำสอนกระบวนวิชา ศว. 270: ทฤษฎีการทดสอบและวัดผลการศึกษา*. เชียงใหม่: ภาควิชาประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ทิพย์บุบผา สาคร. (2546). *การศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ฝึกด้วยแบบฝึกคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ในแต่ละผลผลิตตามแนวทฤษฎีของกิลฟอร์ดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ทิพวรรณ หล่อสุวรรณรัตน์. (2548). *องค์การแห่งการเรียนรู้: จากแนวคิดสู่การปฏิบัติ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: รัตนไตร.

ทิวาพร รักศิลป์. (2553). *การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 1.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

ธำรงศักดิ์ คงคาสวัสดิ์. (2548). Competency ของกรรมการสัมภาษณ์งาน. *ฟอร์ควอลิตี้, 12*(97), 47-50.

ธิดารัตน์ ธนะขว้าง. (2553). *การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). *โมเดลริสเรล: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

น้ำทิพย์ ฉิมสะอาด. (2549). *การพัฒนาตัวบ่งชี้คุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิตติยา ปภาพจน์. (2540). *การพัฒนาหลักสูตรทฤษฎีจำนวนเสริมสำหรับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. ดุษฎีนิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นิพล นาสมบูรณ์. (2536). *ผลของการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการประถมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิพันธ์ เห็นโชคชัยชนะ. (2545). *การสอบบัญชี.* กรุงเทพฯ: ทีพีเอ็นเพรส.

นิพันธ์ เห็นโชคชัยชนะ และศิลปพร ศรีจั่นเพชร. (2552). *การสอบบัญชี.* กรุงเทพฯ: ทีพีเอ็นเพรส.

บัวจันทร์ อินธิโส. (2552). *ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาตนเองกับความเป็นมืออาชีพของผู้สอบบัญชีรับอนุญาตในประเทศไทย.* วิทยานิพนธ์บัญชีมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบัญชี, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บุญชม ศรีสะอาด. (2540). *การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด, มนตรี อนันตรักษ์ และนิภา ศรีไพโรจน์. (2521). *การวัดผลประเมินผล*. กรุงเทพฯ: ประสานการพิมพ์.

บุญช่วง ศรีธรราษฎร์. (2554). *ความสัมพันธ์ระหว่างความเชี่ยวชาญการสอบบัญชีกับคุณภาพการสอบบัญชีของผู้สอบบัญชีรับอนุญาตในประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์บัญชีมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบัญชี, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2521). *การวัดและการประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ภาควิชาพื้นฐานทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2537). *การประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่แบ่งส่วนย่อยตามแบบจำลองคะแนนจริงสัมพันธ์*. ดุษฎีนิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2544). *รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์การพัฒนามาตรประเมินคุณลักษณะความสามารถพิเศษของเด็กอายุ 6-12 ปีตามแนวคิดของ Renzulli*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2547). *การวัดประเมินการเรียนรู้ (การวัดประเมินแนวใหม่)*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพื้นฐานทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2549). *เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.

บุญส่ง หาญพานิช. (2546). *การพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการความรู้ในสถาบันอุดมศึกษาไทย*. ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาอุดมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). *การพัฒนาการคิด*. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์. *วารสารคณิตศาสตร์, 38*, 434-435.

ปรียานุช สถาวรมณี. (2548). *การพัฒนากิจกรรมในหลักสูตรเสริมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียน*. ดุษฎีนิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เปรมศักดิ์ จินโจ. (2553). *สภาพปัญหาและแนวทางการพัฒนาการจัดการความรู้ของสถานศึกษาขั้นพื้นฐานภาครัฐในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจันทบุรี*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ผดุง อารยะวิญญู. (2533). *การศึกษาสำหรับเด็กที่มีความต้องการพิเศษ*. กรุงเทพฯ: บรรณกิจ.

ผดุงชัย ภู่พัฒน์. (2538). *การตรวจสอบความตรงของผลการวัดสติปัญญาตามแนวคิดของสเติร์นเบอร์ก*. ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2538). *วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงใหม่ล่าสุด)* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

เพชรลดา สีหะวงศ์. (2550). *การพัฒนาตัวบ่งชี้คุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพรัตน์ วงษ์นาม. (2533). *สัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปของแบบทดสอบความเรียง*. ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาลินี ศิริจารี. (2545). *การเปรียบเทียบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และความสามารถทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนไฮเปอร์เท็กซ์และบทเรียนสื่อประสมในวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2545). *การวัดผลและการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2548). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัตน์สิมาพร ดาวเรือง. (2549). *การสร้างแบบวัดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาศรีสะเกษ เขต 4*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลับมหาสารคาม.

รุ่งรัตน์ พูลหิรัญ. (2551). *การสำรวจนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาระยอง เขต 1*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2542). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน*. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.

รุจิอาภา รุจิยาปนนท์. (2550). *กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุริวิยาสาส์น.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรรณี เทพสุวรรณ. (2546). *ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองบางประการกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วัชรี สกุลรัตน์. (2554). *การสร้างแบบสอบการคิดวิเคราะห์ตามทฤษฎีเชาวน์ปัญญาของ Sternberg ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาฬสินธุ์ เขต 1*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วัฒนา โอทาตะวงษ์. (2559). *การพัฒนาแบบวัดความถนัดทางวิชาชีพช่างอุตสาหกรรมออนไลน์*. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วารี ว่องพินัยรัตน์. (2530). *การสร้างข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาทดสอบและวิจัยการศึกษา คณะวิชาครุศาสตร์ วิทยาลัยครูสวนสุนันทา.

วิภาภรณ์ เอียดคง. (2550). *การพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดสงขลา*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

วิรัช วรรณรัตน์. (2532). *การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวัดผลและการวิจัย*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

วิไลพร คำเพราะ. (2539). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้ชุดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการประถมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วีระ สุดสังข์. (2550). *การคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณและคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.

ศรัณยา หนูเงิน (2549). *การพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิดตามทฤษฎีแห่งความสำเร็จของสเติร์นเบอร์กสำหรับนำเรียนช่วงชั้นที่ 3*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดทางการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศรียา นิยมธรรม. (2535). *เด็กปัญญาเลิศและเด็กที่มีความสามารถพิเศษเฉพาะทาง*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษาพิเศษ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2545). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory)* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิลา จายนียโยธิน. (2522). *คำบรรยายพิเศษประกอบการสอนกลุ่มสร้างเสริมลักษณะนิสัย*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สถิตย์ ประสิทธากรณ์. (2555). *การพัฒนาแบบวัดความสามารถทางปัญญาออนไลน์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย*. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมจิตร กำเนิดผล. (2546). *ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สมเดช บุญประจักษ์. (2540). *การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การสอนแบบร่วมมือ*. ดุษฎีนิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมนึก ภัททิยธนี. (2549). *การวัดผลการศึกษา*. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2548). *เอกสารประกอบการสอนวิชา 436511: คอมพิวเตอร์สำหรับการวิจัย.* ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สราญจิตร วงษ์ทองดี. (2551). *การพัฒนาการของความสามารถในการจัดการความรู้ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสุพรรณบุรี เขต 1 ที่มีลักษณะความเป็นผู้นำแตกต่างกัน.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน. (2553). *คู่มือการกำหนดสมรรถนะในราชการพลเรือน: คู่มือสมรรถนะหลัก.* นนทบุรี: ประชุมการช่าง.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). *รายงานการวิจัยรูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ศูนย์แห่งชาติเพื่อพัฒนาผู้มีความสามารถพิเศษ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา แห่งชาติ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543 ก). *คณิตศาสตร์มหัศจรรย์: คู่มือการจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: องค์การค้าคุรุสภา.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543 ข). *รายงานการวิจัยเรื่อง: รูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: องค์การค้าคุรุสภา.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). *คณิตศาสตร์มหัศจรรย์: คู่มือการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ศูนย์แห่งชาติเพื่อการพัฒนาผู้มีความสามารถพิเศษ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา แห่งชาติ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อการพัฒนากระบวนการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 20). กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน. (2542). *การจัดการศึกษาแนวใหม่: การพัฒนาศักยภาพเด็กและเยาวชนผู้มีความสามารถพิเศษ.* กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2548). *ยุทธศาสตร์การพัฒนาเด็กและเยาวชนที่มีความสามารถพิเศษ (พ. ศ. 2549-2559).* กรุงเทพฯ: พิมพ์ดี.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2551). *แนวทางการพัฒนาเด็กและเยาวชนที่มีความสามารถพิเศษ: บทเรียนต่างประเทศ.* กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้.

สำรวล สัณฐมิตร. (2551). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สำเริง บุญเรืองรัตน์. (2528). *ลักษณะหลาก-วิธีหลาย: การประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ*. ม.ป.ท.

สำเริง บุญเรืองรัตน์. (2548). *สารานุกรมศึกษาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สิทธิพล อาจอินทร์. (2539). *การสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5-6.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สุชาติ ใจสถาน. (2553). *การพัฒนาแบบวัดจริยธรรมในการใช้เทคโนโลยีและการสื่อสารสำหรับนักเรียน.* ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุทธิรัตน์ พิมพ์พงศ์. (2540). *การพัฒนาแบบทดสอบบุคลิกภาพความเป็นพยาบาล.* ดุษฎีนิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณา และรัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์. (2551). *สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์: เทคนิคการใช้โปรแกรม LISREL.* กรุงเทพฯ: มิสชั่นมีเดีย.

สุภาวดี ตั้งบุบผา. (2533). *การสร้างแบบสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กรุงเทพมหานคร.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุรีพร ศิริมาลย์. (2539). *การพัฒนาเครื่องมือระบุเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์.* กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.

สุวิทย์ มูลคำ. (2548). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิมล ติรกานันท์. (2550). *การสร้างเครื่องมือวัดตัวแปรในการวิจัยทางสังคมศาสตร์: แนวทางสู่การปฏิบัติ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิมล ติรกานันท์. (2553). *การวิเคราะห์ตัวแปรพหุในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เสรี ชัดแช้ม และสุชาดา กรเพชรปราณี. (2546). โมเดลสมการโครงสร้าง. *วารสารวิจัยและวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา, 1*(1), 1-22.

เสรี ชัดแช้ม. (2547). การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน. *วารสารวิจัยและวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา, 2*(1), 15-42.

อนันต์ ศรีโสภา. (2524). *การวัดและการประเมินผลทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

อรพินทร์ ชูชม. (2545). *เอกสารประกอบคำสอน วป 502 การสร้างเครื่องมือวัดทางพฤติกรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

อาพันธ์ชนิต เจนจิต. (2546). *กิจกรรมการเรียนการสอนเรขาคณิตโดยใช้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์*. ดุษฎีนิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อารี พันธ์มณี. (2540). *ความคิดสร้างสรรค์กับการเรียนรู้.* กรุงเทพฯ: ต้นอ้อแกรมมี่.

