ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองบางประการกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ปริญญานิพนธ์

ของ

วรรณี เทพสุวรรณ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา

เมษายน 2546

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

510.712
ว2718ค
ร.3

ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองบางประการกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ร.ร.วิจัย 2546

บทคัดย่อ

ของ

วรรณี เทพสุวรรณ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา
เมษายน 2546

วรรณี เทพสุวรรณ.(2546). *ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองบางประการกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา).กรุงเทพฯ :บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม :รองศาสตราจารย์อังคณา สายยศ , อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองบางประการกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และน้ำหนักความสำคัญของความสามารถทางสมองแต่ละฉบับที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 ของกลุ่มโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาส่วนกลางกลุ่มที่ 4 กรุงเทพมหานคร ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น จำนวน 640 คน และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบทดสอบด้านทักษะการคิดคำนวณ แบบทดสอบด้านอนุกรมตัวเลข แบบทดสอบด้านความเข้าใจในการอ่าน แบบทดสอบด้านการคิดวิเคราะห์ แบบทดสอบ ด้านอุปมาอุปไมยแบบภาษา แบบทดสอบด้านการสรุปความ แบบทดสอบด้านการจัดประเภทแบบภาษา และแบบทดสอบกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า

1. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างความสามารถทางสมองด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมยแบบภาษา ด้านการสรุปความ ด้านการจัดประเภทแบบภาษากับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ เท่ากับ 0.241 ซึ่งสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. น้ำหนักความสำคัญของความสามารถทางสมองด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการสรุปความ และด้านการจัดประเภทแบบภาษากับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ส่งผลทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ ส่วนด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมย ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

THE RELATIONSHIP BETWEEN SOME MENTAL ABILITIES AND MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING PROCESS OF MATHAYOM SUKSA $\prod$ STUDENTS

AN ABSTRACT

BY

WANNEE THAPSUVAN

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree in Educational Measurement

at Srinakharinwirot University

April 2003

Wannee Thapsuvan. (2003). *The Relationship between some Mental Abilities and Mathemtlical Problem Solving Process of Mathayom Suksa ∏ Students.* Master thesis, M.Ed. (Education Measurement). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Aungkana Saiyos, Mr. Chawalit Ruayajin.

The purposes of this study were to find the relationship between some mental abilities and Mathematical problem solving process.and to the study the score weight of mental abilities contributed to Mathematical problem solving process. The sample consisted of 640 students who were studying in Mathayom Suksa ∏ in secandary school of academic year 2002 at the department of elementary and adult education on central part group IV Bangkok and selected by the Stratified random sampling technique. The instruments of the study were some mental abilities tests of Arithmetic reasoning, Number Series, Reading Comprehension, Analytical Abilities,Verbal Analogies, Inference, Verbal Classification, and Mathematical Problem Solving Process.

The results of study were shown as follows.

1. The multiple correlation between seven Mental Abilities Test and Mathematical Problem Solving Process was equal to 0.241 with the statistically significant at .01 level.

2. The score weight of Number Series , Reading Comprehension and Inference contributed to Mathematical problem solving process were statistically significant at .05 level. and the score weight in Verbal Classification contributed to Mathematical problem solving process was statistically significant at .01 level. but the score weight of Arithmetic Reasoning, Analytical Abilities and verbal Analogies Classification contributed to Mathematical problem solving process was not statistically significant .

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองบางประการกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ของ
นางสาววรรณี เทพสุวรรณ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาภรณ์ หะวานนท์)
วันที่ 26 เดือน เมษายน พ.ศ. 2546

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ อังคณา สายยศ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ชวลิต รวยอาจิณ)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.สุวพร เซ็มเฮง)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระวีวรรณ พันธ์พานิช)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก คณะอาจารย์ภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ เอาใจใส่ และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยได้เข้ามาศึกษาต่อโดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์อังคณา สายยศ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร.สุวพร เซ็มเฮง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ระวีวรรณ พันธ์พานิช คณะกรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติม ในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ อันจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุง แก้ไขให้การวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบนั้นได้รับความอนุเคราะห์และคำแนะนำจาก อาจารย์ ดร.สุวพร เซ็มเฮง อาจารย์ ดร.ละเอียด รักเผ่า รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ ผู้ช่วยผู้อำนวยการสันติ สุขทรัพย์ อาจารย์เพลินพิศ กาสลัก อาจารย์สุกัลยา พัวสุขมโนกุล อาจารย์พรรณี เจียมสุบุตร และอาจารย์สุพล นิลกลาง ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของผู้วิจัย ส่วนการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้บริหารโรงเรียน ผู้ช่วยผู้บริหารโรงเรียน และคณะครู จากโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการหาคุณภาพเครื่องมือและทำการวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้บริหารโรงเรียน ญาติพี่น้องและเพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจในการเรียนและการทำปริญญานิพนธ์ จนประสบผลสำเร็จ

วรรณี เทพสุวรรณ

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	5
	ขอบเขตของการวิจัย	5
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	5
	ตัวแปรที่ศึกษา	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ	6
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
	ความสามารถทางสมอง	8
	ความหมายของความสามารถทางสมอง	8
	ทฤษฎีความสามารถทางสมองของมนุษย์	10
	แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง	17
	การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	23
	ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	30
	ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	31
	ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์	33
	กระบวนการและขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	35
	แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา	38
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ	39
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ	42
	สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	44

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า 45
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 45
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า 46
ลักษณะเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า 50
วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล 56
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 57

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 62
สัญลักษณ์และอักษรย่อในการวิเคราะห์ข้อมูล 62
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 63
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 63

5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ 68
สังเขปความมุ่งหมาย สมมุติฐาน และวิธีการศึกษาค้นคว้า 68
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า 70
อภิปรายผล 71
ข้อเสนอแนะ 72

บรรณานุกรม 74

ภาคผนวก 82

ประวัติย่อผู้วิจัย 154

บัญชีตาราง

ตาราง หน้า

1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำแนกตามโรงเรียน และขนาดของโรงเรียน 46

2 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถทางสมองแต่ละด้านและกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์..... 63

3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ธรรมดาและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์..... 65

4 ค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนดิบและค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ (β) และค่าเปอร์เซ็นต์ ของความสามารถทางสมองแต่ละด้าน ที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์..... 66

5 ค่า IOC ของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง และกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 84

6 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความเข้าใจในการอ่าน..... 86

7 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์..... 90

8 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านอุปมาอุปไมย..... 94

9 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภทแบบภาษา..... 98

10 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านการคิดวิเคราะห์..... 102

11 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านการคิดคำนวณ..... 106

12 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านการสรุปความ..... 110

13 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านอนุกรมตัวเลข.....114

14 เฉลยแบบทดสอบความสามารถทางสมองและแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....151

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 โครงสร้างความสามารถทางสมองของทฤษฎีไฮราคิคัล 12
2 โครงสร้างความสามารถทางสมองของทฤษฎีโครงสร้างสามมิติของปัญญา 15
3 ขั้นตอนการแก้ปัญหาของ วิลสัน เฟอร์นันเดช และฮาดาเวย์.....36
4 กระบวนการแก้ปัญหา.....37
5 ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองและ
แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....47

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้เกิดประสิทธิภาพทางสมอง ส่วนหนึ่งมีผลมาจากการให้เด็กได้รับการศึกษาที่ดี ถูกวิธีและเหมาะสมกับระดับสติปัญญาของเด็กในวัยนั้นๆ ดังนั้นแผนการศึกษาชาติ ฉบับที่8 (พ.ศ.2540 - 2544) ได้ระบุไว้ว่า การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ทางด้านสมองนั้นสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาในแผนการพัฒนาการศึกษาชาติฉบับที่ 8 กล่าวว่า การศึกษาเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญยิ่งในการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ ให้เป็นผู้ที่มีความเจริญงอกงามทั้งทางร่างกาย อารมณ์ สังคมและสติปัญญา หรือความสามารถทางสมอง ดังนั้นความสามารถทางสมองจึงเป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้ผู้เรียนสามารถนำผลที่ได้รับจากการเรียนและการสอนของครู ไปใช้ได้อย่างถูกวิธี ทั้งในด้านการศึกษาต่อและการปฏิบัติหน้าที่ต่างๆ ให้บรรลุจุดมุ่งหมายได้ แต่เดิมเชื่อกันว่า ความสามารถทางสมองขึ้นอยู่กับ พันธุกรรมเพียงอย่างเดียว แต่ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าสิ่งแวดล้อมและการฝึกฝน ก็มีอิทธิพลต่อความสามารถทางสมอง (ชวาล แพรัตกุล. 2517:7) ดังนั้นความสามารถทางสมองจึงเป็นความสามารถที่ได้จากการเรียนรู้ ซึ่งโดยทั่วไปเชื่อกันว่าผู้ที่มีความสามารถทางสมองสูง การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้เกิดประสิทธิภาพทางสมอง ส่วนหนึ่งมีผลมาจากการให้เด็กได้รับการศึกษาที่ดี ถูกวิธีและเหมาะสมกับระดับสติปัญญาของเด็กในวัยนั้นๆ ดังนั้นแผนการศึกษาชาติ ฉบับที่8 (พ.ศ.2540 - 2544) ได้ระบุไว้ว่า การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ทางด้านสมองนั้นสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาในแผนการพัฒนาการศึกษาชาติฉบับที่ 8 กล่าวว่า การศึกษาเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญยิ่งในการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ ให้เป็นผู้ที่มีความเจริญงอกงามทั้งทางร่างกาย อารมณ์ สังคมและสติปัญญา หรือความสามารถทางสมอง ดังนั้นความสามารถทางสมองจึงเป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้ผู้เรียนสามารถนำผลที่ได้รับ จากการเรียนและการสอนของครู ไปใช้ได้อย่างถูกวิธี ทั้งในด้านการศึกษาต่อและการปฏิบัติหน้าที่ต่างๆ ให้บรรลุจุดมุ่งหมายได้ แต่เดิมเชื่อกันว่า ความสามารถทางสมองขึ้นอยู่กับ พันธุกรรมเพียงอย่างเดียว แต่ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าสิ่งแวดล้อมและการฝึกฝน ก็มีอิทธิพลต่อความสามารถทางสมอง (ชวาล แพรัตกุล. 2517:7) ดังนั้นความสามารถทางสมองจึงเป็นความสามารถที่ได้จากการเรียนรู้ ซึ่งโดยทั่วไปเชื่อกันว่าผู้ที่มีความสามารถทางสมองสูง ย่อมประสบความสำเร็จทั้งทางด้านการศึกษาและการทำงาน แคทเทลล์ (Cattell.1950:478) กล่าวว่าความสามารถทางสมองของมนุษย์ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ลักษณะ คือ ความสามารถทางสมองที่เป็นอิสระจากการเรียนรู้และประสบการณ์ (Fluid Intelligence) เป็นความสามารถทางสมองที่มีผลมาจากพันธุกรรม โดยปกติจะแทรกอยู่ในทุกอริยบทของกิจกรรมทางสมองไม่ว่าจะเป็นการคิด

และ การแก้ปัญหาด้านต่างๆ เช่นความสามารถในการใช้เหตุผลเชิงอุปมานและอนุมาน ความสามารถในการเข้าใจหรือมองเห็นความสัมพันธ์ที่สลับซับซ้อนของภาพและสิ่งของต่างๆ เป็นต้น และความสามารถทางสมองอีกลักษณะหนึ่งซึ่งเป็นความสามารถที่เกิดจากการเรียนรู้และประสบการณ์(Crystallized Intelligence)เป็นความสามารถทางสมองที่เกิดจากการเรียนรู้จากสิ่งต่างๆที่ผ่านเข้ามาในชีวิตเช่นความสามารถที่จะเข้าใจภาษา เป็นความสามารถที่ได้รับการฝึกฝนจึงจะเกิดความเข้าใจได้ส่วนเธอร์สโตน(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2527:30; อ้างอิงจาก Thurstone.1938) สรุปได้ว่าความสามารถพื้นฐานทางสมองของมนุษย์ (Primary Mental Ability) มีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 7 ประการคือความสามารถทางสมองด้านภาษา จำนวน เหตุผล มิติสัมพันธ์ ความจำ การรับรู้ และความคล่องแคล่วในการใช้คำ

มนุษย์มีวิธีการแสวงหาความรู้ ความจริง หรือการแก้ปัญหาที่ตนเองประสบมากมายหลายวิธีทั้งที่มีระบบของเหตุผลและไม่มีระบบของเหตุผลทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของปัญหาที่มนุษย์จำเป็นต้องแก้ปัญหานั้น ซึ่งการแก้ปัญหาโดยมิได้คำนึงถึงข้อมูลในสภาพความเป็นจริงที่ปรากฏในขณะนั้น อันเป็นวิธีการแก้ปัญหาอย่างไม่มีระบบของเหตุผลหรืออาจเรียกได้ว่าเป็นการคิดแก้ปัญหาโดยขาดการคิดที่มีคุณภาพ ลักษณะการแก้ปัญหาดังกล่าวนั้นจึงมักไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควรหรือข้อค้นพบที่ได้จากการแก้ปัญหานั้น ไม่มีความยั่งยืนหรือนำไปใช้ได้ไม่กว้างขวางมนุษย์จึงได้คิดค้นและนำเอาระบบของเหตุผลมาอธิบาย เพื่อสร้างเป็นแนวทางการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ และ สร้างสรรค์มากยิ่งขึ้น (เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์.2540:1)

ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตของทุกคน ทุกวัย และทุกสังคม นักการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรมีความเห็นสอดคล้องกันว่าความสามารถในการคิดแก้ปัญหาควรจะเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญในหลักสูตรดังที่ สาโรจ บัวศรี (2518:7-9) ได้กล่าวไว้ว่า “ความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาควรเป็นจุดมุ่งหมายปลายทางที่สำคัญของการจัดการศึกษา”และสิปปนนท์ เกตุทัต (2518:16-31) ได้กล่าวไว้เช่นเดียวกันว่า “ความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาควรจัดไว้เป็นลักษณะของการศึกษาที่พึงประสงค์” นอกจากนี้ จอห์น ดิวอี้ (Dewey.1933:17-21) นักการศึกษาและนักปรัชญาชาวอเมริกันได้กล่าวไว้เช่นเดียวกันว่า “ความสามารถแก้ปัญหาต้องเป็นเป้าหมายอันดับแรกของการจัดการศึกษา” ส่วน เดวิด แทนเนอร์ (Tanner.1975:25) ได้พูดถึงความสามารถแก้ปัญหาในการพัฒนาหลักสูตรว่า “ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างฉลาดและ รวดเร็วเป็นความต้องการพื้นฐานที่จะทำให้บุคคลประสบความสำเร็จในการดำรงชีวิต”

คณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่มุ่งเน้นด้านการคิดแก้ปัญหา และในระบบการเรียนการสอนการแก้ปัญหานั้นเป็นหัวใจสำคัญและเป็นเป้าหมายสูงสุดเพราะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านการวิเคราะห์ พัฒนาทักษะเพื่อเป็นพื้นฐานไปสู่

แนวความคิดใหม่ แต่การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันยังคงเน้นให้นักเรียน จำ และทำตามคำบอกของครู ด้วยการสอนแบบอธิบาย และแสดงเหตุผล และไม่มีโอกาสร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน มากนัก (ยุพิน พิพิทกุล.2537:122-123) ดังนั้นพฤติกรรมการเรียนรู้หรือผลสัมฤทธิ์ ที่ต้องการวัดต้องครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ต้องอาศัยความสามารถทางสติปัญญา (Cognitive Domain)ในด้านการวิเคราะห์และการสังเคราะห์ของบลูม (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2539:43-44 ;อ้างอิงจาก Bloom.1956) การแสดงความคิดเห็น วิพากษ์วิจารณ์เรื่องราวหรือ พฤติกรรมต่างๆ ซึ่งได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจ ทัศนคติ พฤติกรรมทางสมองด้านการสังเคราะห์ (Synthesis) ซึ่งเป็นลักษณะ ความคิดในเชิงริเริ่มสร้างสรรค์ ความสามารถในการใช้ภาษา ความสามารถในการใช้เหตุผล การวางแผนงาน และการแสดงออกในลักษณะจินตนาการ (สมเกียรติ ปติฐพร.2525:40) เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา

การมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีและกระบวนแก้ปัญหามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาคณิตศาสตร์ เพราะคำตอบของปัญหาที่ได้จากกระบวนการแก้ปัญหาจะทำให้เกิดข้อค้นพบใหม่ และเป็นวิธีการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่นๆได้ (Perdikaris.1993:423) ส่วนวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในปัจจุบันพบว่าปัญหาในการสอนคณิตศาสตร์ โดยทั่วไปที่ครูประสบอยู่คือการที่นักเรียนแก้ปัญหาไม่เป็น ครูต้องอธิบายวิธีทำให้นักเรียนทุกข้อ ทำให้นักเรียนไม่คิดเอง และอาจลืมได้ง่าย การที่ครูใช้วิธีการบอกให้นักเรียนจดจำวิธีการโดยไม่เข้าใจ แล้วให้ฝึกปฏิบัติและให้ทำแบบฝึกหัด หรือการบ้านมากๆนั้นไม่ได้ช่วยให้นักเรียน มีคุณภาพในการแก้ปัญหาดีขึ้น เป็นการเพิ่มความเบื่อหน่าย วิตกกังวลให้แก่นักเรียน เนื่องจากแก้ปัญหาโจทย์ไม่ได้ ไม่เข้าใจ ไม่ทราบว่าจะเริ่มต้นแก้ปัญหาอย่างไรดีทั้งนี้เพราะผู้สอนส่วนมากไม่ได้ช่วยให้ผู้เรียน วิเคราะห์ปัญหา แปลความ ตีความ หรือทำความเข้าใจกับโจทย์ตามลำดับขั้นตอน แต่มักใช้วิธีการรวบรัดเสียเอง (สุชาติ รัตนกุล. 2526:521) ทำให้ผู้เรียนไม่เกิดการเรียนรู้ แต่มีการเลียนแบบเท่านั้น นอกเหนือจากวิธีการสอนของครูไม่ส่งเสริมการแก้ปัญหาโจทย์อย่างมีประสิทธิภาพ คือความบกพร่องทางด้านทักษะพื้นฐาน ซึ่งหมายถึงทักษะที่จำเป็น ต้องใช้ในกระบวนการแก้ปัญหา เช่น ทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการแปลความโจทย์ (พรทิพย์ พรหมสาขา ณ สกลนคร.2527:4)

เนื่องด้วยความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งช่วยส่งเสริมในการคิดแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ และเนื้อหาที่ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาดังกล่าวคือเนื้อหาโจทย์ปัญหา ซึ่งโจทย์ปัญหาประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือภาษา หรือข้อความ และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่แอบแฝงอยู่ โดยนักเรียนจะต้องตีความจากข้อความในโจทย์ดังกล่าวประกอบกับการแก้โจทย์ปัญหาจะต้องใช้การคิดขั้นสูงที่สลับซับซ้อน (Guilford. 1971 :138) เช่น การตีความ การเข้าใจสัญลักษณ์ การวิเคราะห์ การรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบและการคิดคำนวณเป็นต้น (สุทธาทิพย์ นวลหงษ์.2542:2) และองค์ประกอบในการแก้โจทย์ปัญหา

ให้สำเร็จจะต้องมีการมองเห็นภาพ การจินตนาการ การจัดกระทำอย่างมีทักษะ การวิเคราะห์ การสรุป การโยงความคิด (กระทรวงศึกษาธิการ.2539ก:262) การรู้คำศัพท์ การคำนวณ การคาดคะเนคำตอบ การแยกแยะข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง การหาความสัมพันธ์ การหาข้อมูลเพิ่มเติม และการแปลความหมาย (Heimer and Truebiood.1977:52;Hunney .1971:223-224) ชเวทเจอร์ และวีดเลย์ (Cruikshank, Fitzerald and Jensen. 1980:232-233; Citing Shweiger and Weatley. 1975) ได้สำรวจกระบวนการคิดขั้นพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีกระบวนการพื้นฐาน 8 ประการที่ใช้ในกิจกรรมการแก้ปัญหา ได้แก่ การจัดประเภท การอนุมาน การสรุปอ้างอิงรูปแบบ การทดสอบสมมติฐาน การแปลง การลองผิดลองถูก การตรวจสอบ จอห์น (Merleshoe.1985: 13;Citing John.1927) พบข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ได้แก่ เรื่องเหตุผล ทักษะการคำนวณ และทักษะการอ่าน ซึ่งมีความเห็นสอดคล้องกับ ชาฟฟ์ (Scheft.1946:494-497) ซาลิวสกี (Zalewski.1978: 2804-A) ได้พบว่าองค์ประกอบ ที่ช่วยในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มี 5 ประการคือ ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการจัดกระทำ ความเข้าใจในการอ่าน ศัพท์ การตีความจากกราฟและตาราง มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ มีทักษะในการคำนวณ สุลัดดา ลอยฟ้าและคณะ (2530:13-15) พบว่าทักษะการเขียนประโยคสัญลักษณ์ ทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการเขียนภาพ ทักษะการใช้เหตุผล ทักษะการพิจารณาข้อมูล ทักษะการประมาณค่า ทักษะการสร้างปัญหา ทักษะการอ่านแผนภูมิ มีผลต่อการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และ เว็บบ์ (Webb.1975:2689-A) พบว่า ภาษา แบบการคิด มิติสัมพันธ์ เหตุผล และการแก้ปัญหา มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับสูงซึ่งสอดคล้องกับ วรรณดี วรรณศิลป์ (2523:26) จรรยา ภูอุดม (2524:48-54) ที่ว่าความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยทุกวิชา อาจจะสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา มี 3 ด้านคือ สติปัญญา (Intelligence) ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การจำแนกประเภท อุปมาอุปไมย และการจัดประเภท การอ่าน (Reading) ได้แก่ ความเข้าใจในการอ่าน และทักษะพื้นฐาน (Basic Skill) ไ ด้แก่อนุกรมตัวเลข และทักษะการคิดคำนวณ (Adams ,Ellis and Beeson.1977:174-175)

จากที่กล่าวมานั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองบางประการกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และเปรียบเทียบค่าน้ำหนักความสำคัญของความสามารถทางสมองแต่ละด้านที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ แต่ละขั้นตอน ของนักเรียน และเปรียบเทียบค่าน้ำหนักความสำคัญ ของความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นประโยชน์ ในการเลือกแบบต่างๆ ของความสามารถทางสมอง สำหรับใช้ในการเลือกแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองที่เหมาะสม

ไปพัฒนานักเรียนให้มีเหตุผล อันที่จะส่งเสริมให้มีความสามารถในการเลือกใช้กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนสูงยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2. เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญของความสามารถทางสมองแต่ละด้านที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชายและหญิง ชั้นมัธยมศึกษาปีที2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 ของกลุ่มโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา ส่วนกลาง กลุ่มที่ 4 กรุงเทพมหานคร จำนวน 7260 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชายและหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา ส่วนกลาง กลุ่มที่ 4 กรุงเทพมหานคร จำนวนนักเรียน 640 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Statified Random Sampling)

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ความสามารถทางสมองบางประการจำแนกได้ดังนี้

3.1.1 ความสามารถด้านทักษะการคิดคำนวณ

3.1.2 ความสามารถด้านอนุกรมตัวเลข

3.1.3 ความสามารถด้านความเข้าใจในการอ่าน

3.1.4 ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

3.1.5 ความสามารถด้านอุปมาอุปไมยแบบภาษา

3.1.6 ความสามารถด้านการสรุปความ

3.1.7 ความสามารถด้านการจัดประเภทแบบภาษา

3.2 ตัวแปรตาม คือกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เนื้อหาที่ใช้ในการในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการและอสมการ ภาคเรียนที่ 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความสามารถทางสมอง เป็นความสามารถของบุคคลในการทำกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและมีประสิทธิภาพในช่วงเวลาที่จำกัด อีกทั้งเป็นความสามารถที่ได้รับมาจากการเรียน และ ประสบการณ์

2. ความสามารถทางสมองบางประการ หมายถึง ลักษณะของความสามารถทางสมองที่นำมาศึกษาครั้งนี้ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบในด้านต่อไปนี้

2.1 ความสามารถด้านทักษะการคิดคำนวณ หมายถึงความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร ตัวเลข ภายในเวลาที่กำหนด

2.2 ความสามารถด้านอนุกรมตัวเลข หมายถึง ความสามารถในการจัดเรียงลำดับตัวเลขอย่างมีระบบ โดยการคิดคำนวณหาตัวเลขที่อยู่ถัดไปด้วยวิธีการบวก ลบ คูณ หาร

2.3 ความสามารถด้านความเข้าใจในการอ่าน หมายถึง ความสามารถในการแปลความ ตีความ ขยายความ และการวิเคราะห์ข้อความจากข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้

2.4 ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการพิจารณา คำหรือข้อความจากสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้วหาลักษณะร่วมกัน หรือแตกต่างกัน

2.5 ความสามารถด้านอุปมาอุปไมยแบบภาษา หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจลักษณะของข้อสอบ จะเป็นคำ หรือข้อความที่สัมพันธ์กัน หรือเกี่ยวข้องกันบางอย่าง หรือหาคำหรือข้อความ อีกคำหรือข้อความหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กันทางใดทางหนึ่งที่กำหนดให้

2.6 ความสามารถด้านการสรุปความ หมายถึง ความสามารถพิจารณาหาข้อสรุปเป็นความสามารถในการเข้าใจ ลักษณะของข้อสอบที่มุ่งวัดความสามารถในการสรุปหาข้อยุติเป็นการสรุปที่ใช้เหตุผลทางภาษา โดยอาศัยโครงสร้างทางด้านตรรกวิทยา การหาข้อยุติต้องคำนึงถึงความเป็นจริง และสมเหตุสมผลตามเงื่อนไขของข้อเท็จจริงที่กำหนดให้พิจารณา

2.7 ความสามารถด้านการจัดประเภทแบบภาษา หมายถึง หมายถึงความสามารถในการจัดจำแนกประเภทของสิ่งต่างๆที่กำหนดให้ว่าสิ่งใดเข้าพวก ไม่เข้าพวกได้อย่างเหมาะสมโดยยึดความเหมือน หรือความแตกต่าง ด้านสมบัติทางภาษา โครงสร้างหน้าที่ คุณลักษณะต่างๆ เปรียบเทียบกับกลุ่มที่กำหนดให้

3. กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง ลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของโพลยา (Polya.1957:6-22) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นดังนี้

ขั้นที่1 เป็นการทำความเข้าใจปัญหา โดยทำความเข้าใจในสัญลักษณ์ต่างๆในโจทย์ปัญหา

ขั้นที่2 เป็นการวางแผนในการแก้ปัญหา แยกแยะปัญหาออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อสะดวกต่อการลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา

ขั้นที่3 การแก้ปัญหาเป็นการลงมือทำตามแผน ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนลงมือทำการคิดคำนวณตามแผนการที่วางไว้ ในขั้นที่ 2 เพื่อจะให้ได้คำตอบของปัญหา

ขั้นที่4 เป็นการตรวจสอบวิธีการและหาคำตอบ เพื่อความแน่ใจว่าถูกต้องสมบูรณ์

4. น้ำหนักความสำคัญ หมายถึง ค่าที่แสดงให้ทราบว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวส่งผลต่อตัวแปรตามมากน้อยเพียงใดในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนดิบ

5. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึงผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ทางด้านความสามารถทางสมองและกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ผู้ที่มีวุฒิการศึกษาอย่างน้อยปริญญาโท สาขาการวัดผลการศึกษา จำนวน 6 ท่าน เพื่อเป็นผู้ประเมินความเที่ยงตรงตามนิยามของข้อสอบที่สร้างขึ้นและอาจารย์ผู้มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 2 ท่าน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ จะทำให้ทราบว่าความสามารถทางสมองด้านใดมีความสัมพันธ์กับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างไร และผลของความสามารถทางสมองด้านใดที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาสูงสุด ซึ่งจะนำผลที่ได้นี้เป็นแนวทางให้แก่ ครู อาจารย์ นักการศึกษา นักแนะแนว เพื่อปลูกฝังความสามารถทางสมองเพื่อพัฒนาการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจำแนกออกเป็น ดังนี้

1. ความสามารถทางสมองของมนุษย์
    - 1.1 ความหมายของความสามารถทางสมอง
    - 1.2 ทฤษฎีความสามารถทางสมองของมนุษย์
    - 1.3 แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองของมนุษย์
2. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 2.1 ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 2.2 ลักษณะการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 2.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 2.4 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
    - 3.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์
    - 3.2 ความหมายของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
    - 3.3 ประเภทของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
    - 3.4 กระบวนการและขั้นตอนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความสามารถทางสมองของมนุษย์

1.1 ความหมายของความสามารถทางสมอง

ความสามารถทางสมองหรือเชาว์ปัญญาในภาษาอังกฤษใช้กันอยู่หลายคำ เช่น Ability , Intelligence , Capacity , Potential ซึ่งความสามารถทางสมองหรือเชาว์ปัญญา เป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้คนเราแตกต่างกันไปในด้านต่างๆ ได้มีนักการศึกษาและนักจิตวิทยา หลายท่าน ได้ให้ความหมายที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มที่มองภาพความสามารถทางสมองในลักษณะเดียวกันได้ดังนี้

กลุ่มที่ให้ความหมายความสามารถทางสมองเป็นสมรรถวิสัยหรือความสามารถทั่วๆไป ในการเรียนรู้ที่ได้รับมาจากพันธุกรรมหรือมีมาแต่กำเนิด เช่น กิลเบิร์ท (Gilbert. 1974 : 290) ได้ให้ความหมายว่า เป็นสมรรถวิสัยในการเรียนรู้ ที่ได้รับจากพันธุกรรม ส่วน สตีเฟน (Stephen. 1967:171) ได้ให้ความหมายในลักษณะคล้ายกันว่า เป็นความสามารถทั่วๆไป ด้านความรู้ ความเข้าใจ ที่ติดตัวมาแต่กำเนิด

กลุ่มที่ให้ความหมายความสามารถทางสมองเป็นความสามารถในการนำเอาประสบการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ เช่น เฮพเนอร์ (Hepner.1950: 118) ได้ให้ความหมายว่า เป็นระดับความสามารถในการใช้ประสบการณ์ของแต่ละบุคคล มาแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และสามารถทำนายเหตุการณ์ในอนาคตได้ ซึ่ง แคแกน (Kagan .1968:118) ได้ให้ความหมายไว้ในทำนองเดียวกัน

กลุ่มที่ให้ความหมายของความสามารถทางสมอง เป็นสิ่งที่แบบทดสอบสามารถวัดออกมาได้เช่น อีเบล (ทองห่อ วิภาวิน.2523:14; อ้างอิงจาก Ebel.1953) ได้ให้ความหมายว่า เป็นสิ่งที่แบบทดสอบวัดสติปัญญาสามารถวัดออกมาได้ และแบบทดสอบวัดสติปัญญาที่แตกต่างกันจะวัดชนิดของสติปัญญาที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ ทัคแมน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2527:24; อ้างอิงมาจาก Tuckman. 1975)ที่ได้ให้ความหมายว่าเป็นส่วนผสมของทักษะทางปัญญาหรือความสามารถทางสมอง ซึ่งสามารถระบุรายละเอียดได้จาก แบบทดสอบ

กลุ่มที่ให้ความหมายของความสามารถทางสมองเป็นการปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ต่างๆในการดำรงชีวิต เช่น วอร์เร็น (Bingham.1976:36; eiting Warren.1934)ได้ให้ความหมายว่า เป็นความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ที่แปลกใหม่ได้อย่างรวดเร็ว และ บราว (Brown.1970:316) ได้ให้ความหมายในทำนองเดียวกันว่า เป็นความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่ๆ การคิดอย่างมีเหตุผล รวมทั้งการใช้สัญลักษณ์ได้อย่างคล่องแคล่ว

กลุ่มที่ให้ความหมายของความสามารถทางสมองเป็นพลังความสามารถ พลังความคิด พลังการตอบสนอง ได้แก่ กูดและเมอร์เก็ท (Good and Merket. 1959 : 1) ให้ความหมายว่า เป็นพลังของบุคคลที่แสดงออกมาอย่างเป็นระบบ ในการเข้าใจทุกสิ่งทุกอย่างที่กระทำ หรือตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง ส่วน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2527: 25) ให้ความหมายว่าเป็นพลังงานที่ได้จากการกระทำของระบบสมอง ซึ่งถ้าสมองมีผลผลิตของพลังงานมากก็จะมีเชาว์ปัญญาสูงหรือความสามารถทางสมองสูง และถ้าสมองมีผลผลิตของพลังงานน้อยก็จะมีเชาว์ปัญญาต่ำ หรือมีความสามารถทางสมองต่ำ

กลุ่มที่ให้ความหมายของความสามารถทางสมองเป็นความสามารถเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรม และสามารถเรียนรู้ทุกสิ่งทุกอย่าง จนเกิดความชำนิชำนาญ ได้แก่ เกทส์ และคนอื่นๆ (Gates and others.1984 : 225) ให้ความหมายว่าเป็นเสมือนผลรวมของความสามารถในการเรียนรู้เข้าใจได้คล่องแคล่ว และแม่นยำ เกี่ยวกับความจริงที่เป็นนามธรรม

เพื่อที่จะได้ควบคุมสมองและแสดงออกตามความเหมาะสม ในการแก้ไขสถานการณ์ต่างๆ และเลวิน (Levin.1978:638) กล่าวว่าเป็นสมรรถวิสัยในการเรียนรู้ ความสามารถในการใช้สัญลักษณ์ การคิด และการแก้ปัญหาต่างๆ

จากความหมายดังกล่าวพอสรุปได้ว่า ความสามารถทางสมอง เป็นความสามารถของบุคคลในการทำกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและมีประสิทธิภาพในช่วงเวลาที่จำกัด อีกทั้งเป็นความสามารถที่ได้รับมาจากการเรียนและประสบการณ์

1.2 ทฤษฎีความสามารถทางสมองของมนุษย์

สมรรถภาพสมอง หรือ ความสามารถทางสมอง คือขีดระดับสูงสุดของการกระทำของบุคคลที่สร้างมาจากการเรียนรู้และประสบการณ์ทำให้แต่ละบุคคลนั้นมีความสามารถในการเรียน การทำงาน แตกต่างกันไป ซึ่งมีทฤษฎีหรือแนวคิด ที่แตกต่างกันไป ดังต่อไปนี้ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ.2525:42)

1. ทฤษฎีองค์ประกอบเดี่ยว (Uni – Factor Theory หรือ Global Theory) ซึ่งเป็นแนวคิดของ บิเน่ท์ และ ซิมอน (Binet and Simon .1905) ซึ่งมีความเชื่อว่า สมรรถภาพทางสมองของมนุษย์ ประกอบด้วยภาคส่วนเดียว เป็นลักษณะอันหนึ่งเดียวไม่แบ่งแยกเป็นส่วนย่อย ที่เรียกว่าองค์ประกอบทั่วไป หรือความสามารถทั่วไป

2. ทฤษฎีสององค์ประกอบ (Two - Factor Theory) Chales Spearman ซึ่งเป็นนักจิตวิทยาชาวอังกฤษ เป็นผู้คิดค้นและเชื่อว่ากิจกรรมทางสมองทุกอย่างเมื่อวิเคราะห์ดูแล้วประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ เรียกชื่อ 2 องค์ประกอบนี้ว่า องค์ประกอบทั่วไป (General Factor หรือ G – Factor) และองค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factor หรือ S –Factor)

3. ทฤษฎีหลายองค์ประกอบ (Multiple - Factor Theory) เป็นแนวคิดของเธอร์สโตน (L.L Thurtone) เขาได้เสนอทฤษฎีเมื่อ ค.ศ.1933 โดยได้วิจัยโครงสร้างของสมองอย่างกว้างขวาง โดยใช้แบบทดสอบ 56 ฉบับ ไปทดสอบนักเรียนหลายร้อยคน และได้ใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) และพบว่าความสามารถทางสมองได้แยกออกเป็นส่วนย่อยๆ หลายกลุ่ม และแต่ละกลุ่มทำหน้าที่ เป็นอย่างๆไปโดยเฉพาะ หรืออาจจะทำงานร่วมกันบ้างก็ได้ และพบว่าความสามารถทั่วไป (G – Factor) ของสเปียร์แมน แท้ที่จริงแล้วเป็นความถนัดทางการเรียนภาษาเท่านั้น ส่วนองค์ประกอบย่อยนี้ เธอร์สโตน ให้ชื่อว่า ความสามารถปฐมภูมิของสมอง(Primary Mental Abilities) เขาแยกองค์ประกอบย่อยโดยยึดน้ำหนักขององค์ประกอบเด่นๆ (Loading Factor) เป็นสำคัญ แต่จริงๆแล้ว กลุ่มของความสามารถหรือองค์ประกอบก็ยังทำหน้าที่เกี่ยวพันกันบ้างเหมือนกัน ดังเช่น องค์ประกอบด้านภาษา (Verbal Factor) น้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดคือความสามารถทางศัพท์ลดลงมาคือ อุปมาอุปไมยทางภาษา และน้ำหนักน้อยที่สุดคือ คณิตศาสตร์เหตุผล ซึ่งความสามารถปฐมภูมิ ของสมองประกอบด้วยความสามารถของมนุษย์ ที่เห็นได้ชัด และสำคัญ 7 ประการดังนี้