อุทุมพร ทองอุไทย. (2523). *วิธีวิเคราะห์ตัวประกอบ.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุษณีย์ โพธิสุข. (2541). *รายงานการวิจัยประกอบร่างพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติการศึกษาสำหรับเด็กที่มีความสามารถพิเศษ.* กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.

Adam, S., Ellis, L. C., & Beeson, B. F. (1977). *Teaching mathematics with emphasis on the diagnostic approach*. New York: Harper & Row.

Aiken, L. R. (1991). *Psychological testing and assessment* (7th ed.). Messachusetts: Allyn and Bacon.

Allen, M. J., & Yen, W. M. (1979). *Introduction to measurement theory*. Montery, California: Brooks/ Cole.

American Psychological Association. (1986). *Standard for educational and psychological testing.* Washington, DC: American psychological Association.

Anastasi, A. (1982). *Psychological testing* (5th ed.). New York: McMillan.

Anderson, K. B., & Pingry, R. E. (1973*). Problem-solving in mathematics: Its theory and practise*. Washington, D. C: The National Council of Teachers of Mathematics.

Ayebo, A. (2010). *Teachers' Perspectives on teaching mathematics to gifted/ talented students.* Doctoral dissertation, Educational Specialties, University of Nevada, Reno.

Balka, D. S. (1974). Creative ability in mathematics. *Arithmetic Teacher, 21*(7), 333-363.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives book 1: Cognitive domain.* London: Longman Group.

Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variable*. New York: John Wiley & Son.

Branca, N. A. (1980). Problem solving as a goal, process, and basic skill. In S. Krulik & R. Reys (Eds.), *Problem solving* in *school mathematics* (pp. 3-8). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Brennan, R. L. (1983). *Elements of generalizability theory*. Iowa City, IA: ACT.

Brown, W. (1910). Some experimental results in the correlation of mental abilities. *British Journal of Psychology, 3*, 296-322.

Bruckner, L. J., & Gossnickle, F. E. (1975). *How to make arithmetic meaningful*. Philadelphia: The John C. Winston Co.

Busse, T. V., & Manfield, R. S. (1980). Theories of the creative process: A review and a perspective. *Journal of Creative Behavior, 14*(12), 96.

Byrne, B. M. (2001). *Structural* equation modeling with Amos: Basic concepts, applications, and programming. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Cardinet, J. (1976). The symmetry of generalizability theory: Applications to educational measurement. *Journal of Educational Measurement, 13*, 119-135.

Cardinet J., Tourneur Y., & Allal L. (1976). The symmetry of generalizability theory: Applications to educational measurement. *Journal of Educational Measurement, 13*, 119-135.

Camilli, G., & Shepard, L. A. (1994). *Methods for identifying biased test items*. Thousand Oaks, California: Sage.

Clay-Warner, J., & McMahon, J. (2009). Rape reporting: Classic rape and the behavior of law. *Violence and Victims, 24*, 723-743.

Crocker, L. M., & Algina, J. (1989). *Introduction to classical & modern test theory.* New York: Holt, Rinehart, and Winston.

Cropley. A. J. (1966). Creativity and intelligence. *British journal of Educational Psychology, 36*, 259-266.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrik, 16*, 297–334.

Cronbach, L. J. (1970). *Essentials of psychological testing.* New York Harper & Row.

Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Boston, MA: Harvard Business School Press.

Davis, G. A., & Rimm, S. B. (1994). *Education of gifted and talented* (3rd ed.). Boston: Allyn and Bacon.

Dewey, J. (1993). *How we think?*. New York: D. C. Health and Company.

Douglas, A. L., & Dennis, St. J. (2009). Gifted and talented mathematics students: Perspectives from the USA. *Mathematics in School, 38*(3), 38-41.

Ferguson, G. A. (1968). *Statistictical analysis in psychology and education* (3rd ed.). New York: MaGraw-Hill.

Fliegler, L. A., & Bish, C. F. (1959). Gifted and talented. *Review of Education Research*, *29*, 408-450.

Fox, L. H. (1981). Identification of the academically gifted. *American Psychologist, 36*(10), 1103-1111.

Freiman, V. (2003). *Identification and fostering of mathematically gifted children at the elementary school*. Master's thesis, Department of Mathematics and Statistics, School of Graduate Studies, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada.

Gag'ne, R. M. (1985). *The condition of learning*. New York: CBS Colledge Publishing.

Garson, D. (2007). *Structural equation modeling*. North Carolina State: North Carolina State University Press.

Gerhard, M. (1971). *Effective teaching strategies with the behavioral outcomes approach.* New York: Paker.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education* (3rd ed.). New York: Teacher College Press.

Grinstein, L. S., & Lipsey, S. I. (2001). *Encyclopedia at mathematics education*. New York: Routledge Falmer.

Gronlund, N. E. (1981). *Measurement and evaluation in testing* (6th ed.). New York: Mc Millan.

Gronlund, N. E. (1982). *Constructing achievement tests* (3rd ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

Gronlund, N. E., & Linn, R. L. (1990) *Measurement and evaluation in teaching*. New York: McMillan.

Heid, K. M. (1983). Characteristics and special needs of gifted student in mathematics. *Mathematics Teacher, 76*, 221-226.

House, P. A. (1987). *Providing opportunities for the mathematically gifted, k-12*. Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.

Howell, K. W. (1989). Test of mathematics ability. *Diagnostique, 15*, 210-217.

Hudgins, B. B. (1977). *Learning and thinking: A primer for teachers*. Illinois: F. E. Peacock.

Johnson, A. (1951). Social research: An international quarterly. *Social Research, 18*(1),108-109.

Kennedy, L. M. (1984). *Guiding children's learning of mathematics*. Belmont, California: Wadsworth.

Kontoyianni, K., Kattou, M., Pitta-Pantazi, D., & Christou, C. (2013). Integrating mathematical abilities and creativity in the assessment of mathematical giftedness. *Psychological Test and Assessment Modeling, 55*(3), 289-315.

Koshy, V., Ernest, P., & Casey, R. (2009). Mathematically gifted and talent learners: Theory and practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 40*(2), 213-228.

Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement, 30*, 607-608.

Kristof, W. (1974). Estimation of reliability and true score variance from a split of a test into three arbitrary parts. *Psychometri, 39*, 491-499.

Krulik, S., & Reys, E. R. (1980). *Problem solving in School mathematics*. Virginia: The National Council of Teacher of Mathematics.

Krutetskii, V. A. (1976). The psychology of mathematical abilities in schoolchildren. Chicago: The University of Chicago Press.

Lester, F. K. (1977). Ideas about problem solving: A look at some psychological research. *Arithmetic Teacher, 25*(2), 12-14.

Linn, R. L. (1989). *Measurement and evaluation in teaching.* New York: McMillan.

Lord, F. M., & Novick, M. R. (1968). *Statistical theories of mental test scores*. California: Harcourt Brace Jovanovich.

Mann, E. L. (2005). *Mathematical creativity and school mathematics: Indicators of mathematical creativity in middle school students*. Storrs, Connecticut: University of Connecticut Press.

Marzano, R. J. (2001). *Designing a new taxonomy of educational objectives*. California: Corwin.

Marzano, R. J., & Kendall, J .S. (2007). *The new taxonomy of educational objectives* (2nd ed.). Thousand Oaks, California: Corwin.

McMillan, J. H. (2004). *Classroom assessment principles and practice for effective instruction* (3rd ed.). Boston, MA: Pearson Education.

Millsap, R. E., & Everson, H. T. (1993). Methodology review: Statistical approaches for assessing measurement bias. *Applied Psychological Measurement*, *17*(4), 297-334.

Mingus, T., & Grassl, R. (1999). What constitutes a nurturing environment for the growth of mathematically gifted students?. *School Science and Mathematics, 99*(6), 286-293.

Narayanan, P., & Swaminathan, H. (1996). Identification of items that show nonuniform DIF. *Applied Psychological Measurement, 20*(3), 257-274.

New Mexico State Board of Education. (1988). *Education standard for New Mexico Schools*. Santa Fe: New Mexico State Board of Education.

Niederer K., Irwin, R. J., Irwin, K. C., & Reilly, I. R. (2003, June). Identification of mathematically gifted children in New Zealand. *High Ability Studies, 14*(1),71-84.

Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory.* New York: McGraw-Hill.

Parker, J. G. (1989). Social and emotional development in a relational context: Friendship interaction from early childhood to adolescence. In T. J. Berndt & G. W. Ladd (Eds.), *Peer relations in child development* (pp. 95-131). New York: Wiley.

Pitta-Pantazi, D., Christou, C., Kontoyianni, K., & Kattou, M. (2011). A model of mathematical giftedness: Integrating natural, creative, and mathematical abilities. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 11*(1), 39-54.

Polya, G. (1980). *Mathematical discovery.* New York: Wiley.

Renzulli, J. S. (1987). What makes giftedness? Reexamining a definition. *Phi Delta Kappan*, *60*, 180-184.

Reynolds, M. C., & Birch, J. W. (1977). *Teaching exceptional children in all America's schools*. Virginia: The Council for Exceptional Children.

Ridge, L., & Renzulli, J. (1981). Teaching mathematics to the talented and gifted. In: V. Glennon (Ed.). *The mathematical education of exceptional children and youth, an interdisciplinary approach* (pp.191-266). Roanoke, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Roy, S. (1982). Mathematical creativity-C it be taught at an early age*?. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 13*(12), 143-147.

Rulon, P. J. (1939). A simplified procedure for determining the reliability of a test by split-halves. *Harv Educ Rev, 9*, 99-103.

Guttman, L. (1945) A basis for analyzing test–retest reliability. *Psychometrika, 10*, 255-282.

Feldt, L. S., & Brennan, R. L. (1989). Reliability. In: R. L. Linn (Ed.), *Educational measurement* (3rd ed.) (pp. 105-146). New York: Macmillan.

Sallis, E., & Jones, G. (2002). *Knowledge management in education*. London: Kogan Page.

Sak, U. (2005). *M³: The three-mathematical minds model for the identification of mathematically gifted students*. Doctoral dissertation, Faculty of the Department of Special Education, Rehabilitation, and School Psychology, The University of Arizona.

Schoenfeld, A. H. (1989). *Teaching mathematical thinking and problem solving*. In LB. Resnick and L. E. Kloper(Eds.), *Toward the thinking curriculum: Current cognitive research* (pp. 83-103). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2004). *A beginner's guide to structural equation modeling.* New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Shaver, R.D. (1997). Nutritional risk factors in the etiology ofleft displaced abomasum in dairy cows: a review. *Journal of Dairy Science, 80*, 2449-245.