3.1 องค์ประกอบทางภาษา (Verbal Factor) ใช้อักษรย่อว่า V องค์ประกอบส่วนนี้ของสมองจะส่งผลให้รู้ถึง ความสามารถด้านความเข้าใจภาษา การสื่อสารทั่วไป ผู้ที่มีองค์ประกอบด้านนี้สูง จะมีความสามารถในการเข้าใจศัพท์ ข้อความ บทกวี มีความสามารถในการอ่านเอาเรื่อง อ่านแบบเข้าใจความหมาย รู้ความสัมพันธ์ของคำ รู้ความหมายของศัพท์เป็นอย่างดี เรื่องราวต่างๆที่อ่าน ความมีเหตุผลทางภาษา และการเลือกใช้ภาษาอย่างเหมาะสม (บุญชม ศรีสะอาด.2521:63) ซึ่งจะส่งผลสำเร็จในการเรียนวิชาภาษาไทย สังคมศึกษา และอาชีพที่เกี่ยวข้อง เช่นครู ทนายความ นักประพันธ์ นักวิจารณ์ นักหนังสือพิมพ์ และถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างมาก ในสังคมมนุษย์ เพราะต้องใช้ในการสื่อสารตลอดเวลา (ไพศาล หวังพานิช.2526:120)

3.2 องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่วในการใช้ถ้อยคำ (Rord Fluency Factor) ใช้อักษรย่อว่า W เป็นความสามารถที่จะใช้คำได้มากในเวลาจำกัด เช่น ให้หาคำที่ขึ้นต้นด้วย "ก"มามากที่สุด ในเวลาจำกัด เป็นความสามารถในการใช้คำต่างๆ ได้อย่างคล่องแคล่วถูกต้อง สามารถใช้คำได้อย่างมากมาย อย่างมีทักษะด้วย ดังนี้เป็นต้น ความสามารถด้านนี้ จะส่งผลให้มีความสามารถในการเจรจา

3.3 องค์ประกอบด้านจำนวน (Number Factor) ใช้อักษรย่อว่า N องค์ประกอบนี้ส่งผลให้มีความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ต่างๆได้ดี มีความสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ และความหมายของจำนวน และมีความแม่นยำคล่องแคล่วในการ บวก ลบ คูณ หาร ในวิชาคณิตศาสตร์ได้อย่างดี

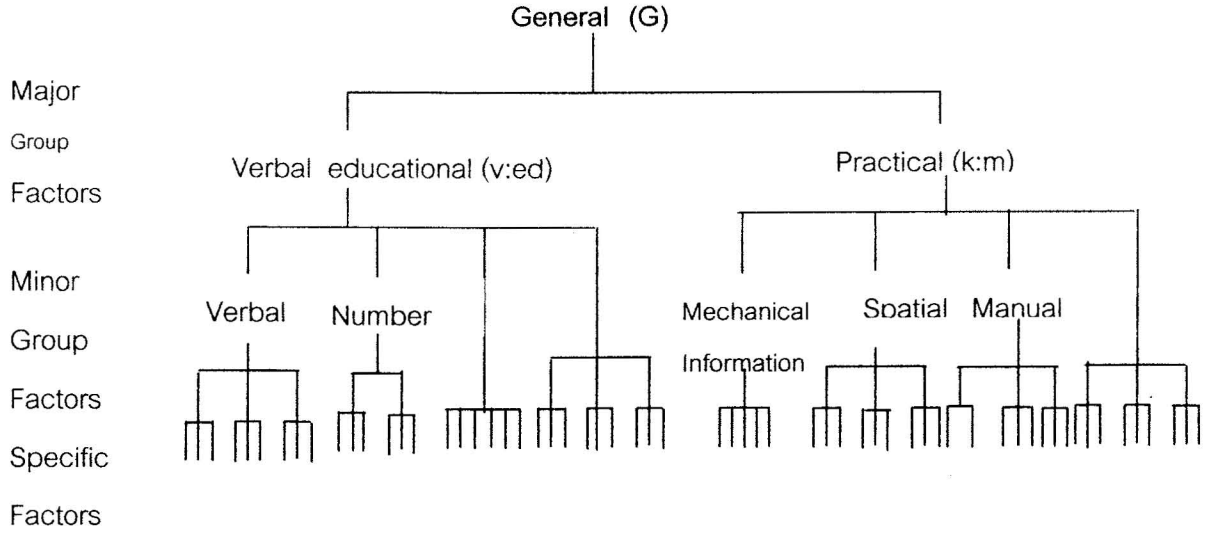
3.4 องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Space Factor) ใช้อักษรย่อว่า S ความสามารถด้านนี้ จะส่งผลให้คนเข้าใจถึงขนาดและมิติต่างๆ อันได้แก่ ความสั้น ยาว ใกล้ ไกล และพื้นที่หรือทรวดทรงที่มีขนาด และปริมาณแตกต่างกัน สามารถสร้างจินตนาการ ให้เห็นส่วนย่อยและส่วนผสม ของวัตถุต่างๆ เมื่อนำมาซ้อนทับกัน สามารถรู้ความสัมพันธ์ ของรูปทรงเรขาคณิต เมื่อเปลี่ยนแปลงที่อยู่

3.5 องค์ประกอบด้านความจำ (Memory Factor) ใช้อักษรย่อว่า M เป็นความสามารถด้านความทรงจำเรื่องราว และมีสติระลึกรู้ จนสามารถถ่ายทอดได้ ความจำในที่นี้อาจเป็นความจำแบบนกแก้ว หรือจำโดยอาศัยสิ่งสัมพันธ์ได้ ซึ่งถือว่าเป็นความจำในองค์ประกอบนี้ทั้งนั้น

3.6 องค์ประกอบด้านสังเกตพิจารณา (Perceptual Speed Factor) ใช้อักษรย่อว่า P องค์ประกอบของสมองด้านนี้ ได้แก่ความสามารถด้าน เห็นรายละเอียด ความคล้ายคลึง หรือความแตกต่างระหว่างสิ่งของ ต่างๆ อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

3.7 องค์ประกอบด้านเหตุผล (Reasoning Factor) ใช้อักษรย่อว่า R บางทีใช้ Induction หรือ General Reasoning องค์ประกอบนี้แสดงถึงความสามารถ ด้านวิจารณญาณ หาเหตุหาผลค้นคว้าหาความสำคัญ ความสัมพันธ์ และหลักการทั้งหลาย ที่สร้างกฎหรือทฤษฎี

4. ทฤษฎีลำดับขั้น (Hierachical Factor) ทฤษฎีนี้เสนอโดย นักจิตวิทยาชาวอังกฤษ ชื่อ เบิร์ท (Burt) และเวอร์นอน (Vernon) และชาวอเมริกา คือ ฮัมเฟรย์ (Humphreys) ในปี ค.ศ.1960 โดยเฉพาะ เวอร์นอน ได้เสนอโครงสร้างทางสมองตามทฤษฎีสององค์ประกอบ (Two Factor Theory) ของ สเปียร์แมน ในส่วนขององค์ประกอบทั่วไป (General Factor :G-Factor) ว่า แบ่งออกเป็นสององค์ประกอบใหญ่ๆคือ Verbal – Education (V:ed) และ Practical – Mechanical (K:m) ซึ่งองค์ประกอบใหญ่ทั้งสองรวมเรียกว่า Major group Factor และองค์ประกอบใหญ่ทั้งสองนี้ ยังแบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อยๆ ดังนี้คือ Verbal - Education แบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อยด้านภาษา (Verbal) ด้านตัวเลข (Numerical) และอื่นๆ ส่วน Practical – Mechanical แบ่งเป็น องค์ประกอบย่อยด้านความรู้เชิงจักรกล (Mechanical – Information) มิติสัมพันธ์ (Spatial) ความสามารถในการใช้การประสานงาน ของกล้ามเนื้อ (Psychomotor Abilities) และอื่นๆ องค์ประกอบย่อยแต่ละองค์ประกอบ ยังแบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อยๆอีก ซึ่งถือว่าเป็นองค์ประกอบระดับต่ำสุด เรียกว่า องค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factor) ซึ่งถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่เล็กที่สุด (Anastasi .1982:370-371) ดังรูป



ภาพประกอบ 1 โครงสร้างของสมรรถภาพสมองตามทฤษฎีไฮราคิคัล

5.1 ฟลูอิด อะบิลิตี้ (Fluid Ability) เป็นความสามารถทั่วไปผู้ที่มีปริมาณความสามารถทางด้านนี้สูงจะสามารถทำงานชนิดต่าง ๆได้ดี ความสามารถด้านนี้มักจะแทรกอยู่ในทุก ๆอริยบท ของกิจกรรมทางสมอง ที่เป็นการคิดและการแก้ปัญหา มโนภาพของความสามารถด้านนี้ ค่อนข้างนามธรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ประสิทธิภาพทางสมองด้านที่ไม่ใช่ภาษา (Nonverbal) และด้านที่ไม่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรม ตัวอย่างความสามารถด้านนี้เช่น ความสามารถด้านเหตุผลเชิงอุปมานและอนุมาน เหตุผลสัมพันธ์ ความสามารถเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของอนุกรมภาพ

5.2 คริสตอลไลซ์ อะบิลิตี้ (Crystallized Ability)เป็นความสามารถที่เชื่อมโยงกับวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมอย่างใกล้ชิด ซึ่งเป็นความสามารถที่จะเข้าใจภาษา ความสามารถในการประเมินคุณค่าของสังคม

6. ทฤษฎีโครงสร้างสามมิติของปัญญา (Three Factor of Intellect Model) กิลฟอร์ด (Guilford 1967) เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างทางสมองของมนุษย์ ในปี ค.ศ.1976 กิลฟอร์ดได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณลักษณะโดยจัดระบบของคุณลักษณะให้อยู่ในรูปใหม่เป็นลูกบาศก์รวมกัน 120 ก้อน และนิยามคุณลักษณะเป็น 3 มิติ ดังนี้

มิติที่ 1 ด้านกระบวนการหรือวิธีการของการคิด (Operations) มีส่วนประกอบย่อย 5 ส่วนคือ

1. การรู้การเข้าใจ(Cognition)หมายถึงความสามารถที่เห็นสิ่งเร้าแล้วเกิดการรับรู้เข้าใจในสิ่งนั้น ๆ และบอกได้ว่าสิ่งนั้น ๆคืออะไร

2. ความจำ (Memory) หมายถึงความสามารถในการเก็บสะสมความรู้แล้วสามารถระลึกนึกออกมาได้

3. การคิดอเนกนัย (Divergent Production) เป็นความสามารถในการตอบสิ่งเร้าได้หลายแง่หลายมุมแตกต่างกันไป เช่น ให้บอกประโยชน์ของก้อนอิฐมากที่สุดที่จะบอกได้ ถ้าผู้ใดคิดได้มากและแปลกที่สุดมีเหตุมีผล ถือว่าผู้นั้นมีความคิดแบบอเนกนัย

4. การคิดแบบเอกนัย (Convergent Production) เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบที่ดีที่สุด หาเกณฑ์ที่เหมาะสมได้ดีที่สุด ดังนั้นคำตอบแบบนี้ก็ต้องถูกเพียงคำตอบเดียว

5. การคิดแบบประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการตีราคา ลงสรุปโดยอาศัยเกณฑ์ที่ดีที่สุด

มิติที่ 2 ด้านเนื้อหา (Content) เป็นด้านที่ประกอบด้วยสิ่งเร้าและข้อมูลต่างๆ แบ่งออกได้ 4 อย่างคือ

1. ภาพ (Figural) หมายถึงสิ่งเร้าที่เป็นรูปธรรม หรือรูปที่แน่นอน สามารถจับต้องได้ หรือเป็นรูปภาพที่ระลึก นึกออกได้ดังรูปนั้นก็ได้

2. สัญลักษณ์ (Symbolic) หมายถึงข้อมูลที่เป็นเครื่องหมายต่างๆ เช่น ตัวอักษร ตัวเลข โน้ตดนตรี รวมทั้งสัญญาณต่างๆด้วย

3. ภาษา (Semantic) หมายถึงข้อมูลที่เป็นถ้อยคำพูด หรือภาษาเขียนที่มีความหมาย สามารถใช้ติดต่อสื่อสารแต่ละกลุ่มได้ แต่ส่วนใหญ่มองในด้านคิด (Verbal thinking) มากกว่าเขียนหรือมองความหมาย

4. พฤติกรรม (Behavioral) หมายถึงข้อมูลที่เป็นการแสดงออก รวมทั้งทัศนคติ ความต้องการ การรับรู้ ความคิด

มิติที่ 3 ผลของการคิด (Products)เป็นผลของกระบวนการจัดกระทำของความคิดกับข้อมูลจากเนื้อหา ผลิตผลของความคิดแยกได้เป็นรูปร่างต่างๆกันซึ่งแบ่งออกได้ 6 อย่างคือ

1. หน่วย (Units) หมายถึงสิ่งที่มีคุณสมบัติ เฉพาะตัวและแตกต่างไปจากสิ่งอื่นๆ เช่น คน สุนัข แมว เป็นต้น

2. จำพวก (Classes) หมายถึงชุดของหน่วย ที่มีคุณสมบัติร่วมกัน เช่น ข้าวโพด กับมะพร้าว เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเหมือนกัน ดังนี้เป็นต้น

3. ความสัมพันธ์ (Relations) หมายถึงผลของการเชื่อมโยงความคิด สองประเภทหรือหลายประเภทเข้าด้วยกัน โดยอาศัยลักษณะบางประการเป็นเกณฑ์ อาจจะเป็นหน่วยกับหน่วย จำพวกกับจำพวก ระบบกับระบบ ก็ได้ เช่นคนกับอาหาร ต้นไม้กับปุ๋ย ดังนี้เป็นต้น

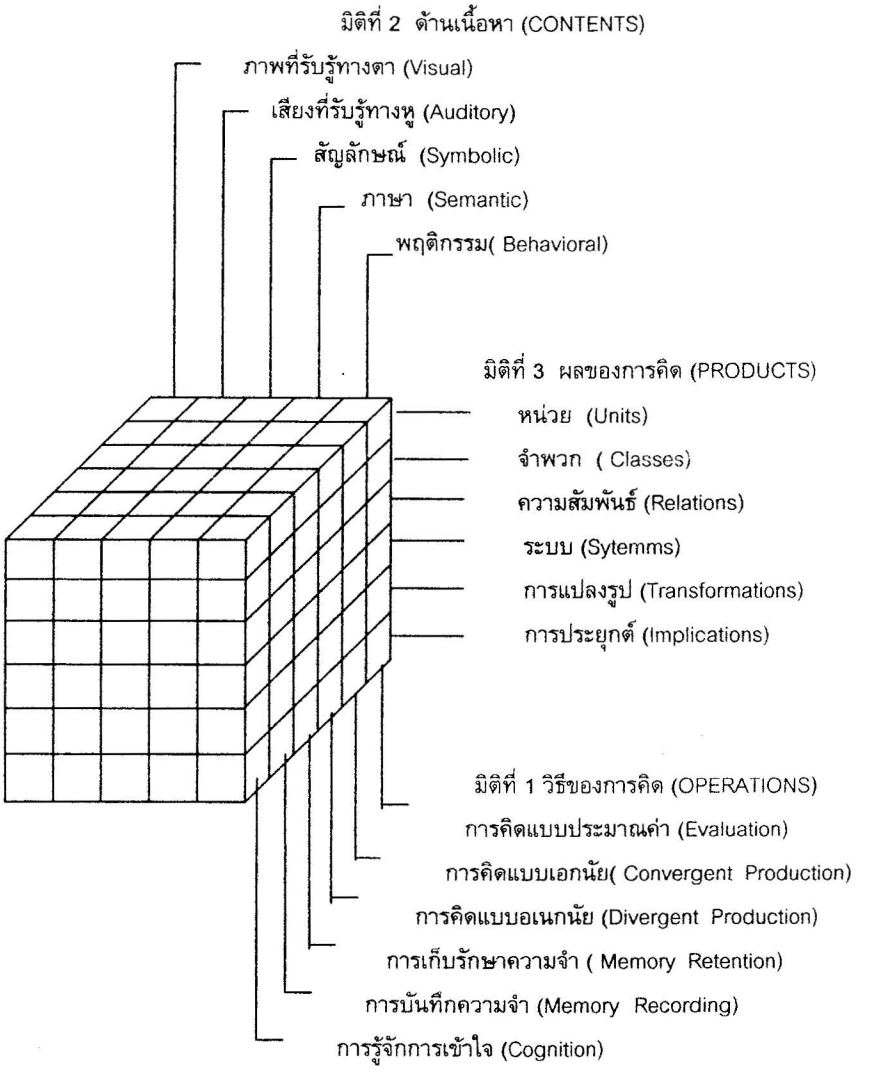
4. ระบบ(Systems) หมายถึงการจัดองค์การ จัดแบบแผน หรือจัดรวมโครงสร้างให้อยู่ในระบบว่าอะไรมาก่อนมาหลัง

5. การแปลงรูป (Transformations) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่ให้มีรูปแบบใหม่ การเปลี่ยนแปลงอาจจะมองในรูปแบบของข้อมูลหรือประโยชน์ก็ได้

6. การเกี่ยวพัน (Implications) หมายถึงความเข้าใจในการนำข้อมูลไปใช้ขยายความเพื่อการพยากรณ์หรือคาดคะเนข้อความในตรรกวิทยา ประเภท “ถ้า...แล้ว...” ก็เป็นพวกใช้คาดคะเนโดยอาศัยเหตุและผล

เมื่อรวมทั้งสามมิติประกอบกัน จะเห็นว่ามีโครงสร้างวัดเชาว์ปัญญาตามทฤษฎีของกิลฟอร์ด ประกอบด้วย 5 ×4×6 = 120 หน่วยลูกบาศก์ แต่ต่อมาในปี ค.ศ. 1977 กิลฟอร์ดได้เปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมมิติที่ 2 ด้านเนื้อหา (Conten) ในส่วนของภาพ (Figural) ออกเป็นภาพที่รับรู้ทางตา (Visual)และ เสียงที่รับรู้ทางหู (Auditory) จึงทำให้มิติที่ 2 ด้านเนื้อหาเพิ่มเป็น 5 ลักษณะ และโครงสร้างวัดเชาว์ปัญญา ตามทฤษฎีของกิลฟอร์ด ก็เพิ่มขึ้นเป็น5× 5 ×6 = 150 หน่วยลูกบาศก์และใน ปี ค.ศ.1988 กิลฟอร์ด ก็เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ ในมิติที่ 1

ด้านกระบวนการ หรือวิธีการของการคิด (Operations)โดยขยายองค์ประกอบด้านความจำ (Memory) ออกเป็นการเก็บรักษาความจำ (Memory Retention) และการบันทึกการจำ (Memory Recording) จึงทำให้โครงสร้างวัดเชาว์ปัญญา ตามทฤษฎีของกิลฟอร์ด เปลี่ยนไปเป็น 6× 5× 6 = 180 หน่วยลูกบาศก์ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 2 โครงสร้างความสามารถทางสมองของทฤษฎีโครงสร้างสามมิติของปัญญา

7. ทฤษฎีความสามารถทางสมองสองระดับ(Two-level theory of mental Ability) ทฤษฎีนี้เสนอโดยเจนเซน (Jensen.1968) เจนเซน ได้เสนอทฤษฎีว่า ความสามารถทางสมองมีอยู่ 2 ระดับ ระดับที่ 1 (Level I) เป็นความสามารถด้านเรียนรู้ และจำอย่างนกแก้ว นั่นคือความสามารถที่จะสั่งสม หรือเก็บสะสมข้อมูลไว้ได้ พร้อมที่จะระลึกนึกออกได้ ระดับนี้ไม่ได้รวม

การแปรรูป หรือการจัดกระทำทางสมองแต่อย่างใด หรือพูดอีกอย่างหนึ่งว่าในระดับนี้ ไม่ได้ใช้วิธีการคิดใดๆ เลยจากสิ่งที่สมองรับเข้าไป ระดับ 2 (Leve II) เป็นระดับของการจัดกระทำทางสมองเป็นขั้นสร้าง มโนภาพ เหตุผลและแก้ปัญหาระดับ 2 นี้ดูไปแล้ว ก็เหมือนกับองค์ประกอบทั่วไป (G –Factor)

8. ทฤษฎีเชาว์ปัญญาสามหลัก (Triarchic Theory of Human Intelligence) ทฤษฎีนี้นำเสนอโดย สเทินเบอร์ก (Sternberg.1985) เขาวิเคราะห์เชาว์ปัญญาว่าประกอบด้วย 3 ด้าน หลักใหญ่ๆ คือ

1. Metacomponents บางทีเรียกว่า Executive Process เป็นความสามารถในการวางแผนงานว่าจะทำอะไรต่อไป ชี้แนะขณะกำลังทำอะไรอยู่ และประเมินว่าผลงานเป็นอย่างไร ตัวอย่างเช่น ทำโจทย์พีชคณิต คนทำจะต้องสามารถพิสูจน์ว่า โจทย์ลักษณะนี้ใช้สูตรอะไร จึงสอดคล้อง ขณะทำโจทย์จะต้องมีความสามารถ ในการแยกแยะพิจารณาโจทย์ด้วยแง่คิดหลายอย่างเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง และเมื่อทำโจทย์พีชคณิตข้อนี้เสร็จ แล้วยังสามารถตอบได้ว่ามีความเป็นไปได้มากที่สุด

2. Performance Process เป็นกระบวนการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ตามที่คำแนะนำของกระบวนการข้อแรก อย่างตัวอย่างโจทย์พีชคณิต พอใช้ความสามารถขั้นแรกแล้ว เริ่มลงมือทำให้ได้คล่อง แคล่วว่องไวอย่างมีทักษะ แบบนี้เป็นลักษณะ Doing components นั่นเอง

3. Knowledge – Acquisition Components บางทีเรียกว่า Learning Components เป็นความสามารถในการเรียนรู้ ในการแก้ปัญหา นั่นก็คือ ความสามารถด้านนี้เน้นแสวงหาความรู้ความเข้าใจ ใหม่ได้รวดเร็ว เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ดังเช่นในโจทย์พีชคณิตของข้อแรกที่กล่าวมาแล้ว ความรู้ที่ว่านี้เป็นความรู้นอกเหนือ จากการเรียนรู้มาแล้ว เป็นความรู้ที่เรียนรู้ได้จากสังคม บางทีเรียกว่า practical intelligence

9. ทฤษฎีเชาว์ปัญญาหลากหลาย (Theory of Multiple Intelligence) ทฤษฎีนี้นำเสนอโดย การ์ดเนอร์ (Gardner .1983) การ์ดเนอร์ นิยามเชาว์ปัญญาเป็นวิสัย สามารถในการแก้ปัญหา หรือบัลดาลผลงานที่มีค่าในกลุ่มวัฒนธรรมต่างๆ ความสามารถทั้งหลายที่รวมตัวกันเรียกว่า เชาว์ปัญญามี 7 ด้าน

1. Logical – Mathematical เป็นความสามารถว่องไว และ มีศักยภาพในการมองเห็นมีตรรกในเรื่องปริมาณ และยังมีความสามารถในการใช้เหตุผล ได้ดีอย่างต่อเนื่อง ถ้ามีความสามารถด้านนี้สูง จะเป็นพวกนักวิทยาศาสตร์ และนักคณิตศาสตร์เป็นเป้าหมาย

2. Linguistic เป็นความสามารถด้านภาษา มีความไวต่อการรับรู้ เสียง จังหวะ ความหมายคำ สามารถแยกแยะในความแตกต่าง ของหน้าที่ของภาษา ได้อย่างว่องไว

3. Musical เป็นความสามารถทางดนตรี นั่นคือสามารถสร้างและซาบซึ้งในจังหวะระดับ ของเสียงดนตรีที่ผิดแผกกัน มีความซาบซึ้งรูปแบบการแสดงออกของดนตรีลักษณะต่างๆ

4. Spatial เป็นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ นั่นคือมีความสามารถรับรู้ การสัมพันธ์ที่มองเห็นอย่างมั่นใจ และสามารถเปลี่ยนการรับรู้ได้ อย่างดี เมื่อรูปทรงทั้งหลายเปลี่ยนแปลงในรูปแบบต่างๆ

5. Bodily - kinesthetic เป็นความสามารถในการควบคุมความเคลื่อนไหวของร่างกายและการใช้ข้อเท้าได้อย่างแคล่วคล่องว่องไว ตามที่สมองสั่งการ

6. Interpersonal เป็นความสามารถในการเข้าใจ การตอบสนองของอารมณ์ ความรู้สึก แรงกระตุ้น และความต้องการของผู้อื่น

7. Intrapersonal เป็นความสามารถในการควบคุม และเข้าใจพฤติกรรม ความรู้สึกอารมณ์ของตนเอง ว่าตนเองมีจุดอ่อน จุดแข็ง เชาว์ปัญญา และความต้องการอะไร เรียกว่าเป็นความสามารถ ในการรู้จักตนเอง

จากการศึกษาทฤษฎีสมรรถภาพสมองดังที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีหลายองค์ประกอบของเธอร์สโตน (Thurtsone) มาเป็นแนวทางในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองบางประการกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1.3 แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองของมนุษย์

แบบทดสอบวัดความถนัด หรือความสามารถทางสมองที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในวงการศึกษา ได้มีการจำแนกแบบทดสอบ วัดความสามารถทางสติปัญญา หรือความถนัดไว้ 3 ประเภทคือ (Anastasi.1976:373-382)

1. แบบทดสอบวัดสติปัญญาเป็นรายบุคคล (Individual Intelligence Test) เป็นแบบทดสอบที่สอบครั้งละ 1 คน คือ ตัวผู้สอบและผู้ดำเนินการสอบ เป็นการสอบปากเปล่าที่ผู้ดำเนินการสอบจะให้ผู้สอบชี้ พูด หรือทำงานบางอย่างให้ดู ใช้เป็นทั้งตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนในอนาคต และเป็นเครื่องมือประเมินเชิงคลินิก แบบทดสอบประเภทนี้ได้แก่ แบบทดสอบวัดสติปัญญา สแตนฟอรด – บิเนท์ และแบบทดสอบเวชส์เลอร์

2. แบบทดสอบวัดสติปัญญาเป็นกลุ่ม (Group Test of General Intelligence) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ทดสอบบุคคลจำนวนมากได้พร้อมๆกัน ส่วนใหญ่เป็นการใช้วัดในระบบการศึกษา และการประกอบอาชีพ เพื่อเป็นการประหยัดเวลา และการลงทุนจัดการสอบ แบบทดสอบเป็นกลุ่มนั้นสามารถใช้ได้ดีในกลุ่มวัยรุ่น และผู้ใหญ่ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความตั้งใจและแรงจูงใจในการทำข้อสอบแบบทดสอบประเภทนี้ได้แก่ แบบทดสอบวัดสติปัญญาแคลิฟอร์เนีย แบบทดสอบ จี อาร์ อี

3. แบบทดสอบวัดสติปัญญาเทอร์แมน-แมคนิมาร์ แบบทดสอบวัดสติปัญญาโอดีส แบบทดสอบอัลฟา แบบทดสอบเบต้า แบบทดสอบแกมมา แบบทดสอบวัดสติปัญญาของสภาการศึกษาอเมริกัน แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองพื้นฐาน แบบทดสอบวัดความแตกต่างความถนัด แบบทดสอบจำแนกความถนัดของฟลานาแกน

3. แบบทดสอบวัดสติปัญญาภาคปฏิบัติ (Performance Test) เป็นแบบทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการใช้ภาษาเป็นการตอบสนองการกระทำด้วยมือ (Manipulative Response) โดยผู้สอบต้องทำกิจกรรมที่กำหนดให้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

สำหรับแบบทดสอบมาตรฐานของต่างประเทศ ที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถทางสมองโดยการสอบเป็นกลุ่ม(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ .2541:60-76) มีดังนี้

1. แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองของโอดีส-เลนอน (Otis – Lenon Mental Ability :Olmat) วัดความสามารถทางสมองในหลายระดับ แต่ละระดับสามารถสอบเป็นกลุ่มได้ระดับที่สร้างไว้มีดังนี้

ระดับ	เกรด (ชั้น)
Primary I	อนุบาล
Primary II	1.0 –1.5
Elementary I	1.6 – 3.9
Elementary II	4.0 – 6.9
Intermediate	7.0 – 9.9
Advanced	10.0-12.9

แต่ละระดับวัดความสามารถต่างๆได้ดังนี้

1.1 ความเข้าใจด้านภาษา (Verbal Comprehension)มีเปอร์เซ็นต์ของการวัด 25 -31% ของจำนวนข้อคำถามทั้งหมด แบ่งเป็น คำที่มีความหมายเหมือนกัน คำตรงกันข้าม เติมประโยคให้สมบูรณ์ และการกระจายประโยคโดยเข้าใจโครงร่างประโยค

1.2 เหตุผลด้านภาษา (Verbal Reasoning) เป็นการวัดความสามารถด้านเหตุผลในรูปแบบทางภาษา มีเปอร์เซ็นต์ในการวัด 31-40% ของจำนวนข้อคำถามทั้งหมด แบ่งเป็นอักษรไขว้ในตาราง อุปมาอุปไมยด้านภาษา จัดเข้าพวกด้านภาษา สรุปความ และการเลือกแบบตรรกวิทยา โดยการนำหลักตรรกวิทยาไปใช้

1.3 เหตุผลภาพ (Figural Reasoning) เป็นการวัดความสามารถด้านเหตุผลโดยใช้ภาพเป็นเครื่องวัด มีเปอร์เซ็นต์ในการวัด 19 % ของจำนวนข้อคำถามทั้งหมด แบ่งเป็น อุปมาอุปไมยภาพ อนุกรมภาพ และเลขคณิตเหตุผล

1.4 ปริมาณเหตุผล (Quantitative Reasoning) เป็นการวัดความสามารถด้านตัวเลขและปริมาณ ส่วนใหญ่เป็นพวกคณิตศาสตร์ มีเปอร์เซ็นต์ในการวัด 16-19% ของจำนวนข้อคำถามทั้งหมด แบ่งเป็นเลขอนุกรม และเลขคณิตเหตุผล

แบบทดสอบของโอดีส- เลนอน จัดระบบข้อคำถามสลับองค์ประกอบของการวัดแบบไม่เป็นระบบ ระดับเด็กส่วนใหญ่ จะเป็นรูปภาพ ระดับชั้นสูงจึงจะใช้ภาษา และตัวเลขโดยตรง

2. แบบทดสอบวุฒิภาวะทางสมองของแคลิฟอเนีย (California Test of Mental Maturit :CTMM) สร้างโดย Elizabeth T .Sullivan, Willis W. Clark และ Ernest W. Tiegs. เป็นแบบทดสอบวัดเชาว์ปัญญาที่เน้นโครงสร้างขององค์ประกอบเป็นสำคัญ ซึ่งแบ่งเป็นระดับดังนี้

Level 0	Preprimary	Grade K-L 1
Level 1	Primary	Grade H 1-3
Level 2	Elementary	Grade 4-6
Level 3	Junior High	Grade 7-9
Level 4	Secondary	Grade 9-12
Level 5	Advanced	Grade 12 – Adult

แบบทดสอบนี้วัดองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบดังนี้

1) เหตุผลทางตรรกวิทยา (Logical Reasoning) เป็นการวัดความสามารถทางอนุมานและอุปมาน โดยเหตุผลทางตรรกวิทยา แบ่งเป็นความสามารถด้านความหมายตรงข้าม ความหมายเหมือนหรือคล้ายและอุปมาอุปไมย

2) มิติสัมพันธ์ (Spatial Relationship) เป็นการวัดความสามารถในการมองเห็นภาพสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆ เมื่อตำแหน่งภาพเปลี่ยนแปลง แบ่งเป็นภาพด้านซ้าย ขวา และทักษะการมองภาพพื้นที่

3) ตัวเลขเหตุผล (Numerical Reasoning) เป็นการวัดเหตุผลเกี่ยวกับปริมาณว่าสัมพันธ์กันอย่างไร เน้นความเข้าใจในมโนภาพ ของตัวเลขหรือเลขคณิต แบ่งเป็นวัดอนุกรมตัวเลข ค่าของตัวเลข และโจทย์ปัญหา

4) มโนภาพด้านภาษา (Verbal Content) เป็นการวัดความเข้าใจภาษาและการลงสรุปเหตุผลทางภาษา แบ่งเป็น การสรุปความโดยเหตุผลทางตรรกวิทยา และความเข้าใจภาษาด้านความเข้าใจศัพท์และความหมายของคำ

5) ความจำ (Memory) เป็นการวัดความสามารถในการระลึกนึกออกในสิ่งที่ได้รับการรับรู้มาแล้วแบ่งเป็นวัดการจำในทันที และวัดการจำ แบบเว้นช่อง

3. แบบทดสอบ Differential Aptitude Tests :DAT) เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดที่สร้างเพื่อการแนะแนวเป็นสำคัญ การเสนอผลคะแนนเป็นแบบเส้นภาพ แบบทดสอบนี้วัดความสามารถ 8 ด้านดังนี้

1) Verbal Reasoning (VR) เป็นการวัดความสามารถด้านเหตุผลโดยใช้ภาษาเป็นสื่อสำคัญ เป็นแบบอุปมาอุปไมยทางภาษา

2) Numerical Ability (NA) เป็นการวัดความสามารถด้านตัวเลข ความเข้าใจในความสัมพันธ์ และมโนภาพง่าย ๆ ในการใช้ตัวเลข คำถามหรือโจทย์โดยมาก เป็นการคำนวณทางเลขคณิตมากกว่าแบบเลขคณิตเหตุผล

3) Abstract Reasoning (AR) เป็นการวัดความสามารถด้านเหตุผลโดยใช้อนุกรมของภาพทางเรขาคณิต ดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของภาพเป็นอนุกรมต่อไป

4) Clerical Speed and Accuracy (CSA) เป็นการวัดความสามารถในการพิจารณาสิ่งที่คล้ายหรือเหมือนกันได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ จุดหมายเพื่อวัดความเร็วในการสังเกตพิจารณาแบบทดสอบนี้มีจำนวนข้อมาก แต่ให้เวลาในการทำน้อย

5) Mechanical Reasoning (MR) เป็นการวัดความสามารถด้านเหตุผลเชิงกล ข้อสอบจะเป็นรูปภาพเกี่ยวกับทางกลศาสตร์ แต่เป็นภาพที่อาศัยหลักการง่าย

6) Space Relation (SR) เป็นการวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของรูปทรง 3 มิติ การประกอบรูปทรง 3 มิติ โดยใช้การพิจารณาของสมองนึกคิดเอา

6) Spelling (SP) เป็นการวัดความสามารถด้านจำคำศัพท์ว่าคำใดเขียนผิด หรือเขียนถูก โดยมีคำศัพท์ให้เป็นจำนวนมากเพียงตอบว่าเขียนถูกหรือเขียนผิดเท่านั้น

8) Language Usage (LU) เป็นการวัดความสามารถด้านการใช้ภาษา วัดความเก่งอ่อนทางไวยากรณ์ เครื่องหมายวรรคตอน และการใช้คำ

4. แบบทดสอบความสามารถทางสติปัญญา (Cognitive Abilities Tests :CAT) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในหลายระดับตั้งแต่ระดับ 3 –12 ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ด้านภาษา (Verbal) วัดความสามารถด้านคำศัพท์แบบหาความหมายใกล้เคียงกับคำที่กำหนดให้ หาคำที่เหมาะสมมาเติมประโยคให้สมบูรณ์ การจำแนกประเภทและอุปมาอุปไมยทางภาษา

2) ด้านปริมาณ (Quantitative) วัดความคิดทางปริมาณ เป็นแบบปริมาณสัมพันธ์ ตัวเลขอนุกรมและการสร้างสมการ

3) ด้านภาพ (Nonverbal) วัดด้านเหตุผลเป็นภาพรูปทรงเรขาคณิต เป็นแบบจำแนกประเภทภาพ อุปมาอุปไมยภาพ และสังเคราะห์ภาพ

5. แบบทดสอบระดับบัณฑิต (Graduate Record Examination: GRE) สร้างโดย ETS (Education Testing Service) ใช้เวลาสอบ 3 ชั่วโมง และวัดผลสัมฤทธิ์ขั้นสูงอีกหลายวิชา แบบทดสอบความถนัดวัดความสามารถทั่วไปทางการเรียน ใช้ในระดับปริญญาโทขึ้นไป แบ่งการวัดองค์ประกอบ 3 ด้านคือ

1) ความสามารถด้านภาษา (Verbal Ability) วัดความสามารถทางด้านการใช้ภาษาและการใช้เหตุผลที่เป็นภาษา แบ่งเป็นอุปมาอุปไมย คำตรงข้าม การเติมประโยคให้สมบูรณ์ และวัดความเข้าใจในการอ่าน

2) ความสามารถด้านตัวเลขและปริมาณ (Quantitative Ability) วัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านต่างๆ เช่น เลขคณิตเหตุผล มโนภาพทางพีชคณิต การแก้ปัญหารูปทรงเรขาคณิต มโนภาพด้านปริมาณเปรียบเทียบ ปริมาณเชิงนามธรรม และการแปลความหมายตารางตัวเลขและกราฟ

3) ความสามารถด้านเหตุผลเชิงวิเคราะห์ (Analytical Ability) เป็นการวัดที่ประกอบด้วยการวิเคราะห์เหตุผล 2 แบบคือ เหตุผลที่ได้จากการวิเคราะห์สถานการณ์ และเหตุผลเชิงตรรกะ

6. แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียน (Scholastic Aptitude Tests : SAT) สร้างโดยคณะกรรมวิทยาลัย (The College Board) ของอเมริกา แบบทดสอบประกอบด้วยองค์ประกอบใหญ่ 2 ด้านดังนี้

1) ความสามารถด้านคณิตศาสตร์ วัดความสามารถด้านการมองเห็นมโนภาพของเลขคณิตและพีชคณิตแบบต่างๆ ทักษะทางเรขาคณิต และความเข้าใจในตารางตัวเลข กราฟ และการเปรียบเทียบปริมาณ

2) ความสามารถด้านภาษา วัดความสามารถด้านคำตรงข้าม อุปมาอุปไมยภาษา การเติมประโยคให้สมบูรณ์ และความเข้าใจในการอ่านบทความ

แบบทดสอบนี้เรียงข้อสอบจากง่ายไปยาก การออกข้อสอบผู้ออกจะต้องเป็นผู้มีความรู้ความสามารถสูงในทางวิชาการ และการสร้างข้อสอบมีผลงานเป็นที่ยอมรับ ส่วนการให้คะแนนของแบบทดสอบนี้มีการหักคะแนนข้อที่ทำผิดด้วย

7. แบบทดสอบความถนัดในการจัดประเภทของฟลานาแกน (Flanagan Aptitude Classification Tests : FACT) สร้างโดย จอห์น ซี ฟลานาแกน (John C. Flanagan) ตั้งแต่ในปี ค.ศ.1957 ใช้วัดความถนัดในการประกอบอาชีพต่างๆ ถึง 38 อาชีพ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์งาน ว่างานจะสำเร็จได้จะต้องใช้คุณลักษณะ (Traits) พฤติกรรมหรือความสามารถด้านใดบ้าง แบบทดสอบนี้แบ่งย่อยออกเป็น 19 ชุดย่อยดังนี้

แบบทดสอบชุดที่ 1 Inspection ใช้ในการวัดความสามารถในการค้นหาข้อบกพร่องหรือความไม่สมบูรณ์แบบของสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่กำหนดให้ จุดประสงค์เป็นการวัดการสังเกตด้วยความรอบคอบและรวดเร็ว

แบบทดสอบชุดที่ 2 Mechanics ใช้ในการวัดความสามารถในการเข้าใจความสัมพันธ์ของเครื่องกล

แบบทดสอบชุดที่ 3 Tables ใช้ในการวัดความสามารถด้านเข้าใจการอ่านความสัมพันธ์ข้อมูลที่บรรจุในตารางลักษณะต่างๆ อาจเป็นตัวเลขหรือตัวอักษร ที่มีความสัมพันธ์กันทั้งแนวตั้งและแนวนอน

แบบทดสอบชุดที่ 4 Reasoning ในเนื้อหาคณิตศาสตร์เหตุผล ใช้วัดมโนภาพ และความเกี่ยวพันของตัวแปร ในโจทย์คณิตศาสตร์

แบบทดสอบชุดที่ 5 Vocabulary ใช้ในการวัดความสามารถด้านภาษา โดยใช้คำศัพท์ที่ยากๆ ให้หาความหมาย

แบบทดสอบชุดที่ 6 Assembly ใช้ในการวัดความสามารถด้านการมองเห็นส่วนประกอบของสิ่งต่างๆ นำมาประกอบกันแล้วเป็นรูปใด ส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล

แบบทดสอบชุดที่ 7 Judgment and Comprehension ใช้ในการวัดความสามารถด้านการเข้าใจภาษา โดยใช้เหตุผลในการพิจารณา ตัดสินเพื่อลงสรุป แบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์ ให้เป็นข้อความแล้วถามจากข้อความที่กำหนดให้นั้นหลายๆ ข้อ

แบบทดสอบชุดที่ 8 Components ใช้ในการวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ลักษณะซ่อนภาพ

แบบทดสอบชุดที่ 9 Planning ใช้วัดความสามารถในการวางแผน และจัดระบบตามลำดับขั้น ให้สิ่งนั้นบรรลุเป้าหมายตามต้องการ โดยวิธีออกข้อสอบจะวางลำดับขั้นสลับกัน

แบบทดสอบชุดที่ 10 Arithmetic ใช้ในการวัดทักษะทางคำนวณ โดยไม่มีภาษามาประกอบ

แบบทดสอบชุดที่11 Ingenuity ใช้ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาทางภาษา

แบบทดสอบชุดที่ 12 Scales ใช้ในการวัดความสามารถด้านการอ่าน โค้งที่เกิดจากตัวแปร 2 ตัว โดยเขียนความเกี่ยวพันของตัวแปรเป็นโค้งต่างๆ

แบบทดสอบชุดที่ 13 Expression ใช้ในการวัดความสามารถด้านภาษาเน้นทางหลักภาษาเป็นพื้นฐาน วัดการแสดงออกในการใช้ภาษาเขียน

แบบทดสอบชุดที่ 14 Precision ใช้ในการวัดการปฏิบัติการอย่างหนึ่งอย่างระมัดระวังมิให้เกิดความคลาดเคลื่อน เช่น การลากเส้นผ่านช่องว่างตามรูปร่างที่กำหนด

แบบทดสอบชุดที่ 15 Alertness ใช้ในการวัดความฉับไว หรือตื่นตัวอย่างรวดเร็วในการสังเกตจุดอันตรายต่างๆ

แบบทดสอบชุดที่ 16 Coordination ใช้ในการวัดความสามารถด้านประสาทสัมผัสของมือในความแม่นยำและรวดเร็ว เช่นการลากเส้นผ่านช่องแคบที่มีขนาดเล็กและมีระยะทางยาว

แบบทดสอบชุดที่ 17 Patterns ใช้ในการวัดความสามารถการคัดลอกรูปแบบเก่ามาทำใหม่ได้อย่างคล่องแคล่วว่องไวถูกต้อง

แบบทดสอบชุดที่ 18 Coding ใช้ในการวัดความจำในการกำหนดชื่ออย่างใดอย่างหนึ่งได้อย่างรวดเร็ว

แบบทดสอบชุดที่ 19 Memory ใช้ในการวัดความจำโดยตรง ซึ่งเป็นลักษณะให้อ่านสิ่งที่กำหนดให้แล้วถามความจำจากสิ่งนั้น

แบบทดสอบ FACT ในจำนวนอาชีพที่ศึกษาแต่ละอาชีพจะใช้แบบทดสอบต่างกันไปเป็นชุดๆ

8. แบบทดสอบ Primary Mental Abilitys Tests (PMA) สร้างโดย L.L. Thurstons เพื่อวัดองค์ประกอบทางสมองด้านต่างๆที่สำคัญ มีตั้งแต่ระดับ อนุบาล ระดับ 2-4 ระดับ 4-6 ระดับ 6-9 และระดับ 9-12 แบบทดสอบนี้ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบดังนี้

1) V-Verbal Meaning เป็นความสามารถที่แสดงออก มาด้วยคำศัพท์ หรือภาษาทั้งหลาย

2) N- Number Facility เป็นการวัดความสามารถด้านตัวเลข โดยการเปรียบเทียบจำนวน ปริมาณที่แตกต่างกัน ครอบคลุมโจทย์คณิตศาสตร์เหตุผลด้วย

3) R-Reasoning เป็นความสามารถด้านการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลเป็นพื้นฐาน การจัดเข้าพวกของคำ การจัดเข้าพวกของภาพ และอนุกรมด้านเหตุผล

4) P-Perceptual Speed เป็นการวัดความสามารถด้านประสาทสายตาที่มองเห็นความเหมือนและความแตกต่างของสิ่งที่กำหนดให้ การแยกความแตกต่างอาจเป็นภาพเสมือนหรือภาพทรงเรขา และลักษณะใดๆก็ได้ จะต้องทำอย่างรวดเร็วและแม่นยำ

5) S-Spatial Relations เป็นการวัดความสามารถที่มองเห็นวัตถุหรือภาพทรงต่างๆที่หมุนเวียนเปลี่ยนที่ได้อย่างแม่นยำ เป็นลักษณะภาพมิติสัมพันธ์ เช่น ตัดภาพ ประกอบภาพ หมุนภาพ

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ได้มีนักการศึกษาให้คำนิยามหรือความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ต่างๆ กันดังนี้

กูด (Good.1959:7) กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์คือ การทำให้สำเร็จ (Accomplishment) หรือประสิทธิภาพทางด้านการกระทำในทักษะที่กำหนดให้ หรือในด้านความรู้ ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงการเข้าถึงความรู้ (Knowledge Attained) การพัฒนาทักษะในการเรียนซึ่ง

อาจจะพิจารณาจากคะแนนสอบที่กำหนดให้ คะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายหรือทั้งสองอย่าง

อนาตาซี (Anastasi.1970:107) กล่าวไว้พอสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบด้านสติปัญญา และองค์ประกอบด้านที่ไม่ใช่สติปัญญา ได้แก่ องค์ประกอบด้านเศรษฐกิจ สังคม แรงจูงใจ และองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญาด้านอื่นๆ

ไอแซงค์ อาโนลด์และไมลี (Eysenck, Arnold and Meili.1972 :6) ให้ความหมายของคำว่า ผลสัมฤทธิ์ หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการทำงานที่ต้องอาศัยความพยายามอย่างมาก ซึ่งเป็นผลมาจากการกระทำ ที่ต้องอาศัยความสามารถทั้งทางร่างกายและทางสติปัญญา ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จึงเป็นขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียน โดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวบุคคล ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจได้จากกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัยการทดสอบ เช่นการสังเกต หรือการตรวจการบ้าน หรืออาจได้ในรูปของเกรดจากโรงเรียน ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการที่ซับซ้อน และระยะเวลานานพอสมควร หรืออาจได้จากการวัดแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วๆไป

สำหรับนักการศึกษาไทยให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ต่างๆกันดังนี้

ชวาล แพรัตกุล (2516:15) กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะและสมรรถภาพด้านต่างๆ ของสมอง ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรจะประกอบด้วย สิ่งสำคัญอย่างน้อยสามสิ่งคือ ความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่างๆ

วิเชียร เกตุสิงห์ (2520:25) ได้กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การวัดความรู้ที่แต่ละคนได้เรียนมาในอดีต และความรู้นั้นยังคงอยู่ในปัจจุบัน

ไพศาล หวังพานิช (2526:89) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรียกว่าเป็นความสามารถ หรือเป็นคุณลักษณะของผู้เรียนอันเกิดจากการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรม หรือจากการสอน การวัดผลสัมฤทธิ์เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถของบุคคลหลังจากได้รับการฝึกอบรม

อารมณ์ เพชรชื่น (2527:46) กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงผลที่เกิดจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่างๆ ทั้งที่โรงเรียน ที่บ้าน และสิ่งแวดล้อมต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยความสามารถทางสมอง ความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมต่างๆ จึงเป็นเรื่องที่ยากจะแก้ไขและพัฒนาเรื่องสุขภาพ

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงความสำเร็จ ความสมหวังในด้านการเรียนรู้ รวมทั้งด้านความรู้ ความเข้าใจ ความสามารถ และทักษะทางด้านวิชาการของแต่ละบุคคลประสบการณ์ เรียนรู้ที่เกิดจากการฝึก หรือจากการสอน ที่แต่ละคนได้เรียนมาแต่อดีตและความรู้นั้นยังคงอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งประเมินได้จากแบบทดสอบหรือการทำงานที่ได้รับมอบหมาย

2.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพศาล หวังพานิช (2526:79) กล่าวถึง การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าสามารถวัดได้ 2 แบบตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอนคือ

1. การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติหรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถออกมาในรูปการกระทำจริง เช่น วิชาศิลปะ พละ งานช่าง เป็นต้น

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาอันเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนสามารถวัดได้ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement test)

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2541:18) กล่าวว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement) เป็นการวัดความสามารถทางการเรียนหลังจากได้เรียนเนื้อหา (Content) ของวิชาใดวิชาหนึ่งแล้ว ผู้เรียนมีความสามารถเรียนรู้ มากน้อยเพียงใดนั่นคือ การวัดผลสัมฤทธิ์ยึดเนื้อหาวิชาเป็นหลัก เช่นคณิตศาสตร์ อาจมีเนื้อหา การบวก การลบ การคูณ การหาร เศษส่วน เซ็ต ความเป็นไปได้ บัญญัติไตรยางศ์ เป็นต้น การสอบวัดในความรู้หลังจากการเรียนเนื้อหาที่กำหนดให้ในภาคเรียน หรือในชั้นนั้นๆ เป็นการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ประกิจ รัตนสุวรรณ (2525:55) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ว่าเป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดพฤติกรรมหรือประสบการณ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน แบบสอบประเภทนี้มุ่งวัดคุณลักษณะด้านความรู้ ความคิดในเรื่องที่เรียน ลักษณะการวัดผลสัมฤทธิ์จะขึ้นอยู่กับลักษณะและธรรมชาติของรายวิชาที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นๆ โดยอาจเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ในแง่เนื้อหาวิชาโดยตรง หรืออาจวัดผลสัมฤทธิ์ในเชิงลงมือปฏิบัติ หน้าที่สำคัญของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก็คือมุ่งตรวจสอบความสามารถทางการเรียนของบุคคล ทั้งในส่วนที่เกี่ยวกับระดับความสามารถในการเรียน ความก้าวหน้า หรือพัฒนาการในการเรียน

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2536:146-147) ให้ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ซึ่งมักเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติ

สมเกียรติ ปติฐพร (2525:7) ได้กล่าวถึงรูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 2 ประเภทคือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher Made Test) หมายถึงข้อสอบที่ใช้ทั่วไปในโรงเรียน โดยครูเป็นผู้สร้างขึ้นเอง สอบแล้วทิ้งไป จะสอบใหม่ก็สร้างขึ้นใหม่

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) หมายถึงแบบทดสอบที่สร้างขึ้นแล้วนำไปใช้ทดสอบ แล้ววิเคราะห์ผลการสอบ ตามวิธีทางสถิติ หลายครั้งเพื่อปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพดี

รูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างง่ายและ นิยมใช้มี 2 แบบ คือ

1. แบบอัตนัยหรือความเรียง (Subject or Essay type) หมายถึงแบบทดสอบที่กำหนดปัญหา หรือข้อความให้ผู้ตอบเขียนตอบยาวๆ เหมาะสำหรับต้องการวัดหลายๆด้านในแต่ละข้อ เช่น วัดความคิด วัดภาษา วัดอารมณ์

2. แบบปรนัย หรือแบบใช้ตอบสั้นๆ (Objectiver or Short Answer Type) หมายถึง แบบทดสอบที่ให้ตอบสั้นๆ หรือกำหนดคำตอบให้เลือก อาจเป็นแบบถูก-ผิด จับคู่ แบบเติมคำ หรือแบบเลือกตอบ

2.4 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ในการออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อต้องการทราบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นส่วนรวมนั้น ล้วน สายยศ (2519:14-15) ได้กล่าวไว้ดังนี้ การออกข้อสอบคณิตศาสตร์ควรแบ่งเป็น 3 ประการคือ

1. คณิตศาสตร์ทักษะ หมายถึงความคล่องแคล่วในการคิดเลข การใช้เครื่องหมาย ข้อสอบมีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขหรือตัวแปร ไม่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลความเข้าใจภาษา

2. คณิตศาสตร์เหตุผล เป็นการถามเรื่องวิธีการ หลักการ การแปลความ การตีความ การขยายความ การไล่เลียงหาเหตุผล ขั้นตอนการพิสูจน์ และการประมาณค่า ข้อสอบชนิดความเข้าใจด้านภาษา มีอิทธิพลมาก เพราะคำถามจะต้องใช้อธิบายด้วยภาษาเป็นส่วนใหญ่

3. คณิตศาสตร์โจทย์ปัญหา มุ่งตรวจสอบผลสัมฤทธิ์สุดท้ายในการคิด จุดประสงค์ของการออกข้อสอบชนิดนี้เพื่อให้เด็ก แก้ปัญหาเป็น สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ ได้ข้อสอบชนิดนี้ต้องเกี่ยวข้องกับภาษาเป็นอย่างมาก

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง การวัดความสามารถทางสติปัญญา (Cognitive Domain) ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ วิลสัน (อภิชาต เพชรพลอย. 2543:32-35;อ้างอิงจาก Wilson.1971: Evaluation of Learning in Secondary Echool Mathematic.p:643-696) ได้จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ ด้านสติปัญญา ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาออกเป็น 4 ระดับคือ

1. ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ (Computation) พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำสุด แบ่งออกเป็น 3 ขั้นดังนี้

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specific Facts) เป็นความสามารถที่ระลึกถึงข้อเท็จจริงต่างๆ ที่นักเรียนได้รับจากการเรียนการสอนมาแล้ว คำถามที่วัดความสามารถระดับนี้ จะเกี่ยวกับข้อเท็จจริงตลอดจนความรู้พื้นฐาน ซึ่งนักเรียนได้สั่งสมมาเป็นระยะเวลานานแล้ว

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และคำนิยาม (Knowledge of Terminology) เป็นความสามารถในการระลึกหรือจำศัพท์และนิยามต่างๆได้ โดยคำถามอาจจะถามโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ได้แต่ไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณ

1.3 ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to Carry Out Algorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริงหรือนิยาม และกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอน ที่เคยเรียนรู้มา ข้อสอบที่วัดความสามารถด้านนี้ต้องเป็นโจทย์ง่ายๆ คล้ายคลึงกับตัวอย่าง นักเรียนไม่ต้องพบกับความยุ่งยากในการตัดสินใจเลือกใช้กระบวนการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ แต่ซับซ้อนกว่าแบ่งออกเป็น 6 ขั้นดังนี้

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติ (Knowledge of Concepts) เป็นความสามารถที่ซับซ้อนกว่าความรู้ความจำข้อเท็จจริง เพราะมโนมติเป็นนามธรรม ซึ่งประมวลจากข้อเท็จจริงต่างๆ ต้องอาศัยการตัดสินใจในการตีความ หรือยกตัวอย่างของมโนมติ นั้น โดยใช้คำพูดของตน หรือเลือกความหมายที่กำหนดให้ ซึ่งเขียนในรูปใหม่ หรือยกตัวอย่างใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนมาในชั้นเรียน มิฉะนั้นจะเป็นการวัดความจำ

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์ และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไป (Knowledge of Principle ,Rules , and Generalization) เป็นความสามารถในการนำเอา หลักการ กฎและความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติ ไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาจนได้แนวทางในการแก้ปัญหา ถ้าคำถามนั้นเป็นคำถามเกี่ยวกับหลักการและกฎ ที่นักเรียนเพิ่งเคยพบเป็นครั้งแรก อาจจัดเป็นพฤติกรรมในระดับการวิเคราะห์ก็ได้

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Knowledge of Mathematic Structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมระดับนี้เป็นคำถามที่วัดเกี่ยวกับคุณสมบัติของระบบจำนวนและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์

2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบปัญหา จากแบบหนึ่งเป็นอีกแบบหนึ่ง (Ability to Problem Elements form One Mode to Another) เป็นความสามารถในการแปลข้อความที่กำหนดให้เป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ เช่น แปลจากภาษาพูดเป็นสมการ ซึ่งมีความหมายคงเดิม โดยไม่รวมถึงกระบวนการแก้ปัญหา (Algorithm) หลังจากแปลแล้วอาจกล่าวได้ว่า เป็นพฤติกรรมที่ง่ายที่สุดของระดับพฤติกรรมระดับความเข้าใจ

2.5 ความสามารถในการคิดตามแนวของเหตุผล (Ability to Follow A line of Reasoning) เป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจข้อความทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแตกต่างไปจากความสามารถในการอ่านทั่วๆไป

2.6 ความสามารถในการอ่าน และตีความโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ (Ability to Read and Interpret a Problem) ข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นนี้ อาจดัดแปลงมาจากข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นอื่นๆ โดยให้นักเรียนอ่านและตีความโจทย์ปัญหา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของข้อความ ตัวเลข ข้อมูลทางสถิติหรือกราฟ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหา ที่นักเรียนคุ้นเคย เพราะคล้ายกับปัญหาที่นักเรียนประสบอยู่ในระหว่างเรียน หรือแบบฝึกหัดที่นักเรียนต้องเลือกกระบวนการแก้ปัญหา และดำเนินการแก้ปัญหาโดยไม่ยาก พฤติกรรมในระดับนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้น ดังนี้

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายกับปัญหาที่ประสบอยู่ในระหว่างเรียน (Ability to Solve Routine Problems) นักเรียนต้องอาศัยความสามารถในระดับความเข้าใจและเลือกกระบวนการแก้ปัญหาจนได้คำตอบออกมา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to Make Comparisons) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด เพื่อสรุปการตัดสินใจ ซึ่งในการแก้ปัญหาขั้นนี้ อาจต้องใช้วิธีการคิดคำนวณ และจำเป็นต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Ability to Analyze Data) เป็นความสามารถในการตัดสินใจอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งอาจต้องอาศัยการแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกจากข้อมูลที่เกี่ยวข้อง พิจารณาว่าอะไรคือข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติมมีปัญหาอื่นใดบ้างที่อาจเป็นตัวอย่างในการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังประสบอยู่ จึงต้องแยกโจทย์ปัญหาออกพิจารณาเป็นส่วนๆ มีการตัดสินใจหลายครั้งอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกัน และการสมมาตร (Ability to Recognize , Patterns ,Isomorphisms , and Symmetries) เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การระลึกถึงข้อมูลที่กำหนดให้ การเปลี่ยนรูปปัญหา การจัดกระทำข้อมูล และการระลึกถึงความสัมพันธ์ นักเรียนต้องสำรวจหาสิ่งที่คุ้นเคย จากข้อมูลหรือสิ่งที่กำหนดจากโจทย์ปัญหาให้พบ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหา ที่นักเรียนไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลง แต่อยู่ในขอบเขตเนื้อหาวิชาที่เรียน การแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยความรู้ที่ได้เรียนมารวมกับความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกันเพื่อแก้โจทย์ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพสมองระดับสูง แบ่งออกเป็น 5 ขั้นดังนี้

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยประสบมาก่อน (Ability to Solve Nonroutine Problems) คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามที่ซับซ้อนไม่มีในแบบฝึกหัด หรือ ตัวอย่าง นักเรียนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกับความเข้าใจมโนมติ นิยาม ตลอดจนทฤษฎีต่างๆ ที่เรียนมาแล้วเป็นอย่างดี

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationahips) เป็นความสามารถในการจัดส่วนต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้ใหม่ แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแทนการจำ ความสัมพันธ์เดิมที่เคยพบมาแล้วกับข้อมูลชุดใหม่เท่านั้น

4.3 ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ (Ability to Construct Proofs) เป็นความสามารถในการสร้างภาษา เพื่อยืนยันข้อความทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล โดยอาศัยนิยาม สัจพจน์ และทฤษฎีต่างๆที่เรียนมาแล้วพิสูจน์โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน

4.4 ความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์ข้อพิสูจน์ (Ability to Criticize Proofs) เป็นความสามารถที่ควบคู่กับความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ อาจเป็นพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าพฤติกรรมในการสร้างข้อพิสูจน์ พฤติกรรมในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนสามารถตรวจสอบข้อพิสูจน์ว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดบ้าง

4.5 ความสามารถในการสร้างสูตร และทดสอบความถูกต้อง ให้มีผลใช้ได้เป็นกรณีทั่วไป (Ability to Formulate and Validate Generalizations) เป็นความสามารถในการค้นพบสูตรหรือกระบวนการแก้ปัญหาและพิสูจน์ว่าใช้เป็นกรณีทั่วไปได้

จากข้อความดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบ่งได้ 4 ขั้นดังนี้

1. ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ (Computation)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)
3. การนำไปใช้ (Application)
4. การวิเคราะห์ (Analysis)

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์

บรูคเนอร์ (Bruckner .1957:301) กล่าวว่าปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวกับปริมาณที่นักเรียนไม่สามารถตอบได้ทันทีโดยวิธีที่เคยชิน และสิ่งที่เป็นปัญหาของนักเรียนเมื่อวานนี้จะไม่เป็นปัญหาในวันนี้ก็ได้

แอนเดอร์สัน และพิงกรี (Anderson and Pingry .1973:228) ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์ หรือคำถามที่ต้องการวิธีการแก้ไข หรือหาคำตอบ ซึ่งผู้ตอบจะทำได้ดีต้องมีวิธีการที่เหมาะสม ใช้ความรู้ ประสบการณ์และการตัดสินใจโดยพร้อมมูล

อดัมส์ (Adams.1977: 176) ให้กล่าวว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวกับปริมาณ และต้องมีการตัดสินใจลงมือกระทำหรือหาคำตอบ โดยปัญหานั้นนั้นจะเป็นปัญหาที่ใช้ภาษาเรื่องราวหรือคำพูด นอกจากนี้เขายังได้กล่าวถึงความแตกต่างระหว่างปัญหากับการทำแบบฝึกหัดไว้ว่า ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะต้องมี การตัดสินใจแล้วลงมือทำ ส่วนการทำแบบฝึกหัดไม่จำเป็นต้องมีการตัดสินใจ

เลสเตอร์ (Lester.1978) ได้ให้นิยามของปัญหาว่า ปัญหาเป็นสภาพซึ่งแต่ละบุคคลหรือกลุ่มได้กระทำงานอย่างหนึ่ง ซึ่งไม่มีวิธีการง่ายๆ ที่จะนำมากำหนดวิธีแก้ปัญหานั้น

เชินเฟลด์ (Schoenfeld.1989 : 83 –103) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่าปัญหาทางคณิตศาสตร์ แก่นักเรียนว่าเป็นชิ้นงาน (Task) ซึ่งมีลักษณะดังนี้

- เป็นสิ่งที่นักเรียนให้ความสนใจ และประสงค์จะหาข้อยุติ
- เป็นสิ่งที่นักเรียนยังไม่มีวิถีทางสำเร็จรูปที่จะได้ข้อยุติหรือแก้หาคำตอบได้

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2525 :520) กล่าวว่าปัญหา หมายถึงข้อสงสัย

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537:62) ได้ให้ความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์สรุปได้ดังนี้

1. เป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการคำตอบ ซึ่งอาจอยู่ในรูปปริมาณ หรือจำนวน หรือคำอธิบายให้เหตุผล

2. เป็นสถานการณ์ที่ผู้แก้ปัญหาไม่คุ้นเคยมาก่อน ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันทีต้องใช้ทักษะความรู้ และประสบการณ์หลายๆอย่าง ประมวลเข้าด้วยกันจึงจะหาคำตอบได้

3. สถานการณ์ใดจะเป็นปัญหาหรือไม่ขึ้นอยู่กับบุคคลผู้แก้ปัญหาและเวลา สถานการณ์หนึ่งอาจเป็นปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่ง แต่อาจไม่ใช่ปัญหาสำหรับอีกบุคคลหนึ่งก็ได้ และสถานการณ์ที่เคยเป็นปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่งในอดีต อาจไม่เป็นปัญหาสำหรับบุคคลนั้นในปัจจุบัน

สมเดช บุญประจักษ์ (2543:1) ได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นสถานการณ์ที่บุคคล หรือกลุ่มบุคคลเผชิญและต้องการหาคำตอบ ซึ่งยังไม่รู้วิถีทางที่จะได้คำตอบของปัญหาทันที ต้องใช้ความรู้และวิธีการต่างๆ ที่มีอยู่ผสมผสานเป็นแนวทางใหม่ในการหาคำตอบของปัญหา

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือสถานการณ์หรือคำถามที่เกี่ยวกับปริมาณ จำนวน คำอธิบายให้เหตุผล การพิสูจน์ และปัญหาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ผู้แก้ปัญหาไม่คุ้นเคย ไม่สามารถตอบได้ทันที ผู้ตอบจะต้องใช้ความรู้ วิธีการต่างๆ ประสบการณ์ที่มีอยู่มาผสมผสานกันเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหานั้นให้สำเร็จลงได้

3.2 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เบลล์ (Bell.1978: 310) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการหาคำตอบของสถานการณ์ ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพิจารณาแล้วว่า เป็นปัญหาโดยบุคคลผู้หาคำตอบ

เลสเตอร์ (Lester.1977:12) ได้กล่าวว่าการแก้ปัญหาเป็นหัวใจของคณิตศาสตร์ทั้งหลาย ซึ่งการแก้ปัญหา อาจจะมีความหมายได้หลายอย่างทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบุคคลและกาลเวลา

ครูลิค และ เรย์ (Krulik and Reys.1980: 3-4) ได้อ้างถึงการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้คือ

1. การแก้ปัญหาเป็นเป้าหมาย (Problem Solving as Goal)จะพบคำถามว่าทำไมต้องสอนคณิตศาสตร์ อะไรเป็นเป้าหมายในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ นักการศึกษา นักคณิตศาสตร์ และบุคคลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับคำถามเหล่านี้ เข้าใจว่าการแก้ปัญหาเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ เมื่อปัญหาถูก น่าพิจารณาเป็นเป้าหมายอันหนึ่ง การแก้ปัญหาจึงเป็นอิสระ จากปัญหาเฉพาะ (Specific Problem) กระบวนการและวิธีการตลอดจนเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ แต่การพิจารณาที่สำคัญคือจะต้องคำนึงว่าจะแก้ปัญหาอย่างไร ซึ่งเป็นเหตุผลแรกสำหรับ การศึกษาคณิตศาสตร์ ข้อพิจารณานี้มีอิทธิพลต่อหลักสูตรทั้งหมดและมีความสำคัญต่อการนำไปใช้ในการฝึกปฏิบัติในห้องเรียน

2. การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการ (Problem Solving as Process) การตีความในลักษณะนี้จะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนักเรียนตอบปัญหา ตลอดจนกระบวนการ หรือขั้นตอนที่กระทำเพื่อจะได้รับคำตอบ สิ่งสำคัญที่ควรนำมาพิจารณา คือ วิธีการ กระบวนการ และกลวิธีที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น ในกระบวนการแก้ปัญหา และเป็นจุดสำคัญของหลักสูตรคณิตศาสตร์

2. การแก้ปัญหาเป็นทักษะพื้นฐาน (Problem Solving as a Basic Skill) การตีความลักษณะนี้ จะพิจารณาเฉพาะในเนื้อหาที่เป็นโจทย์ปัญหา คำนึงถึงรูปแบบของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหา การพิจารณาถึงการแก้ปัญหาว่า เป็นทักษะพื้นฐาน จึงช่วย

ในการจัดการเรียนการสอนของครู ซึ่งประกอบด้วย การสอนทักษะ (Skill) มโนมติ (Concept) และการแก้ปัญหา (Problem Solving) ในทุกครั้งของการสอน

โพลยา (Polya.1980:1) กล่าวว่าการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นการหาวิถีทางที่จะหาสิ่งที่ไม่รู้ในปัญหา เป็นการหาวิธีการ ที่จะนำสิ่งที่ยุ่งยากออกไป หาวิธีการที่จะเอาชนะอุปสรรคที่เผชิญอยู่ เพื่อจะให้ได้ข้อลงเอย หรือคำตอบที่มีความชัดเจน แต่ว่าสิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นในทันทีทันใด

บรังคา (Branca. 1980: 3-8) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ 3 ประการได้แก่

1. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Problem Solving as a Goal) ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นเหตุผลหนึ่งที่สำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการแก้ปัญหา จึงเป็นอิสระจากคำถามหรือปัญหาเฉพาะเจาะจงใดๆ หรือวิธีการและเนื้อหาสาระใดๆ

2. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นกระบวนการ (Problem Solving as a Process) สิ่งที่ถือว่าสำคัญเมื่อการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการ คือ วิธีการ ยุทธวิธีหรือเทคนิคเฉพาะต่างๆ ที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาแบบต่างๆ กระบวนการแก้ปัญหาเหล่านี้จึงเป็นสาระสำคัญและเป็นเป้าหมายหลักของหลักสูตรคณิตศาสตร์

3. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นทักษะพื้นฐาน (Problem Solving as a Basic Skill) เมื่อการแก้ปัญหาถูกจัดเป็นทักษะพื้นฐาน การเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะ ของโจทย์ปัญหา แบบของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่ควรใช้ จุดเน้นอยู่ที่สาระสำคัญของการแก้ปัญหาที่ทุกคนต้องเรียนรู้ และการเลือกปัญหาและเทคนิควิธีการแก้ปัญหาเหล่านั้น

เคนเนดี้ (Kennedy. 1984 : 81) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นการแสดงออกของแต่ละบุคคลในการตอบสนองสถานการณ์ที่เป็นปัญหา

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537:62) กล่าวว่าการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้แก้ปัญหาจะต้องใช้ความรู้ ความคิดและประสบการณ์เดิม ประมวลเข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดในปัญหา

สมเดช บุญประจักษ์ (2543:1) การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้แก้ปัญหาจะต้องใช้ความรู้ ความคิดและประสบการณ์เดิมประมวลเข้ากับสถานการณ์ใหม่ ที่กำหนดในปัญหา

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการหรือวิธีการยุทธวิธีต่างๆ ที่ผู้แก้ปัญหาต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการคิดคำนวณ การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประสบการณ์เดิม และทักษะพื้นฐานต่างๆ ที่มีอยู่ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ ตลอดจนการคิดหาแนวทางปฏิบัติเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง

3.3 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักการศึกษาหลายท่านที่ได้แบ่งประเภทของปัญหาไว้ดังนี้

โพลยา (Polya.1985:123-128)ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ปัญหาให้ค้นหา (Problems to Find) เป็นปัญหาให้ค้นหาสิ่งที่ต้องการ ซึ่งอาจเป็นปัญหาเชิงทฤษฎีหรือปัญหาในเชิงปฏิบัติ อาจเป็นรูปธรรมหรือนามธรรม ส่วนสำคัญของปัญหาแบ่งเป็น 3 ส่วนคือสิ่งที่ต้องการหา ข้อมูลที่กำหนดให้ และเงื่อนไข

2. ปัญหาให้พิสูจน์ ((Problems to Prove) เป็นปัญหาที่ให้แสดงอย่างสมเหตุสมผลว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จส่วนสำคัญของปัญหาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ สมมติฐานหรือสิ่งที่กำหนดให้ และผลสรุปหรือสิ่งที่จะต้องพิสูจน์

บิทเทอร์ แฮทฟิลด์ และ เอดเวิดส์ (Bitter , Hartfield and Edwards. 1989 : 37) ได้แบ่งปัญหาออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1. ปัญหาปลายเปิด (Open - Ended) เป็นปัญหาที่มีจำนวนคำตอบ ที่เป็นไปได้หลายคำตอบ ปัญหาลักษณะนี้จะมองว่า กระบวนการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญมากกว่าคำตอบ

2. ปัญหาให้ค้นพบ (Discovery) เป็นปัญหาที่จะได้คำตอบในขั้นตอนสุดท้ายของการแก้ปัญหา เป็นปัญหาที่มีวิธีแก้ได้หลายวิธี

3. ปัญหาที่กำหนดแนวทางในการค้นพบ (Guided Discovery) เป็นปัญหาที่มีลักษณะรวมของปัญหา มีคำชี้แนะ (Clues) และคำชี้แจงในการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนอาจไม่ต้องค้นหาหรือกังวลในการหาคำตอบ

รัสเซล (Russel.1961:255) ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ปัญหาที่มีรูปแบบ ได้แก่ ปัญหาที่ปรากฏอยู่ในบทเรียนและหนังสือทั่วๆไป
2. ปัญหาที่ไม่มีรูปแบบ ได้แก่ปัญหาที่พบทั่วๆไปในชีวิตประจำวัน

ครูลิค และเรย์ (Krulik and Reys.1980: 24) ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 5 ประเภท คือ

1. ปัญหาที่เป็นความรู้ความจำ
2. ปัญหาทางพีชคณิต
3. ปัญหาที่เป็นการประยุกต์ใช้
4. ปัญหาที่ให้ค้นหาส่วนที่หายไป
5. ปัญหาที่เป็นสถานการณ์

ชาร์ลส และเลสเตอร์ (Charles and Lester.1982: 6-10) ได้พิจารณาจำแนกประเภทของปัญหาตามเป้าหมายของการฝึกแก้ปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาที่ใช้ฝึก (Drill Exercise) เป็นปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอนวิธีและการคำนวณเบื้องต้น

2. ปัญหาข้อความอย่างง่าย (Simple Translation Problem) เป็นปัญหาข้อความที่เคยพบมาก่อน เช่น ปัญหาในหนังสือเรียนต้องการฝึกให้คุ้นเคยกับการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ มักเป็นปัญหาขั้นตอนเดียวที่มุ่งให้เกิดความเข้าใจ มโนมติทางคณิตศาสตร์ และพัฒนาความสามารถในการคิดคำนวณ

3. ปัญหาข้อความที่ซับซ้อน (Complex Translation Problem) คล้ายกับปัญหาอย่างง่าย แต่เพิ่มเป็นปัญหาที่มี 2 ขั้นตอน หรือมากกว่า 2 ขั้นตอน หรือมากกว่า 2 การดำเนินการ

4. ปัญหาที่เป็นกระบวนการ (Process Problem) เป็นปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นประโยคภาษาได้ทันที จะต้องจัดปัญหาให้ง่ายขึ้น หรือแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆแล้วหารูปแบบทั่วไปของปัญหาซึ่งนำไปสู่การคิดและแก้ปัญหาเน้นการพัฒนายุทธวิธีต่างๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจ มีการวางแผนแก้ปัญหาและประเมินผลคำตอบ

5. ปัญหาการประยุกต์ (Applied Problem) เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะความรู้ มโนมติ และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การได้มาซึ่งคำตอบต้องอาศัยวิธีทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ เช่น การรวบรวม การแทนข้อมูลด้วยสัญลักษณ์ จัดระบบ ประมวลผล แปลผลเพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลนั้นๆ ปัญหาการประยุกต์เป็นปัญหาที่เปิดโอกาส ให้ผู้แก้ปัญหาได้ใช้ทักษะกระบวนการ มโนมติ และผู้แก้ปัญหาเห็นประโยชน์ และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์