Spearman, C. C. (1910). Correlation calculated from faulty data. *British Journal of Psychology, 3*, 271–295.

Stanley, J. (1979). The study and facilitation of talent for mathematics. In A. Passow (Ed.), *The gifted and talented: Their education and development*. Chicago: Press.

Sternberg, R. J. (2000). Pattern of giftedness: A triarchic analysis. *Roeper Review, 22*(4), 1.

Thaweerat, P. (1997). *How behavioral and social sciences research*. Bankok: Srinakharinwirot University Press.

Tirakanon, S. (2003). *Methods in social science research: Guidelines into practice*. Bangkok: Chulalongkorn University Press.

Torrance, E. P. (1965). *Rewarding creative behavior*. Englewood Cliffs, NF: Prentice-Hall.

Torrance, E. P. (1973). *Encouraging creativity in the classroom* (4th ed.). Iowa: Wm. C. Brown.

U. S. Office of Education. (1993). *Education of the gifted and talented*. Washing, DC: Government Printe Office.

Vosslamber, A. (2002). Gifted readers: Who are they and how can they be served in the classroom? *Gifted Child Today, 25*(2), 14-21.

Wallach, M. A., & Kogan, N. (1969). *Models of thinking in young children*. New York: Holt Rienhart and Winston.

Watson, G., & Glazer, E. M. (1964). *Watson-glazer critical thinking appraisal manual*. New York: Harcourt Brace and World.

Weisberg, R. W. (1999). Creativity and knowledge: A challenge to theories. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 226-250). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Wescott, A. M., & Smith, J. A. (1967). *Creative teaching of mathematics in the elementary schoo*l. Boston: Allyn and Bacon.

Wood, D. J. (1998). *How children think and learn* (2nd ed.). Oxford: Blackwell.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา

1. ดร.อาพันชนิต เจนจิต

วุฒิการศึกษา

ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตสาสตร์ วิทยาลัยครูสวนสุนันทา

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตำแหน่ง อาจารย์

สถานที่ทำงาน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

2. ดร.ชาตรี นาคะกุล

วุฒิการศึกษา

การศึกษาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตสาสตร์

ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Doctor of Education สาขา Educational Research จาก Latrobe University, Melbourne Australia

ตำแหน่ง รองอธิการบดี

สถานที่ทำงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3. นายวิโรจน์ คำนึงคุณากร

วุฒิการศึกษา

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการโรงเรียน

สถานที่ทำงาน โรงเรียนเบตงวีระราษฎร์ประสาน

อำเภอเบตง จังหวัดยะลา

4. นายบุญเกิด รุ่งเรือง

วุฒิการศึกษา

การศึกษาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนวังน้ำเย็นวิทยาคม จังหวัดสระแก้ว

สถานที่ทำงาน โรงเรียนวังน้ำเย็นวิทยาคม จังหวัดสระแก้ว

5. นางสาวรุจิเรข จิระเสวี

วุฒิการศึกษา

การศึกษาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งครู โรงเรียนสายปัญญาในพรบรมราชูปถัมภ์
ปัจจุบันเป็นข้าราชการบำนาญ

ภาคผนวก ข

ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา

ตารางที่ 34 ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของข้อสอบรายข้อ

สาระ/ ด้าน	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	ค่า IOC
		1	2	3	4	5		
ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้								
จำนวนและการดำเนินการ	1	1	1	1	1	1	5	1
	2	1	1	1	1	1	5	1
	3	1	1	1	1	1	5	1
	4	1	1	1	1	1	5	1
	5	1	1	1	1	1	5	1
	6	1	1	1	1	1	5	1
การวัด	7	1	1	1	1	1	5	1
	8	1	1	1	1	1	5	1
	9	1	1	1	1	1	5	1
	10	1	1	1	1	1	5	1
	11	1	1	1	1	1	5	1
	12	1	1	1	1	1	5	1
เรขาคณิต	13	1	1	1	1	1	5	1
	14	1	1	1	1	1	5	1
	15	1	1	1	1	1	5	1
	16	1	1	1	1	1	5	1
	17	1	1	1	1	1	5	1
	18	1	1	1	1	1	5	1
พีชคณิต	19	1	1	1	1	1	5	1
	20	1	1	1	1	1	5	1
	21	1	1	1	1	1	5	1
	22	1	1	1	1	1	5	1
	23	1	1	1	1	1	5	1
	24	1	1	1	1	0	4	0.8

ตารางที่ 34 (ต่อ)

สาระ/ ด้าน	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	ค่า IOC
		1	2	3	4	5		
การวิเคราะห์ข้อมูลและ	25	1	1	1	1	1	5	1
ความน่าจะเป็น	26	1	1	1	1	1	5	1
	27	1	1	1	1	1	5	1
	28	1	1	1	1	1	5	1
	29	1	1	1	1	1	5	1
	30	1	1	1	1	1	5	1
ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์								
ความคิดคล่อง	1	1	1	1	1	1	5	1
	2	1	1	1	1	1	5	1
	3	1	1	1	1	1	5	1
	4	1	1	0	1	1	4	0.8
	5	1	1	1	1	1	5	1
ความคิดยืดหยุ่น	6	1	1	1	1	1	5	1
	7	1	1	1	1	1	5	1
	8	1	1	1	1	1	5	1
	9	1	1	0	1	1	4	0.8
	10	1	1	1	1	1	5	1
ความคิดริเริ่ม	11	1	1	1	1	0	4	0.8
	12	1	1	0	1	1	4	0.8
	13	1	1	1	1	1	5	1
	14	1	1	0	1	1	4	0.8
	15	1	1	1	1	1	5	1
	16	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ 34 (ต่อ)

สาระ/ ด้าน	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	ค่า IOC
		1	2	3	4	5		
ความสามารถในการคิดวิเคราะห์								
วิเคราะห์ความสำคัญ	1	1	1	1	1	1	5	1
	2	1	1	1	1	1	5	1
	3	1	1	1	1	1	5	1
	4	1	1	0	1	1	4	0.8
	5	1	1	0	1	1	4	0.8
	6	1	1	1	1	1	5	1
วิเคราะห์ความสัมพันธ์	7	1	1	1	1	1	5	1
	8	1	1	1	1	1	5	1
	9	1	1	1	1	1	5	1
	10	1	1	1	1	1	5	1
	11	1	1	1	1	1	5	1
	12	1	1	1	1	1	5	1
วิเคราะห์หลักการ	13	1	1	1	1	1	5	1
	14	1	1	1	1	1	5	1
	15	1	1	1	1	1	5	1
	16	1	1	1	1	1	5	1
	17	1	1	1	1	1	5	1
	18	1	1	1	1	1	5	1

ภาคผนวก ค

ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบรายข้อ
จากการทดลองครั้งที่ 2

ตารางที่ 35 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ จากการทดลองครั้งที่ 2

ข้อที่	ตัวเลือก	p	r	หมายเหตุ	ข้อที่	ตัวเลือก	p	r	หมายเหตุ
1	ก	0.19	0.17	นำไปใช้ได้	7	ก	0.25	0.21	นำไปใช้ได้
	ข*	0.44	0.33			ข	0.14	0.04	
	ค	0.16	0.01			ค*	0.43	0.33	
	ง	0.17	0.10			ง	0.17	0.11	
2	ก	0.14	0.10	นำไปใช้ไม่ได้	8	ก*	0.44	0.26	นำไปใช้ได้
	ข	0.38	0.10			ข	0.24	0.15	
	ค	0.32	-0.01			ค	0.18	0.04	
	ง*	0.17	0.13			ง	0.13	0.05	
3	ก*	0.20	0.26	นำไปใช้ได้	9	ก	0.09	0.04	นำไปใช้ได้
	ข	0.27	0.14			ข	0.17	0.24	
	ค	0.17	0.02			ค	0.12	0.12	
	ง	0.41	0.04			ง*	0.62	0.36	
4	ก	0.16	0.18	นำไปใช้ได้	10	ก	0.05	0.06	นำไปใช้ได้
	ข	0.32	0.18			ข*	0.54	0.44	
	ค	0.10	0.08			ค	0.13	0.13	
	ง*	0.42	0.42			ง	0.28	0.25	
5	ก	0.21	0.11	นำไปใช้ได้	11	ก	0.15	0.21	นำไปใช้ได้
	ข*	0.34	0.37			ข	0.24	0.17	
	ค	0.21	0.21			ค*	0.49	0.43	
	ง	0.23	0.07			ง	0.12	0.02	
6	ก	0.29	0.12	นำไปใช้ได้	12	ก*	0.48	0.55	นำไปใช้ได้
	ข	0.32	0.18	แต่ต้องปรับ		ข	0.21	0.17	
	ค*	0.26	0.24	ตัวลวง ง		ค	0.22	0.15	
	ง	0.15	-0.04			ง	0.09	0.11	

ตารางที่ 35 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	p	r	หมายเหตุ	ข้อที่	ตัวเลือก	p	r	หมายเหตุ
13	ก	0.20	0.14	นำไปใช้ได้	17	ก	0.23	0.12	นำไปใช้ไม่ได้
	ข	0.23	-0.04	แต่ต้องปรับ		ข	0.29	0.00	
	ค*	0.32	0.21	ตัวลวง ข		ค	0.18	0.00	
	ง	0.24	0.10			ง*	0.32	0.17	
14	ก	0.07	0.10	นำไปใช้ได้	18	ก	0.16	0.13	นำไปใช้ได้
	ข	0.21	0.18			ข*	0.65	0.42	
	ค*	0.58	0.36			ค	0.13	0.20	
	ง	0.14	0.01			ง	0.07	0.06	
15	ก	0.15	0.06	นำไปใช้ได้	19	ก*	0.46	0.42	นำไปใช้ได้
	ข	0.24	0.04			ข	0.18	0.17	
	ค	0.26	0.11			ค	0.18	0.11	
	ง*	0.35	0.29			ง	0.17	0.10	
16	ก	0.36	0.07	นำไปใช้ได้	20	ก	0.14	0.07	นำไปใช้ได้
	ข*	0.40	0.21			ข*	0.43	0.26	
	ค	0.13	0.02			ค	0.18	0..06	
	ง	0.11	0.04			ง	0.24	0.07	

ตารางที่ 36 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบวัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ จากการทดลองครั้งที่ 2

ข้อที่	ความสามารถด้าน	p	r	หมายเหตุ
1	คิดริเริ่ม	0.61	0.20	นำไปใช้ได้
2	คิดคล่อง	0.70	0.23	นำไปใช้ได้
3	คิดคล่อง	0.55	0.20	นำไปใช้ได้
4	คิดคล่อง	0.03	0.04	ใช้ไม่ได้ ตัดทิ้ง
5	คิดยืดหยุ่น	0.64	0.37	นำไปใช้ได้
6	คิดยืดหยุ่น	0.46	0.33	นำไปใช้ได้
7	คิดยืดหยุ่น	0.38	0.37	นำไปใช้ได้
8	คิดยืดหยุ่น	0.38	0.39	นำไปใช้ได้
9	คิดริเริ่ม	0.39	0.46	นำไปใช้ได้
10	คิดคล่อง	0.33	0.37	นำไปใช้ได้
11	คิดริเริ่ม	0.22	0.29	นำไปใช้ได้
12	คิดริเริ่ม	0.00	0.00	ใช้ไม่ได้ ตัดทิ้ง

ตารางที่ 37 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบวัดสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ จากการทดลองครั้งที่ 2

ข้อที่	ตัวเลือก	p	r	หมายเหตุ	ข้อที่	ตัวเลือก	p	r	หมายเหตุ
1	ก	0.02	0.19	นำไปใช้ได้	7	ก	0.11	0.08	นำไปใช้ได้
	ข	0.33	-0.04	แต่ต้องปรับ		ข	0.27	0.21	
	ค	0.26	0.08	ตัวลวง ข		ค	0.18	0.02	
	ง*	0.22	0.20			ง*	0.43	0.36	
2	ก	0.22	0.01	นำไปใช้ได้	8	ก	0.16	0.13	นำไปใช้ได้
	ข*	0.43	0.20			ข*	0.57	0.54	
	ค	0.24	0.05			ค	0.14	0.19	
	ง	0.11	0.11			ง	0.13	0.14	
3	ก*	0.42	0.29	นำไปใช้ได้	9	ก	0.21	0.15	นำไปใช้ได้
	ข	0.19	0.10			ข	0.30	0.21	
	ค	0.20	0.10			ค	0.11	0.08	
	ง	0.18	0.04			ง*	0.39	0.54	
4	ก	0.23	0.04	นำไปใช้ได้	10	ก	0.05	0.04	นำไปใช้ได้
	ข	0.24	0.04			ข*	0.57	0.31	
	ค*	0.29	0.24			ค	0.27	0.04	
	ง	0.25	0.17			ง	0.10	0.07	
5	ก	0.24	0.11	นำไปใช้ได้	11	ก*	0.37	0.29	นำไปใช้ได้
	ข*	0.44	0.40			ข	0.05	0.08	
	ค	0.23	0.17			ค	0.48	0.10	
	ง	0.09	0.06			ง	0.10	0.04	
6	ก	0.41	0.13	นำไปใช้ได้	12	ก	0.10	0.13	นำไปใช้ได้
	ข	0.15	0.12	แต่ต้องปรับ		ข	0.08	0.15	
	ค*	0.28	0.27	ตัวลวง ง		ค*	0.72	0.44	
	ง	0.16	-0.10			ง	0.11	0.06	

ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

คู่มือการใช้แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก

แนวคิดเกี่ยวกับแบบวัด

แบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที 3 ในภาคตะวันออก สร้างขึ้นตามแนวคิดของ Sak (2005) ที่กล่าวถึงความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ คือ ความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ (Knowledge expert) ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (Analytical ability) และความสามรถด้านการคิดสร้างสรรค์ (Creative ability) และพัฒนาให้เป็นแบบวัดที่มีประสิทธิภาพในการนำใช้จริง ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางต่อไป

วัตถุประสงค์ของแบบวัด

แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวัดระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามแนวคิดของ Sak (2005)

กรอบการสร้างแบบวัด

แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สร้างขึ้นตามแนวคิดของ Sak (2005) ที่มีองค์ประกอบของการวัดความสามารถทางปัญญาใน 3 องค์ประกอบหลัก และแบ่งออกเป็น 11 องค์ประกอบย่อยในการนำมาสร้างเป็นข้อคำถามหรือข้อสอบ (Tem) ดังนี้

1. องค์ประกอบความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ (Knowledge expert) มี 5 องค์ประกอบย่อย คือ
    1.1 ความเชี่ยวชาญด้านจำนวนและการดำเนินการ
    1.2 ความเชี่ยวชาญด้านการวัด
    1.3 ความเชี่ยวชาญด้านเรขาคณิต
    1.4 ความเชี่ยวชาญด้านพีชคณิต
    1.5 ความเชี่ยวชาญการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

2. องค์ประกอบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (Analytical ability)
มี 3 องค์ประกอบย่อย คือ

2.1 ความสามารถด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ

2.2 ความสามารถด้านคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์

2.3 ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์หลักการ

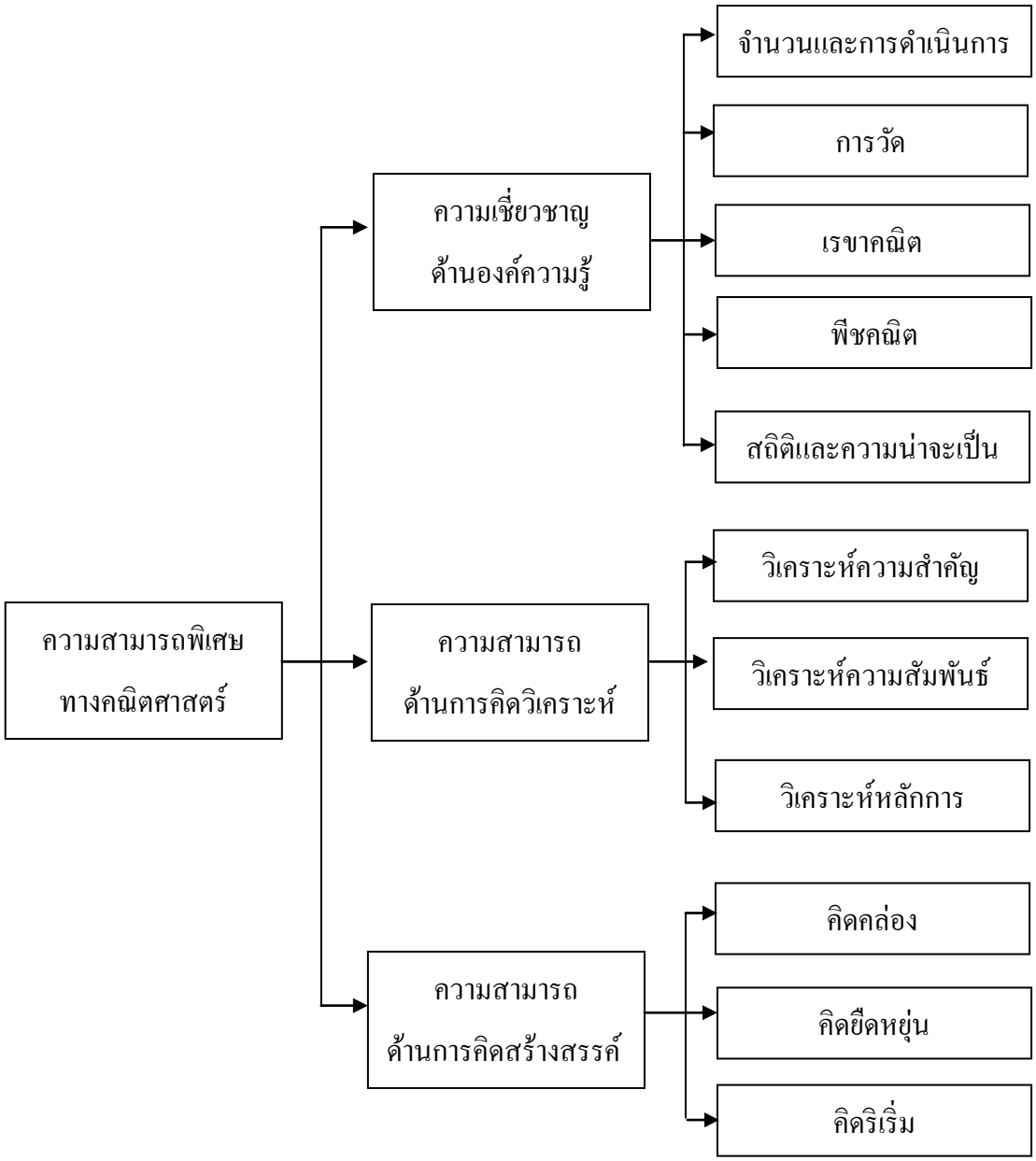
3. องค์ประกอบความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ (Creative ability)
มี 3 องค์ประกอบย่อย คือ

3.1 ความสามารถด้านการคิดคล่อง

3.2 ความสามารถด้านการคิดยืดหยุ่น

3.3 ความสามารถด้านการคิดริเริ่ม

จากแนวคิดดังกล่าว เขียนเป็นกรอบการสร้างแบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 15 กรอบการสร้างแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

วิธีการใช้และวิธีดำเนินการสอบ

วิธีดำเนินการสอบ แบ่งเป็น 3 ระยะ และมีลำดับขั้นดังนี้

1. การเตรียมตัวก่อนสอบ ควรปฏิบัติดังนี้

1.1 กำหนดวัน เวลา สถานที่ล่วงหน้าและแจ้งให้ผู้สอบทราบวัตถุประสงค์ของการสอบ

1.2 ผู้ดำเนินการสอบเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสอบ

1.3 การเตรียมตัวสำหรับผู้ดำเนินการสอบ ผู้ดำเนินการสอบต้องศึกษาคำชี้แจงวิธีทำแบบสอบเพื่อให้สามารถดำเนินการสอบได้อย่างถูกต้อง

2. วิธีการสอน ควรปฏิบัติดังนี้

2.1 พูดโน้มน้าวให้ผู้สอบมีความกระตือรือร้นที่จะสอบอย่างเต็มความสามารถ

2.2 ผู้ดำเนินการสอบอ่านรายละเอียดคำชี้แจงที่แนบอยู่บนแผ่นหน้าของแบบวัดดังนี้

2.2.1 การสอบต้องตอบแบบทดสอบภายในเวลาที่กำหนดเท่านั้น

2.2.2 ก่อนลงมือสอบให้เขียนรายละเอียดที่เกี่ยวกับผู้สอบให้เรียบร้อย

2.2.3 ลงมือทำแบบวัด เมื่อผู้ดำเนินการสอบสั่ง “ลงมือทำได้”

2.3 การเตือนเวลา ให้เตือนเวลา 2 ครั้งเท่านั้น คือ เมื่อหมดเวลาครึ่งแรกและเหลือเวลาอีก 5 นาที