6. ปัญหาปริศนา (Puzzle Problem) เป็นปัญหาที่บางครั้งได้คำตอบจากการเดาสุ่ม ไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา บางครั้งต้องใช้เทคนิคเฉพาะ เป็นปัญหาที่เปิดโอกาส ให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ มีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา และเป็นปัญหาที่มองได้หลายแง่มุม ปัญหาปริศนามักเป็นปัญหาลับสมอง ปัญหาท้าทาย ผู้มีทักษะในการแก้ปัญหา จะแก้ปัญหาลักษณะนี้ได้ดี

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือปัญหาที่พบในหนังสือเรียน ซึ่งอาจเป็นปัญหาให้ค้นหาคำตอบ หรือปัญหาให้พิสูจน์ตามกฎ นิยาม ทฤษฎี และปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน ซึ่งต้องอาศัยยุทธศาสตร์ การแก้ปัญหาเข้ามาช่วยแก้ปัญหา เพื่อให้ได้มาซึ่งถูกต้องสมบูรณ์ จึงจะทำให้การแก้ปัญหานั้นๆสำเร็จลุล่วงไปได้

3.4 กระบวนการและขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ไคลด์ (Clyde.1967 :109-112)ได้แบ่งขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 4 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 เข้าใจปัญหา คือ ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ต่างๆที่ใช้ในปัญหานั้น

ขั้นที่ 2 การหาสิ่งที่ต้องการใช้หาคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 3 ดูความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆ ที่จะทำให้หาคำตอบ และความสัมพันธ์กับคำตอบ มองเห็นว่าต้องใช้ การดำเนินการใด จึงจะได้คำตอบ ขั้นนี้ถือว่าเป็นขั้นให้เหตุผลที่แท้จริง นักเรียนที่จะประสบความสำเร็จในขั้นนี้ต้องมีความสามารถ 3 ประการ คือ

1. มองเห็นเงื่อนไขอย่างชัดเจน
2. การวางแผนแก้ปัญหาและให้เหตุผล
3. ตัดสินคำตอบที่มีเหตุผล หรือสมเหตุสมผลเพียงใด

ขั้นที่ 4 การคำนวณ จะต้องมีทักษะพื้นฐานเป็นอย่างดี

โพลยา (Polya .1957 :16-17) ได้จัดขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) นั่นคือ เข้าใจว่าอะไร คือสิ่งที่ไม่รู้ อะไรคือข้อมูล โจทย์กำหนดเงื่อนไขอะไรบ้าง และเพียงพอที่จะแก้ปัญหาหรือไม่ หากเกิดความกำกวม ลักลั่นหรือขัดแย้งควรใช้การวาดรูปและควรแยกสภาพการณ์หรือเงื่อนไขออกเป็นส่วนๆ โดยการเขียนลงบนกระดาษ จะทำให้เข้าใจโจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นขั้นที่เชื่อมหาความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่ไม่รู้ ถ้าหากไม่สามารถหาความเชื่อมโยงได้ก็ควรอาศัยหลักการวางแผนการแก้ปัญหาดังนี้

1. เป็นปัญหาที่เคยประสบมาก่อนหรือไม่ หรือมีลักษณะคล้ายกับโจทย์ที่เคยแก้มาก่อนหรือไม่

2. รู้จักโจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับโจทย์ที่จะแก้หรือไม่ เพียงใด และรู้จักทฤษฎีที่จะใช้แก้หรือไม่

3. พิจารณาสิ่งที่ไม่รู้ในโจทย์และพยายามคิดถึงปัญหาที่คุ้นเคย ซึ่งมีสิ่งที่ไม่รู้เหมือนกันและพิจารณาดูว่าจะใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เคยพบมาใช้กับโจทย์ปัญหาที่กำลังจะแก้ได้หรือไม่

4. ควรอ่านโจทย์ปัญหาอีกครั้งและวิเคราะห์เพื่อดูว่าแตกต่างจากปัญหาที่เคยพบมาหรือไม่

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) เป็นขั้นของการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้และต้องตรวจสอบแต่ละขั้นตอนที่ปฏิบัติว่าถูกต้องหรือไม่

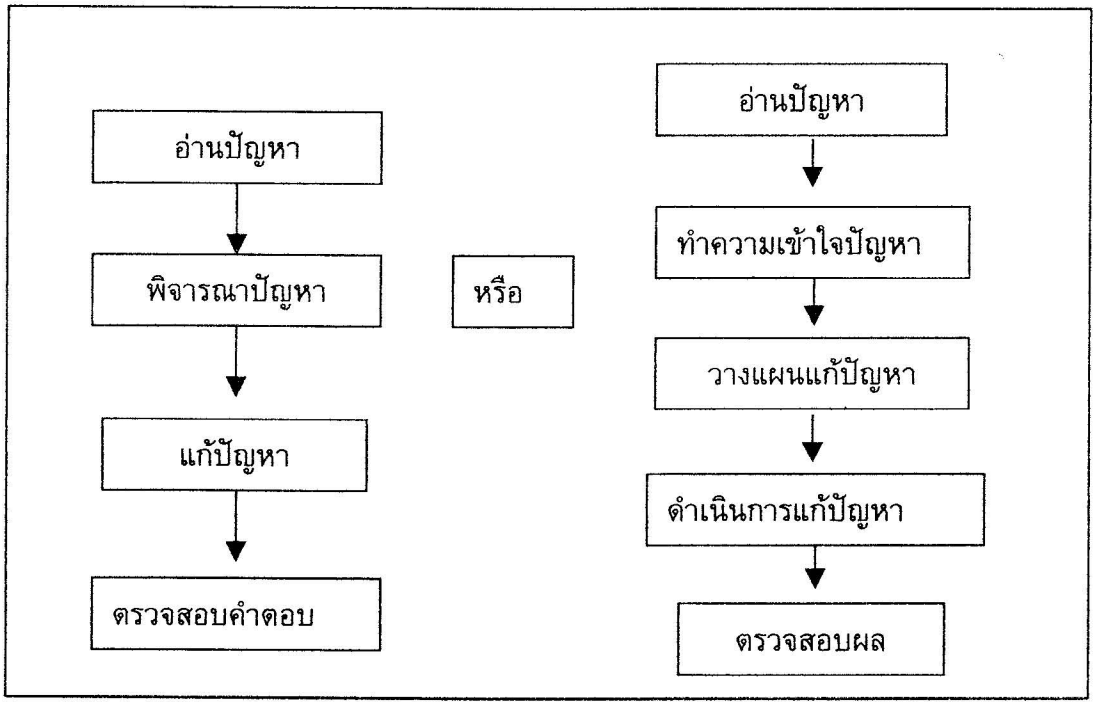
ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล (Looking Back) เป็นการตรวจสอบผลที่ได้ในแต่ละขั้นตอนว่าถูกต้องหรือไม่ หรืออาจตรวจสอบโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีอื่นๆ แล้วตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่าตรงกันหรือไม่ หรืออาจใช้การประมาณคำตอบอย่างคร่าวๆ

ในขั้นตอนการตรวจสอบ นอกจากจะเป็นการตรวจสอบผลที่ได้ว่าถูกต้องเหมาะสม แล้วอาจปรับเปลี่ยนเงื่อนไขบางประการ แล้วหาข้อสรุปและสรุปผลการแก้ปัญหาในรูปทั่วไป

เบลล์ (Bell.1978:312) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. นำเสนอปัญหาในรูปทั่วไป
2. เสนอปัญหาในรูปที่สามารถดำเนินการได้
3. ตั้งสมมติฐานและดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา
4. ตรวจสอบสมมติฐานและดำเนินการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้คำตอบหรือชุดของคำตอบที่เป็นไปได้
5. วิเคราะห์และประเมินคำตอบ รวมถึงวิธีซึ่งนำไปสู่การค้นพบยุทธวิธีในการแก้ปัญหา

วิลสัน เฟอร์นันเดซ และ ฮาดาเวย์ (Wilson ,Fernandez and Hadaway.1993: 60-62) กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาโดยทั่วไปว่า มักนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหา เป็นขั้นๆ ในลักษณะที่เป็นกรอบการแก้ปัญหาที่เป็นแนวตรง ดังนี้

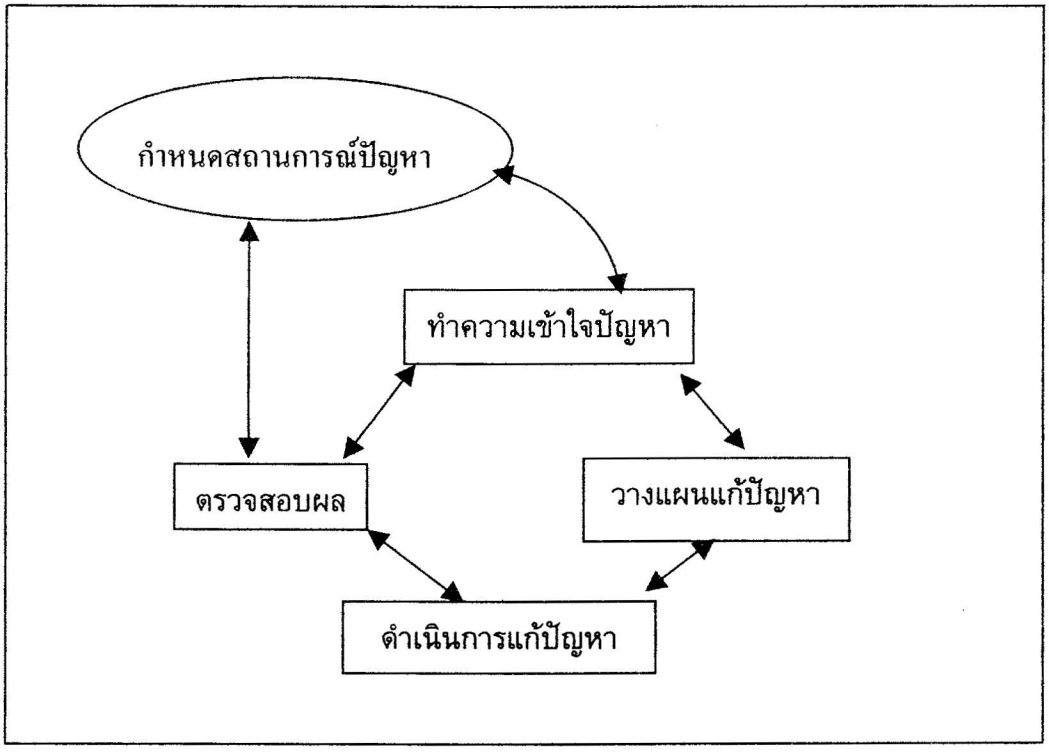


ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการแก้ปัญหาของวิลสัน เฟอร์นันเดซ และ ฮาดาเวย์ (Wilson ,Fernandez and Hadaway.1993: 61)

รูปภาพดังกล่าวเป็นเสมือนชุดของขั้นตอนการแก้ปัญหา ซึ่งต้องดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง จะเห็นว่าการดำเนินการในลักษณะแนวตรงเช่นนี้ทำให้ขาดการสืบสวนในการแก้ปัญหา ขาดการช่วยเหลือตนเอง ขาดการวางระบบความคิดและการวัดผลตนเอง (Selfassessment) ซึ่งรูปแบบเช่นนี้ วิลสัน เฟอร์นันเดซ และ ฮาดาเวย์ (Wilson ,Fernandez and Hadaway.1993: 60-62) มองว่ามีข้อบกพร่องดังนี้

1. ทำให้เข้าใจว่าการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการในแนวตรงเสมอ
2. การแก้ปัญหาเป็นดังเช่นชุดของขั้นตอน
3. ทำให้เข้าใจว่าการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ต้องจำ ต้องฝึก และต้องกระทำซ้ำๆ
4. เป็นการเน้นการได้มาเพียงคำตอบ

จากข้อบกพร่องข้างต้นวิลสัน เฟอร์นันเดซ และ ฮาดาเวย์ (Wilson ,Fernandez and Hadaway.1993: 60-62) ได้ปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา โดยเสนอเป็นกรอบแนวคิด เกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่แสดงความเป็นพลวัตร (Dynamic) และเป็นวงจรของขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 4 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตร (Wilson ,Fernandez and Hadaway.1993: 62)

จากภาพ ลูกศรเป็นการแสดงการพิจารณาตัดสินใจที่เป็นการดำเนินการทำงานจากขั้นตอนหนึ่งไปสู่อีกขั้นตอนหนึ่งหรืออาจจะพิจารณา ย้อนกลับไปขั้นตอนเดิมหากมีปัญหาหรือข้อสงสัยจะเห็นว่ากระบวนการไม่จำเป็นต้องเป็นแนวตรงตามรูปแบบเดิมเช่นเมื่อนักเรียนทำการแก้ปัญหาในขั้นแรกคือ ทำความเข้าใจปัญหาแล้วดำเนินการไปสู่ขั้นวางแผน ระหว่างการดำเนินการนั้นนักเรียนอาจค้นพบสิ่งที่ทำให้เข้าใจปัญหา ได้ดียิ่งขึ้น หรือในขณะที่นักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้แต่ไม่สามารถดำเนินการได้ นักเรียนอาจกลับไปเริ่มต้นวางแผนใหม่หรือทำความเข้าใจปัญหาใหม่ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวเป็นการดำเนินการที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา โดยไม่จำเป็นต้องเริ่มต้น ใหม่ในขั้นทำความเข้าใจปัญหาเสมอ

3.5 แบบทดสอบที่วัดตามแนวคิดของโพลยา

จรีพร สามารถ (2543:77) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยการสร้างแบบทดสอบการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยยึดกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา ซึ่งมีลักษณะดังนี้

<u>สถานการณ์</u>

> ในการสอบวิชาคณิตศาสตร์คะแนนเต็ม 60 คะแนน น้อยสอบได้ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม น้อยสอบได้กี่คะแนน

<u>ขั้นที่1</u> ทำความเข้าใจโจทย์

1. สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคืออะไร

   ตอบ น้อยสอบได้กี่คะแนน

2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง

   ตอบ คะแนนเต็มและร้อยละของคะแนนที่น้อยสอบได้

3. คำว่า "น้อยสอบได้ร้อยละ 75" หมายความว่าอย่างไร

   ตอบ ถ้าคะแนนเต็ม 100 คะแนน น้อยสอบได้ 75 คะแนน

<u>ขั้นที่2</u> วางแผนแก้ปัญหา

1. 75 % เขียนเป็นเศษส่วนได้อย่างไร

   ตอบ $\frac{75}{100}$

2. เขียน 75 % ของคะแนนเต็มในรูปประโยคสัญลักษณ์ได้อย่างไร

   ตอบ $\frac{75}{100} \times 60 = \square$

3. จะหาคะแนนที่น้อยสอบได้ ได้อย่างไร

ตอบ จากคะแนน 100% น้อยสอบได้ 60 คะแนน

ถ้าคะแนน 75 % คิดเป็นคะแนน $\frac{75}{100} \times 60$ คะแนน

ขั้นที่3 ปฏิบัติตามแผน

ให้นักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบ

ตอบ จากคะแนน 100% คิดเป็นคะแนน 60 คะแนน

ถ้าคะแนน 75 % คิดเป็นคะแนน $\frac{75}{100} \times 60$ คะแนน

น้อยสอบได้ = 45 คะแนน

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

ให้นักเรียนหาวิธีตรวจสอบคำตอบ

ตอบ คะแนนเต็ม 60 คะแนน น้อยสอบได้ 45 คะแนน

ถ้าคะแนน 100 คะแนน น้อยสอบได้ $\frac{45 \times 100}{60} = 75$ คะแนน

ดังนั้น 45 คะแนน คิดเป็น ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม 60 จริง

สำหรับงานวิจัยจะยึดกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นที่ปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตร ตามแนวคิดของวิลสัน เฟอร์นันเดซ และ ฮาดาเวย์ ซึ่งมีวงจรของขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาทั้งนี้เพราะการแก้ปัญหาสำหรับงานวิจัยนี้ได้เน้นกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

4. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศไทย มีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถทางสมองอยู่หลายท่านดังนี้

นคร เทพวรรณ (2521:33) ได้ศึกษาสมรรถภาพสมองบางประการที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดชลบุรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 233 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนด้าน เหตุผลภาษา ตัวเลข และมิติสัมพันธ์ เพื่อค้นหาชุดของความถนัดทางการเรียนที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเรขาคณิตจากการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเรขาคณิตมีความสัมพันธ์กับความถนัดทางด้านตัวเลขสูง และสัมพันธ์กับความถนัดทางด้านการเรียนด้านอื่นๆ ในระดับปานกลางและมีค่าสหสัมพันธ์

พหุคูณร่วมกันเป็น .6350 นอกจากนี้ยังพบว่าตัวพยากรณ์ที่ดีที่สุดในการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเรขาคณิต คือ ความถนัดทางด้านตัวเลขและเหตุผล

อำนวย เลิศชยันตี (2523: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองกับความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนรัฐบาลในกรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2522 จำนวน 420 คน ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถทางสมองมีความสัมพันธ์กันสูงมาก ในแง่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันสูง

สมชัย วงษ์นายะ (2524:98) ได้ศึกษาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าความถนัดทางการเรียนด้านตัวเลข เหตุผล มิติสัมพันธ์และภาษา มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ประเสริฐ สมพงษ์ธรรม (2524:58-64) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกนัยเนื้อหาสัญลักษณ์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และวิชาภาษาไทย โดยได้สร้างแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกนัยเนื้อหาสัญลักษณ์ 6 ฉบับตามผลการคิด 6 ด้าน คือ หน่วย กลุ่ม ความสัมพันธ์ ระบบ การเปลี่ยนแปลง และการประยุกต์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดชลบุรี จำนวน 406 คน พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกนัยเนื้อหาสัญลักษณ์ ทั้งหกด้านกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และภาษาไทย มีค่าเป็นบวก มีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01 ทุกค่า ค่าน้ำหนักความสำคัญของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกนัย เนื้อหาสัญลักษณ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าเป็นบวกอย่างเชื่อถือได้ 4 ฉบับ เรียงตามลำดับผลการคิดที่มีผลดังนี้ แบบความสัมพันธ์ แบบการประยุกต์ แบบหน่วย และแบบระบบ ส่วนค่าน้ำหนักความสำคัญของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกนัยเนื้อหาสัญลักษณ์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย มีค่าเป็นบวก เชื่อถือได้ 5 ฉบับ เรียงลำดับตามผลการคิด ดังนี้ แบบหน่วย แบบการเปลี่ยนแปลง แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบกลุ่ม

กมล ชื่นทองคำ (2527: จ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร พบว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ต่อกันในทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.4401

สุธีรา พรมสุวรรณ (2537:54-58) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางภาษาแบบการเปลี่ยนรูปตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 375 คน พบว่า สมรรถภาพสมองทางภาษาแบบการเปลี่ยนรูป จำแนกตามวิธีการคิดทั้ง 6 ด้าน มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นบวก และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พหุคูณ ของสมรรถภาพสมองทั้ง 6 ด้าน มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าสมรรถภาพสมองทางภาษาทั้ง 6 ด้าน สามารถพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้

ศศิมา มีบุญญา (2538:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางภาษาด้านมิติการดำเนินการกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 โรงเรียนสังกัดเทศบาล เขตการศึกษา 1 พบว่าสมรรถภาพสมองทางภาษาด้านมิติ การดำเนินการทุกด้านมีความสัมพันธ์ทางบวกกับทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ทุกทักษะ และนักเรียนที่มีความถนัดทางการเรียนภาษาสูง จะมีความสามารถทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่ำ

ธานินทร์ เสนีย์วงษ์ ณ อยุธยา (2539:65)ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองกับความสามารถทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนสังกัดกรมสามัญในจังหวัดอ่างทองจำนวน 222 คน พบว่าความสามารถทางสมองด้านภาษา ด้านตัวเลข ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านเหตุผล และด้านการรับรู้ มีความสัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถทางสมองด้านตัวเลขกับความสามารถทางสมองด้านเหตุผล มีน้ำหนักความสำคัญที่ส่งผลทางบวกต่อความสามารถทางการเรียนฟิสิกส์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนความสามารถทางสมองด้านภาษา มีน้ำหนักความสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถทางการเรียนฟิสิกส์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 สำหรับความสามารถทางสมองด้านการรับรู้อย่างรวดเร็ว และด้านมิติสัมพันธ์ส่งผลต่อความสามารถทางการเรียนฟิสิกส์อย่างไม่มีนัยสำคัญ

ทิพวรรณ วังเย็น (2541:122) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองด้านความสามารถทางภาษา ความสามารถทางจำนวน ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถในการรับรู้อย่างรวดเร็ว ในแต่ละด้านกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 607 คน พบว่าความสามารถทางสมองทั้ง 4 ด้านมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของแบบทดสอบความสามารถทางสมองแต่ละด้านพบว่า ความสามารถทางสมองทั้ง 4 ด้านวัดในสิ่งที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงพอๆกัน

อรุณ ส่องศรี (2545:64) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองกับทักษะกระบวนการนับต่อเนื่องของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่าความสามารถทางสมองด้านอนุกรมเลขคณิต ด้านเหตุผล ด้านการรับรู้อย่างรวดเร็ว ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านการจำ และด้านการจำชุดตัวเลข กับทักษะกระบวนการนับต่อเนื่องมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

สำหรับในต่างประเทศได้มีผู้วิจัยเกี่ยวกับความสามารถทางสมองอยู่หลายท่านดังนี้

กูดแมน (วรรณา บุญฉิม .2541:19 ; อ้างอิงจาก Goodman.n.d.) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถสมองด้านต่างๆที่มีผลต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเคมี โดยศึกษากับนักเรียนระดับวิทยาลัย 113 คน พบว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวิชาเคมีกับความสามารถด้านเหตุผลเท่ากับ.43 กับมิติสัมพันธ์ เท่ากับ .25 กับภาษาเท่ากับ .28 และกับความจำเท่ากับ .25 ซึ่งจากการศึกษาของกูดแมน จะเห็นว่าวิชาเคมีมีความสัมพันธ์กับความสามารถทางสมองด้านเหตุผลมากที่สุด

มาร์ติน (หัสยา เถียรวิทวัส .2537 : 39; อ้างอิงจาก Martin.n.d.) ได้ศึกษาสมรรถภาพทางสมองด้านการคิดหาเหตุผล ความเข้าใจในการอ่าน และความคล่องแคล่วในการคำนวณที่มีต่อการแก้ปัญหาโจทย์คณิตของเด็กเกรด 4 จำนวน 523 คน ในเมือง ไอโอวา พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการแก้ปัญหาโจทย์เลขคณิตกับความสามารถทางสมองด้านเหตุผลเท่ากับ .61กับความเข้าใจในการอ่านเท่ากับ.64และกับความคล่องแคล่วในการคิดคำนวณเท่ากับ .60

เวอร์นอน (วรรณา บุญฉิม .2541:19; อ้างอิงจาก Vernon.n.d.) ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆระหว่างเพศชายและเพศหญิง พบว่าคะแนนเฉลี่ยของสติปัญญา โดยทั่วไปจะไม่แตกต่างกันระหว่างเพศหญิงกับเพศชาย และจากการทำแบบทดสอบหลายๆฉบับ พบว่าเด็กหญิงทำคะแนนด้านภาษา และการท่องจำได้มากกว่าเด็กชาย ส่วนเด็กชายมักทำคะแนนได้มากกว่าเด็กหญิงในการคำนวณและการใช้เหตุผล อีกทั้งให้ข้อสังเกตว่าการที่เด็กชายได้คะแนนมิติสัมพันธ์และเชิงกล มากกว่าเด็กหญิงนั้นอาจเนื่องมาจากวัฒนธรรม

แอทกิน (Atkin.1978:6488 A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจำนวน 96 คน เป็นนิสิตมหาวิทยาลัยคอร์เนลล์ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความสัมพันธ์กับความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาสูงตั้งแต่ .64 ถึง .91

โกโยนากิ (Koyonaki.1971:5937 A)ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางด้านการอ่านกับความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหากลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 พบว่าตัวแปรทั้งสองประเภทต่างมีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ดอดสัน (Dodson.1971:5928 A)ได้ศึกษาคุณลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูง พบว่าองค์ประกอบทางสติปัญญาโดยทั่วๆไปเป็นคุณลักษณะอย่างหนึ่งของบุคคลที่มีความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูง นอกจากนี้ยังพบว่า ความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความสามารถเชิงเหตุผลและความสามารถเชิงมิติ

เว็บบ (Webb. 1975:2689-A) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสำรวจกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 40 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถทางด้านความรู้ความจำ ซึ่งได้แก่ภาษา แบบการคิด มิติสัมพันธ์ เหตุผลและการแก้ปัญหา พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับสูง

สโตนวอเตอร์ (Stonewater.1977:2602-2603-A)ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหากับความถนัดทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนเทอมแรกของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย มิชิแกน จำนวน 27 คน เมื่อวิเคราะห์ผลโดยการหาค่าสหสัมพันธ์แบบเปียร์สัน พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหากับความถนัดทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มูราสกี้ (Muraski.1979:4104-A)ได้ทำการศึกษาผลของการสอนอ่านในทางคณิตศาสตร์กับความสามารถในการแก้ปัญหา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 6 ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม อย่างละ 13 คน กลุ่มทดลองจะได้รับการสอนอ่านในทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 บทเรียน แต่ละบทเรียนจะแบ่งออกเป็น 5 เรื่อง ใช้เวลา 5 สัปดาห์ ต่อจากนั้นจัดความสามารถในการแก้ปัญหาของทั้งสองกลุ่ม พบว่า กลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พุท (putt. 1979 : 5382 –A)ไดทำการวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เมื่อมีกระบวนการแก้ปัญหาต่างกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 5 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนแรกได้รับการสอนกลวิธีในการแก้ปัญหา ห้องเรียนที่สองให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการแก้ปัญหา ที่ไม่ได้รับการสอนในห้องเรียน ใช้เวลาทำการทดลอง 4 สัปดาห์ แล้ววัดผลในการแก้ปัญหา พบว่า การแก้ปัญหาทั้งสองแบบของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกัน

ฮอพคินส์(Hopkins. 1985:2790) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษารูปแบบ ของห้องเรียนที่ส่งผลต่อทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน พบว่ารูปแบบของห้องเรียนที่ส่งผลต่อทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนจะต้องเป็นห้องเรียนที่มีข่าวสารน่าสนใจ นักเรียนได้อ่านและวิเคราะห์ข่าวอยู่เสมอ มีภาพอุปกรณ์หรือสัญลักษณ์ ที่เคยกล่าวจากข่าวสารนั้นๆ และนักเรียนมีโอกาสแสดง

ความคิดเห็นของตนเองอย่างอิสระ เมื่อได้พบเห็นสิ่งนั้นจึงส่งผลต่อทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน

ทัฟกอว์(Tougaw.1994:2934-A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาแบบเปิดกว้างในการสอนคณิตศาสตร์ โดยศึกษาพฤติกรรมการแก้ปัญหาและเจตคติเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา การแก้ปัญหาแบบเปิดกว้าง หมายถึง การสร้างข้อสอบคาดเดา การสืบค้น การค้นพบ การอภิปราย การพิสูจน์ และการหารูปทั่วไป ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องใช้ความรู้ ทักษะ กระบวนการคิด และเจตคติในทางบวกเป็นพื้นฐาน พบว่านักเรียนที่ผ่านการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาแบบเปิดกว้างมีเจตคติทางบวกต่อการเรียนและเพศไม่มีความแตกต่างต่อพฤติกรรมการแก้ปัญหา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถทางสมองและความสามารถในการแก้ปัญหา ได้มีผู้ศึกษาค้นคว้าไว้หลายลักษณะพอจะสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาความสามารถทางสมองด้านต่างๆที่มีผลต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ วิชาฟิสิกส์

2. การศึกษาความสามารถทางสมองด้านการคิดหาเหตุผล ความเข้าใจในการอ่านและความคล่องแคล่วในการคำนวณที่มีต่อการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

3. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางด้านการคิดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถทางสมอง

4. การศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถภาพสมองด้านต่างๆระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิง

5. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านเหตุผลกับความสามารถในการแก้ปัญหา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวมาข้างต้น ยังไม่ปรากฏว่าได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถสมองบางประการกับกระบวนการการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองบางประการกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

สมมุติฐานการวิจัย

1. ความสามารถทางสมองบางประการ กับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กัน

2. ค่าน้ำหนักความสำคัญของความสามารถทางสมองอย่างน้อยหนึ่งด้านที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชายและหญิง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2545 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา ส่วนกลางกลุ่มที่ 4 จำนวนโรงเรียนทั้งหมด 14 โรงเรียน จำนวนห้องเรียนทั้งหมด 162 ห้องเรียน และมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 7,260 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า เป็นนักเรียนชายและนักเรียนหญิง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2545 สังกัดกรมสามัญศึกษา ส่วนกลางกลุ่มที่ 4 จำนวนห้องเรียน 16 ห้องเรียน และมีจำนวนนักเรียน 640 คน ซึ่งเลือกจากประชากร โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยมีขนาดโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) โดยมีขั้นตอนการสุ่มดังนี้

ขั้นที่ 1 ประมาณขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาด้วยความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = .05$) เมื่อเปรียบเทียบจากตารางขนาดกลุ่มตัวอย่างปรากฏว่า ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างต่ำสุด จำนวน 384 คน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ .2531: 260 อ้างอิงจาก Yamane.1967)

ขั้นที่ 2 จำแนกโรงเรียนที่มีอยู่ 14 โรงเรียน ออกเป็น 2 ขนาด คือขนาดใหญ่พิเศษ และขนาดใหญ่ (โดยแบ่งขนาดโรงเรียนตามเกณฑ์ของกรมสามัญศึกษา) จากการสำรวจพบว่า มีโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 11 โรงเรียน 143 ห้องเรียน ขนาดใหญ่ 3 โรงเรียน 19 ห้องเรียน

ขั้นที่ 3 สุ่มห้องเรียนในแต่ละชั้น มีขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น และมีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่มโดยใช้สัดส่วนการสุ่ม 10:1 ได้โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 14 ห้องเรียน ขนาดใหญ่ 2 ห้องเรียน มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 640 คน ดังตาราง 1

ตาราง 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำแนกตามโรงเรียน และขนาดของโรงเรียน

ขนาดโรงเรียน ชื่อสถาบัน	จำนวนห้องเรียน	จำนวนนักเรียน
โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ		
มัธยมวัดธาตุทอง	2	80
สุรศักดิ์มนตรี	3	120
ศรีพฤษฆา	3	120
พระโขนงวิทยาลัย	3	120
สิริรัตนาธร	3	120
โรงเรียนขนาดใหญ่		
กุนนทีรุทธาราม	1	40
จันทร์หุ่นบำเพ็ญ	1	40
รวม	16	640

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ แบบทดสอบกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่เน้นกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา(Polya) และแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง 7 ฉบับดังนี้

1. แบบทดสอบความสามารถทางสมองบางประการ เป็นแบบทดสอบเลือกตอบแบบ 5 ตัวเลือก ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบในด้านต่อไปนี้

1.1 แบบทดสอบด้านทักษะการคิดคำนวณ จำนวน 20 ข้อ

1.2 แบบทดสอบด้านอนุกรมตัวเลข จำนวน 20 ข้อ

1.3 แบบทดสอบด้านความเข้าใจในการอ่าน จำนวน 20 ข้อ

1.4 แบบทดสอบด้านการคิดวิเคราะห์ จำนวน 20 ข้อ

1.5 แบบทดสอบด้านอุปมาอุปไมยแบบภาษา จำนวน 20 ข้อ

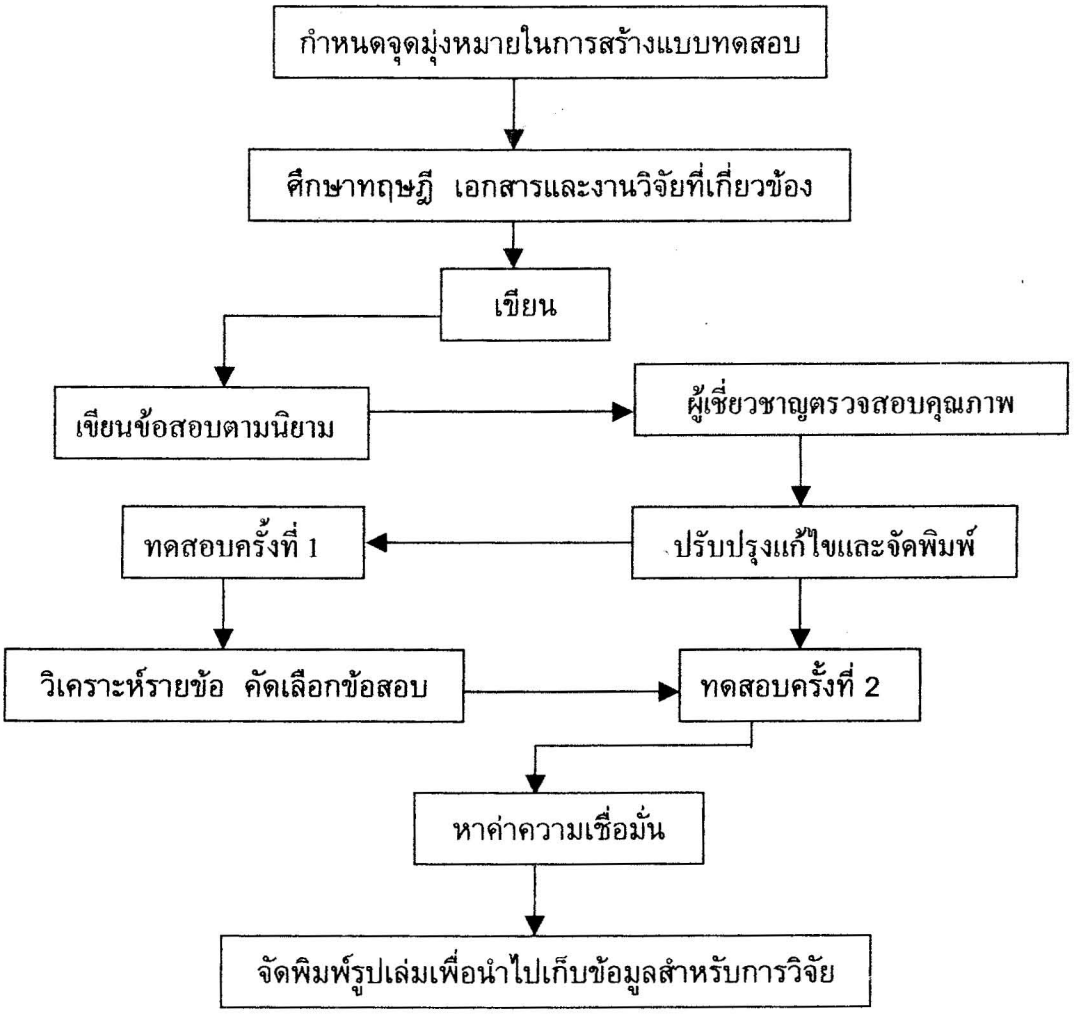
1.6 แบบทดสอบด้านการสรุปความ จำนวน 20 ข้อ

1.7 แบบทดสอบด้านการจัดประเภททางภาษา จำนวน 20 ข้อ

2. แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องสมการและอสมการ ตามหลักสูตรที่กระทรวงศึกษาธิการ กำหนดโดยเน้นทักษะกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอนที่ประกอบด้วยโจทย์สถานการณ์ 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถามวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 4 ข้อ รวม ทั้ง 5 สถานการณ์มีจำนวน 20 ข้อ

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจทางภาษา ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านอุปมาอุปไมย ด้านสรุปความ ด้านการจัดประเภททางภาษา และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังจะได้เสนอขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้ ภาพประกอบ



ภาพประกอบ 5 ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ในการดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองบางประการและแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีวิธีดำเนินการสร้างดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมององค์ประกอบ ด้านอนุกรมตัวเลข ด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมยแบบภาษา ด้านสรุปความ ด้านการจัดประเภททางภาษา และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อใช้ในการวิจัย

2. ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับแนวการสร้างแบบทดสอบโดยยึดทฤษฎีหลายองค์ประกอบของเธอร์สโตน

3. เขียนนิยามการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง ด้านอนุกรมตัวเลข ทักษะการคิดคำนวณ ความเข้าใจทางภาษา การคิดวิเคราะห์ อุปมาอุปไมยทางภาษา การสรุปความ การจัดประเภททางภาษา และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

4. สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้าน ด้านอนุกรมตัวเลข ทักษะการคิดคำนวณ ความเข้าใจทางภาษา การคิดวิเคราะห์ อุปมาอุปไมยทางภาษา การสรุปความ การจัดประเภททางภาษา และวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังนี้

4.1 แบบทดสอบด้านทักษะการคิดคำนวณ จำนวน 40 ข้อ

4.2 แบบทดสอบด้านอนุกรมตัวเลข จำนวน 40 ข้อ

4.3 แบบทดสอบด้านความเข้าใจภาษาจำนวน 40 ข้อ

4.4 แบบทดสอบด้านการคิดวิเคราะห์ จำนวน 40 ข้อ

4.5 แบบทดสอบด้านอุปมาอุปไมยแบบภาษา จำนวน 40 ข้อ

4.6 แบบทดสอบด้านสรุปความ จำนวน 40 ข้อ

4.7 แบบทดสอบด้านการจัดประเภททางภาษาจำนวน 40 ข้อ

5. สร้างแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ จำนวน 10 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มี 4 ข้อ รวม 40 ข้อ

6. นำแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองจำนวน 7 ฉบับและแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหา ไปให้ประธานและกรรมการตรวจสอบความถูกต้องแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ จากนั้น นำแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองทั้ง 7 ฉบับ และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัดผลการศึกษาและทางด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 8 ท่าน เป็นผู้พิจารณาและคัดเลือกข้อที่มีค่า IOC สูงกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ซึ่งผลการพิจารณาเป็นดังนี้ แบบทดสอบด้านอนุกรมตัวเลข แบบทดสอบด้านทักษะการคิดคำนวณ จำนวน 40 ข้อ แบบทดสอบด้านความเข้าใจทางภาษา

จำนวน 40 ข้อ แบบทดสอบด้านการคิดวิเคราะห์ จำนวน 40 ข้อ แบบทดสอบด้านอุปมาอุปไมยทางภาษา จำนวน 40 ข้อ แบบทดสอบด้านการสรุปความจำนวน 40 ข้อ แบบทดสอบด้านการจัดประเภททางภาษาจำนวน 40 ข้อ ทุกฉบับมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.8 ถึง 1.00 และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จำนวน 40 ข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.8 ถึง 1.00 ซึ่งทุกฉบับคัดเลือกทุกข้อ

7. นำแบบทดสอบสอบ ด้านทักษะการคิดคำนวณ วัดความสามารถด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจทางภาษา ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมยทางภาษา ด้านการสรุปความ ด้านการจัดประเภททางภาษา และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ ด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจ ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี โรงเรียนจันทร์หุ่นบำเพ็ญรวมทั้งหมด 200 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งนักเรียนทุกคนต้องทำแบบทดสอบทั้ง 8 ฉบับแล้วนำมาตรวจให้คะแนน และนำไปวิเคราะห์หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกโดยคัดเลือกข้อสอบที่ได้ตามเกณฑ์ คือมีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปซึ่งผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

7.1 แบบทดสอบทักษะการคิดคำนวณ จำนวน 40 ข้อมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.13 ถึง 0.77 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.11 ถึง 0.70 คัดเลือกไว้ 20 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.22 ถึง 0.77 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 0.70

7.2 แบบทดสอบวัดความสามารถด้านอนุกรมตัวเลข จำนวน 40 ข้อมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.02 ถึง 1.00 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 0.63 คัดเลือกไว้ 20 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.75 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 0.63

7.3 แบบทดสอบด้านความเข้าใจทางภาษา จำนวน 40 ข้อมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.13 ถึง 0.62 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.37 ถึง 0.87 คัดเลือกไว้ 20 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.29 ถึง 0.62 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 0.87

7.4 แบบทดสอบด้านการคิดวิเคราะห์ จำนวน 40 ข้อมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 0.84 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.11 ถึง 0.67 คัดเลือกไว้ 20 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.46ถึง 0.84 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 0.67

7.5 แบบทดสอบด้านอุปมาอุปไมยทางภาษา จำนวน 40 ข้อมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.06 ถึง 0.68 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.15 ถึง 0.73 คัดเลือกไว้ 20 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.28 ถึง 0.68 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33 ถึง 0.73

7.6 แบบทดสอบด้านการสรุปความ จำนวน 40 ข้อมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.10 ถึง 0.72 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.85 คัดเลือกไว้ 20 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.24 ถึง 0.72 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 0.85

7.7 แบบทดสอบด้านการจัดประเภททางภาษาจำนวน 40 ข้อมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.90 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.17 ถึง 0.80 คัดเลือกไว้ 20 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.39 ถึง 0.90 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33 ถึง 0.80

8. แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จำนวน 40 ข้อมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.09 ถึง 0.82 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.26 ถึง 1.00 คัดเลือกไว้ 20 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.26 ถึง 0.65 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 1.00

9. เมื่อได้แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกในแต่ละฉบับ แล้ว ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนสิริรัตนาธร โรงเรียนพิบูลประชาสรรค์ รวมทั้งสิ้น 200 คน ซึ่งเป็นนักเรียน กลุ่มใหม่ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยนักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบทั้ง 8 ฉบับจากนั้นนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตร คูเดอร์ – ริชาร์ดสัน สูตร (KR –20) ซึ่งผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

9.1 แบบทดสอบด้านอนุกรมเลขคณิตมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.713

9.2 แบบทดสอบด้านความเข้าใจภาษามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.725

9.3 แบบทดสอบด้านการคิดวิเคราะห์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.732

9.4 แบบทดสอบด้านทักษะการคิดคำนวณ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.735

9.5 แบบทดสอบด้านอุปมาอุปไมยแบบภาษา มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.707

9.6 แบบทดสอบด้านสรุปความ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.896

9.7 แบบทดสอบด้านการจัดประเภททางภาษามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.700

9.8 แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ0.792

10. นำแบบทดสอบที่ได้ไปจัดพิมพ์รูปเล่มแล้วนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิจัย

ลักษณะของเครื่องมือ

1. แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นอย่างมีขั้นตอน เพื่อช่วยในการวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องสมการและอสมการ โดยเน้นทักษะกระบวนการคิดตามลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาของ โพลยา 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง สถานการณ์ที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อ 1-4

$\frac{4}{5}$ เท่าของผลต่างของจำนวนจำนวนหนึ่งกับ 20 มีค่ามากกว่า ผลรวมของสามเท่าของจำนวนจำนวนนั้นกับ 12 อยู่เท่ากับ 5 จงหาเลขจำนวนนั้น

ขั้นทำความเข้าใจโจทย์

(1) โจทย์ข้อนี้หมายความว่าอย่างไร

ก. $\frac{4}{5}$ ลบออกจากจำนวนหนึ่งกับ 20 มากกว่า สามเท่าของจำนวนหนึ่งกับ 12 อยู่ 5

ข. $\frac{4}{5}$ ของผลลบของจำนวนหนึ่งกับ 20 มากกว่า จำนวนหนึ่งบวกกับ 12 อยู่ 5

ค. $\frac{4}{5}$ ของจำนวนหนึ่งลบกับ 20 กับจำนวนหนึ่งบวกกับ 12 ต่างกันอยู่ 5

ง. $\frac{4}{5}$ ของผลลบของจำนวนหนึ่งกับ 20 มากกว่าสามเท่าของ จำนวนหนึ่งบวก 12 ต่าง กัน ยู่ 5

จ. $\frac{4}{5}$ ของผลบวกของจำนวนหนึ่งกับ 20 มากกว่า จำนวนหนึ่งบวก 12 อยู่ 5

ข้อนี้ตอบ ง

ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

(2) จะหาจำนวนจำนวนนั้นได้อย่างไร

ก. หาผลรวมของจำนวนจำนวนนั้นกับ 20

ข. หาผลต่างของจำนวนจำนวนหนึ่งกับ 20

ค. กำหนดให้จำนวนจำนวนนั้นเป็นตัวแปร x

ง. หาผลรวมของสามเท่าของเลขจำนวนนั้น กับ 12

จ. หาจำนวนที่มากกว่า ผลรวมของสามเท่าของเลขจำนวนนั้น

ข้อนี้ตอบ ค.

ขั้นปฏิบัติตามแผน

(3)จากโจทย์เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้อย่างไร

ก. $\frac{4}{5}x - 20 = (3x + 12) + 5$

ข. $(\frac{4}{5}x - 20) - 5 = (3x + 12)$

ค. $\frac{4}{5}(x - 20) - 5 = (3x + 12)$

ง. $\frac{4}{5}(x - 20) + 5 = (3x + 12)$

จ. $\frac{4}{5}(x - 20) = (3x + 12) - 5$

ข้อนี้ตอบ ค.

ขั้นตรวจสอบและหาคำตอบ

(4) จากสถานการณ์ที่กำหนดให้จำนวนนั้นคือจำนวนอะไร

ก. 5

ข. –5

ค. 15

ง. –15

จ. 20

ข้อนี้ตอบ ง.

ลักษณะของแบบทดสอบความสามารถทางสมอง

แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง จำนวน 7 ฉบับ ซึ่งแต่ละฉบับมีลักษณะดังนี้

1. แบบทดสอบด้านการคิดคำนวณ เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร ตัวเลข ภายในเวลาที่กำหนด

ตัวอย่าง

(0) ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง

ก. (-5)+(-3) = (-8)

ข. 12+(-8) = 4

ค. (-6)-(-4) = (-2)

ง. 0-(-13) = (-13)

จ. (- 5)- (-5) = 0

ข้อนี้ตอบ ง

(00) $\frac{4}{3}\left[\frac{1}{3}\times\left(-\frac{1}{2}\right)\right]$ มีค่าเท่าไร

ก. $\frac{2}{3}$

ข. $\frac{2}{9}$

ค. $-\frac{2}{9}$

ง. $-\frac{4}{8}$

จ. $\frac{4}{8}$

ข้อนี้ตอบ ค

2. แบบทดสอบอนุกรมตัวเลข ลักษณะของข้อสอบเป็นการวางเรียงตัวเลขอย่างเป็นระบบ มีกฎเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นชุดๆ แล้วตัดตัวเลขตัวใดตัวหนึ่งในระบบออก หรืออาจเป็นตัวถัดไป แล้วหาดูว่าจะเป็นตัวเลขใด

ตัวอย่าง

(0)

3	5	9
4	6	10
7	□	13

ก. 5

ข. 6

ค. 7

ง. 9

จ. 10

คำตอบถูกคือข้อ ง

วิธีคิด เป็นอนุกรมสัมพันธ์กันทั้งแถวนอนและแถวตั้ง แถวนอนเป็นลักษณะเพิ่มจาก 3 เป็น +2 , +4 แถวตั้งเป็นลักษณะ +1 , +3 ดังนั้น□ จึงน่าจะเป็น 9 จึงจะถูกต้องเพราะ

แถวนอน 7+2= 9

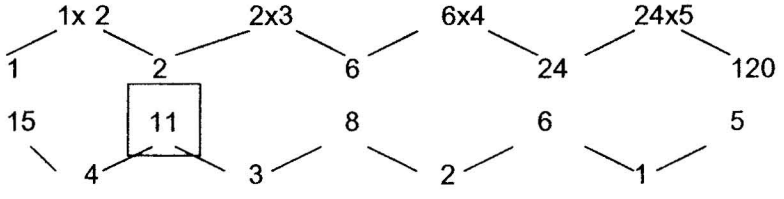
แถวตั้ง 5+1=6 , 6+3=9

(00) ให้หาจุดที่อนุกรมใดอนุกรมหนึ่ง

	ก	ข	ค	ง	จ
อนุกรมหนึ่ง	1	2	6	24	120
อนุกรมสอง	15	10	8	6	5
ผลรวมเมื่ออนุกรมถูก					198

ข้อนี้ตอบ ข

วิธีคิด



3. แบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน เป็นแบบทดสอบความเข้าใจภาษาโดยการกำหนดข้อความหรือบทประพันธ์ให้อ่านแล้วตอบคำถามโดยยึดถือสาระสำคัญในข้อความหรือบทประพันธ์ที่กำหนดให้

ตัวอย่าง

"การแก้ไขความยากไร้ของประชาชนประการหนึ่งคือ การตัดการใช้จ่ายที่ฟุ่มเฟือยออก ใช้จ่ายในสิ่งจำเป็น เช่นการเลิกเที่ยวเตร่ เลิกการชมมหรสพที่ต้องเสียเงิน เลิกซื้อของที่ไม่จำเป็นแก่ชีวิต ของที่ยังใช้ได้ เช่น เสื้อผ้าก็ควรใช้เท่าที่จำเป็น อย่าเปลี่ยนของใช้เห่อตามเพื่อน การไม่รู้จักประหยัดนี้เอง ทำให้ประเทศของเรา ไม่สามารถพัฒนาไปได้เต็มที่"

(0) บทความนี้เน้นเรื่องใดมากที่สุด

ก. การแต่งกาย
ข. การเที่ยวเตร่
ค. การใช้จ่าย
ง. การไม่ประหยัด
จ. การชมมหรสพ

คำตอบถูกคือข้อ ค

(00) <u>เห่อ</u> ในที่นี้มีความหมายตรงกับสุภาษิตในข้อใดข้อใด

ก. พุ่งหอกเข้ารก
ข. จับปลาสองมือ
ค. ลางเนื้อชอบลางยา
ง. เห็นช้างขี้ขี้ตามช้าง
จ. ตำน้ำพริกละลายแม่น้ำ

คำตอบถูกคือข้อ ง

4. แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ลักษณะของข้อสอบเป็นการหาตัวร่วม โดยพิจารณาแยกแยะดูว่าชุดคำ หรือศัพท์ 3 คำที่กำหนดมาให้มีอะไรเป็นตัวร่วม

<u>คำชี้แจง</u> แบบทดสอบต่อไปนี้ให้พิจารณา คำหรือข้อความที่กำหนดให้แล้ววิเคราะห์คำหรือข้อความว่า มีลักษณะร่วมกันอย่างไร

ตัวอย่าง

(0) จูง ดึง ลาก

ก. ความเร็ว
ข. ทิศทาง
ค. ระยะทาง
ง. ขนาด
จ. น้ำหนัก

คำตอบถูกคือ ข้อ ข

(00) ประสูติ ตรัสรู้ ปรินิพพาน

ก. วันพระ
ข. วันมาฆบูชา
ค. วันวิสาขบูชา
ง. วันเข้าพรรษา
จ. วันอาสาฬหบูชา

คำตอบถูกคือ ข้อ ค

5. แบบทดสอบอุปมาอุปไมยแบบภาษา เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย ชื่อสัตว์ สิ่งของ พืช คำ และอื่นมาให้ 2 หรือ 3 ชื่อ โดยชื่อแรกจะมีความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งกับชื่อที่สอง แล้วให้หาชื่อจากคำตอบที่มีความสัมพันธ์เหมือนกับความสัมพันธ์ของชื่อแรกและชื่อที่สอง

ตัวอย่าง

(0) ก้าวหน้า : รุ่งเรือง ⟶ ถอยหลัง : ?

ก. ย่ำแย่
ข. ต้อยต่ำ
ค. ตกต่ำ
ง. ซบเซา
จ. คร่ำครึ

ข้อนี้ตอบ ค.

(00) วัด : สมภาร ⟶ ? : ?

ก. ตลาด : แม่ค้า
ข. โรงเรียน : ครู
ค. บริษัท : คนงาน
ง. กระทรวง : รัฐมนตรี
จ. โรงพยาบาล : หมอ

ข้อนี้ตอบ ง.

6. แบบทดสอบสรุปความ ลักษณะของข้อสอบเป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดความสามารถในการสรุปหาข้อยุติ เป็นการสรุปที่ใช้เหตุผลทางภาษา โดยอาศัยโครงสร้างทางด้านตรรกวิทยา การหาข้อยุติควรคำนึงถึงความเป็นจริง และสมเหตุสมผลตามเงื่อนไขของข้อเท็จจริง ที่กำหนดให้พิจารณา

ตัวอย่าง

(0) แดงเป็นพี่ต่อง ต่องเป็นน้องโด่ง
โด่งเป็นน้องดำ ดำอายุมากกว่าขาว
และขาวอายุมากกว่าต่อง
ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

ก. ดำอายุมากที่สุด
ข. แดงอายุมากที่สุด
ค. ต่องอายุน้อยที่สุด
ง. ขาวและโด่งอายุเท่ากัน
จ. ยังสรุปไม่ได้

ข้อนี้ตอบ ค.

(00) ชาวอีสานทุกคนเป็นคนอดทน
คนอดทนทุกคนเป็นคนขยัน
คนขยันส่วนมากประสบผลสำเร็จ
รุ่งโรจน์เป็นคนขยัน ดังนั้น

ก. รุ่งโรจน์เป็นคนอีสาน
ข. รุ่งโรจน์เป็นคนอดทน
ค. รุ่งโรจน์ประสบความสำเร็จ
ง. รุ่งโรจน์เป็นคนขยันที่อดทน
จ. สรุปแน่นอนไม่ได้

ข้อนี้ตอบ จ

7. แบบทดสอบการจัดประเภททางภาษา เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดความสามารถในการจัดจำแนกประเภท ของสิ่งต่างๆ ที่กำหนดให้ ว่าสิ่งใดเข้าพวก ไม่เข้าพวกได้อย่างเหมาะสมโดยยึดความเหมือน หรือความแตกต่าง ด้านสมบัติทางภาษา โครงสร้าง หน้าที่ คุณลักษณะต่างๆ เปรียบเทียบกับกลุ่มที่กำหนดให้

ตัวอย่าง

(0) ข้อใดไม่เข้าพวก	(00) เร่งรีบ ลุกลี้ลุกลน รวดเร็ว
ก. กระจาด	ก. ขยัน
ข. กระจก	ข. ขมีขมัน
ค. กระจาย	ค. ตั้งใจ
ง. กระดาษ	ง. สนใจ
จ. กระเบื้อง	จ. เหลวไหล
ข้อนี้ตอบ ค.	ข้อนี้ตอบ ข.

เกณฑ์การให้คะแนนทั้งแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง ทั้ง 7 ฉบับ และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหา ให้คะแนน 1 เมื่อทำถูก และ 0 เมื่อทำผิด

เกณฑ์การแปลความหมายคะแนน ใช้หลักครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มเป็นหลักในแบบทดสอบทั้ง 8 ฉบับ มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน ดังนั้นครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม คือ 10 คะแนน ซึ่งแปลความหมายคะแนนได้ดังนี้

มากกว่า 13 คะแนน	มีความสามารถทางสมองสูง
มากกว่า10 คะแนน - 13 คะแนน	มีความสามารถทางสมองค่อนข้างสูง
10 คะแนน	มีความสามารถทางสมองปานกลาง
7 คะแนน – น้อยกว่า 10 คะแนน	มีความสามารถทางสมองค่อนข้างต่ำ
น้อยกว่า 7 คะแนน	มีความสามารถทางสมองต่ำ

วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบทั้งหมดไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ทำหนังสือติดต่อและขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เพื่อนัดหมายวัน และเวลาเพื่อนำแบบทดสอบไปทำการทดสอบ

2. จัดเตรียมแบบทดสอบให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่สอบในแต่ละครั้ง วางแผนดำเนินการสอบโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอบเอง

3. นำแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง จำนวน 7 ฉบับและแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหา ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ในวันที่ 15- 27 กุมภาพันธ์ 2546 อธิบายให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจ

4. อธิบายให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจวิธีทำแบบทดสอบแต่ละฉบับ บอกวัตถุประสงค์ในการสอบ และขอความร่วมมือในการทำแบบทดสอบ เพื่อให้ได้ผลตามความจริงและทำการทดสอบความสามารถทางสมอง และกระบวนการแก้ปัญหาโดยแบ่งสอบครั้งละ 4 ฉบับ แล้วพัก 5 นาที จึงสอบอีก 4 ฉบับ

5. ตรวจให้คะแนน โดยเกณฑ์ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบเลย หรือตอบมากกว่า 1 คำตอบให้คะแนน 0

6. นำผลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าสถิติ และทดสอบสมมุติฐาน

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้

1. หาค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองทั้ง 7 ฉบับ และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

2. หาค่าสหสัมพันธ์แบบธรรมดาและแบบพหุคูณระหว่างความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์

2. หาค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนดิบของความสามารถทางสมองแต่ละด้านที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Facc Validity) ใช้คำนวณจากสูตรของโรวิเนนลี และ แฮมเบลตัน (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ.2539:249;อ้างอิงจาก Rowinelli and Hambleton.1977. *Ducth Joumal for Educational Reseaech*. p .49-60)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยาม

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 ค่าความยากง่าย โดยใช้สูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2539: 196)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ดัชนีค่าความยาก

R แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบทั้งหมด

1.3 ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์แบบไบซีเรียล (Biserial Correlation) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2538: 214-215)

$$r_{bis} = \frac{\overline{X_H} - \overline{X_L}}{s_t} \times \frac{Pq}{y}$$

เมื่อ r_{bis} แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

$\overline{X_H}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูก

$\overline{X_H}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ทำข้อสอบข้อนั้นผิด

s_t แทน คะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อสอบฉบับนั้น

p แทน สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำข้อนั้นถูก

q แทน สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำข้อนั้นผิด

y แทน ค่า Ordinate เปิดจากตารางโค้งปกติ

1.4 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองแต่ละฉบับและแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยคำนวณจากสูตร KR – 20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2538:198)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum pq}{s_t^2}\right\}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ = 1 – P

s_t^2 แทน ความแปรปรวนของข้อสอบทั้งฉบับ

2. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

2.1 หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (Intercorrelation Coefficient) โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficent) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ.2531:70)

$$r_{xy} = \frac{N\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\left[N\sum x^2 - (\sum x)^2\right]\left[N\sum y^2 - (y)^2\right]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปร x กับตัวแปร y

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนชุด X

$\sum y$ แทน ผลรวมของคะแนนชุด y

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของ คะแนนตัวแปร X แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum y^2$ แทน ผลรวมของคะแนนตัวแปร y แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum xy$ แทน ผลรวมของผลคูณของ X กับ Y ทุกคู่

N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

2.2 ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระแต่ละตัว และระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรอิสระด้วยกัน โดยใช้ t –test (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2540 : 250)

$$t = r\sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \;; df = n-2$$

เมื่อ t แทน ค่าจากการแจกแจงแบบ t

r แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

2.3 หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณโดยใช้สูตร ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2540:346)

$$R^2_{y.123...n} = \sum \beta_i r_{xy}$$

เมื่อ $R^2_{y.123...n}$ แทน ค่าความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของตัวแปรอิสระตัวที่ i ถึง n กับตัวเกณฑ์ (y)

β_i แทน ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรอิสระตัวที่ i ในรูปคะแนนมาตรฐาน

r_{xy} แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระตัวที่ i กับตัวแปรเกณฑ์ (Y)

2.4 ทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ โดยใช้สูตร(ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2541:337)

$$f = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{N-K-1}{K}$$

เมื่อ f แทน ค่าการแจกแจงแบบเอฟ

R แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ

N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

k แทน จำนวนแบบทดสอบ

df_1 แทน K

df_2 แทน $N-K-1$

2.5 ค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนดิบ (Score Weight) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2540:346)

$$b_i = \beta_i \frac{S_i}{S_y}$$

เมื่อ b_i แทน ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรอิสระตัวที่ i ในรูปคะแนนดิบ

β_i แทน ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรอิสระตัวที่ i ในรูปคะแนนมาตรฐาน

S_i แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากตัวแปรอิสระที่ i

S_y แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากตัวแปรตาม

2.6 ทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าน้ำหนักความสำคัญของคะแนน (Score) โดยใช้สูตร t-test (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2540: 344)

$$t = \frac{b_i}{SE_{bi}}; \; df = N - K - 1$$

เมื่อ t แทน ค่าการแจกแจงแบบทีของน้ำหนักความสำคัญตัวที่ i

b_i แทน ค่าน้ำหนักความสำคัญตัวที่ i ในรูปคะแนนดิบ

SE_{bi} แทน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าน้ำหนักความสำคัญ

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

K แทน จำนวนแบบทดสอบ

ในการวิจัยครั้งนี้การคำนวณตั้งแต่ข้อ 2.1-2.6 ใช้โปรแกรม SPSS

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการเสนอผลการวิจัยครั้งนี้

K	แทน	คะแนนเต็ม ของแบบทดสอบแต่ละฉบับ
M	แทน	คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบ
S.D	แทน	คะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบ
X_1	แทน	ความสามารถทางสมองด้านการคิดคำนวณ
X_2	แทน	ความสามารถทางสมองด้านอนุกรมเลขคณิต
X_3	แทน	ความสามารถทางสมองด้านความเข้าใจในการอ่าน
X_4	แทน	ความสามารถทางสมองด้านการคิดวิเคราะห์
X_5	แทน	ความสามารถทางสมองด้านอุปมาอุปไมย
X_6	แทน	ความสามารถทางสมองด้านการสรุปความ
X_7	แทน	ความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภทแบบภาษา
Y	แทน	กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
b	แทน	น้ำหนักความสำคัญของตัวแปรอิสระในรูปคะแนนดิบ (Score - Weight)
SE_b	แทน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนดิบ
R	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของความสามารถทางสมอง ทั้ง 7 ด้าน กับกระบวนการแก้ปัญหา
R^2	แทน	สัมประสิทธิ์ของการวัดตัวร่วม (Coefficient of Determination)
t	แทน	ค่าสถิติการแจกแจงแบบ t (t - distribution)
f	แทน	ค่าสถิติแจกการแจงแบบ f (f - distribution)
β	แทน	น้ำหนักความสำคัญของตัวแปรอิสระในรูปคะแนนมาตรฐาน

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอเป็นลำดับดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านต่างๆ และกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. ค่าสัมประสิทธิ์แบบธรรมดา และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

3. ค่าน้ำหนักความสำคัญ ของความสามารถทางสมองด้านต่างๆ กับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านต่างๆ และกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

จากการนำแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านด้านอนุกรมตัวเลข ด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมยแบบภาษา ด้านสรุปความ ด้านการจัดประเภททางภาษา และแบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 600 คนได้ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองแต่ละด้านและกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง2 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถทางสมองแต่ละด้านและกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

แบบทดสอบ	K	M	S.D
X_1	20	12.98	4.58
X_2	20	12.40	4.03
X_3	20	7.78	4.36
X_4	20	8.05	5.26
X_5	20	13.06	3.98
X_6	20	12.92	3.39
X_7	20	13.08	3.20
y	20	8.75	4.73

จากตาราง 2 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของความสามารถทางสมองทั้ง 7 ด้าน มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.78 ถึง 13.08 โดยความสามารถทางสมองด้านความเข้าใจในการอ่านมีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีความสามารถทางสมองด้านความเข้าใจในการอ่านอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภทแบบภาษา มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภทแบบภาษา อยู่ในระดับสูง เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มแล้ว จะเห็นว่าความสามารถทางสมองด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการคิดวิเคราะห์ นักเรียนมีความสามารถทางสมองอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ เพราะมีคะแนนเฉลี่ต่ำกว่าครึ่งของคะแนนเต็มถึง 2.22 และ 1.95 ตามลำดับ ในขณะที่ความสามารถทางสมองด้าน ทักษะการคิดคำนวณ ด้านอนุกรมตัวเลข ด้านสรุปความ นักเรียนมีความสามารถทางสมองค่อนข้างสูง เพราะมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเต็มถึง 2.98 ,2.40 และ 2.92 ตามลำดับ และด้านอุปมาอุปไมย ด้านการจัดประเภทแบบภาษา นักเรียนมีความสามารถทางสมองอยู่ในระดับสูง เพราะมีคะแนนเฉลี่สูงกว่าครึ่งของคะแนนเต็มถึง 3.06 และ 3.08 ตามลำดับ ในส่วนของกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.75 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ กับครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มแล้ว จะพบว่านักเรียนมีความสามารถด้านกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ

สำหรับคะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถทางสมองทั้ง 7 ด้าน อยู่ระหว่าง 3.20 ถึง 5.26 โดยความสามารถทางสมองด้านการคิดวิเคราะห์ มีคะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุด รองลงมาคือ ความสามารถทางสมองด้านการคิดคำนวณ ส่วนความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภทแบบภาษา มีคะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ ส่วนกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีคะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.73 แสดงว่าแบบทดสอบเหล่านี้มีการกระจายคะแนน แตกต่างกัน

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ธรรมดา และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ธรรมดาและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Prarson's Product Moment Correlation Coefficient) และทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ t – test และ F – test ปรากฏผลดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ธรรมดา และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ ระหว่างความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ตัวแปร	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	Y
X_1	1.000	.219**	.060	.034	.031	.190**	.1951**	.048
X_2		1.000	.162**	.064	.093**	.159**	.217**	.071*
X_3			1.000	.221**	.003	.086*	.089*	.124**
X_4				1.000	.133 **	.124**	.090*	.004
X_5					1.000	.051	.057	.024
X_6						1.000	.894**	.078*
X_7							1.000	.130**
Y								1.000
R = .241				F = 5.548**		R^2 = .058		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่าง ความสามารถทางสมองด้านทักษะการคิดคำนวณกับด้านอนุกรมเลขคณิต ด้านทักษะการคิดคำนวณกับด้านอุปมาอุปไมย ด้านทักษะการคิดคำนวณกับด้านการจัดประเภทแบบภาษา ด้านอนุกรมตัวเลขกับความเข้าใจในการอ่าน ด้านอนุกรมตัวเลขกับด้านอุปมาอุปไมย ด้านอนุกรมตัวเลขกับด้านสรุปความ ด้านอนุกรมตัวเลขกับด้านการจัดประเภททางภาษา ด้านความเข้าใจในการอ่านกับด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านการคิดวิเคราะห์กับด้านอุปมาอุปไมย ด้านการคิดวิเคราะห์กับด้านสรุปความ ด้านสรุปความกับด้านการจัดประเภทแบบภาษา มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกคู่ โดยมีค่าตั้งแต่ .093 ถึง .894 ส่วนความสามารถทางสมองด้านความเข้าใจในการอ่านกับด้านการสรุปความ ด้านความเข้าใจในการอ่านกับด้านการจัดประเภทแบบภาษา ด้านการคิดวิเคราะห์กับด้านการจัดประเภทแบบภาษา มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกคู่ โดยมีค่า .086, .089 และ .090 ตามลำดับ และความสามารถทางสมองด้านทักษะการคิดคำนวณกับด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการคิดคำนวณกับด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านการคิดคำนวณกับด้านอุปมาอุปไมย ด้านอนุกรมตัวเลขกับด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านความเข้าใจในการอ่านกับด้านอุปมาอุปไมยแบบภาษา ด้านอุปมาอุปไมยกับด้านสรุปความ ด้านอุปมาอุปไมยกับด้านการจัดประเภทมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองด้านต่างๆกับทักษะกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่า

ความสามารถทางสมองด้านความเข้าใจในการอ่านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้านการจัดประเภทแบบภาษากับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันที่ .124 ถึง .130 ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนความสามารถทางสมองด้านอนุกรมตัวเลขกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้านสรุปความกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันที่ .071 และ .078 ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถทางสมองด้านทักษะการคิดคำนวณกับกระบวนการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้านการคิดวิเคราะห์กับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้านอุปมาอุปไมยกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ .241 ซึ่งสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และมีความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ .058 แสดงว่าความสามารถทางสมองทั้ง 7 ด้าน วัดองค์ประกอบร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้เพียง 5.8 %

3. ค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนดิบ ของความสามารถทางสมองแต่ละด้านที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

จากการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนดิบของความสามารถทางสมองแต่ละด้านที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตร t – test ปรากฏผลดังตาราง4

ตาราง 4 ค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนดิบของความสามารถทางสมองแต่ละด้านที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ตัวแปรอิสระ	b	β	β %	SE_b	t
X_1	.064	.062	6.53	.041	1.548
X_2	.144	.123	12.94	.048	2.989*
X_3	.152	.140	14.74	.044	3.494*
X_4	.023	.026	2.74	.036	.638
X_5	.029	.023	2.63	.048	.621
X_6	.305	.218	22.95	.125	2.444*
X_7	.526	.356	37.47	.133	3.939**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 4 พบว่า ค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนดิบของความสามารถทางสมองด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการสรุปความและด้านการจัดประเภทแบบภาษา มีค่า .144 , .152 , .305 และ .526 ตามลำดับและส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และ .01 ตามลำดับ สำหรับค่าน้ำหนักความสำคัญของความสามารถทางสมองด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านการคิดวิเคราะห์ และด้านอุปมาอุปไมย มีค่า .064 , .023 และ .029 ตามลำดับและส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภททางภาษาด้านการสรุปความ ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านอนุกรมตัวเลข ด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมย มีค่า .356, .218 , .140, .123, .062, .026 และ .025 ตามลำดับที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ในรูปเปอร์เซ็นต์ของความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภททางภาษาด้านการสรุปความ ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านอนุกรมตัวเลข ด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมย มีค่า 37.47, 22.95, 14.74, 12.94, 6.53, 2.74 และ 2.63 ตามลำดับที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

บทที่ 5
สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

2. เพื่อศึกษาค่าน้ำหนักความสำคัญของความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. ความสามารถทางสมองกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน

2. ค่าน้ำหนักความสำคัญของความสามารถทางสมองอย่างน้อยหนึ่งด้านส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า เป็นนักเรียนชายและนักเรียนหญิง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2545 สังกัดกรมสามัญศึกษา ส่วนกลางกลุ่มที่ 4 จำนวนห้องเรียน 16 ห้องเรียน และมีจำนวนนักเรียน 640 คน ซึ่งเป็นการสุ่มที่มีค่าความเชื่อมั่นได้ 95 เปอร์เซ็นต์ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2538: 260; อ้างอิงจาก Yamane . 1967)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

1. แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง จำนวน 7 ฉบับเป็นแบบทดสอบเลือกตอบแบบ 5 ตัวเลือก ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบในด้านต่อไปนี้

1.1 แบบทดสอบด้านทักษะการคิดคำนวณจำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.22 ถึง 0.7 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 0.70 และความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.713

1.2 แบบทดสอบด้านอนุกรมตัวเลขจำนวน 20 ข้อมีค่าความยากอยู่ ระหว่าง 0.20 ถึง 0.75 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 0.63และความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.725

1.3 แบบทดสอบด้านความเข้าใจในการอ่าน จำนวน 20 ข้อมีค่าความยาก อยู่ระหว่าง 0.29 ถึง 0.62 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 0.87 และความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.732

1.4 แบบทดสอบด้านการคิดวิเคราะห์ จำนวน 20 ข้อมีค่าความยากอยู่ ระหว่าง 0.46 ถึง 0.84 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 0.67 และความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.735

1.5 แบบทดสอบด้านอุปมาอุปไมยแบบภาษาจำนวน 20 ข้อมีค่าความยากอยู่ ระหว่าง 0.28 ถึง 0.68 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33 ถึง 0.73 และความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.707

1.6 แบบทดสอบด้านการสรุปความ จำนวน 20 ข้อมีค่าความยากอยู่ ระหว่าง 0.24 ถึง 0.72 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 0.85 และความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.896

1.7 แบบทดสอบด้านการจัดประเภททางภาษา จำนวน 20 ข้อมีค่าความ ยากอยู่ระหว่าง 0.39 ถึง 0.90 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33 ถึง 0.80 และความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.700

3. แบบทดสอบกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่เน้นกระบวนการแก้ โจทย์ปัญหาของโพลยา(Polya) เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก โดยยึดตามเนื้อหา วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องสมการและอสมการ ตามหลักสูตรที่กระทรวง ศึกษาธิการกำหนด โดยเน้นทักษะกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอนที่ประกอบด้วย โจทย์สถานการณ์ 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ มีคำถามวัดกระบวนการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ 4 ข้อรวมทั้ง 5 สถานการณ์มีจำนวน 20 ข้อมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.26 ถึง 0.65 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 1.00 และความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.792

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ติดต่อและขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียน ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อนัดหมาย วัน เวลา เก็บข้อมูล โดยจัดเตรียมแบบทดสอบให้เพียงพอ กับนักเรียน ดำเนินการสอบ อธิบายวิธีทำแบบทดสอบ บอกวัตถุประสงค์ และขอความร่วมมือ ในการทำแบบทดสอบ เพื่อให้ได้ผลตามความจริง และนำแบบทดสอบวัดความสามารถทาง สมองทั้ง 7 ฉบับ และแบบทดสอบกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยทำแบบทดสอบ ฉบับที่ 1 ถึง 4 แล้วพัก 5 นาทีจึงทำแบบทดสอบฉบับที่ 5 – 7 และแบบทดสอบกระบวนการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ นำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน หาค่าสถิติ และทดสอบสมมุติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ตามความมุ่งหมาย และสมมุติฐานของการวิจัย ตามลำดับดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองแต่ละด้าน และทักษะกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบธรรมดา และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างความสา มารถทางสมองกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

4. ค่าน้ำหนักความสำคัญของความสามารถทางสมองด้านต่างๆกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ ได้ผลสรุปดังนี้

1. ความสามารถทางสมองทั้ง 7 ด้านคือ ด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมย ด้านการสรุปความ ด้านการจัดประเภทแบบภาษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.78 ถึง 13.08 โดยความสามารถทางสมองด้านความเข้าใจในการอ่านมีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีความสามารถทางสมองด้านความเข้าใจในการอ่านอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภทแบบภาษา มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภทแบบภาษา อยู่ในระดับสูง ความสามารถทางสมองด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการคิดวิเคราะห์ นักเรียนมีความสามารถทางสมองอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ความสามารถทางสมองด้าน ทักษะการคิดคำนวณ ด้านอนุกรมตัวเลข ด้านสรุปความ นักเรียนมีความสามารถทางสมองค่อนข้างสูง และด้านอุปมาอุปไมย ด้านการจัดประเภทแบบภาษา นักเรียนมีความสามารถทางสมองอยู่ในระดับสูง ในส่วนของกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่านักเรียนมีความสามารถด้านกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ

สำหรับคะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถทางสมองทั้ง 7 ด้าน มีค่าอยู่ระหว่าง 3.20 ถึง 5.26 โดยความสามารถทางสมองด้านการคิดวิเคราะห์ มีคะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุด รองลงมาคือ ความสามารถทางสมองด้านการคิดคำนวณ ส่วนความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภทแบบภาษา มีคะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ ส่วนกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีคะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.73 แสดงว่าแบบทดสอบเหล่านี้มีการกระจายคะแนน แตกต่างกัน

2. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างความสามารถทางสมองแต่ละด้านกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ .241 ซึ่งสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และมีความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ .058 แสดงว่าความสามารถทางสมองทั้ง 7 ด้าน วัดองค์ประกอบร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้เพียง 5.8 %

3. ค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนดิบของความสามารถทางสมองแต่ละด้านอยู่ระหว่าง .023 ถึง .526 โดยมีความสามารถทางสมองด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจในการอ่าน และด้านสรุปความมีค่าน้ำหนักความสำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีค่า .144 ,.152 และ .305 ตามลำดับ ซึ่งส่งผลทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ส่วนความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภทแบบภาษา มีค่าน้ำหนักความสำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีค่า .526 และส่งผลทางบวกกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สำหรับความสามารถทางสมองด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมยส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภททางภาษา ด้านการสรุปความ ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านอนุกรมตัวเลข ด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมย มีค่า .356, .218 , .140, .123, .062, .026 และ .025 ตามลำดับที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ในรูปเปอร์เซ็นต์ของความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภท ทางภาษา ด้านการสรุปความ ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านอนุกรมตัวเลข ด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมย มีค่า 37.47, 22.95, 14.74, 12.94, 6.53, 2.74 และ 2.63 ตามลำดับที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

อภิปรายผล

ผลจากการวิจัย สามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

1. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ ระหว่างความสามารถทางสมอง ด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมย ด้านการสรุปความ ด้านการจัดประเภทแบบภาษา กับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับ .241 และสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 1 แสดงว่าความสามารถทางสมองทั้ง 7 ด้าน มีลักษณะที่วัดร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และจากการวิเคราะห์ผลความแปรปรวนของค่าสหสัมพันธ์พหุคูณทำให้ทราบว่าสามารถวัดรวมกันได้ถูกต้องเพียง 5.8% และยังสอดคล้องกับ สามารถ วีระสัมฤทธิ์ (2511: 65-66) ซึ่งทำการวิจัยโดยใช้แบบทดสอบสมรรถภาพสมอง ด้านตัวเลข ด้านภาษา ด้านความจำ ด้านการจัดพวก ด้านอุปมาอุปไมย ด้านมิติสัมพันธ์

และทักษะ เป็นตัวพยากรณ์ กับเกณฑ์คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ได้ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ภายในทุกคู่ มีค่าเป็นบวก ในการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดีและถูกต้องจะต้องส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถด้านความสามารถด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านสรุปความ ด้านการจัดประเภทแบบภาษา แสดงว่าความสามารถทางสมอง ด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมย ด้านการสรุปความ และด้านการจัดประเภทแบบภาษา มีลักษณะของการวัดที่ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์น้อยมาก

2. ค่าน้ำหนักความสำคัญของความสามารถด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านสรุปความ และด้านการจัดประเภทแบบภาษา ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่2 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ในข้อที่ 2 ที่ว่าค่าน้ำหนักความสำคัญของความสามารถทางสมองอย่างน้อยหนึ่งด้านที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ หัสยา เถียรวิทวัส (2537:82) ที่พบว่าค่าน้ำหนักความสำคัญของความสามารถทางสมองด้านเหตุผล แบบอุปมาอุปไมย แบบอนุกรมภาพ และสรุปความและแบบวิเคราะห์ตัวร่วมส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิพวรรณ วังเย็น (2520:53) ที่พบว่าค่าน้ำหนักความสำคัญของสามารถทางสมองด้านภาษา ด้านจำนวน ด้านมิติสัมพันธ์และด้านการรับรู้อย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 แสดงว่าถ้าจะพัฒนา หรือส่งเสริมทักษะกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้เป็นพื้นฐานที่ดีของนักเรียนในระดับสูงขึ้นไป จะต้องส่งเสริมและฝึกฝนความสามารถด้านอนุกรมตัวเลข ด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านสรุปความ และด้านการจัดประเภทแบบภาษา จึงทำให้มีขั้นตอนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ดี ส่วนด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านการคิดวิเคราะห์ และด้านอุปมาอุปไมย ส่งผลทางบวกกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งนี้เป็นเพราะแบบทดสอบด้านทักษะการคิดคำนวณ เป็นแบบทดสอบที่เน้นเกี่ยวกับตัวเลข แบบทดสอบด้านการคิดวิเคราะห์ เป็นแบบทดสอบที่เน้นหา เหตุผล คิดหาความสัมพันธ์ เกี่ยวข้องของตัวแปร ซึ่งมีความสัมพันธ์สลับซับซ้อน ส่วนด้านอุปมาอุปไมยเป็นแบบทดสอบที่มุ่งเน้นความหมายของคำเป็นหลัก เป็นความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ แต่แบบทดสอบกระบวนการแก้ปัญหาเป็นแบบทดสอบที่เน้นกระบวนการซึ่งมีความเกี่ยวข้องกันน้อยมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ พบว่าความสามารถทางสมองด้านความเข้าใจในการอ่าน ด้านการคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมย และด้านสรุปความ ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังนั้นการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการจึงควรส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการฝึกความสามารถทางสมองด้านความเข้าใจในการอ่าน การคิดวิเคราะห์ ด้านอุปมาอุปไมย และด้านสรุปความ เนื่องจากกระบวนการแก้ปัญหาเป็นส่วนสำคัญในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งถ้าได้รับการฝึกฝนจะเป็นประโยชน์ในการนำความสามารถไปใช้เป็นพื้นฐานในระดับสูงได้ดีในโอกาสต่อไป

2. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรได้มีการวิจัยในทำนองเดียวกันนี้ โดยศึกษากับนักเรียนในระดับต่างๆ หรืออาจปรับแบบทดสอบกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย เติมคำตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ

2.2 หาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองกับแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

2.3 ควรได้มีการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถทางสมองด้านอื่นๆ ที่สัมพันธ์และส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นอกเหนือจากที่ได้วิจัยในครั้งนี้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมล ชื่นทองคำ. (2527).*ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพฯ*: วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การประถมศึกษา) .กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .ถ่ายเอกสาร.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2539ก). *แผนการสอนโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

ชวาล แพรัตกุล. (2517). *เทคนิคการวัดผล.* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์วัฒนาพานิช โรงเรียนแพรัตอนุสรณ์ .

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2541). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย.* พิมพ์ครั้งที่ 7.กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์ . (2540). *การฝึกสมรรถภาพสมองเพื่อพัฒนาคุณภาพการคิด.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ทองห่อ วิภาวิน. (2523). *การศึกษาคุณภาพของแบบทดสอบคณิตศาสตร์เหตุผลและคณิตศาสตร์ปัญหา* ฝ่ายวิจัย สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (รายงานการวิจัยสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรี-นครินทรวิโรฒ)

ธานินทร์ เสนีย์วงษ์ ณ อยุธยา.(2539).*การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองกับความสามารถทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในจังหวัดอ่างทอง* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

นคร เทพวรรณ .(2521) *สมรรถภาพสมองบางประการที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537) "การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์,"*วารสารคณิตศาสตร์* .38 (434 – 435): 62-64

พรทิพย์ พรหมสาขา ณ สกลนคร.(2527). *ผลของการสอนที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความวิตกกังวล ในวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.

ไพศาล หวังพานิช.(2526). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.

ยุพิน พิพิทกุล .(2537). *เสริมการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. กรุงเทพฯ: คณะคุรุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชบัณฑิตยสถาน.*พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2525*.กรุงเทพฯ : อักษรเจริญ.

ลิปปนนท์ เกตุทัต.(2518,กุมภาพันธ์ – มีนาคม)". "ทิศทางการศึกษาของไทย" *สภาการศึกษา*. 12:5-8.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ .(2525).*หลักการสร้างแบบทดสอบความถนัด*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพื้นฐานฯ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

..... (2527). *หลักการสร้างแบบทดสอบวัดความถนัด*. . กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช .

..... (2531).*หลักการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ศึกษาพร.

..... (2536). *เทคนิคทางการวิจัยทางการศึกษา* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

.....(2540). สถิติวิทยาทางการวิจัย. กรุงเทพ ฯ: สุรีวียาสาส์น.

..... (2541). *เทคนิคการสร้างและสอบข้อสอบความถนัดทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สุจีริยสาส์น. ภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.

วรรณา บุญฉิม .(2541). *ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านเหตุผลกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณาญาณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วรรณดี วรรณศิลป์.(2523). *ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2* วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .ถ่ายเอกสาร.

วิเชียร เกตุสิงห์.(2512). *การเปรียบเทียบความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ของแบบทดสอบความถนัดที่ยังไม่ได้วิเคราะห์ กับที่วิเคราะห์แล้ว ที่มีต่อวิชาต่างๆ ในกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมแบบประสม* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิชาการศึกษา.ถ่ายเอกสาร.

ศศิมา มีบุญญา .(2539). *ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านภาษากับทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสังกัดเทศบาลเขตการศึกษา 1.* วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.(ศิลปศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปกร. ถ่ายเอกสาร.

สาโรช บัวศรี.(2518). "ปรัชญาการศึกษา,"*ในจุดยืนและทิศทางการศึกษาไทย.* หน้า 1-13. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์วัฒนาพานิช.

สุชาติ รัตนกุล.(2526).*"การพัฒนาการสอนคณิตศาสตร์," เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนคณิตศาสตร์* มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุธีรา พรมสุวรรณ .(2537).*ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางภาษาแบบการเปลี่ยนรูปตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) .พิษณุโลก :บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร. ถ่ายเอกสาร.

สุทธาทิพย์ นวลหงษ์ .(2542). *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้าน เอน เอ็ม พี (NMP) และด้าน เอน เอส พี (NSP) ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์* . ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สุลัดดา ลอยฟ้า และคณะ.(2525). *การพัฒนารูปแบบการสอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา.*รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมเกียรติ ปติฐพร.(2525). *การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมชัย วงษ์นายะ.(2524).*การศึกษาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดสระบุรี* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สมเดช บุญประจักษ์.(2540). *การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การสอนแบบร่วมมือ.*ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2540). *ร่างแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540 -2544)*.กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.

หัสยา เถียรวิทวัส.(2537).*การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านเหตุผลกับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา)กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.

อรุณี ส่องศรี.(2545).*ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมอง กับทักษะกระบวนการนับต่อเนื่อง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

อารมณ์ เพชรชื่น.(2527).*เทคนิคการวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ:ภาควิชาหลักสูตรและการสอน. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.

Adams, Sam,Eillis, Leslie and Beeson, B.F.(1977). *Teaching Mathematics with Emphasis on the Diagnostic Approach*. New York : Harper Row, Publishers.

Anastasi.(1976) *Differential Psychology. New York: Mc Graw – Hill Book* , Co.

Anderson, K.B. and Pingry , R.E. (1973). *problem - Solving in Mathematics : its Theory and Practise* . Washington, D.C.:The national Council of Teachers of Mathematics.

Atkin,David P. (1978, May)."Information Proecssing Model of Learning and Problem Solving, "*Dissertation Abstracts Internationals*.38:6361-6988A..

Bingham ,Watter Van Duke.(1973) *Aptitude and Aptitude Testing*. New York and London : Harper and Brother.

Bitt, Gary G, Hatfield Mary M. and Noney, T. (1989). *Edwards. Mathematics Method of the Elementary and Middle School*. A Comprchensive Approach. Boston: Allyn and Bacon,Inc.

Branca,N.A. (1957)."*Problem Solving as a Goal, Process, and Basic Skill*. In S. Krulik and R.E. Reys (Eds.) "Problem Solving in School Mathematics; Yearbook. P.3-8 . Reston , VA: NCTM.

Brown, John S. and Burton Richard R. (1972)."*Diagnostic Models for Procedusal Buge in Basic Mathematical Skills*," Congnitive Science . 2: 155 –192 .

Bruckner, Leo J. and Grossnickle.(1957). *Faster E. How to make Arithmetic Meaningful* . Philadelphia: The John C. Winston Co.

Cattell; Raymond B.(1950). *Personality : A Systematic Theoretical and Factual Study* . New York: Mc Graw - Hill Book Company Inc.

Charles, Randal and Lester Frank K. (1982). *Teaching Problem Solving.* What Why & How. Dale Seymour Publications.

Clyde, Carle G.(1967). *Teaching Mathematics in the Elementary School.* New York: The Ronald Press Company.

Dewey,John.(1933*). How we Think. Boston*: D.c. Heath and Co.

Dodson , S. and Josepl , Wesley.(1971). "Characteristic of Successful Insightful Problem Solving, "*Dissertation Abstracts Internationals. 31 :5573-6212 -A.*

Eysenck, H.J.,Arnold, W. and Meili, R.(1972) *Encyclopediaot Psychology.* Vol1. London: Herder and Herder.

Frederick Bell,H.(1978). *Teaching and Learning Mathematics.* (In Secondary Schools.) WM.C. Brown. Company Publishers. Second Printing.

Gates, Arthur I., and others.(1984). *Educational Psychology.* 3^{rd} *ed.* New York : Mc Millan Company. Inc.

Good, Carter V. and Merket.(1959) *Winifred R. Dictionary of Education.* 2^{nd} ed. New York, London: Mc Graw – Hill, Book Commpany, Inc.

Gilbert.(1974) *Sax. Principle of Educational Measurement and Evaluation.* Wadsworth Publishing Company, Inc.

Guilford.(1971). *Joy Paul. Personality.* New York: Mc Graw – Hill.

Hepner, Harry W.(1950). *Psychology apptied to life and work.* New York: Prentice-Hill, Inc.

Hopkins,M.H.(1985,March). "A Classroom Model for Diagnosing the Problem Solving of Elementary School Students,"*Dissertation Abstracts International.*45:1790-A.

Kagan, Jerome and Haveman. (1968*) Psychology and Introduction.* New York: Chicago, San Francisco, Atlanta: Harcourt, Brance & World, Inc.

Kennedy, Leonard M.(1984). *Guiding Children's Learning of Mathematics.* ed . Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.

Koyonaki, Elliot Vuzuru.(1971,May).“The Relative Effectiveness of two Methodogies in Improving Problem - Solving Abilities. *Dissertation Abstracts Internationals.* 31 :5573 – 6212 A.

Krulik, Stephen and Reys, Robert E.(1980). *Problem Solving in School Mathematics.* Reston Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.

Lester, F.K. (1979,November). “ Ideas about Problem Solving :A Look at Some Psychological Research,” *Aritmetic Teacher,*25:12-15.

Levin, Robert E. (1978). *Introduction to Contemporary Psychology.* New York: Rinchart and Winstone, Inc.

Muraski, Virginia Sue.(1979,January). “A Study of the Effects of Explicit Reading Instruction on Reading Performance in Mathematics and on Problem Solving bilities of Sixth Graders,” *Dissertation Abstracts. Ba*(7): 4014-A.

Polya, G.(1957). *How to Solve it .A New Aspect of Mathematical Methol.* Gardn ity. New York: Doubleday and Company.

Putt, John Ian.(1979,March*).“*An Exploratory Investigation of Two Methods of nstruction in Mathematical Problem Solving at the Fifth Grade Level,” *issertation Abstracts International. 39: 5382-A.*

Russel, Person V.(1961). *Essentials of Mathematical.* New York: John Wiley, Inc.

Schoenfeld, A.H.(1989) .*Teaching Mathematical thinking and Problem Solving* . In LB. Resnick and L.E. Kloper(Eds.), Toward the Thinking Curriculum: Current Cogmitive Research. Yearboook of the Association for Supervision and Curriculum Development, p.83-103, ASCD.

Stonewater, J.K.(1977,September). “Instruction in Problem Solving and Piaget Theory of Cogntive Development,” *Dissertation Abstracts International.* 38:2602-2603-A.

Tanner. (1975*). David. Curriculum Development.* New York: Mcmillan Company.

Tougaw, Paul William.(1994, February). “A Study of the Effect of Using an Open Approach to teaching Mathematical Problem - Solving Behaviors of Secondary School Students,” *Dissertation Abstracts International.* 54: 2934-A.

Webb, N.L.(1975, November). "An Exploration of Mathematical Problem Solving Process," *Dissertation Abstracts International.* 36: 2689 -A.

Wilson, James W., Fernandez Maria L. and Hadaway Nelda. (1993). "Mathematical Problem Solving" *In Research Ideas for the Classroom, High School.* P. 57-78. New York: Macmillan Publishing Company.

Zalewski, Claire Jean.(1978,July). "An Investigation of Selected Factors Contributing to Success in Solving Mathematical Word Problem," *Dissertation Abstracts International.* 58:2804-A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ค่า IOC

ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก

ตาราง 5 ค่า IOC ของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง 8 ด้าน และกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ข้อที่	ค่า IOC								ผลการพิจารณา
	ทักษะการคิดคำนวณ	อนุกรมตัวเลข	ความเข้าใจในการอ่าน	การคิดวิเคราะห์	อุปมาอุปไมย	สรุปความ	จัดประเภทแบบภาษา	กระบวนการแก้ปัญหา	
1	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
3	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	คัดเลือกไว้
4	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	คัดเลือกไว้
7	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
9	0.8	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	คัดเลือกไว้
10	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	คัดเลือกไว้
110	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
12	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
13	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	คัดเลือกไว้
14	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	คัดเลือกไว้
15	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
16	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
17	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
18	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
19	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	คัดเลือกไว้
20	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้

ตาราง 5 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า IOC								ผลการพิจารณา
	ท้ายสุดการติดต่อสื่อสาร	ผลประโยชน์	ความน่าเชื่อถือ	การติดต่อสื่อสาร	ความคุ้มค่า	สรุปความ	จัดประเภทแบบภาษา	กระบวนการแก้ปัญหา	
21	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
22	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
23	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	คัดเลือกไว้
24	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
25	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
26	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	คัดเลือกไว้
27	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
28	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
29	0.8	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	คัดเลือกไว้
30	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	คัดเลือกไว้
31	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
32	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
33	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	คัดเลือกไว้
34	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	คัดเลือกไว้
35	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
36	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
37	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
38	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้
39	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	คัดเลือกไว้
40	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	คัดเลือกไว้

ตาราง เฉลยข้อสอบวัดความสามารถทางสมองทั้ง 8 ฉบับ และ กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ข้อที่	เฉลยข้อสอบ							
	ทักษะการคิดคำนวณ	อนุกรมตัวเลข	ความเข้าใจในการอ่าน	การคิดวิเคราะห์	อุปมาอุปไมย	สรุปความ	จัดประเภทแบบภาษา	กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
1	ข	ค	จ	ข	ค	ข	ก	ก
2	ค	ง	ค	ค	ค	ข	ง	ค
3	ง	ค	ค	ง	ก	ข	ข	ค
4	ข	ก	ง	ค	จ	ก	จ	ก
5	ง	ง	ก	ก	จ	ก	ก	ง
6	ค	ค	ข	ข	ข	ข	ข	ค
7	ก	ง	ก	ก	ง	ง	ง	ข
8	จ	ข	ค	ค	ก	ง	ข	ก
9	ข	ข	ง	ข	ข	ง	จ	ก
10	ก	ข	จ	ค	จ	จ	จ	จ
11	ง	ค	ค	ก	ก	จ	ง	ง
12	ข	ข	ค	ง	ง	ก	ข	ข
13	ก	ค	จ	ง	ง	ข	ง	ง
14	ง	ค	ค	ข	ง	ค	ง	ข
15	ง	ง	จ	ข	ข	ข	ข	ก
16	ก	ค	ข	ค	จ	จ	ข	ค
17	ข	ข	ข	ค	ก	ก	ค	ก
18	ข	ข	ง	ค	ข	ง	ข	ก
19	ค	ข	ง	ก	ก	ข	ง	ค
20	ง	ก	ก	ค	ข	ค	ก	ข

ตาราง 6 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
11	*ก	0.185	0.037	ตัดทิ้ง	16	ก	0.195	0.278	คัดเลือก
	ข	0.190	0.167			ข	0.125	0.296	
	ค	0.305	0.019			ค	0.100	0.222	
	ง	0.210	0.185			*ง	0.560	0.833	
	จ	0.110	0.075			จ	0.020	0.037	
12	ก	0.035	0.056	ตัดทิ้ง	17	ก	0.380	0.167	ตัดทิ้ง
	*ข	0.475	0.315			*ข	0.200	0.296	
	ค	0.105	0.222			ค	0.155	0.056	
	ง	0.270	0.056			ง	0.055	0.111	
	จ	0.115	0.093			จ	0.210	0.185	
13	ก	0.155	0.111	ตัดทิ้ง	18	ก	0.190	0.259	ตัดทิ้ง
	*ข	0.330	0.204			ข	0.375	0.204	
	ค	0.135	0.241			ค	0.155	0.093	
	ง	0.195	0.019			*ง	0.205	0.241	
	จ	0.185	0.130			จ	0.075	0.093	
14	ก	0.055	0.130	ตัดทิ้ง	19	*ก	0.290	0.426	คัดเลือก
	ข	0.180	0.241			ข	0.125	0.167	
	*ค	0.490	0.556			ค	0.160	0.333	
	ง	0.175	0.130			ง	0.135	0.074	
	จ	0.100	0.056			จ	0.290	0.148	
15	ก	0.160	0.000	ตัดทิ้ง	20	ก	0.060	0.185	คัดเลือก
	*ข	0.400	0.463			ข*	0.460	0.519	
	ค	0.235	0.296			ค	0.210	0.019	
	ง	0.120	0.111			ง	0.170	0.204	
	จ	0.085	0.056			จ	0.100	0.111	

ตาราง 6 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
21	ก	0.120	0.019	ตัดทิ้ง	26	ก	0.085	0.167	คัดเลือก
	ข	0.130	0.259			ข	0.165	0.259	
	*ค	0.345	0.296			ค	0.110	0.185	
	ง	0.345	0.111			*ง	0.490	0.593	
	จ	0.060	0.130			จ	0.150	0.019	
22	*ก	0.320	0.315	คัดเลือก	27	ก	0.150	0.185	คัดเลือก
	ข	0.280	0.056			ข	0.150	0.204	
	ค	0.185	0.315			ค	0.190	0.074	
	ง	0.100	0.111			*ง	0.410	0.611	
	จ	0.115	0.056			จ	0.100	0.148	
23	ก	0.180	0.259	ตัดทิ้ง	28	ก	0.095	0.130	คัดเลือก
	ข	0.295	0.059			ข	0.145	0.148	
	*ค	0.210	0.019			*ค	0.600	0.630	
	ง	0.265	0.240			ง	0.115	0.222	
	จ	0.050	0.056			จ	0.045	0.130	
24	ก	0.100	0.167	คัดเลือก	29	*ก	0.530	0.852	คัดเลือก
	ข	0.170	0.130			ข	0.155	0.222	
	*ค	0.485	0.500			ค	0.150	0.315	
	ง	0.115	0.185			ง	0.090	0.148	
	จ	0.130	0.019			จ	0.075	0.167	
25	ก	0.090	0.259	ตัดทิ้ง	30	ก	0.170	0.333	คัดเลือก
	ข	0.210	0.093			ข	0.265	0.111	
	*ค	0.130	0.222			ค	0.105	0.204	
	ง	0.480	0.704			ง	0.150	0.019	
	จ	0.090	0.130			*จ	0.310	0.407	

ตาราง 6 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
31	ก	0.205	0.296	คัดเลือก	36	ก	0.110	0.204	คัดเลือก
	ข	0.205	0.296			*ข	0.480	0.870	
	*ค	0.405	0.519			ค	0.180	0.204	
	ง	0.100	0.074			ง	0.155	0.240	
	จ	0.085	0.000			จ	0.075	0.222	
32	ก	0.135	0.148	ตัดทิ้ง	37	ก	0.125	0.093	คัดเลือก
	*ข	0.200	0.370			ข	0.240	0.296	
	ค	0.140	0.093			ค	0.160	0.130	
	ง	0.260	0.315			*ง	0.390	0.611	
	จ	0.265	0.295			จ	0.085	0.093	
33	ก	0.125	0.296	คัดเลือก	38	ก	0.125	0.167	คัดเลือก
	ข	0.175	0.241			ข	0.165	0.315	
	ค	0.185	0.185			ค	0.115	0.204	
	ง	0.200	0.056			*ง	0.525	0.741	
	*จ	0.315	0.778			จ	0.070	0.056	
34	ก	0.095	0.167	คัดเลือก	39	*ก	0.385	0.667	คัดเลือก
	*ข	0.545	0.722			ข	0.245	0.370	
	ค	0.170	0.296			ค	0.175	0.167	
	ง	0.155	0.222			ง	0.095	0.019	
	จ	0.035	0.037			จ	0.100	0.111	
35	ก	0.315	0.296	ตัดทิ้ง	40	ก	0.170	0.315	ตัดทิ้ง
	*ข	0.355	0.148			ข	0.190	0.185	
	ค	0.125	0.315			ค	0.210	0.241	
	ง	0.085	0.056			ง	0.225	0.278	
	จ	0.120	0.074			*จ	0.205	0.463	

ตาราง 7 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
1	*ก	0.570	0.722	คัดเลือก	6	ก	0.000	0.000	คัดเลือก
	ข	0.155	0.074			ข	0.245	0.019	
	ค	0.275	0.648			*ค	0.480	0.667	
	ง	0.000	0.000			ง	0.275	0.648	
	จ	0.000	0.000			จ	0.000	0.000	
2	ก	0.275	0.648	คัดเลือก	7	ก	0.150	0.315	คัดเลือก
	ข	0.185	0.315			*ข	0.370	0.870	
	*ค	0.450	0.907			ค	0.000	0.000	
	ง	0.000	0.000			ง	0.115	0.037	
	จ	0.090	0.056			จ	0.365	0.593	
3	ก	0.000	0.000	คัดเลือก	8	ก	0.190	0.314	คัดเลือก
	ข	0.460	0.963			ข	0.060	0.037	
	*ค	0.360	0.907			ค	0.205	0.241	
	ง	0.180	0.056			*ง	0.645	0.592	
	จ	0.000	0.000			จ	0.000	0.000	
4	*ก	0.580	0.574	คัดเลือก	9	*ก	0.570	0.815	คัดเลือก
	ข	0.150	0.352			ข	0.430	0.815	
	ค	0.000	0.000			ค	0.000	0.000	
	ง	0.270	0.222			ง	0.000	0.000	
	จ	0.000	0.000			จ	0.000	0.000	
5	ก	0.090	0.000	คัดเลือก	10	ก	0.155	0.074	คัดเลือก
	ข	0.000	0.000			ข	0.270	0.130	
	ค	0.460	0.963			ค	0.275	0.741	
	*ง	0.450	0.963			ง	0.020	0.074	
	จ	0.000	0.000			*จ	0.280	0.870	

ตาราง 7 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
11	ก	0.090	0.000	คัดเลือก	16	*ก	0.820	0.222	ตัดทิ้ง
	ข	0.185	0.222			ข	0.000	0.000	
	ค	0.275	0.741			ค	0.180	0.222	
	*ง	0.260	0.426			ง	0.000	0.000	
	จ	0.190	0.537			จ	0.000	0.000	
12	ก	0.090	0.000	คัดเลือก	17	ก	0.335	0.019	คัดเลือก
	*ข	0.390	1.000			*ข	0.485	0.519	
	ค	0.245	0.352			ค	0.180	0.500	
	ง	0.275	0.648			ง	0.000	0.000	
	จ	0.000	0.000			จ	0.000	0.000	
13	ก	0.000	0.000	ตัดทิ้ง	18	ก	0.105	0.000	คัดเลือก
	ข	0.185	0.315			ข	0.155	0.074	
	ค	0.485	0.796			ค	0.385	0.519	
	ง	0.240	0.537			ง	0.095	0.259	
	*จ	0.090	0.056			*จ	0.260	0.333	
14	*ก	0.485	0.185	ตัดทิ้ง	19	ก	0.000	0.000	คัดเลือก
	ข	0.150	0.296			*ข	0.465	0.833	
	ค	0.185	0.352			ค	0.170	0.241	
	ง	0.180	0.130			ง	0.275	0.648	
	จ	0.000	0.000			จ	0.090	0.056	
15	*ก	0.095	0.037	ตัดทิ้ง	20	ก	0.000	0.000	คัดเลือก
	ข	0.090	0.315			ข	0.000	0.000	
	ค	0.635	0.815			ค	0.520	0.722	
	ง	0.180	0.463			*ง	0.480	0.722	
	จ	0.000	0.000			จ	0.000	0.000	

ตาราง 7 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
21	ก	0.090	0.000	ตัดทิ้ง	26	ก	0.205	0.019	คัดเลือก
	ข	0.430	0.722			ข	0.270	0.778	
	ค	0.180	0.056			ค	0.245	0.259	
	*ง	0.300	0.667			*ง	0.280	0.537	
	จ	0.000	0.000			จ	0.000	0.000	
22	ก	0.090	0.315	ตัดทิ้ง	27	*ก	0.300	0.611	คัดเลือก
	*ข	0.370	0.926			ข	0.330	0.204	
	ค	0.390	0.296			ค	0.185	0.315	
	ง	0.150	0.315			ง	0.185	0.093	
	จ	0.000	0.000			จ	0.000	0.000	
23	*ก	0.000	0.000.	ตัดทิ้ง	28	ก	0.000	0.000	คัดเลือก
	ข	0.460	0.963			*ข	0.545	0.870	
	ค	0.060	0.037			ค	0.270	0.444	
	ง	0.480	1.000			ง	0.185	0.426	
	จ	0.000	0.000			จ	0.000	0.000	
24	ก	0.755	0.019	ตัดทิ้ง	29	*ก	0.090	0.056	ตัดทิ้ง
	ข	0.000	0.000			ข	0.060	0.037	
	*ค	0.095	0.037			ค	0.480	0.889	
	ง	0.060	0.037			ง	0.095	0.278	
	จ	0.090	0.056			จ	0.275	0.000	
25	*ก	0.390	0.944	คัดเลือก	30	ก	0.275	0.259	ตัดทิ้ง
	ข	0.190	0.185			*ข	0.545	0.759	
	ค	0.420	0.759			ค	0.180	0.500	
	ง	0.000	0.000			ง	0.000	0.000	
	จ	0.000	0.000			จ	0.000	0.000	

ตาราง 7 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
31	ก	0.155	0.074	ตัดทิ้ง	36	*ก	0.185	0.167	ตัดทิ้ง
	ข	0.275	0.000			ข	0.190	0.037	
	*ค	0.570	0.074			ค	0.305	0.204	
	ง	0.000	0.000			ง	0.210	0.019	
	จ	0.000	0.000			จ	0.110	0.019	
32	ก	0.555	0.648	ตัดทิ้ง	37	ก	0.195	0.093	ตัดทิ้ง
	ข	0.175	0.111			ข	0.125	0.019	
	*ค	0.180	0.259			ค	0.100	0.056	
	ง	0.090	0.278			*ง	0.560	0.111	
	จ	0.000	0.000			จ	0.020	0.056	
33	ก	0.170	0.056	ตัดทิ้ง	38	ก	0.380	0.019	ตัดทิ้ง
	ข	0.140	0.019			*ข	0.200	0.074	
	*ค	0.330	0.093			ค	0.155	0.074	
	ง	0.105	0.019			ง	0.055	0.037	
	จ	0.255	0.148			จ	0.210	0.167	
34	ก	0.065	0.019	ตัดทิ้ง	39	ก	0.190	0.037	ตัดทิ้ง
	ข	0.265	0.019			ข	0.375	0.056	
	*ค	0.175	0.093			ค	0.155	-0.093	
	ง	0.150	0.074			*ง	0.205	0.130	
	จ	0.345	0.130			จ	0.075	0.019	
35	ก	0.245	0.056	ตัดทิ้ง	40	*ก	0.290	0.167	ตัดทิ้ง
	*ข	0.210	0.074			ข	0.125	0.074	
	ค	0.270	0.019			ค	0.160	0.148	
	ง	0.195	0.019			ง	0.135	0.019	
	จ	0.080	0.019			จ	0.290	0.222	

ตาราง 8 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านอุปมาอุปไมย

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
1	ก	0.0987	0.218	คัดเลือก	6	ก	0.137	0.091	ตัดทิ้ง
	ข	0.132	0.145			ข	0.254	0.000	
	*ค	0.683	0.436			*ค	0.351	0.073	
	ง	0.039	0.018			ง	0.141	0.145	
	จ	0.049	0.055			จ	0.117	0.036	
2	ก	0.102	0.055	คัดเลือก	7	ก	0.249	0.018	ตัดทิ้ง
	ข	0.122	0.218			ข	0.249	0.200	
	*ค	0.473	0.545			ค	0.044	0.127	
	ง	0.068	0.036			*ง	0.137	0.164	
	จ	0.234	0.236			จ	0.322	0.145	
3	ก	0.107	0.091	ตัดทิ้ง	8	ก	0.249	0.273	คัดเลือก
	ข	0.137	0.036			ข	0.044	0.091	
	ค	0.346	0.164			ค	0.327	0.018	
	*ง	0.151	0.073			ง	0.098	0.055	
	จ	0.259	0.109			*จ	0.283	0.327	
4	*ก	0.532	0.400	คัดเลือก	9	*ก	0.220	0.182	ตัดทิ้ง
	ข	0.078	0.073			ข	0.083	0.109	
	ค	0.107	0.182			ค	0.337	0.091	
	ง	0.161	0.036			ง	0.146	0.036	
	จ	0.117	0.109			จ	0.215	0.056	
5	ก	0.122	0.200	คัดเลือก	10	ก	0.093	0.164	คัดเลือก
	ข	0.190	0.255			*ข	0.351	0.436	
	ค	0.054	0.109			ค	0.146	0.218	
	ง	0.073	0.073			ง	0.151	0.036	
	*จ	0.561	0.636			จ	0.259	0.018	

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
11	ก	0.234	0.055	คัดเลือก	16	ก	0.059	0.164	คัดเลือก
	ข	0.122	0.273			ข	0.400	0.018	
	ค	0.098	0.109			ค	0.146	0.236	
	*ง	0.405	0.473			*ง	0.341	0.418	
	จ	0.141	0.036			จ	0.054	0.000	
12	ก	0.205	0.055	คัดเลือก	17	ก	0.088	0.055	ตัดทิ้ง
	*ข	0.293	0.418			ข	0.185	-0.291	
	ค	0.102	0.091			*ค	0.395	0.255	
	ง	0.093	0.218			ง	0.107	0.000	
	จ	0.307	0.055			จ	0.224	0.091	
13	*ก	0.639	0.636	คัดเลือก	18	*ก	0.073	0.091	ตัดทิ้ง
	ข	0.112	0.164			ข	0.444	0.109	
	ค	0.127	0.182			ค	0.302	0.091	
	ง	0.034	0.073			ง	0.137	0.200	
	จ	0.088	0.218			จ	0.044	0.091	
14	ก	0.059	0.164	คัดเลือก	19	ก	0.117	0.036	คัดเลือก
	*ข	0.610	0.545			*ข	0.468	0.545	
	ค	0.083	0.182			ค	0.117	0.236	
	ง	0.141	0.018			ง	0.132	0.073	
	จ	0.107	0.218			จ	0.166	0.200	
15	*ก	0.366	0.345	คัดเลือก	20	ก	0.078	0.073	ตัดทิ้ง
	ข	0.156	0.018			ข	0.502	0.200	
	ค	0.249	0.127			*ค	0.224	0.127	
	ง	0.151	0.164			ง	0.098	0.055	
	จ	0.078	0.036			จ	0.098	0.200	

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
21	ก	0.283	0.036	คัดเลือก	26	ก	0.156	0.018	ตัดทิ้ง
	ข	0.063	0.218			ข	0.205	0.036	
	ค	0.039	0.073			ค	0.259	0.182	
	*ง	0.498	0.491			ง	0.176	0.018	
	จ	0.117	0.164			*จ	0.205	0.255	
22	ก	0.034	0.127	ตัดทิ้ง	27	ก	0.171	0.255	คัดเลือก
	ข	0.151	0.327			*ข	0.673	0.582	
	ค	0.527	0.382			ค	0.068	0.109	
	*ง	0.239	0.164			ง	0.054	0.109	
	จ	0.049	0.091			จ	0.034	0.109	
23	ก	0.107	0.109	ตัดทิ้ง	28	ก	0.254	0.073	ตัดทิ้ง
	ข	0.137	0.036			*ข	0.400	0.382	
	ค	0.254	0.018			ค	0.102	0.218	
	ง	0.200	0.200			ง	0.122	0.145	
	*จ	0.302	0.364			จ	0.122	0.055	
24	ก	0.195	0.182	คัดเลือก	29	ก	0.049	0.127	คัดเลือก
	ข	0.098	0.182			ข	0.112	0.273	
	ค	0.210	0.218			ค	0.049	0.127	
	*ง	0.444	0.655			ง	0.166	0.200	
	จ	0.054	0.073			*จ	0.624	0.727	
25	*ก	0.488	0.636	คัดเลือก	30	ก	0.361	0.091	ตัดทิ้ง
	ข	0.065	0.145			ข	0.283	0.018	
	ค	0.146	0.073			ค	0.107	0.218	
	ง	0.102	0.236			*ง	0.137	0.145	
	จ	0.200	0.182			จ	0.112	0.000	