3. วิธีปฏิบัติเมื่อหมดเวลา ควรปฏิบัติดังนี้

3.1 สั่งให้ผู้สอบวางปากกา หยุดทำทันทีแล้วเก็บแบบวัด

3.2 เมื่อเสร็จสิ้นการสอบแล้ว ก่อนจะให้ผู้สอบออกจากห้อง ผู้ดำเนินการสอบกล่าวชมเชย และขอบคุณผู้สอบที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบวัด

วิธีการตรวจให้คะแนนและการแปลความ

วิธีการตรวจให้คะแนน

สำหรับข้อสอบที่วัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ และข้อสอบที่วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้คะแนนแบบ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน

ข้อสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัย ผู้วิจัยจึงกำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 คุณลักษณะ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยใช้หลักการตรวจให้คะแนนตามหลักการของกรมวิชาการ (กรมวิชาการ, 2535, หน้า 51) ดังนี้

4. การให้คะแนนความคิดคล่องทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของข้อคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบข้อละ 1 คะแนนตามปริมาณคำตอบที่ไม่ซ้ำ

5. การให้คะแนนความคิดยืดหยุ่นทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามวิธีการคิดที่แตกต่างกันต่อเงื่อนไขที่กำหนด โดยให้คะแนนเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน

6. การให้คะแนนความคิดริเริ่มทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดที่แปลกแตกต่างไปจากธรรมดาในการตอบของกลุ่มตัวอย่าง โดยให้คะแนนตามสัดส่วนของความถี่ของคำตอบตามวิธีการของครอพเลย์ (Cropley, 1966) ซึ่งมีหลักดังนี้

คำตอบซ้ำ 12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน
คำตอบซ้ำ 6-11%	ให้ 1 คะแนน
คำตอบซ้ำ 3-5%	ให้ 2 คะแนน
คำตอบซ้ำ 2%	ให้ 3 คะแนน
คำตอบซ้ำกันไม่เกิน 1%	ให้ 4 คะแนน

จากหลักการให้คะแนนดังกล่าว จึงได้วิธีการในการให้คะแนนตามรูปของคำตอบด้านความคิดริเริ่มทางคณิตศาสตร์ในแต่ละข้อ ดังนี้

ตารางที่ 38 รูปแบบของคำตอบในการให้คะแนนข้อที่ 7 (ความสามารถด้านการคิดริเริ่ม)

คะแนน	รูปแบบของคำตอบ
0	
1	6-4 = 2, 8-6 = 2, 8 ÷ 4 = 2, 8 ÷ 2 = 4, 8-2 = 6, 2 + 6 = 8, 2 × 4 = 8
2	(4 + 6)-8 = 2, 6-2 = 4, (2 + 8)-6 = 4, (2 × 6)-8 = 4, (2 + 8)-4 = 6
	(8-4) + 2 = 6, (4 + 6)-2 = 8, (2 × 6)-4 = 8
3	(8-6) + 2 = 4, (4 + 8) ÷ 2 = 6, 6 + (4 ÷ 2) = 8, 2 × 6 = 4 + 8
4	(4-8) + 6 = 2, (6-8) + 4 = 2, 4 ÷ (8-6) = 2, (4 + 8) ÷ 6 = 2, (2-6) + 8 = 4
	(8-6) × 2 = 4, (2-4) + 8 = 6, 8-(4 ÷2) = 6, (4-2) + 6 = 8, (6-2) + 4 = 8
	(6 + (4-2) = 8, 8-6 = 4 ÷ 2, 4 + 6 = 2 + 8

หมายเหตุ ในกรณีที่คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับรูปแบบของคำตอบในตาราง คำตอบนั้นให้นักเรียนได้ 4 คะแนน

ตารางที่ 39 รูปแบบของคำตอบในการให้คะแนนข้อที่ 8 (ความสามารถด้านการคิดริเริ่ม)

คะแนน	รูปแบบของคำตอบ
0	(6 ÷ 6) + (6 ÷ 6) = 2
1	$\frac{(6-6)+6}{6}=1$, (6 + 6) ÷ (6 + 6) = 1, (6 × 6) ÷ (6 × 6) = 1, (6 ÷ 6)×(6 ÷ 6) = 1
	(6 × 6) ÷ (6 + 6) = 3, (6 + 6 + 6) ÷ 6 = 3
2	$\{(6\times6)\div6\}\div6=1$, $\{(6\times6)-6\}\div6=5$, $\{(6\times6)+6\}\div6=7$,
	$\{(6+6)\div6\}+6=8$, $\frac{6+6}{6}+6=8$
3	(6÷6)÷(6÷6) = 1, (6÷6) – (6 – 6) = 1, $\{(6\div6)+6\}-6=1$, $6-\frac{6+6}{6}=4$
	$\sqrt{6\times6}+(6-6)=6$, $\{(6-6)\times6\}+6=6$, $\sqrt{6\times6}+(6\div6)=7$
4	$\frac{(6\div6)\times6}{6}=1$, $\frac{6^6}{6^6}=1$, $\frac{66}{66}=1$, $\frac{\sqrt{6}\times\sqrt{6}}{\sqrt{6}\times\sqrt{6}}=1$, $\frac{\sqrt{6}+\sqrt{6}}{\sqrt{6}+\sqrt{6}}=1$, $\frac{6^{\frac{6}{6}}}{6}=1$, $\frac{6\sqrt{6}}{6\sqrt{6}}=1$,
	$\frac{6\times6}{6}\div6=1$, $\frac{6-6-6}{-6}=1$, $6\div6\div6\times6=1$, $(6\div6)^{6\times6}=1$, $(6+6)^{6-6}=1$,

ตารางที่ 39 (ต่อ)

คะแนน	รูปแบบของคำตอบ
4	$(6\times6)^{6-6}=1$, $(\sqrt{6}-\sqrt{6})+\frac{\sqrt{6}}{\sqrt{6}}=1$, $\sqrt[3]{6\times6\times6}\div6=1$, $(6\div6)^{(6\div6)}=1$, $(6\div6)^{(6+6)}=1$, $(6\div6)^{(6-6)}=1$, $(6\div6)^{6^6}=1$, $(6^{(6-6)})^6=1$, $\left\{(\sqrt{6})^2+(\sqrt{6})^2\right\}\div\left\{(\sqrt{6})^2+(\sqrt{6})^2\right\}=1$, $\frac{6}{6\times6}\times6=1$, $\sqrt{6-6+(6\div6)}=1$, $\sqrt[3]{6-6+6\div6}=1$, $\frac{6^{-6}}{6^{-6}}=1$, $\left(\frac{6}{6}\right)^{66}=1$, $(\sqrt{6+6})^{6-6}=1$, $6^6\times6^{-6}=1$, $6^2-6^2+(6\div6)=1$, $(6+6)^0\times(6\times6)^0=1$, $6^2-(6\times6)+6^0=1$, $\frac{6^2+6-6^2}{6}=1$, $\frac{6}{6+6-6}=1$, $\frac{6\times6\times6}{6^3}=1$, $6\div6\times6\div6=1$, $6\div\left\{(6\times6)\div6\right\}=1$, $\frac{(6\div6)+6}{6}=\frac{7}{6}$, $\frac{6+\sqrt{6\times6}}{6}=2$, $\frac{6^2}{6^2}+\frac{6^2}{6^2}=2$, $(6+6)\div(\sqrt{6}\sqrt{6})=2$, $\sqrt{6+6}-(6\div6)=2\sqrt{3}-1$, $6\div\frac{6+6}{6}=3$, $\frac{(-6)+(-6)+(-6)}{-6}=3$, $\sqrt{6(6+6)\div6}=2\sqrt{3}$, $\left\{(6\div6)+(6\div6)\right\}^2=4$, $6-\frac{\sqrt{6\times6}}{6}=5$, $6-6^{(6-6)}=5$, $(\sqrt{6}\sqrt{6})-(6\div6)=5$, $\frac{66}{6}-6=5$, $(\sqrt{6}\sqrt{6})-\sqrt{6\div6}=5$, $6-(6\div6)^6=5$, $(\sqrt{6}+\sqrt{6})\times(6\div6)=2\sqrt{6}$, $\sqrt[4]{6\times6\times6\times6}=6$, $\left\{(\sqrt{6}\sqrt{6})\div\sqrt{6}\right\}\times\sqrt{6}=6$, $6^{6^{(6-6)}}=6$, $\frac{6\times6\times6}{6^2}=6$, $(6\div6)^6\times6=6$, $(6^2\div6\times6)\div6=6$, $(6+6)-(\sqrt{6\times6})=6$, $(\sqrt{6\times6}\times6)\div6=6$, $\sqrt{\sqrt{6\times6}\times\sqrt{6\times6}}=6$, $6\div6^{(6-6)}=6$, $(6\times6)\div\sqrt{6\times6}=6$, $\sqrt{(6+6-6)\times6}=6$, $6^2-(6\times6)+6=6$, $(6^2\div6)+6^2-6^2=6$, $(\sqrt{6\times6})\div(\sqrt{6}\div\sqrt{6})=6$, $\sqrt{6\times6}\times(6\div6)=6$, $(6-6)^6+6=6$, $(\sqrt{6}\times\sqrt{6})\div(6\div6)=6$, $\sqrt{\left\{(6\times6)\div6\right\}\times6}=6$, $\left\{(6-6)\div6\right\}+6=6$, $6-\left\{(6-6)\times6\right\}=6$, $6\frac{6}{66}=6\frac{1}{11}$, $6+\frac{6\div6}{6}=6\frac{1}{6}$, $6\div(6+6)+6=6.5$, $\sqrt{6\times6}+(6\times6)^0=7$, $\sqrt{6\times6}+(6\div6)^0=7$, $\sqrt{6\times6}\div6+6=7$, $6+6^{(6-6)}=7$, $(6^2\div6)+(6\div6)=7$, $\sqrt{6\times6}+\frac{\sqrt{6}}{\sqrt{6}}=7$, $\left(\frac{6}{6}\right)^6+6=7$

ตารางที่ 39 (ต่อ)

คะแนน	รูปแบบของคำตอบ
	$6^0+(6-6)+6=7$ $\{(6\div6)+(6\div6)\}^3=8$ $(\sqrt{6}+6)+(6-6)=6+\sqrt{6}$, $\left(\frac{\sqrt{6}}{6}\times6\right)+6=6+\sqrt{6}$ $(66-6)\div6=10$

หมายเหตุ ในกรณีที่คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับรูปแบบของคำตอบในตาราง คำตอบนั้นให้นักเรียนได้ 4 คะแนน

ตารางที่ 40 รูปแบบของคำตอบในการให้คะแนนข้อที่ 9 (ความสามารถด้านการคิดริเริ่ม)

คะแนน	รูปแบบของคำตอบ (ความยาวทั้งสามด้านของสามเหลี่ยม)
0	(6, 8, 10), (8, 8, 8)
1	(4, 10, 10), (5, 9, 10), (6, 9, 9), (7, 7, 10), (7, 8, 9)
2	(2, 11, 11), (3, 10, 11), (4, 9, 11), (5, 8, 11), (6, 7, 11)
3	-