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
31	ก	0.322	0.036	ตัดทิ้ง	36	ก	0.034	1.109	ตัดทิ้ง
	ข	0.185	0.109			ข	0.068	0.164	
	*ค	0.185	0.091			*ค	0.093	0.073	
	ง	0.068	0.036			ง	0.659	0.545	
	จ	0.239	0.018			จ	0.146	0.200	
32	ก	0.278	0.127	คัดเลือก	37	ก	0.887	0.018	ตัดทิ้ง
	ข	0.151	0.055			*ข	0.195	0.091	
	ค	0.107	0.182			ค	0.093	0.182	
	ง	0.078	0.127			ง	0.254	0.018	
	*จ	0.385	0.491			จ	0.371	0.127	
33	ก	0.029	0.055	ตัดทิ้ง	38	ก	0.073	0.145	ตัดทิ้ง
	*ข	0.556	0.364			*ข	0.059	0.145	
	ค	0.122	0.218			ค	0.078	0.218	
	ง	0.132	0.000			ง	0.132	0.145	
	จ	0.161	0.091			จ	0.659	0.655	
34	ก	0.195	0.036	ตัดทิ้ง	39	*ก	0.493	0.582	คัดเลือก
	ข	0.244	0.055			ข	0.102	0.164	
	*ค	0.327	0.255			ค	0.098	0.255	
	ง	0.161	0.091			ง	0.088	0.091	
	จ	0.073	0.145			จ	0.220	0.073	
35	*ก	0.156	0.018	ตัดทิ้ง	40	ก	0.083	0.164	ตัดทิ้ง
	ข	0.176	0.073			*ข	0.351	0.218	
	ค	0.288	0.109			ค	0.146	0.200	
	ง	0.249	0.218			ง	0.161	0.036	
	จ	0.132	0.018			จ	0.254	0.200	

ตาราง 9 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านการจัดประเภท

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
1	ก	0.000	0.000	ตัดทิ้ง	6	ก	0.035	0.111	ตัดทิ้ง
	ข	0.050	0.130			*ข	0.900	0.296	
	*ค	0.110	0.148			ค	0.025	0.056	
	ง	0.035	0.000			ง	0.030	0.093	
	จ	0.805	0.019			จ	0.010	0.037	
2	*ก	0.660	0.333	คัดเลือก	7	ก	0.083	0.037	ตัดทิ้ง
	ข	0.080	0.111			*ข	0.670	0.370	
	ค	0.045	0.093			ค	0.090	0.111	
	ง	0.040	0.019			ง	0.020	0.074	
	จ	0.175	0.111			จ	0.135	0.148	
3	ก	0.030	0.093	ตัดทิ้ง	8	ก	0.070	0.056	คัดเลือก
	ข	0.010	0.037			*ข	0.405	0.463	
	ค	0.020	0.056			ค	0.390	0.167	
	*ง	0.805	0.333			ง	0.050	0.056	
	จ	0.135	0.148			จ	0.085	0.185	
4	ก	0.410	0.259	คัดเลือก	9	ก	0.115	0.037	ตัดทิ้ง
	ข	0.015	0.019			*ข	0.335	0.389	
	ค	0.055	0.074			ค	0.050	0.019	
	*ง	0.485	0.389			ง	0.030	0.037	
	จ	0.035	0.037			จ	0.470	0.370	
5	ก	0.020	0.019	ตัดทิ้ง	10	ก	0.070	0.056	คัดเลือก
	ข	0.010	0.037			ข	0.040	0.037	
	ค	0.015	0.056			ค	0.055	0.056	
	ง	0.040	0.019			*ง	0.495	0.426	
	*จ	0.915	0.130			จ	0.340	0.278	

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
11	ก	0.050	0.093	คัดเลือก	16	ก	0.110	0.185	ตัดทิ้ง
	*ข	0.705	0.481			ข	0.515	0.148	
	ค	0.045	0.111			ค	0.145	0.074	
	ง	0.095	0.111			*ง	0.155	0.167	
	จ	0.105	0.167			จ	0.075	0.056	
12	ก	0.735	0.315	ตัดทิ้ง	17	ก	0.110	0.130	คัดเลือก
	ข	0.080	0.056			*ข	0.725	0.463	
	ค	0.040	0.056			ค	0.050	0.074	
	ง	0.025	0.037			ง	0.040	0.111	
	*จ	0.120	0.167			จ	0.075	0.148	
13	ก	0.060	0.074	คัดเลือก	18	*ก	0.810	0.519	ตัดทิ้ง
	ข	0.015	0.056			ข	0.080	0.185	
	ค	0.175	0.185			ค	0.025	0.074	
	ง	0.095	-0.056			ง	0.035	0.111	
	*จ	0.655	0.370			จ	0.050	0.148	
14	ก	0.030	0.074	ตัดทิ้ง	19	ก	0.145	0.111	คัดเลือก
	ข	0.040	0.074			ข	0.130	0.222	
	*ค	0.315	0.037			ค	0.155	0.167	
	ง	0.075	0.019			*ง	0.455	0.685	
	จ	0.540	0.093			จ	0.115	0.185	
15	ก	0.540	0.241	ตัดทิ้ง	20	ก	0.070	0.111	คัดเลือก
	*ข	0.160	0.074			ข	0.035	0.130	
	ค	0.145	0.148			ค	0.080	0.222	
	ง	0.115	0.167			*ง	0.655	0.593	
	จ	0.040	0.000			จ	0.160	0.130	

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
21	ก	0.060	0.056	คัดเลือก	26	ก	0.025	0.093	คัดเลือก
	ข	0.105	0.167			ข	0.130	0.352	
	ค	0.040	0.111			ค	0.070	0.130	
	ง	0.215	0.167			ง	0.025	0.000	
	*จ	0.580	0.500			*จ	0.750	0.574	
22	ก	0.025	0.074	คัดเลือก	27	ก	0.035	0.093	คัดเลือก
	ข	0.060	0.130			*ข	0.800	0.556	
	ค	0.100	0.222			ค	0.035	0.130	
	*ง	0.735	0.556			ง	0.080	0.167	
	จ	0.080	-0.130			จ	0.050	0.167	
23	ก	0.120	0.056	ตัดทิ้ง	28	ก	0.070	0.093	ตัดทิ้ง
	ข	0.305	0.037			*ข	0.820	0.426	
	ค	0.160	0.056			ค	0.065	0.185	
	*ง	0.210	0.222			ง	0.025	0.074	
	จ	0.205	0.259			จ	0.020	0.074	
24	ก	0.050	0.167	คัดเลือก	29	ก	0.115	0.093	คัดเลือก
	ข	0.080	0.241			ข	0.115	0.352	
	ค	0.180	0.167			*ค	0.665	0.556	
	*ง	0.445	0.796			ง	0.035	0.056	
	จ	0.245	0.222			จ	0.070	0.056	
25	ก	0.055	0.130	คัดเลือก	30	ก	0.020	0.000	ตัดทิ้ง
	*ข	0.650	0.667			ข	0.045	0.130	
	ค	0.095	0.130			*ค	0.865	0.315	
	ง	0.140	0.278			ง	0.045	0.111	
	จ	0.060	0.130			จ	0.025	0.074	

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
31	ก	0.180	0.111	ตัดทิ้ง	36	*ก	0.685	0.556	คัดเลือก
	*ข	0.295	0.056			ข	0.070	0.167	
	ค	0.245	0.019			ค	0.145	0.148	
	ง	0.075	0.056			ง	0.045	0.093	
	จ	0.205	0.130			จ	0.055	0.148-	
32	ก	0.100	0.056	ตัดทิ้ง	37	ก	0.400	0.037	ตัดทิ้ง
	ข	0.070	0.167			*ข	0.430	0.241	
	ค	0.380	0.333			ค	0.065	0.148	
	*ง	0.330	0.370			ง	0.060	0.019	
	จ	0.120	0.074			จ	0.045	0.074	
33	ก	0.040	0.111	ตัดทิ้ง	38	ก	0.105	0.037	คัดเลือก
	ข	0.130	0.056			ข	0.355	0.222	
	ค	0.645	0.204			*ค	0.455	0.519	
	*ง	0.135	0.037			ง	0.055	0.148	
	จ	0.050	0.074			จ	0.030	0.111	
34	ก	0.145	0.037	คัดเลือก	39	ก	0.155	0.278	ตัดทิ้ง
	*ข	0.500	0.389			ข	0.065	0.222	
	ค	0.110	0.148			*ค	0.555	0.630	
	ง	0.165	0.148			ง	0.130	0.000	
	จ	0.080	0.056			จ	0.095	0.130	
35	ก	0.075	0.148	คัดเลือก	40	ก	0.070	0.130	ตัดทิ้ง
	ข	0.170	0.278			ข	0.640	0.278	
	ค	0.145	0.056			*ค	0.225	0.037	
	*ง	0.545	0.481			ง	0.035	0.111	
	จ	0.065	0.111			จ	0.025	0.056	

ตาราง 10 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านการคิดวิเคราะห์

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
1	ก	0.015	0.019	คัดเลือก	6	*ก	0.695	0.574	คัดเลือก
	*ข	0.685	0.481			ข	0.075	0.167	
	ค	0.045	0.093			ค	0.175	0.315	
	ง	0.220	0.296			ง	0.015	0.037	
	จ	0.035	0.074			จ	0.040	0.056	
2	ก	0.065	0.037	คัดเลือก	7	ก	0.085	0.093	คัดเลือก
	ข	0.170	0.185			*ข	0.745	0.444	
	*ค	0.635	0.315			ค	0.040	0.056	
	ง	0.115	0.074			ง	0.080	0.185	
	จ	0.015	0.019			จ	0.050	0.111	
3	*ก	0.715	0.296	ตัดทิ้ง	8	*ก	0.680	0.407	คัดเลือก
	ข	0.015	0.019			ข	0.240	0.148	
	ค	0.025	0.056			ค	0.035	0.111	
	ง	0.105	0.130			ง	0.025	0.074	
	จ	0.140	0.093			จ	0.020	0.074	
4	ก	0.310	0.259	คัดเลือก	9	ก	0.035	0.037	คัดเลือก
	ข	0.050	0.093			ข	0.040	0.093	
	ค	0.035	0.056			*ค	0.640	0.426	
	*ง	0.555	0.463			ง	0.170	0.148	
	จ	0.050	0.056			จ	0.115	0.148	
5	ก	0.285	0.167	ตัดทิ้ง	10	ก	0.305	0.056	ตัดทิ้ง
	ข	0.070	0.185			*ข	0.395	0.111	
	ค	0.210	0.074			ค	0.130	0.037	
	*ง	0.250	0.222			ง	0.070	0.111	
	จ	0.185	0.056			จ	0.100	0.019	

ตาราง 10 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
11	ก	0.135	0.056	ตัดทิ้ง	16	ก	0.050	0.074	ตัดทิ้ง
	*ข	0.270	0.148			ข	0.085	0.148	
	ค	0.445	0.019			ค	0.600	0.019	
	ง	0.085	0.056			ง	0.035	0.093	
	จ	0.065	0.056			*จ	0.230	0.296	
12	ก	0.045	0.111	คัดเลือก	17	ก	0.265	0.037	คัดเลือก
	*ข	0.500	0.444			ข	0.100	-0.241	
	ค	0.185	0.185			ค	0.075	0.167	
	ง	0.120	0.074			*ง	0.525	0.481	
	จ	0.150	0.074			จ	0.035	0.037	
13	ก	0.075	0.148	คัดเลือก	18	ก	0.165	0.222	คัดเลือก
	ข	0.045	0.074			ข	0.040	0.130	
	*ค	0.745	0.426			ค	0.035	0.056	
	ง	0.120	0.148			*ง	0.700	0.519	
	จ	0.015	0.056			จ	0.060	0.111	
14	*ก	0.825	0.463	ตัดทิ้ง	19	ก	0.210	0.074	คัดเลือก
	ข	0.085	0.222			*ข	0.455	0.444	
	ค	0.045	0.130			ค	0.095	0.093	
	ง	0.025	0.074			ง	0.080	0.056	
	จ	0.020	0.037			จ	0.160	0.222	
15	*ก	0.550	0.444	คัดเลือก	20	*ก	0.150	0.037	ตัดทิ้ง
	ข	0.050	0.130			ข	0.155	0.148	
	ค	0.065	0.148			ค	0.065	0.185	
	ง	0.080	0.037			ง	0.065	0.056	
	จ	0.255	0.130			จ	0.565	0.352	

ตาราง 10 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
21	ก	0.080	0.204	คัดเลือก	26	ก	0.070	0.019	ตัดทิ้ง
	*ข	0.680	0.667			ข	0.090	0.074	
	ค	0.130	0.241			*ค	0.105	0.093	
	ง	0.040	0.074			ง	0.130	0.074	
	จ	0.070	0.148			จ	0.605	0.259	
22	ก	0.160	0.111	คัดเลือก	27	ก	0.105	0.130	ตัดทิ้ง
	ข	0.090	0.148			ข	0.045	0.167	
	*ค	0.565	0.648			*ค	0.196	0.130	
	ง	0.140	0.352			ง	0.365	0.056	
	จ	0.045	0.037			จ	0.290	0.111	
23	ก	0.055	0.019	ตัดทิ้ง	28	ก	0.690	0.296	ตัดทิ้ง
	ข	0.100	0.130			*ข	0.220	0.074	
	ค	0.155	0.111			ค	0.040	0.074	
	ง	0.075	0.167			ง	0.025	0.074	
	*จ	0.615	0.389			จ	0.025	0.074	
24	*ก	0.060	0.019	ตัดทิ้ง	29	ก	0.130	0.148	คัดเลือก
	ข	0.645	0.407			ข	0.160	0.148	
	ค	0.145	0.204			*ค	0.475	0.426	
	ง	0.055	0.111			ง	0.100	0.130	
	จ	0.095	0.111			จ	0.135	0.000	
25	ก	0.250	0.019	ตัดทิ้ง	30	ก	0.030	0.093	ตัดทิ้ง
	ข	0.110	0.185			ข	0.090	0.074	
	*ค	0.235	0.222			ค	0.180	0.093	
	ง	0.135	0.019			ง	0.055	0.037	
	จ	0.270	0037			*จ	0.645	0.296	

ตาราง 10 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
31	ก	0.385	0.037	คัดเลือก	36	ก	0.025	0.074	ตัดทิ้ง
	ข	0.055	0.185			ข	0.030	0.093	
	*ค	0.510	0.315			ค	0.050	0.130	
	ง	0.035	0.037			ง	0.065	0.185	
	จ	0.015	0.056			*จ	0.830	0.481	
32	*ก	0.505	0.537	คัดเลือก	37	ก	0.060	0.185	ตัดทิ้ง
	ข	0.185	0.148			ข	0.050	0.148	
	ค	0.115	0.130			ค	0.035	-0.111	
	ง	0.150	0.111			*ง	0.805	0.574	
	จ	0.045	0.148			จ	0.050	0.130	
33	ก	0.055	0.130	ตัดทิ้ง	38	ก	0.215	0.074	คัดเลือก
	ข	0.045	0.056			ข	0.100	0.185	
	*ค	0.530	0.278			*ค	0.580	0.463	
	ง	0.045	0.130			ง	0.075	0.148	
	จ	0.325	0.037			จ	0.030	0.056	
34	ก	0.050	0.093	คัดเลือก	39	*ก	0.170	0.111	ตัดทิ้ง
	ข	0.065	0.185			ข	0.045	0.111	
	ค	0.040	0.093			ค	0.130	0.056	
	*ง	0.790	0.537			ง	0.580	0.352	
	จ	0.055	0.167			จ	0.075	0.074	
35	ก	0.030	0.074	ตัดทิ้ง	40	ก	0.020	0.056	ตัดทิ้ง
	ข	0.040	0.056			ข	0.060	0.185	
	ค	0.070	0.204			*ค	0.835	0.407	
	*ง	0.805	0.463			ง	0.075	0.130	
	จ	0.055	0.130			จ	0.010	0.037	

ตาราง 11 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านการคิดคำนวณ

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
1	ก	0.035	0.056	ตัดทิ้ง	6	ก	0.170	0.204	คัดเลือก
	ข	0.630	0.130			*ข	0.500	0.704	
	ค	0.080	0.148			ค	0.150	0.278	
	*ง	0.170	0.130			ง	0.130	0.222	
	จ	0.085	0.056			จ	0.050	0.000	
2	ก	0.055	0.148	คัดเลือก	7	ก	0.170	0.167	คัดเลือก
	*ข	0.770	0.370			ข	0.150	0.259	
	ค	0.095	0.148			ค	0.230	0.074	
	ง	0.030	0.000			*ง	0.350	0.685	
	จ	0.050	0.074			จ	0.100	0.185	
3	ก	0.100	0.241	คัดเลือก	8	ก	0.205	0.222	คัดเลือก
	ข	0.070	0.074			ข	0.230	0.296	
	*ค	0.675	0.370			*ค	0.320	0.667	
	ง	0.120	0.000			ง	0.165	0.167	
	จ	0.035	0.056			จ	0.080	0.019	
4	ก	0.165	0.000	ตัดทิ้ง	9	*ก	0.460	0.704	คัดเลือก
	ข	0.180	0.111			ข	0.250	0.259	
	*ค	0.340	0.167			ค	0.100	0.148	
	ง	0.220	0.056			ง	0.145	0.241	
	จ	0.095	0.000			จ	0.045	0.056	
5	ก	0.035	0.000	คัดเลือก	10	ก	0.185	0.037	คัดเลือก
	ข	0.075	0.222			ข	0.125	0.167	
	ค	0.090	0.259			ค	0.140	0.296	
	*ง	0.605	0.611			ง	0.165	0.093	
	จ	0.195	0.130			*จ	0.385	0.593	

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
11	ก	0.435	0.648	ตัดทิ้ง	16	*ก	0.320	0.500	คัดเลือก
	*ข	0.150	0.111			ข	0.200	0.296	
	ค	0.205	0.278			ค	0.170	0.204	
	ง	0.135	0.074			ง	0.245	0.019	
	จ	0.075	0.185			จ	0.065	0.019	
12	ก	0.120	0.093	ตัดทิ้ง	17	ก	0.111	0.111	คัดเลือก
	ข	0.180	0.111			ข	0.148	0.148	
	ค	0.260	0.315			ค	0.204	0.204	
	ง	0.125	0.111			*ง	0.519	0.719	
	*จ	0.315	0.000			จ	0.056	0.056	
13	ก	0.110	0.000	คัดเลือก	18	ก	0.037	0.037	ตัดทิ้ง
	*ข	0.360	0.315			*ข	0.241	0.241	
	ค	0.085	0.056			ค	0.111	0.111	
	ง	0.110	0.111			ง	0.019	0.019	
	จ	0.335	0.148			จ	0.074	0.074	
14	ก	0.115	0.019	ตัดทิ้ง	19	ก	0.148	0.148	ตัดทิ้ง
	*ข	0.345	0.111			ข	0.037	0.037	
	ค	0.320	0.185			ค	0.074	0.074	
	ง	0.185	0.056			ง	0.019	0.019	
	จ	0.035	0.000			*จ	0.167	0.167	
15	ก	0.225	0.204	ตัดทิ้ง	20	ก	0.000	0.000	คัดเลือก
	ข	0.180	0.185			*ข	0.315	0.715	
	ค	0.310	0.370			ค	0.019	0.019	
	*ง	0.205	0.074			ง	0.185	0.185	
	จ	0.080	0.056			จ	0.111	0.111	

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
21	*ก	0.395	0.500	คัดเลือก	26	ก	0.255	0.056	ตัดทิ้ง
	ข	0.190	0.241			ข	0.195	0.185	
	ค	0.045	0.019			ค	0.230	0.056	
	ง	0.215	0.056			*ง	0.135	0.185	
	จ	0.155	0.185			จ	0.185	0.000	
22	ก	0.315	0.056	คัดเลือก	27	ก	0.195	0.222	คัดเลือก
	ข	0.210	0.222			*ข	0.465	0.500	
	ค	0.120	0.130			ค	0.145	0.204	
	*ง	0.215	0.481			ง	0.100	0.111	
	จ	0.140	0.074			จ	0.095	0.037	
23	ก	0.050	0.111	คัดเลือก	28	ก	0.215	0.019	คัดเลือก
	ข	0.180	0.074			*ข	0.365	0.500	
	ค	0.115	0.259			ค	0.245	0.222	
	*ง	0.520	0.685			ง	0.095	0.204	
	จ	0.135	0.241			จ	0.080	0.056	
24	ก	0.115	0.056	ตัดทิ้ง	29	ก	0.120	0.056	คัดเลือก
	ข	0.215	0.019			ข	0.260	0.296	
	*ค	0.380	0.259			*ค	0.460	0.500	
	ง	0.200	0.333			ง	0.100	0.019	
	จ	0.090	0.111			จ	0.060	0.167	
25	*ก	0.275	0.426	คัดเลือก	30	ก	0.175	0.148	ตัดทิ้ง
	ข	0.295	0.056			ข	0.295	0.074	
	ค	0.240	0.185			ค	0.205	0.037	
	ง	0.100	0.056			*ง	0.280	0.315	
	จ	0.090	0.130			จ	0.045	0.056	

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
31	ก	0.320	0.296	ตัดทิ้ง	36	ก	0.110	0.111	ตัดทิ้ง
	ข	0.215	0.056			*ข	0.235	0.333	
	ค	0.225	0.222			ค	0.415	0.056	
	*ง	0.165	0.444			ง	0.125	0.111	
	จ	0.075	0.019			จ	0.115	0.056	
32	ก	0.070	0.019	คัดเลือก	37	ก	0.145	0.019	ตัดทิ้ง
	ข	0.225	0.352			ข	0.265	0.111	
	ค	0.220	0.037			ค	0.285	0.130	
	*ง	0.355	0.500			ง	0.185	0.037	
	จ	0.130	0.093			*จ	0.120	0.037	
33	ก	0.165	0.056	ตัดทิ้ง	38	*ก	0.235	0.241	ตัดทิ้ง
	ข	0.250	0.204			ข	0.250	0.278	
	ค	0.235	0.222			ค	0.215	0.167	
	ง	0.175	0.037			ง	0.170	0.130	
	*จ	0.175	0.407			จ	0.130	0.000	
34	ก	0.325	0.389	ตัดทิ้ง	39	*ก	0.220	0.037	ตัดทิ้ง
	ข	0.160	0.037			ข	0.250	0.056	
	*ค	0.145	0.056			ค	0.150	0.093	
	ง	0.300	0.333			ง	0.270	0.185	
	จ	0.070	0.037			จ	0.110	0.000	
35	*ก	0.285	0.056	ตัดทิ้ง	40	ก	0.225	0.167	ตัดทิ้ง
	ข	0.185	0.167			ข	0.300	0.111	
	ค	0.135	0.111			ค	0.200	0.352	
	ง	0.225	0.019			*ง	0.145	0.093	
	จ	0.140	0.204			จ	0.130	0.019	

ตาราง 12 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านการสรุปความ

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
1	ก	0.070	0.111	คัดเลือก	6	*ก	0.485	0.648	คัดเลือก
	*ข	0.685	0.352			ข	0.210	0.204	
	ค	0.060	0.130			ค	0.065	0.148	
	ง	0.060	0.056			ง	0.070	0.037	
	จ	0.025	0.056			จ	0.170	0.259	
2	ก	0.050	0.111	คัดเลือก	7	ก	0.335	0.093	ตัดทิ้ง
	ข	0.105	0.222			*ข	0.245	0.093	
	*ค	0.720	0.463			ค	0.080	0.296	
	ง	0.080	0.074			ง	0.085	0.056	
	จ	0.045	0.056			จ	0.255	0.167	
3	ก	0.090	0.148	ตัดทิ้ง	8	ก	0.070	0.185	ตัดทิ้ง
	ข	0.310	0.037			ข	0.090	0.093	
	*ค	0.155	0.111			*ค	0.140	0.056	
	ง	0.225	0.148			ง	0.145	0.019	
	จ	0.220	0.074			จ	0.555	0.352	
4	ก	0.215	0.111	คัดเลือก	9	ก	0.070	0.037	ตัดทิ้ง
	*ข	0.370	0.315			ข	0.160	0.204	
	ค	0.065	0.204			*ค	0.350	0.204	
	ง	0.180	0.111			ง	0.305	0.037	
	จ	0.170	0.111			จ	0.115	0.000	
5	ก	0.125	0.185	ตัดทิ้ง	10	ก	0.055	0.111	คัดเลือก
	ข	0.120	0.037			*ข	0.640	0.407	
	ค	0.400	0.315			ค	0.075	0.130	
	ง	0.150	0.296			ง	0.080	0.204	
	*จ	0.205	0.130			จ	0.150	0.037	

ตาราง 12 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
11	ก	0.145	0.000	ตัดทิ้ง	16	ก	0.585	0.278	ตัดทิ้ง
	ข	0.085	0.148			ข	0.110	0.241	
	*ค	0.270	0.093			ค	0.170	0.019	
	ง	0.230	0.037			*ง	0.095	0.000	
	จ	0.270	0.019			จ	0.040	0.019	
12	ก	0.210	0.259	ตัดทิ้ง	17	ก	0.065	0.167	คัดเลือก
	ข	0.205	0.111			*ข	0.700	0.500	
	ค	0.095	0.204			ค	0.115	0.278	
	ง	0.190	0.000			ง	0.005	0.019	
	*จ	0.300	0.056			จ	0.115	0.037	
13	*ก	0.455	0.296	ตัดทิ้ง	18	ก	0.195	0.333	คัดเลือก
	ข	0.235	0.148			ข	0.040	0.130	
	ค	0.060	0.130			ค	0.100	0.278	
	ง	0.135	0.259			*ง	0.635	0.852	
	จ	0.115	0.056			จ	0.030	0.111	
14	ก	0.100	0.130	คัดเลือก	19	ก	0.125	0.056	คัดเลือก
	ข	0.100	0.222			ข	0.235	0.037	
	ค	0.135	0.222			ค	0.040	0.130	
	*ง	0.640	0.667			ง	0.195	0.370	
	จ	0.025	0.093			*จ	0.405	0.593	
15	ก	0.095	0.074	คัดเลือก	20	ก	0.050	0.148	ตัดทิ้ง
	ข	0.130	0.315			ข	0.245	0.074	
	ค	0.165	0.037			ค	0.150	0.111	
	*ง	0.540	0.574			*ง	0.265	0.241	
	จ	0.070	0.148			จ	0.290	0.093	

ตาราง 12 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
21	ก	0.110	-0.185	คัดเลือก	26	ก	0.105	-0.056	ตัดทิ้ง
	ข	0.065	0.167			ข	0.290	0.167	
	ค	0.115	0.130			ค	0.130	0.074	
	ง	0.090	0.130			*ง	0.225	0.130	
	*จ	0.620	0.611			จ	0.250	0.167	
22	*ก	0.650	0.574	คัดเลือก	27	ก	0.105	0.037	คัดเลือก
	ข	0.105	0.222			*ข	0.605	0.519	
	ค	0.105	0.056			ค	0.125	0.259	
	ง	0.075	0.167			ง	0.090	0.167	
	จ	0.065	0.130			จ	0.075	0.056	
23	ก	0.220	0.056	ตัดทิ้ง	28	ก	0.035	0.056	คัดเลือก
	ข	0.115	0.241			ข	0.165	0.315	
	ค	0.340	0.130			*ค	0.570	0.685	
	ง	0.280	0.056			ง	0.145	0.204	
	*จ	0.045	0.000			จ	0.085	0.111	
24	ก	0.165	0.074	ตัดทิ้ง	29	ก	0.085	0.074	คัดเลือก
	*ข	0.300	0.093			*ข	0.715	0.630	
	ค	0.315	0.056			ค	0.095	0.315	
	ง	0.145	0.056			ง	0.035	0.093	
	จ	0.075	0.056			จ	0.070	0.148	
25	*ก	0.275	0.259	ตัดทิ้ง	30	ก	0.140	0.056	คัดเลือก
	ข	0.320	0.037			ข	0.115	0.130	
	ค	0.170	0.019			ค	0.250	0.148	
	ง	0.195	0.130			ง	0.225	0.019	
	จ	0.040	0.111			*จ	0.240	0.352	

ตาราง 12 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
31	ก	0.265	0.093	ตัดทิ้ง	36	ก	0.130	0.130	ตัดทิ้ง
	ข	0.160	0.222			ข	0.165	0.130	
	ค	0.045	0.074			ค	0.375	0.167	
	ง	0.340	0.315			*ง	0.210	0.148	
	*จ	0.190	0.074			จ	0.120	0.056	
32	*ก	0.290	0.019	ตัดทิ้ง	37	ก	0.190	0.056	คัดเลือก
	ข	0.140	0.185			ข	0.140	0.037	
	ค	0.325	0.222			ค	0.200	0.204	
	ง	0.150	0.037			*ง	0.270	0.352	
	จ	0.095	0.093			จ	0.200	0.056	
33	*ก	0.315	0.500	คัดเลือก	38	ก	0.205	0.148	คัดเลือก
	ข	0.200	0.148			*ข	0.465	0.407	
	ค	0.205	0.185			ค	0.110	0.111	
	ง	0.105	0.148			ง	0.115	0.019	
	จ	0.175	0.019			จ	0.105	0.130	
34	ก	0.110	0.019	ตัดทิ้ง	39	ก	0.085	0.204	คัดเลือก
	*ข	0.125	0.037			ข	0.155	0.222	
	ค	0.275	0.130			*ค	0.430	0.537	
	ง	0.330	0.167			ง	0.140	0.019	
	จ	0.160	0.093			จ	0.190	0.130	
35	ก	0.155	0.000	ตัดทิ้ง	40	ก	0.180	0.019	ตัดทิ้ง
	ข	0.170	0.074			ข	0.185	0.019	
	ค	0.130	0.167			ค	0.200	0.093	
	*ง	0.320	0.241			ง	0.160	0.093	
	จ	0.225	0.000			*จ	0.275	0.037	

ตาราง 13 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านอนุกรมตัวเลข

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
1	ก	0.065	0.204	คัดเลือก	6	*ก	0.310	0.370	คัดเลือก
	ข	0.050	0.093			ข	0.180	0.130	
	*ค	0.745	0.389			ค	0.140	0.093	
	ง	0.120	0.093			ง	0.175	0.148	
	จ	0.020	0.000			จ	0.195	0.000	
2	ก	0.045	0.037	คัดเลือก	7	ก	0.220	0.185	ตัดทิ้ง
	ข	0.090	0.204			ข	0.220	0.000	
	ค	0.150	0.093			ค	0.430	0.185	
	*ง	0.420	0.537			ง	0.110	0.037	
	จ	0.295	0.204			*จ	0.020	0.037	
3	ก	0.345	0.148	ตัดทิ้ง	8	ก	0.225	0.241	คัดเลือก
	ข	0.215	0.093			ข	0.235	0.130	
	ค	0.165	0.056			ค	0.180	0.037	
	ง	0.110	0.056			*ง	0.215	0.352	
	*จ	0.165	0.241			จ	0.145	0.019	
4	ก	0.405	0.111	ตัดทิ้ง	9	*ก	0.165	0.130	ตัดทิ้ง
	ข	0.215	0.019			ข	0.250	0.019	
	ค	0.120	0.130			ค	0.390	0.130	
	ง	0.125	0.074			ง	0.115	0.056	
	*จ	0.135	0.111			จ	0.080	0.074	
5	ก	0.480	0.074	คัดเลือก	10	ก	0.310	0.185	ตัดทิ้ง
	ข	0.185	0.167			*ข	0.160	0.130	
	*ค	0.200	0.352			ค	0.235	0.056	
	ง	0.060	0.037			ง	0.150	0.074	
	จ	0.075	0.074			จ	0.145	0.037	

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
11	ก	0.140	0.130	คัดเลือก	16	ก	0.240	0.185	ตัดทิ้ง
	ข	0.230	0.074			ข	0.400	0.148	
	*ค	0.315	0.630			*ค	0.230	0.148	
	ง	0.205	0.352			ง	0.080	0.093	
	จ	0.110	0.074			จ	0.050	0.093	
12	ก	0.250	0.389	คัดเลือก	17	ก	0.255	0.278	คัดเลือก
	ข	0.130	0.074			*ข	0.230	0.352	
	ค	0.255	0.148			ค	0.255	0.074	
	*ง	0.245	0.370			ง	0.135	0.093	
	จ	0.120	0.056			จ	0.125	0.093	
13	ก	0.120	0.056	ตัดทิ้ง	18	ก	0.170	0.056	ตัดทิ้ง
	ข	0.22	0.074			*ข	0.275	0.093	
	ค	0.315	0.352			ค	0.305	0.185	
	*ง	0.250	0.220			ง	0.140	0.037	
	จ	0.095	0.000			จ	0.110	0.000	
14	ก	0.380	0.130	ตัดทิ้ง	19	ก	0.205	0.185	คัดเลือก
	ข	0.230	0.037			*ข	0.265	0.426	
	*ค	0.160	0.185			ค	0.160	0.074	
	ง	0.165	0.019			ง	0.195	0.111	
	จ	0.065	0.037			จ	0.175	0.056	
15	ก	0.175	0.148	ตัดทิ้ง	20	ก	0.135	0.074	ตัดทิ้ง
	ข	0.175	0.037			*ข	0.310	0.130	
	ค	0.215	0.074			ค	0.265	0.222	
	ง	0.325	0.296			ง	0.195	0.185	
	*จ	0.110	0.111			จ	0.095	0.019	

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
21	ก	0.235	0.130	ตัดทิ้ง	26	ก	0.275	0.111	คัดเลือก
	ข	0.140	0.111			ข	0.175	0.130	
	ค	0.280	0.000			*ค	0.255	0.315	
	*ง	0.165	0.000			ง	0.190	0.019	
	จ	0.180	0.019			จ	0.105	0.055	
22	ก	0.230	0.130	ตัดทิ้ง	27	ก	0.205	0.222	คัดเลือก
	ข	0.205	0.019			*ข	0.285	0.315	
	ค	0.260	0.019			ค	0.335	0.000	
	*ง	0.195	0.111			ง	0.125	0.019	
	จ	0.110	0.056			จ	0.050	0.074	
23	*ก	0.185	0.093	ตัดทิ้ง	28	ก	0.245	0.037	ตัดทิ้ง
	ข	0.205	0.296			ข	0.230	0.148	
	ค	0.265	0.093			ค	0.200	0.111	
	ง	0.250	0.315			ง	0.165	0.000	
	จ	0.095	0.019			*จ	0.160	0.222	
24	ก	0.155	0.000	ตัดทิ้ง	29	ก	0.240	0.000	คัดเลือก
	ข	0.215	0.056			ข	0.170	0.074	
	ค	0.280	0.222			*ค	0.320	0.426	
	ง	0.240	0.093			ง	0.155	0.259	
	*จ	0.110	0.259			จ	0.115	0.093	
25	ก	0.125	0.111	คัดเลือก	30	ก	0.225	0.204	คัดเลือก
	*ข	0.220	0.148			ข	0.145	0.130	
	ค	0.285	0.056			ค	0.160	0.056	
	ง	0.210	0.259			ง	0.205	0.111	
	จ	0.160	0.056			* จ	0.265	0.389	

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา	ข้อที่	ตัวเลือก	P	r	ผลการพิจารณา
31	ก	0.275	0.056	ตัดทิ้ง	36	ก	0.225	0.000	คัดเลือก
	ข	0.345	0.167			*ข	0.290	0.315	
	ค	0.165	0.037			ค	0.205	0.037	
	ง	0.125	0.037			ง	0.180	0.074	
	*จ	0.090	0.222			จ	0.100	0.204	
32	ก	0.140	0.222	คัดเลือก	37	ก	0.135	0.167	คัดเลือก
	ข	0.215	0.074			*ข	0.370	0.352	
	ค	0.270	0.315			ค	0.220	0.148	
	*ง	0.225	0.537			ง	0.160	0.074	
	จ	0.150	0.074			จ	0.115	0.037	
33	ก	0.150	0.037	ตัดทิ้ง	38	*ก	0.340	0.500	คัดเลือก
	ข	0.255	0.222			ข	0.265	0.241	
	ค	0.265	0.093			ค	0.165	0.093	
	ง	0.230	0.167			ง	0.140	0.130	
	*จ	0.100	0.111			จ	0.090	0.037	
34	ก	0.255	0.074	คัดเลือก	39	ก	0.120	0.074	ตัดทิ้ง
	ข	0.250	0.296			ข	0.215	0.278	
	*ค	0.200	0.370			ค	0.295	0.037	
	ง	0.205	0.130			*ง	0.235	0.185	
	จ	0.090	0.019			จ	0.135	0.019	
35	ก	0.145	0.111	คัดเลือก	40	ก	0.185	0.167	ตัดทิ้ง
	*ข	0.265	0.407			ข	0.275	0.056	
	ค	0.295	0.167			ค	0.180	0.037	
	ง	0.235	0.111			*ง	0.180	0.148	
	จ	0.060	0.019			จ	0.180	0.000	

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง และ
แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ฉบับที่ 1
แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง ด้านการคิดคำนวณ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ เวลา 20 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้อง ลงในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย ~~X~~
3. การหาคำตอบให้นักเรียนอ่านโจทย์ แล้วพิจารณาว่าคำตอบข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง

(0) ข้อใดต่อไปนี้**ไม่ถูกต้อง**

ก. (-5)+(-3) = (-8)

ข. 12+(-8) = 4

ค. (-6)-(-4) = (-2)

ง. 0-(-13) = (-13)

จ. (-5)-(-5) = 0

ตอบ (0) ก ข ค ~~X~~ จ

แบบทดสอบการคิดคำนวณ

1. (4.6 + 5.1+1.4) - (2.3+1.5+3.7) = □
   ก. 2.7
   ข. 3.6
   ค. 4.5
   ง. 5.3
   จ. 6.1
2. (17.285 – 13.45) – 3.5689 = □
   ก. 0.3865
   ข. –0.3675
   ค. 0.2661
   ง. –0.2661
   จ. 0.2614
3. 10.72+3.08+0.2 = □
   ก. 10.782
   ข. 13.78
   ค. 13.782
   ง. 14.00
   จ. 14.10
4. (-2.3) ×(-340) ×(-0.008) =□
   ก. 6.256
   ข. –6.256
   ค. 6.156
   ง. –6.556
   จ. 6.556
5. (-0.004) ×25 =□
   ก. 1.00
   ข. 0.1
   ค. –1.00
   ง. –0.1
   จ. –0.01
6. (-3) ÷ (- 0.4) = □
   ก. 12
   ข. –1.2
   ค. 7.5
   ง. –7.5
   จ. –12
7. 18.20 ÷0.07 =□
   ก. 260
   ข. 2.60
   ค. 0.26
   ง. 0.026
   จ. 0.027
8. 24 ÷0.004 = □
   ก. 0.006
   ข. 0.06
   ค. 0.6
   ง. 6
   จ. 6,000
9. 37+(-49)+(-12)+(-35) = □
   ก. –11
   ข. –59
   ค. –109
   ง. 109
   จ. –133
10. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง
    ก. –(-4) = 4
    ข. -| -15 | = 15
    ค. -| (3)+(-3)| = 6
    ง. | 2 -(-2) | = 0
    จ. -(-5) -4 = -1

แบบทดสอบการคิดคำนวณ

11. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

ก. (-5)(-4) $\langle$ (5)(-40)

ข. (-15)(2) = (-15)(-2)

ค. (12)(6) $\rangle$ (-12) (-6)

ง. (8)(3) = (-8)(-3)

จ. (-12)(6) = (-12)(-6)

12. [(-121) ×(-41)]+ [(-121) × (41)] = □

ก. –9,922

ข. 0

ค. 3961

ง. –3961

จ. 9,922

13. [(-4)+1)]+ [(-15)-18] = □

ก. –36

ข. –28

ค. –17

ง. 9

จ. –9

14. [4×(-3)]+ [(-2)×(-1)]+ [(-3)×0] = □

ก. 0

ข. 14

ค. –7

ง. –10

จ. –14

15. [(-51) ÷ (-3)] × [(-60) ÷ (-12)] = □

ก. –58

ข. 58

ค. –85

ง. 85

จ. 90

16. $\frac{2^3 \times 3^{-5}}{3^{-5} \times 2^0} =$ □

ก. $\frac{1}{8}$

ข. $\frac{1}{16}$

ค. $\frac{1}{24}$

ง. $\frac{1}{3^2}$

จ. $\frac{1}{40}$

17. $56 \div \left[20 - \left(4^2 - 2^2\right)\right] =$ □

ก. 4

ข. 7

ค. –8

ง. 8

จ. 14

18. $\left(1 \times 2^5\right) + \left(1 \times 2^3\right) + \left(1 \times 1\right) =$ □

ก. 40

ข. 41

ค. 42

ง. 43

จ. 45

19. $\left(3 \times 7^3\right) + \left(2 \times 7^2\right) + \left(1 \times 7\right) =$ □

ก. 1,034

ข. 1,043

ค. 1,134

ง. 1,143

จ. 1,304

20. $\frac{-15}{16} \times \frac{64}{105} =$ □

ก. $\frac{3}{4}$

ข. $-1\frac{1}{3}$

ค. $2\frac{3}{4}$

ง. $-\frac{4}{7}$

จ. $\frac{4}{7}$

ฉบับที่ 2
แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง ด้านอนุกรมตัวเลข
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ เวลา 20 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้อง ลงในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย =X
3. การหาคำตอบให้นักเรียนอ่านโจทย์ แล้วพิจารณาว่าคำตอบข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง

(0)

3	5	9
4	6	10
7	□	13

ก. 5
ข. 6
ค. 7
ง. 9
จ. 10

ตอบ (0) ก ข ค ~~ง~~ จ

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนหาจำนวนมาเติมลงใน ☐ ให้สอดคล้องกับอนุกรมที่กำหนดให้

1. 8 7 10 9 12 ☐
   - ก. 5
   - ข. 6
   - ค. 11
   - ง. 13
   - จ. 14

2. 27 ☐ 18 10 9 15
   - ก. 0
   - ข. 1
   - ค. 3
   - ง. 5
   - จ. 7

3. 6 9 ☐ 18 216 27
   - ก. 12
   - ข. 24
   - ค. 36
   - ง. 48
   - จ. 60

4. ☐ 30 400 300 200 3,000
   - ก. 600
   - ข. 800
   - ค. 1200
   - ง. 1600
   - จ. 2000

5. 1 63 9 ☐ 17 7
   - ก. 5
   - ข. 11
   - ค. 19
   - ง. 21
   - จ. 28

6. 3 9 12 18 ☐ 36
   - ก. 20
   - ข. 22
   - ค. 24
   - ง. 26
   - จ. 28

7. 189 ☐ 145 59 101 81
   - ก. 13
   - ข. 19
   - ค. 29
   - ง. 37
   - จ. 49

8. 2 ☐ 14 19 98 13
   - ก. 23
   - ข. 25
   - ค. 27
   - ง. 29
   - จ. 31

9. 199 1 149 ☐ 99 64
   - ก. 5
   - ข. 8
   - ค. 14
   - ง. 23
   - จ. 37

10. 14 125 □ 25 126 5

ก. 37

ข. 42

ค. 47

ง. 52

จ. 59

11. 28 9 37 □ 46 324

ก. 38

ข. 43

ค. 54

ง. 63

จ. 72

12. 40 □ 160 27 640 9

ก. 72

ข. 81

ค. 95

ง. 108

จ. 144

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนหาจำนวนที่ผิดจากอนุกรมที่กำหนดให้และมีผลรวมเท่ากับที่กำหนดไว้
ให้หาตัวเลขที่ผิดในอนุกรมนี้

13.