หมายเหตุ ในกรณีที่คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับรูปแบบของคำตอบในตาราง คำตอบนั้นให้นักเรียนได้ 4 คะแนน

เกณฑ์การปรับคะแนนให้เป็น 0 ถึง 3

จากการให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ตามวิธีการของแต่ละด้านซึ่งแตกต่างกัน เมื่อได้คะแนนแล้วจะทำการปรับคะแนนให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 3 คะแนน โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละข้อมากำหนดเกณฑ์ โดยกำหนดดังนี้

คะแนนดิบของแต่ละข้อ	ปรับเป็นคะแนน
0	0
มากกว่า 0 ถึง $\overline{X}-0.5$(S.D.)	1
มากกว่า $\overline{X}-0.5$(S.D.) ถึง $\overline{X}+0.5$(S.D.)	2
มากกว่า $\overline{X}+0.5$(S.D.)	3

จากเกณฑ์การปรับคะแนนดังกล่าวข้างต้นทำให้ได้เกณฑ์การปรับคะแนนของแต่ละข้อดังนี้

ข้อที่	**คะแนนที่ปรับ/ คะแนนดิบจากการสอบ**			
	0	**1**	**2**	**3**
1	0	$>0-\leq 3$	$>3-9$	>9
2	0	$>0-\leq 11$	$>11-19$	>19
3	0	$>0-\leq 3$	$>3-9$	>9
4	0	$>0-\leq 2$	$>2-4$	>4
5	0	$>0-\leq 2$	$>2-4$	>4
6	0	$>0-\leq 1$	$>1-3$	>3
7	0	$>0-\leq 5$	$>5-16$	>16
8	0	$>0-\leq 1$	$>1-10$	>10
9	0	$>0-\leq 1$	$>1-4$	>4

คุณภาพของแบบวัด

ในการพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก ได้ดำเนินการหาคุณภาพของแบบวัดดังนี้

1. ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

ข้อสอบทุกข้อในแบบวัดมีค่าดัชนี IOC มากกว่า 0.5 ทุกข้อ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80-1.00

2. ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)

ข้อสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.4-0.7 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2-0.8

3. ความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity)

3.1 การตรวจสอบโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันดันดับ 3 (Third order confirmatory factor analysis) ด้วยโปรแกรม LISREL Version 8.72 พบว่า โมเดลความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีค่าไค-สแควร์ เท่ากับ 428.18 องศาอิสระเท่ากับ 391 p-value เท่ากับ 0.09457 ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ เท่ากับ 1.09 ค่า RMSEA เท่ากับ 0.017 ดัชนีความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.93 ดัชนีความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.90 และค่าน้ำหนักองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบมีค่าระหว่าง 0.17 ถึง 0.73 และมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทุกค่า แสดงว่าโครงสร้างของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สามารถวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ได้ตามทฤษฎี

3.2 การตรวจสอบโดยวิธีใช้กลุ่มตัวอย่างที่รู้ชัด (Known group technique) ด้วยสถิติ One-Way MANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS for window version 16.0 พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งมีคะแนนเฉลี่ยความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มกลุ่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า โครงสร้างของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สามารถวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ได้ตามทฤษฎี

4. การตรวจสอบความตรงตามสภาพ (Concurrent validity)

พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ที่ 3 กับคะแนนผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสัมพันธ์กันในระดับสูง (r_{xy} = 0.73) แสดงว่าแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความตรงตามสภาพในระดับสูง

5. การตรวจความเที่ยงของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงในลักษณะ Cross design ที่มีรูปแบบ p × i design จากกลุ่มตัวอย่างนักเรียน 340 คน พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์เท่ากับ 0.88 ซึ่งเป็นแบบวัดที่มีความเที่ยงอยู่ในระดับสูง

เกณฑ์ปกติ

ในการสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออก โดยนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดมาหาค่าเปอร์เซ็นไทล์ (Percentile rank) และคะแนนทีปกติ (Normalized T-score) แล้วนำมาแปลผลเทียบกับเกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้

เปอร์เซ็นไทล์	คะแนนทีปกติ	การแปลผลระดับความสามารถพิเศษ
P_{97} ขึ้นไป	T_{69} ขึ้นไป	ความสามารถพิเศษสูงมาก
P_{75}-P_{96}	T_{57}-T_{68}	ความสามารถพิเศษสูง
P_{50}-P_{74}	T_{50}-T_{56}	ความสามารถพิเศษปานกลาง
P_{25}-P_{49}	T_{43}-T_{49}	ความสามารถพิเศษค่อนข้างต่ำ
น้อยกว่า P_{25}	น้อยกว่า T_{43}	ความสามารถพิเศษต่ำ

ซึ่งได้เกณฑ์การแปลผลแยกตามคะแนนดิบ ดังนี้

คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นไทล์	คะแนนทีปกติ	ระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์
51	99.18	74	สูงมาก
50	98.93	73	
49	98.61	72	
48	98.21	71	
47	97.72	70	
46	97.13	69	
45	96.41	68	สูง
44	95.54	67	
43	94.52	66	
42	93.32	65	
41	91.92	64	
40	90.32	63	
39	88.49	62	

คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นไทล์	คะแนนทีปกติ	ระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์
38	86.43	61	
37	84.13	60	
36	81.59	59	
35	78.81	58	
34	75.80	57	
33	69.15	55	
32	65.54	54	
31	61.79	53	
30	57.93	52	ปานกลาง
29	53.98	51	
28	50.00	50	
27	46.02	49	
26	42.07	48	
25	38.21	47	
24	34.46	46	ค่อนข้างต่ำ
23	30.85	45	
22	27.43	44	
21	24.20	43	
20	21.19	42	
19	18.41	41	
18	15.87	40	
17	13.57	39	
16	11.51	38	
15	9.68	37	ต่ำ
14	8.08	36	
13	5.48	34	
12	4.46	33	
11	3.59	32	
10	2.87	31	

คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นไทล์	คะแนนทีปกติ	ระดับความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์
9	2.28	30	
8	1.79	29	
7	1.39	28	
6	1.07	27	
5	0.82	26	
4	0.62	25	
3	0.47	24	ต่ำ
2	0.35	23	
1	0.26	22	

แบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ชื่อ-สกุล ..... ชั้น ม. 3 /……. เลขที่ .....

โรงเรียน .....

อำเภอ..... จังหวัด.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้มีทั้งหมด 19 หน้า แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อสอบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 15 ข้อ ให้เวลาในการทำ 45 นาที

ตอนที่ 2 ข้อสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 9 ข้อ ให้เวลาในการทำ 25 นาที

ตอนที่ 3 ข้อสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 9 ข้อ ให้เวลาในการทำ 20 นาที

2. ให้เวลานักเรียนในการทำแบบวัดทั้งฉบับ รวม 90 นาที (1 ชั่วโมง 30 นาที)

3. แบบวัดชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลจากการศึกษาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนการสอน โดยข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้ในการพัฒนาข้อสอบ จะไม่มีผลเสียต่อนักเรียนแต่ประการใด ดังนั้น ขอให้นักเรียนตอบให้ครบทุกข้อ

4. โปรดตรวจดูแบบวัดให้ครบทุกหน้า หากมีข้อสงสัยให้ยกมือถามก่อนลงมือทำ

5. นักเรียนคนใดที่ตอบครบทุกข้อ และได้คะแนนรวมอยู่ในลำดับที่ 1 ถึง 3 ผู้วิจัยจะมีรางวัลมอบให้

ตอนที่ 1 แบบวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้มุ่งวัดความสามารถในการนำองค์ความรู้มาแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบวัดชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ

2. ให้เวลาในการทำ 45 นาที เฉลี่ยข้อละ 3 นาที ไม่ควรใช้เวลากับข้อใดข้อหนึ่งมากเกินไป ถ้าพบข้อใดยังทำไม่ได้ควรเว้นไปทำข้ออื่น ๆ ต่อไปก่อน แล้วจึงย้อนกลับมาทำใหม่ เพราะอาจมีข้อที่ง่าย ๆ อยู่ตอนหลังก็ได้ และพยายามทำให้ครบทุกข้อ

3. การตอบให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียวโดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้ ถ้าข้อใดตอบเกิน 1 คำตอบ จะถือว่าข้อนั้นผิด

ดังตัวอย่างการตอบ กรณีเลือกตอบข้อ ก ดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1	×			

4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย = ทับเครื่องหมายกากบาท (×) เดิมแล้วจึงทำเครื่องหมายกากบาทตรงคำตอบใหม่ที่เลือก ดังตัวอย่างการเปลี่ยนคำตอบจาก ก เป็น ค

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1	=		×	

5. การลงมือทำโปรดฟังคำสั่งจากกรรมการคุมสอบ เมื่ออนุญาตให้ลงมือทำจึงลงมือทำพร้อมกัน

6. อนุญาตให้นักเรียนทดเลขในแบบวัดได้

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวโดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้

---

1. ให้ m และ n เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้า 6 เป็น ห.ร.ม.ของ 6n และ 15n และ m เป็น ค.ร.น.ของ 9 และ 12n แล้ว m-15n มีค่าเท่ากับข้อใดต่อไปนี้

ก. 27 ข. 32

ค. 42 ง. 57

2. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

(1) $1.\dot{2}36\dot{4}$ เท่ากับ $\frac{4121}{3333}$

(2) $(3-\sqrt{2})^2-(1-3\sqrt{2})^2$ เป็นจำนวนอตรรกยะ

ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

ก. ข้อ (1) เท่านั้นเป็นจริง ข. ข้อ (2) เท่านั้นเป็นจริง

ค. ข้อ (1) และ (2) เป็นจริง ง. ข้อ (1) และ (2) ไม่เป็นจริง

3. ทองก้อนประกาศขายของอย่างหนึ่งคิดกำไร 30% แต่ลูกค้าต่อรองราคาเขาจึงลดให้ 10% จากราคาที่ประกาศไว้ ทองก้อนยังคงมีกำไรร้อยละเท่าไร

ก. 10 ข. 13

ค. 15 ง. 17

4. แท่งตะกั่วทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากกว้าง 8 นิ้ว ยาว 11 นิ้ว หนา 6 นิ้ว นำไปหลอมเป็นลูกปืนทรงกลมตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว จะได้ลูกปืนมากที่สุดกี่ลูก

ก. 1,018 ลูก ข. 1,008 ลูก

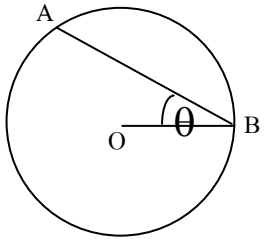
ค. 908 ลูก ง. 504 ลูก

5. ที่ดินรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแปลงหนึ่งมีด้านยาวยาวเป็น 4 เท่าของด้านกว้าง ถ้าวัดโดยรอบได้ยาว 100 วา พื้นที่ของที่ดินแปลงนี้เท่ากับกี่ไร่

ก. 0.25 ไร่ ข. 0.5 ไร่

ค. 1 ไร่ ง. 2 ไร่

6. ให้ O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมที่มีรัศมียาว 5 เซนติเมตร จะได้ AB ยาวกี่เซนติเมตร



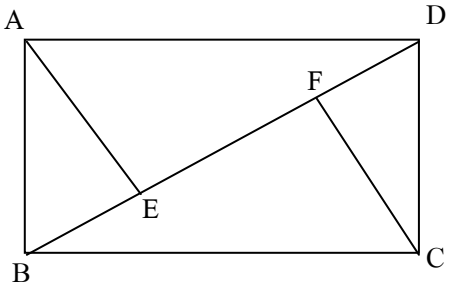
ก. $10\cos\theta$ เซนติเมตร

ข. $5\cot\theta$ เซนติเมตร

ค. $10\sin\theta$ เซนติเมตร

ง. $10\tan\theta$ เซนติเมตร

7. ถ้าสี่เหลี่ยม ABCD มี $AD = BC$, $AB = CD$ และ $BE = DF$ ข้อใดต่อไปนี้เป็นจริง



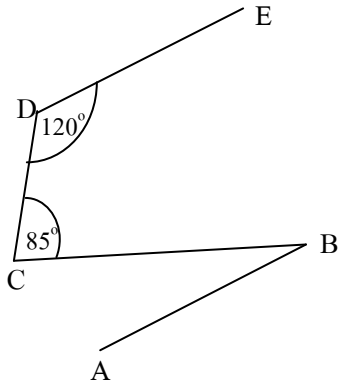
ก. BD แบ่งครึ่ง $A\hat{D}C$

ข. $C\hat{F}D$ เป็นมุมฉาก

ค. AE ตั้งฉากกับ BD

ง. $AE = CF$

8. ให้ AB ขนานกับ DE, $B\hat{C}D = 85^\circ$ และ $C\hat{D}E = 120^\circ$ แล้ว ค่าของ $A\hat{B}C$ เป็นเท่าไร



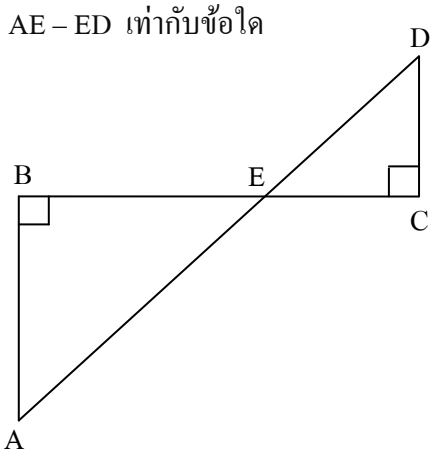
ก. 30°

ข. 25°

ค. 20°

ง. 15°

9. จากรูป ถ้ากำหนดให้ AB = 8 หน่วย BC = 15 หน่วย และ CD = 4 หน่วย แล้ว AE – ED เท่ากับข้อใด



ก. $\sqrt{41}$

ข. $2\sqrt{41}$

ค. $3\sqrt{41}$

ง. $4\sqrt{41}$

10. กำหนดให้ $13 + 2y = 9x$ และ $3y = 7x$ ค่าของ $13x - 3y$ มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. -60 ข.-18 ค. 18 ง. 60

11. เมื่อแยกตัวประกอบของพหุนาม $x^2-5x + 1$ อยู่ในรูป

$x^2-5x + 1 = (x-\frac{a+\sqrt{b}}{2})(x-\frac{a-\sqrt{b}}{2})$ แล้วค่าของ a-b เท่ากับข้อใด

ก. -34 ข.-26 ค.-24 ง.-16

12. ถ้า $-6 < x < 0$ แล้วค่าของ $\frac{2-3x}{4}$ มีค่าตรงกับข้อใด

ก. $0 < \frac{2-3x}{4} < 5$ ข. $\frac{1}{2} < \frac{2-3x}{4} < 20$

ค. $\frac{1}{2} < \frac{2-3x}{4} < 5$ ง. $1 < \frac{2-3x}{4} < 24$

13. กำหนดข้อมูลชุดหนึ่ง ดังนี้ 4, 2, 5, 4, 8, m, 5, 8, 10
มีฐานนิยมค่าเดียวและมัธยฐานน้อยกว่าฐานนิยม ค่าเฉลี่ยเลขคณิตมีค่าเท่ากับข้อใด

ก. 5.7 ข. 6.0 ค. 6.7 ง. 7.0

14. ถุงใบหนึ่งมีลูกแก้วสีแดง 5 ลูก สีน้ำเงิน 3 ลูก สีขาว 2 ลูก ใส่คละปนกันในถุง ให้นักเรียนหลับตาหยิบลูกแก้ว 1 ลูกออกจากถุงวางไว้ข้างนอกแล้วล้วงหยิบออกมาอีก 1 ลูก ความน่าจะเป็นที่หยิบได้ลูกแก้วเป็นสีแดงและสีน้ำเงินตามลำดับ มีค่าเท่าไร

ก. $\frac{1}{6}$ ข. $\frac{8}{19}$ ค. $\frac{4}{45}$ ง. $\frac{3}{20}$

15. มีธนบัตร 4 ชนิด คือ ธนบัตรฉบับละ 1,000 บาท 500 บาท 100 บาท และ 50 บาท เมื่อนำธนบัตรที่มีอยู่จัดใส่ซอง ๆ ละ 2 ฉบับ โดยให้เป็นธนบัตรที่ต่างชนิดกัน ปรากฏว่าสามารถจัดใส่ซองได้ครบทุกแบบที่เป็นไปได้แบบละซองพอดี ถ้าให้นายสุภาพสุ่มหยิบซองที่จัดไว้ 2 ซองแล้ว ความน่าจะเป็นที่นายสุภาพจะได้เงินรวมทั้งหมดมากกว่า 2,000 บาท เท่ากับข้อใดต่อไปนี้

ก. $\frac{1}{5}$ ข. $\frac{1}{3}$ ค. $\frac{2}{15}$ ง. $\frac{4}{15}$

---------- ต่อตอนที่ 2

ตอนที่ 2 แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง

1. ข้อสอบในตอนนี้เป็นข้อสอบที่ให้นักเรียนเขียนคำตอบ จำนวน 9 ข้อ ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้

2. ให้นักเรียนเขียนตอบได้อย่างอิสระ นักเรียนจะได้คะแนนมากถ้านักเรียนตอบได้มาก มีเหตุผล ถูกต้องและคำตอบแปลกกว่าผู้อื่น ซึ่งนักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมจากส่วนที่เตรียมไว้ให้เขียนตอบได้

3. ให้เวลาในการทำ 25 นาที (ข้อละประมาณ 3 นาที ไม่ควรใช้เวลาไปกับข้อใดข้อหนึ่งมากเกินไป ซึ่งจะทำให้ไม่มีเวลาในการทำข้ออื่น ๆ)

4. แบบวัดชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลจากการศึกษาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนการสอน โดยข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะนำไปใช้ในการพัฒนาข้อสอบจะไม่มีผลเสียต่อนักเรียนแต่ประการใด ดังนั้น ขอให้นักเรียนตอบให้ครบทุกข้อ

คำสั่ง ให้นักเรียนเขียนคำตอบที่ถูกต้องลงในช่องว่างที่กำหนดให้

1. ในการสอบคณิตศาสตร์ ปรีชาทำถูก 90 ข้อ จากข้อสอบ 150 ข้อ ปรีชาทำข้อสอบผิดร้อยละเท่าใด

ให้นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาขึ้นใหม่ที่ไม่เหมือนโจทย์เดิม แต่ให้ใช้ตัวเลขจากโจทย์ปัญหาเดิม (ตัวเลข 90 และ 150) ให้ได้โจทย์ปัญหามากที่สุด

คำตอบ

1. ……
2. ……
3. ……
4. ……
5. ……
6. ……
7. ……
8. ……
9. ……
10. ……

11. .....
12. .....
13. .....
14. .....
15. .....
16. .....
17. .....
18. .....
19. .....
20. .....

2. สมมติว่านักเรียนมีเงินอยู่ 100 บาท จะไปจ่ายตลาดที่ขายของราคาที่ถูกที่สุดในโลก คือ หมู 1 ตัว ราคา 20 บาท ไก่ 1 ตัว ราคา 1 บาท และเป็ด 5 ตัว ราคา 1 บาท ถ้านักเรียนต้องซื้อสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ด้วยเงินจำนวน 100 บาท (ซื้อให้หมดเงิน 100 บาท) ถามว่านักเรียนจะแบ่งเงินซื้อสัตว์แต่ละชนิดได้อย่างละกี่ตัว

คำตอบ

1. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
2. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
3. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
4. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
5. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
6. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
7. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
8. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
9. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
10. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
11. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
12. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
13. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
14. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
15. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว

16. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
17. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
18. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
19. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
20. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว
21. หมู ..... ตัว ไก่ ..... ตัว เป็ด ..... ตัว

3. สมหมายหนัก 30 กิโลกรัม รังสรรค์หนัก 45 กิโลกรัม และเพ็ญศรีหนัก 50 กิโลกรัม ให้นักเรียนตั้งคำถามให้สัมพันธ์กับข้อมูลที่กำหนดให้ให้ได้มากที่สุด

คำตอบ

1. ……
2. ……
3. ……
4. ……
5. ……
6. ……
7. ……
8. ……
9. ……
10. ……
11. ……
12. ……
13. ……
14. ……
15. ……
16. ……
17. ……
18. ……
19. ……
20. ……
21. ……

22. .....

23. .....

4. ให้นักเรียนสร้างสมการที่มีคำตอบเท่ากับ 40 โดยแต่ละสมการใช้จำนวนใด ๆ ก็ได้**ไม่เกิน 2 จำนวน** กับการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่น +, —, ×, ÷, รากที่สอง, ยกกำลังสอง ฯลฯ **อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงการดำเนินการเดียว** ให้ได้สมการมากที่สุด เช่น 30 + 10 = 40

คำตอบ

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....
7. .....
8. .....
9. .....
10. .....
11. .....
12. .....
13. .....
14. .....
15. .....
16. .....
17. .....
18. .....
19. .....
20. .....
21. .....

5. ให้นักเรียนจัดกลุ่มของจำนวนที่กำหนดให้ ตามเกณฑ์หรือคุณสมบัติหรือลักษณะบางอย่างร่วมกันให้ได้มากที่สุด โดยที่แต่ละกลุ่มจะต้องมีจำนวนตั้งแต่ 3 จำนวนขึ้นไป พร้อมทั้งระบุเกณฑ์ในการจัดกลุ่มแต่ละกลุ่มด้วย

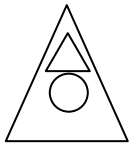
9 12 16 18 20 21 25 30 40 42 50 64 75

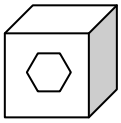
คำตอบ

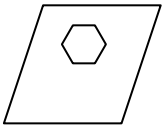
กลุ่ม เกณฑ์ในการจัดกลุ่ม

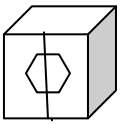
1. …… ……
2. …… ……
3. …… ……
4. …… ……
5. …… ……
6. …… ……
7. …… ……
8. …… ……
9. …… ……
10. …… ……
11. …… ……
12. …… ……
13. …… ……
14. …… ……
15. …… ……
16. …… ……
17. …… ……
18. …… ……
19. …… ……
20. …… ……

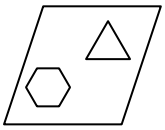
6. ให้นักเรียนจัดกลุ่มรูปเรขาคณิตที่กำหนดให้ตามเกณฑ์ หรือคุณสมบัติ หรือลักษณะบางอย่างร่วมกันให้ได้มากที่สุด โดยที่แต่ละกลุ่มต้องประกอบด้วยรูปเรขาคณิตตั้งแต่ 3 รูปขึ้นไป พร้อมทั้งระบุเหตุผลในการจัดกลุ่มด้วย

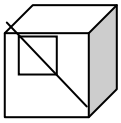

A

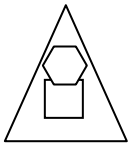

B

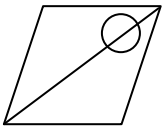

C

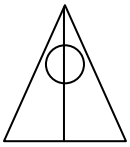

D

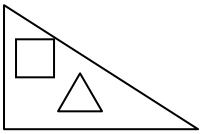

E


F


G


H


I


J

คำตอบ

	กลุ่ม	เหตุผล
1.	……	……
2.	……	……
3.	……	……
4.	……	……
5.	……	……
6.	……	……
7.	……	……
8.	……	……
9.	……	……
10.	……	……
11.	……	……
12.	……	……
13.	……	……

7. ให้นักเรียนใช้ตัวเลขและเครื่องหมายที่กำหนดให้ สร้างสมการให้ได้มากวิธีที่สุด โดยในแต่ละสมการห้ามใช้ตัวเลขและเครื่องหมายซ้ำกัน

ตัวเลขที่กำหนด 2, 4, 6, 8 เครื่องหมายที่กำหนดให้ +,-, ×, ÷

ตัวอย่างคำตอบ เช่น (1) 2 + 4 = 6 (2) (2 + 8)-6 = 4

คำตอบ

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....
7. .....
8. .....
9. .....
10. .....
11. .....
12. .....
13. .....
14. .....
15. .....
16. .....
17. .....
18. .....
19. .....
20. .....

8. ให้นักเรียนใช้ตัวเลข 6 ทั้งหมด 4 ตัว พร้อมการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วให้ได้คำตอบอยู่ในช่วง 1 ถึง 10

เช่น 1) $(6 \div 6) + (6-6) = 1$

คำตอบ

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....
7. .....
8. .....
9. .....
10. .....
11. .....
12. .....
13. .....
14. .....
15. .....
16. .....
17. .....
18. .....
19. .....
20. .....
21. .....

9. ต้องการสร้างรูปสามเหลี่ยมที่มีความยาวรอบรูป 24 เซนติเมตร และให้แต่ละด้านมีความยาวเป็นจำนวนเต็ม ให้นักเรียนบอกความยาวทั้ง 3 ด้านของรูปสามเหลี่ยม พร้อมทั้งวาดรูปประกอบอย่างคร่าว ๆ ให้ได้มากที่สุด

คำตอบ

1. ……
……
……
……

2. ……
……
……
……

3. ……
……
……
……

4. ……
……
……
……

5. ……
……
……
……

6. ……
……
……
……

7. ……
……
……
……

8. ……
……
……
……

9. ……
……
……
……

10. ……
……
……
……

---------- ต่อตอนที่ 3

ตอนที่ 3 แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้มุ่งวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 9 ข้อ

2. แบบวัดนี้เป็นแบบวัดชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

3. ให้เวลาในการทำ 20 นาที ข้อละประมาณ 2 นาที ไม่ควรใช้เวลากับข้อใดข้อหนึ่งมากเกินไป ถ้าพบข้อใดยังทำไม่ได้ควรเว้นไปทำข้ออื่น ๆ ต่อไปก่อน แล้วจึงย้อนกลับมาทำใหม่ เพราะอาจมีข้อที่ง่าย ๆ อยู่ตอนหลังก็ได้ และพยายามทำให้ครบทุกข้อ

4. โปรดตรวจดูแบบวัดให้ครบทุกหน้า หากมีข้อสงสัยให้ยกมือถามก่อนลงมือทำ

5. การตอบให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียวโดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้ ถ้าข้อใดตอบเกิน 1 คำตอบ จะถือว่าข้อนั้นผิด

ดังตัวอย่างการตอบ กรณีเลือกตอบข้อ ก ดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1	×			

6. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย = ทับเครื่องหมายกากบาท (×) เดิมแล้วจึงทำเครื่องหมายกากบาทตรงคำตอบใหม่ที่เลือก

ดังตัวอย่างการเปลี่ยนคำตอบจาก ก เป็น ค

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1	=		×	

7. การลงมือทำโปรดฟังคำสั่งจากกรรมการคุมสอบ เมื่ออนุญาตให้ลงมือทำจึงลงมือทำพร้อมกัน

8. อนุญาตให้นักเรียนทดเลขลงในแบบวัดได้

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวโดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้

---

1. ถ้าต้องการทราบว่านายหน้าคนหนึ่งขายผลิตภัณฑ์ของบริษัทหนึ่งได้รับเงินค่านายหน้าร้อยละเท่าไร สิ่งที่กำหนดให้ต่อไปนี้ข้อใดบ้างที่**ไม่จำเป็น**ต้องใช้

(1) จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ขายได้

(2) ราคาของผลิตภัณฑ์ที่ขาย

(3) ค่านายหน้าจากการขาย

(4) จำนวนเงินที่ขายได้ทั้งหมด

ก. ข้อ (3) ข. ข้อ (1) และข้อ (2)

ค. ข้อ (3) และข้อ (4) ง. ข้อ (1) ข้อ (2) และข้อ (4)

2. สมการ $ax^2 + bx + c = 0$ เมื่อ a, b, c เป็นค่าคงที่ และ $a \neq 0$ จะมีรากเป็นจำนวนจริงเพียงค่าเดียวด้วยเงื่อนไขในข้อใด

ก. $b^2 = 4ac$ ข. $b^2 > 4ac$

ค. $b^2 < 4ac$ ง. $-\frac{b}{2a}$ เป็นจำนวนจริงบวก

3. ให้ A, B, C เป็นจุด 3 จุดที่ไม่อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ถ้า a, b, c แทนความยาวของส่วนของเส้นตรง BC, CA และ AB ตามลำดับแล้ว เงื่อนไขข้อใดต่อไปนี้ทำให้ทราบว่าจะ**ไม่สามารถ**สร้างวงกลมให้ผ่านจุดทั้งสามได้

ก. $|B\hat{A}C| > 0^\circ$ ข. $B\hat{A}C = A\hat{B}C + A\hat{C}B$

ค. $a + b = c$ ง. $a^2 + b^2 = c^2$

4. ฉันซื้อมะม่วงมา 100 ผล ขายไป 50 ผล ผลละ 6 บาท ซึ่งมีมะม่วงบางผลเน่าเสียต้องคัดทิ้งไป ที่เหลือขายไปผลละ 5 บาท เมื่อนับเงินที่ขายมะม่วงหมดแล้วได้เงิน 500 บาทพอดี ถ้าให้ x แทนจำนวนมะม่วงที่เน่าเสีย เราจะหาค่า x ได้จากสมการข้อใด

ก. $5x = 500-(6 \times 50)$ ข. $5 (50-x) = 500-(6 \times 50)$

ค. $5 (100-x) = 500-(6 \times 50)$ ง. $500 + 5 (50-x) = (6 \times 50)$

5. ถ้าความสูงและพื้นที่ฐานของทรงสามมิติ 2 ชนิดมีขนาดเท่ากัน ปริมาตรของทรงสามมิติในข้อใดมีค่าเท่ากัน

ก. กลม และ ปริซึม ข. ทรงกลม และ กรวย

ค. พีรามิด และ ทรงกระบอก ง. ปริซึม และ ทรงกระบอก

6. ไข่ไก่ราคา 4 ฟอง 3 บาท ไข่เป็ดราคา 3 ฟอง 2 บาท ถ้าซื้อสิ้นเงิน 20 บาทพอดี ข้อใดต่อไปนี้**ไม่ถูกต้อง**

ก. ซื้อได้ไข่ไก่ 8 ฟอง ไข่เป็ด 21 ฟอง ข. ซื้อได้ไข่ไก่ 12 ฟอง ไข่เป็ด 18 ฟอง

ค. ซื้อได้ไข่ไก่ 16 ฟอง ไข่เป็ด 12 ฟอง ง. ซื้อได้ไข่ไก่ 24 ฟอง ไข่เป็ด 3 ฟอง

7. ซื้อส้มโอมา 3 ชะลอมกับ 5 ผล เป็นเงิน 300 บาท เมื่อขายหมดได้กำไรมา 50 บาท อยากทราบว่าขายส้มโอไปผลละเท่าไร คำถามนี้**ตอบไม่ได้**เพราะโจทย์ไม่ได้บอกอะไร

ก. ราคาซื้อ ข. ราคาทุน

ค. จำนวนเงินที่ขายได้ ง. จำนวนส้มโอในชะลอม

8. สี่เหลี่ยมผืนผ้า**ไม่อาจเป็น**สี่เหลี่ยมจัตุรัสได้เพราะขาดคุณสมบัติเกี่ยวกับข้อใด

ก. มุม ข. ด้าน

ค. เส้นทแยงมุม ง. พื้นที่

9. ในการบวก ลบ คูณ และ หารเศษส่วน การดำเนินในข้อใดใช้หลักการเดียวกัน

ก. การบวก และ การลบ ข. การลบ และ การคูณ

ค. การบวก และ การคูณ ง. การบวก และ การหาร