ก	ข	ค	ง	จ
5	3	4	2	3
1	2	5	7	11
ผลรวมเมื่ออนุกรมถูก				42

ให้หาตัวเลขที่ผิดในอนุกรมนี้

14.

ก	ข	ค	ง	จ
1	4	9	16	25
8	10	13	14	16
ผลรวมเมื่ออนุกรมถูก				115

ให้หาตัวเลขที่ผิดในอนุกรมนี้

15.

ก	ข	ค	ง	จ
-1	2	3	5	7
1	4	9	16	25
ผลรวมเมื่ออนุกรมถูก				72

ให้หาตัวเลขที่ผิดในอนุกรมนี้

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนหาจำนวน มาแทน □ แล้วทำให้อนุกรมเป็นจริง

16.

1	4	7
1	16	49
3	18	□

ก. 21

ข. 48

ค. 51

ง. 57

จ. 147

17.

5	8	10
9	12	14
11	14	□

ก. 14

ข. 16

ค. 18

ง. 24

จ. 28

18.

3	9	27
8	24	72
13	39	□

ก. 81

ข. 108

ค. 117

ง. 125

จ. 144

19.

48	□	30
59	50	41
70	61	52

ก. 36

ข. 39

ค. 42

ง. 44

จ. 46

20.

4	16	64
□	48	192
36	144	576

ก. 12

ข. 16

ค. 20

ง. 24

จ. 30

ฉบับที่ 3
แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง ด้านความเข้าใจในการอ่าน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ เวลา 20 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้อง ลงในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย ≠
3. การหาคำตอบให้นักเรียนอ่านอ่านข้อความ แล้วพิจารณาว่าคำตอบข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง

"การแก้ไขความยากไร้ ของประชาชนประการหนึ่งคือ การตัดการใช้จ่ายที่ฟุ่มเฟือยออก ใช้จ่ายในสิ่งจำเป็น เช่นการเลิกเที่ยวเตร่ เลิกการชมมหรสพที่ต้องเสียเงิน เลิกซื้อของที่ไม่จำเป็นแก่ชีวิต ของที่ยังใช้ได้ เช่นเสื้อผ้าก็ควรใช้เท่าที่จำเป็น อย่าเปลี่ยนของใช้เห่อตามเพื่อน การไม่รู้จักประหยัดนี้เอง ทำให้ประเทศของเรา ไม่สามารถพัฒนาไปได้เต็มที่"

(0) บทความนี้เน้นเรื่องใดมากที่สุด

ก. การใช้จ่าย
ข. การแต่งกาย
ค. การเที่ยวเตร่
ง. การไม่ประหยัด
จ. การชมมหรสพ

ตอบ (0) ≠ ข ค ง จ

<u>คำชี้แจง</u> ให้อ่านข้อความที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามข้อ 1-3

" คนไทยเรามีนิสัยอย่างหนึ่งคือพร้อมที่จะเสียเงินในหลายๆเรื่อง แต่กับเรื่องของภาษี ถ้าไม่จำเป็นจริงๆ ขอเลี่ยงไว้ก่อนดีกว่า ซึ่งหลายคนให้เหตุผลว่า การที่พวกตนไม่อยากเสียภาษี ให้แก่รัฐนั้น มิใช่เป็นเพราะขี้เหนียว หรือมองไม่เห็นความสำคัญของการเสียภาษี ใจจริงแล้วพร้อมที่จะเป็นพลเมืองดี เสียภาษีเต็มเม็ดเต็มหน่วย ถ้ารัฐจะสร้างความมั่นใจ ให้กับพวกตนได้ว่า เงินภาษีที่เก็บไปนั้น รัฐได้นำไปใช้ประโยชน์ ต่อสาธารณะชนต่างๆ อย่างแท้จริง ไม่ใช่ไปหล่นอยู่ในกระเป๋าของใครต่อใครเสียกว่าครึ่ง เพราะที่ผ่านมาข่าวคราวเรื่องการคอร์รัปชั่น มีให้ได้ยินได้ฟังกันหนาหู รวมไปถึงการนำภาษีอากรไปใช้ผิดวัตถุประสงค์ มิได้ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสาธารณะชน เพียงหวังสร้างอำนาจหรือเอื้อประโยชน์ต่อกลุ่มอย่างเดียวแล้วใครจะอยากเสียภาษีกันล่ะ"

1. สาเหตุที่ประชาชนไม่อยากเสียภาษีเพราะอะไร
   ก. ขี้เหนียว
   ข. เห็นแก่ตัว
   ค. ไม่เห็นความสำคัญ
   ง. ไม่เคยเสียภาษีมาก่อน
   จ. ไม่มั่นใจในการนำไปใช้ประโยชน์

2. ผู้เขียนมีวัตถุประสงค์อย่างไร
   ก. ให้ข้อคิดเกี่ยวกับการเสียภาษี
   ข. ชี้แจงความเห็นแก่ตัวของคนไทย
   ค. อธิบายลักษณะนิสัยของคนไทย
   ง. โน้มน้าวให้ประชาชนช่วยกันเสียภาษี
   จ. เปรียบเทียบถึงผลดีผลเสียของการเสียภาษี

3. คำว่า "หนาหู" มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรม ข้อใด
   ก. การนอน
   ข. การกิน
   ค. การพูด
   ง. การเขียน
   จ. การคิด

<u>คำชี้แจง</u> ให้อ่านข้อความที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามข้อ 4-5

จากการขยายตัวทางเศรษฐกิจของสถาบันต่างๆ ธนาคารแห่งประเทศไทยคาดว่าอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจของไทยจะสูงขึ้น ซึ่งมีผลกระทบด้านอัตราเงินเฟ้อด้วย ดังนั้นธนาคารแห่งประเทศไทย จึงออกมาตรการต่างๆ เพื่อรักษาการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจให้มีเสถียรภาพโดยการควบคุมสภาพคล่องในตลาดเงิน ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงทางการเมือง ซึ่งทำให้นักลงทุนชะลอการลงทุนเพื่อรอดูสถานการณ์ ปัจจัยต่างๆเหล่านี้อาจส่งผลกระทบตลาดทุนในระยะสั้น แต่ในระยะยาวคาดว่าเศรษฐกิจไทยคงสามารถขยายตัวอย่างต่อเนื่องในเกณฑ์สูงต่อไป

4. "นักลงทุน" มีความหมายตรงกับข้อใด
   ก. นักการเมือง
   ข. นักการศึกษา
   ค. ตำรวจทหาร
   ง. นักธุรกิจ
   จ. นักเรียน

5. ข้อความข้างต้นเป็นการสื่อสารแบบใด
   ก. ข่าว
   ข. เรื่องสั้น
   ค. สารคดี
   ง. การแนะนำ
   จ. ประชาสัมพันธ์

<u>คำชี้แจง</u> ให้อ่านข้อความที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามข้อ 6-8

"วิธีที่มนุษย์เราจะมั่งมีได้รวดเร็วนั้น ถ้าพูดกันโดยตรงไปตรงมากันก็มีอยู่ 2 ทางคือ คนอื่นเขายื่นให้เมื่อเขายังเป็นทางหนึ่ง เขาทิ้งไว้ให้เมื่อเขาตายทางหนึ่ง ส่วนการมั่งมีเร็วด้วยวิธีเดินตรอก คือ วิธีมืดๆ เลี้ยวๆ คดๆ นั้นมีมาก แต่ถ้าจะนำมาจาระไนก็ราคาไพเบี้ย สุภาษิตอาหรับเขาว่า **ลิ้นยาวทำให้ชีวิตสั้น**"

6. คำว่า "มืดๆ เลี้ยวๆ คดๆ" มีความหมายตรงกับข้อใด
   ก. การอดออม
   ข. การคอร์รัปชั่น
   ค. การทำงานที่สุจริต
   ง. การไม่สนใจรักษาทรัพย์สิน
   จ. ความขยันอดทนในการทำงาน

7. คนเราจะต้องทำอย่างไร จึงจะได้ชื่อว่า "คนอื่นเขายื่นให้ เมื่อเขายังเป็น"
   ก. ทำมาหากินโดยอาชีพสุจริต
   ข. ตั้งใจศึกษาเล่าเรียน
   ค. หมั่นทำบุญตักบาตร
   ง. สนทนากับผู้รู้เป็นนิตย์
   จ. นำเงินทองที่ได้มาไปฝากธนาคาร

8. คำว่า " เขาทิ้งไว้ให้เมื่อเขาตาย" มีความหมายตรงกับข้อใด
   ก. กรรมพันธุ์
   ข. ทรัพย์สิน
   ค. มรดก
   ง. เงินทอง
   จ. สิทธิประโยชน์

<u>คำชี้แจง</u> ให้อ่านข้อความที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามข้อ 9-12

"การขออภัยและการให้อภัยเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะหากไม่มีการขออภัยและการให้อภัยกันแล้ว ก็รังแต่จะก่อให้เกิดความวิวาทบาดหมางแตกความสามัคคี การขออภัยเป็นการสำนึกในความผิดล่วงเกิน และร้องขอความเห็นใจ ทำให้ผู้ถูกล่วงเกิน เห็นเจตนาดีภายใน และโกรธไม่ลง การให้อภัยเป็นการรับรู้และแสดงออกถึงความเห็นอกเห็นใจ ให้ฝ่ายที่ผิดพลาดคลายความวิตกกังวลเบาอกเบาใจทำให้เกิดความสบายใจด้วยกันทั้งสองฝ่าย"

9. หากผู้อ่านนำข้อคิดนี้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ผู้อ่านจะเป็นบุคคลเช่นไร
   ก. มีเงินทอง
   ข. มีสติปัญญา
   ค. มีอำนาจหน้าที่
   ง. มีหลักธรรม
   จ. มีความประพฤติดี

10. ถ้าหากไม่มีการให้อภัยกัน สิ่งที่ตามมาคืออะไร
   ก. ความรัก
   ข. ความสามัคคี
   ค. ความทรมาน
   ง. ความผิดพลาด
   จ. ความไม่สบายใจ

11. เหตุการณ์ใด ตรงกับข้อความข้างต้น
   ก. สมใจยืมเงินเพื่อนแล้วไม่ยอมคืน
   ข. สมศรีขโมยไม้บรรทัด นำไปให้น้องของตนเอง
   ค. สมชายไม่โกรธเมื่อเพื่อนเดินมาเหยียบเท้าแล้วกล่าวคำขอโทษ
   ง. สมศักดิ์เตะฟุตบอลโดนกระจกแตกแล้ววิ่งไปเอาเศษกระจกทิ้งเพราะกลัวครูเห็น
   จ. สมหญิงตักบาตรทำบุญทุกวันพระแล้วทำให้สบายใจ

12. คำว่า " เบาอกเบาใจ" มีความหมายตรงกับข้อใด
   ก. ความดี
   ข. ความชั่ว
   ค. ความสบาย
   ง. ความเห็นแก่ตัว
   จ. ความไม่มั่นใจ

<u>คำชี้แจง</u> ให้อ่านข้อความแล้วตอบคำถามข้อ 13-16

"ชีวิตเป็นที่รักและหวงแหนของมนุษย์และสัตว์ทุกรูปทุกนาม การมีชีวิตอยู่นั้น นอกจากหมายความถึงการได้มีโอกาสสัมผัสชื่นชมในสรรพสิ่งอันน่าพึงใจของโลกนี้แล้ว ยังหมายความถึงการมีความสัมพันธ์อันสนิทสนมกับพ่อแม่พี่น้อง สามีภรรยาและญาติสนิทมิตรสหายทั้งหลาย ความตายย่อมทำลายเสียสิ้นซึ่งโอกาสและความสัมพันธ์ทั้งหลายเหล่านั้นตลอดไป ความตายจึงเป็นทุกข์ใหญ่กับมนุษย์และสัตว์ทั้งหลายที่ประชาชน จะหลีกหนีและการใช้ความพยายาม ทุกข์วิถีทางที่จะรักษาชีวิตและความสัมพันธ์ทั้งหลายกับโลกนี้ไว้และโดยเหตุที่ชีวิตเป็นที่รักยิ่งนี้เอง การที่บุคคลยอมสละชีวิตของตนเองเพื่อประโยชน์สุขส่วนรวม จึงเป็นคุณธรรมอันควรแก่การคารวะเพราะเป็นการเสียสละอันสูงสุดที่บุคคลจะกระทำได้ โดยเฉพาะเมื่อการเสียสละนั้นเป็นไปเพื่อชาติบ้านเมือง

13. เรื่องนี้ให้ข้อคิดในเรื่องใด
    ก. ชีวิตควรแก่การรักษา
    ข. ชีวิตมีค่าควรรักษา
    ค. ญาติพี่น้องควรรักกัน
    ง. ความตายเป็นสิ่งที่ทุกคนหนีไม่พ้น
    จ. การเสียสละแก่ส่วนรวมเป็นสิ่งที่ดี

14. เหตุผลใดที่ตรงกับคำที่ว่า " ชีวิตเป็นที่รักและหวงแหน"
    ก. มีคุณค่าต่อมนุษย์
    ข. มีคุณธรรมประจำใจ
    ค. มีคุณค่าต่อสรรพสิ่งทั้งหลาย
    ง. ทุกคนต้องเสียสละต่อบ้านเมือง
    จ. ทุกคนพยายามที่จะเอาชนะความตาย

15. "ความตาย" ไม่มีความสัมพันธ์กับข้อใด
    ก. ความทุกข์
    ข. การทำลาย
    ค. หลีกหนีไม่พ้น
    ง. การสูญเสียอิสรภาพ
    จ. การรักษาชีวิตของตน

16. สิ่งที่มนุษย์และสัตว์ต่างๆหลีกหนีไม่พ้นคืออะไร
    ก. ความทุกข์
    ข. ความตาย
    ค. การเสียสละ
    ง. ความสัมพันธ์
    จ. ความสนิทสนม

<u>คำชี้แจง</u> ให้อ่านข้อความที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามข้อ 17-20

"นักเตะลูกหนัง ทหารบกรวมพลังไม่ยั้งหัวเกือกบุกหน้าถล่มทหารราชนาวี ตัวเก็งอย่างดุเดือดกระจุย 4-0 โดยแบ่งเป็นระยะๆ ยิงประตูครึ่งเวลาละ 2 ประตู ในการแข่งขันฟุตบอลชิงถ้วยพระราชทาน"

17. จากข้อความข้างต้นเป็นกีฬาประเภทใด
    ก. ตะกร้อ
    ข. ฟุตบอล
    ค. แชร์บอล
    ง. วอลเลย์บอล
    จ. บาสเก็ตบอล

18. คำว่า " ตัวเก็ง" มีความหมายตรงกับข้อใด
    ก. ตัวแข็ง
    ข. กำหนด
    ค. ตรงข้าม
    ง. ตามที่หวัง
    จ. ตามที่ปรารถนา

19. เหตุการณ์นี้เกิดขึ้นที่ใด
    ก. บ้าน
    ข. สนามรบ
    ค. ห้องเรียน
    ง. สนามกีฬา
    จ. ป่าเขาลำเนาไพร

20. เหตุการณ์นี้มีผลเป็นอย่างไร
    ก. ทหารบกชนะ
    ข. หาผู้ชนะไม่ได้
    ค. ทหารราชนาวีชนะ
    ง. สรุปแน่นอนไม่ได้
    จ. ทหารบกเสมอกับทหารราชนาวี

ฉบับที่ 4
แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง ด้านการคิดวิเคราะห์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ เวลา 20 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้อง ลงในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย ≍
3. การหาคำตอบให้นักเรียนอ่านโจทย์ แล้วพิจารณาว่าคำตอบข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง

(0) จูง ดึง ลาก

ก. ขนาด
ข. ทิศทาง
ค. น้ำหนัก
ง. ความเร็ว
จ. ระยะทาง

ตอบ (0) ก ~~ข~~ ค ง จ

แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์

1. เงา แววววาว เป็นมัน
   ก. ขนาด
   ข. ลักษณะ
   ค. น้ำหนัก
   ง. รูปร่าง
   จ. ปริมาตร
2. ป่าไม้ สนามหญ้า ตะไคร่น้ำ
   ก. ฝน
   ข. ชุ่มชื่น
   ค. สีเขียว
   ง. สมบูรณ์
   จ. อุณหภูมิ
3. เพชร หิน เหล็ก
   ก. โลหะ
   ข. ราคา
   ค. ความสวย
   ง. ความแข็ง
   จ. ประโยชน์
4. กระดาษ บ้าน ดินสอ
   ก. เครื่องเขียน
   ก. เครื่องประดับ
   ข. ความชุ่มชื่น
   ค. วัสดุที่ใช้ทำ
   ง. การใช้งาน
5. นาฬิกา ดวงอาทิตย์ เงา
   ก. เวลา
   ข. ความร้อน
   ค. แสงสว่าง
   ง. สวยงาม
   จ. ร่มเงา
6. ตลับเมตร หน้าปัดรถยนต์ หลักกิโลเมตร
   ก. ความเร็ว
   ข. ระยะทาง
   ค. น้ำหนัก
   ง. ความกว้าง
   จ. ความถี่
7. วิทยุ โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์
   ก. สื่อสาร
   ข. ความรู้
   ค. คมนาคม
   ง. ความหลง
   จ. ความรู้สึก
8. ทะเลทราย แสงแดด เตาแก๊ส
   ก. ประโยชน์
   ข. แสงสว่าง
   ค. ความร้อน
   ง. พลังงาน
   จ. เชื้อเพลิง
9. เพลงลูกทุ่ง เพลงไทยสากล เพลงสากล
   ก. ราคา
   ข. บันเทิง
   ค. ทำนอง
   ง. เนื้อร้อง
   จ. ความนิยม
10. ปู่ ป้า น้า หลาน
   ก. อายุ
   ข. เพศ
   ค. ญาติ
   ง. ฐานะ
   จ. ความรู้

แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์

11. เตารีด เครื่องปรับอากาศ เทอร์โมมิเตอร์
   ก. อุณหภูมิ
   ข. ความเย็น
   ค. ความร้อน
   ง. เครื่องวัด
   จ. เครื่องไฟฟ้า

12. ชุลมุน วุ่นวาย อุตลุด
   ก. รีบเร่ง
   ข. รุกราน
   ค. รบเร้า
   ง. อลเวง
   จ. รวดเร็ว

13. กระโดดสูง พุ่งแหลน ทุ่มน้ำหนัก
   ก. ว่ายน้ำ
   ข. ปิงปอง
   ค. ฟุตบอล
   ง. ขว้างจักร
   จ. บาสเก็ตบอล

14. ล่วงล้ำ รุกราน รังควาญ
   ก. กดขี่
   ข. โจมตี
   ค. ทำลาย
   ง. กักกัน
   จ. กีดขวาง

15. หอม กระเทียม พริกขี้หนู
   ก. หัวปลี
   ข. ตะไคร้
   ค. น้ำปลา
   ง. แตงกวา
   จ. มะละกอ

16. ตายใจ นอนใจ วางใจ
   ก. เบาใจ
   ข. เกรงใจ
   ค. เชื่อใจ
   ง. วางมือ
   จ. แคลงใจ

17. กระซิบ พูด ตะโกน
   ก. ท่าทาง
   ข. อาการ
   ค. ความดัง
   ง. อารมณ์
   จ. ติดต่อ

18. หมวก งอบ แว่น
   ก. ใส่
   ข. นุ่ง
   ค. สวม
   ง. เสียบ
   จ. กาง

19. กระท้อน มังคุด มะไฟ ลางสาด
   ก. ผลเป็นกลีบ
   ข. เมล็ดเดี่ยว
   ค. เปลือกบาง
   ง. ผลเป็นพวง
   จ. เปลือกเป็นหนาม

20. หนังสือ วารสาร นิตยสาร
   ก. โฆษณา
   ข. ใบปลิว
   ค. สิ่งพิมพ์
   ง. ป้ายประกาศ
   จ. สื่ออิเล็กทรอนิกส์

ฉบับที่ 5
แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง ด้านอุปมาอุปไมย
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ เวลา 20 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้อง ลงในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย ⧖
3. การหาคำตอบให้นักเรียนอ่านโจทย์ แล้วพิจารณาว่าคำตอบข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง

(0) ก้าวหน้า : รุ่งเรือง → ถอยหลัง : ——

ก. ย่ำแย่
ข. ต้อยต่ำ
ค. ตกต่ำ
ง. ซบเซา
จ. คร่ำครึ

ตอบ (0) ก ข ~~ค~~ ง จ

แบบทดสอบอุปมาอุปไมยแบบภาษา

1. แมลงป่อง : หาง → ——— : ———
   ก. เสือ : ขา
   ข. ปลา : เกล็ด
   ค. ปู : ก้าม
   ง. เต่า : กระต่าย
   จ. เป็ด : ปีก
2. ข้าว : สี → ——— : ———
   ก. รถยนต์ : น้ำมัน
   ข. รถไฟ : ราง
   ค. มะพร้าว ขูด
   ง. องุ่น : พวง
   จ. ข้าวโพด : ต้ม
3. นาฬิกา : เที่ยงตรง → ——— : ———
   ก. แว่นตา : ชัดเจน
   ข. ปากกา : ลื่น
   ค. สร้อยคอ : ทองคำ
   ง. กางเกง : รูปทรง
   จ. แหวน : เพชร
4. เนื้อสัตว์ : โปรตีน → ——— : ———
   ก. ผลไม้ : ไขมัน
   ข. ผัก : สีเขียว
   ค. ข้าว : เมล็ด
   ง. น้ำ : เกลือแร่
   จ. ข้าว : คาร์โบไฮเดรด
5. เสียใจ : ร้องไห้ → ——— : ———
   ก. โศกเศร้า : ยิ้มรื่น
   ข. ยินดี : ยินร้าย
   ค. ร่าเริง : เบิกบาน
   ง. ดีใจ : สดชื่น
   จ. ดีใจ : หัวเราะ
6. รักใคร่ : ชิงชัง → ——— : ———
   ก. ดำ : แดง
   ข. มั่งมี : ยากจน
   ค. ขยัน : โลภ
   ง. ดีใจ : เดือดร้อน
   จ. อาฆาต : เจ็บปวด
7. สุนัข : กลัวน้ำ → ——— : ———
   ก. ตะปู : บาดทะยัก
   ข. ปอด : วัณโรค
   ค. อหิวาต์ : ท้องร่วง
   ง. ยุง : ไข้เลือดออก
   จ. คน : พิษสุราเรื้อรัง
8. ผู้กำกับการแสดง : ดารา → ——— : ———
   ก. ครู : นักเรียน
   ข. ครูใหญ่ : กรมการศึกษา
   ค. ผู้ใหญ่บ้าน : ลูกบ้าน
   ง. เจ้าอาวาส : ประชาชน
   จ. ผู้จัดการ : เลขานุการ
9. ทนายความ : กฎหมาย → ——— : ———
   ก. หมอ : ยา
   ข. ครู : ความรู้
   ค. ชาวนา : คันไถ
   ง. พระ : วัด
   จ. นักเรียน : ตำรา
10. ช้าง : โขลง → ——— : ———
   ก. วัว : ตัว
   ข. เลื่อย : ปี้น
   ค. แรด : นอ
   ง. นก : หมู่
   จ. ลิง : ฝูง

แบบทดสอบอุปมาอุปไมยแบบภาษา

11. ระงับ : ไกล่เกลี่ย ⟶ วิวาท : ——
ก. ยุยง
ข. ดึงดัน
ค. รบกวน
ง. เพิกเฉย
จ. ตำหนิ

12. เทอร์โมมิเตอร์ :ปรอท ⟶ นาฬิกา :——
ก. เรียน
ข. หน้าปัด
ค. ข้อเมือ
ง. เข็ม
จ. สายนาฬิกา

13. ไฟฟ้า : แสงสว่าง ⟶ หนังสือ :——
ก. อ่าน
ข. พิมพ์
ค. รูปภาพ
ง. ความรู้
จ. ห้องสมุด

14. ปลา : เหงือก ⟶ คน : ——
ก. ฟัน
ข. ปาก
ค. ปอด
ง. จมูก
จ. เหงือก

15. หัวล้าน : ผม ⟶ ยากจน : ——
ก. โง่
ข. เงิน
ค. บ้าน
ง. งาม
จ. สวย

16. กองทัพ : วินัย ⟶ บ้านเมือง : ——
ก. ศาล
ข. ทหาร
ค. ภาษา
ง. พลเมือง
จ. กฎหมาย

17. ดูด : สูบ ⟶ ริบ :——
ก. ยึด
ข. กัก
ค. ขัง
ง. จับ
จ. ปรับ

18. ขยัน :ความผิดหวัง ⟶ เกียจคร้าน :——
ก. ความอดทน
ข. ความสมหวัง
ค. ความยินดี
ง. ความรอบคอบ
จ. ความเลว

19. เครื่องบิน : อากาศ ⟶ เรือ :——
ก. น้ำ
ข. หางเสือ
ค. ไม้พาย
ง. เครื่องยนต์
จ. ผู้โดยสาร

20. ศึกษา : ความรู้ ⟶ ฝึกฝน : ——
ก. ความดี
ข. ความชำนาญ
ค. อดทน
ง. ประสบการณ์
จ. เก่ง

ฉบับที่ 6
แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง ด้านสรุปความ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ เวลา 20 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้อง ลงในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย ≠
3. การหาคำตอบให้นักเรียนอ่านโจทย์ แล้วพิจารณาว่าคำตอบข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง

(0) แดงเป็นพี่ต่อง ต่องเป็นน้องโด่ง โด่งเป็นน้องดำ ดำอายุมากกว่าขาว และขาวอายุมากกว่าต่อง

ก. ดำอายุมากที่สุด
ข. แดงอายุมากที่สุด
ค. ต่องอายุน้อยที่สุด
ง. ขาวและโด่งอายุเท่ากัน
จ. ยังสรุปไม่ได้

ตอบ (0) ก ข ค ง จ

แบบทดสอบสรุปความ

1. นกบินสูงกว่าเป็ด แต่ต่ำกว่าห่าน ห่านบินต่ำกว่าไก่ และหงส์ สัตว์ตัวใดบินได้ต่ำที่สุด
   ก. ห่าน
   ข. เป็ด
   ค. หงส์
   ง. นก
   จ. ไก่
2. ปลูกผลไม้ไว้ โดยปลูกชมพู่อยู่ระหว่างฝรั่งกับมะละกอ ฝรั่งอยู่ระหว่างชมพู่กับทุเรียน มะละกออยู่ระหว่างชมพู่กับลองกอง ดังนั้นปลูกผลไม้ชนิดใดอยู่ตรงกลาง
   ก. ฝรั่ง
   ข. ชมพู่
   ค. ทุเรียน
   ง. มะละกอ
   จ. ลองกอง
3. การสื่อสารทางโทรศัพท์ รวดเร็วกว่าวิทยุ การสื่อสารทาง วิทยุช้ากว่าโทรพิมพ์แต่เร็วกว่าโทรเลข การสื่อ สารชนิดใดช้าที่สุด
   ก. วิทยุ
   ข. โทรเลข
   ค. โทรศัพท์
   ง. โทรพิมพ์
   จ. สรุปแน่นอนไม่ได้
4. ถ้ากรุงเทพอยู่เหนือเชียงใหม่ เชียงใหม่อยู่ใต้สงขลา และสงขลาอยู่ใต้สตูลแต่สตูลอยู่เหนือกรุงเทพสรุปได้ว่า
   ก. เชียงใหม่อยู่ใต้สุด
   ข. กรุงเทพอยู่ใต้สตูล
   ค. กรุงเทพอยู่เหนือสุด
   ง. สงขลาอยู่เหนือกรุงเทพ
   จ. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้
5. นาย ก กินส้มตำ กับขนมจีน ปวดท้อง
   นาย ข กินซุบหน่อไม้กับขนมจีนไม่ปวดท้อง
   นาย ค กินส้มตำกับน้ำตกไม่ปวดท้อง
   นาย ง กินซุบหน่อไม้กับน้ำตกไม่ปวดท้อง
   ดังนั้นสิ่งใดทำให้ปวดท้อง
   ก. ส้มตำ
   ข. น้ำตก
   ค. ขนมจีน
   ง. ซุบหน่อไม้
   จ. สรุปแน่นอนไม่ได้
6. ทุเรียนแพงกว่ามังคุด มังคุดแพงกว่าลิ้นจี่ แต่ถูกกว่าลองกอง ลำไยแพงกว่าทุเรียน ผลไม้ใดราคาถูกที่สุด
   ก. ลำไย
   ข. ลิ้นจี่
   ค. มังคุด
   ง. ทุเรียน
   จ. ลองกอง
7. แจง จั่น จุ่ม เป็นแม่ลูกกัน จุ่มอายุมากกว่าแจง แจง เป็นพี่ของจั่น ดังนั้น
   ก. จุ่มเป็นพี่ของแจง
   ข. จั่นเป็นพี่สาวของจุ่ม
   ค. แจงเป็นพี่สาวของจุ่ม
   ง. แจงและจั่นเป็นลูกของจุ่ม
   จ. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้
8. งูวิ่งเร็วกว่าตะกวด แต่ช้ากว่ากระรอก ตะกวดวิ่งเร็ว กว่าจิ้งจก ดังนั้น
   ก. จิ้งจกวิ่งเร็วที่สุด
   ข. ตะกวดวิ่งเร็วที่สุด
   ค. งูวิ่งเร็วปานกลาง
   ง. กระรอกวิ่งเร็วที่สุด
   จ. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้

แบบทดสอบสรุปความ

9. สุชาติมาตามนัดสาย สมศรีและสมศักดิ์มาสายกว่า ส่วนสมเดชเกือบมาสาย แต่อ้อมใจมาถึงเป็นคนสุดท้าย ใครมาถึงที่นัดก่อนคนอื่น
   ก. สุชาติ
   ข. สมศรี
   ค. สมศักดิ์
   ง. สมเดช
   จ. อ้อมใจ
10. ถ้าใช้ความพยายามก็ต้องเหนื่อย เมื่อเหน็ดเหนื่อยก็ย่อมได้งาน เมื่อมีผลงานก็ย่อมก้าวหน้า ถ้าเขาต้องการความก้าวหน้าเขาต้อง
   ก. ทำงาน
   ข. มีผลงาน
   ค. เหน็ดเหนื่อย
   ง. มีความอดทน
   จ. ใช้ความพยายาม
11. ธงสีขาวแพงกว่าธงสีม่วง ธงสีม่วงแพงกว่าธงสีแดง แต่ถูกกว่าธงสีฟ้า ธงสีแสดแพงกว่าธงสีขาว ธงสีใดถูกที่สุด
   ก. ฟ้า
   ข. ส้ม
   ค. ขาว
   ง. ม่วง
   จ. แดง
12. ดวงใจเป็นน้องสายใจ สมใจเป็นน้องดวงใจ สุดใจ เป็นพี่สายใจ ใครอายุมากที่สุด
   ก. สุดใจ
   ข. สมใจ
   ค. สายใจ
   ง. ดวงใจ
   จ. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้
13. นายแดงยืนอยู่หน้านายดำ แต่หลังนายฟ้า นายขา ยืนอยู่หลังนายเขียว แต่อยู่หน้านายแดง ใครยืนหลังสุด
   ก. ฟ้า
   ข. ดำ
   ค. ขาว
   ง. แดง
   จ. เขียว
14. สมพรแก่กว่าสมศรี อุษาอ่อนกว่าบุษบา บุษบาอ่อนกว่าสมศรี ใครอายุน้อยที่สุด
   ก. สมพร
   ข. สมศรี
   ค. อุษา
   ง. บุษบา
   จ. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้
15. นาย ก วิ่งเร็วกว่านาย ข นาย ค วิ่งเร็วกว่า นาย ข นาย ง วิ่งเร็วกว่านาย ค ใครวิ่งช้าที่สุด
   ก. นาย ก
   ข. นาย ข
   ค. นาย ค
   ง. นาย ง
   จ. สรุปแน่นอนไม่ได้
16. หมู่บ้านแห่งหนึ่งมีลำธารไหลผ่าน ขนานกับถนน และทิวสนมีทางรถไฟขนานกับสายโทรเลข แต่ตัดกับทิวสน ข้อสรุปใดไม่ถูกต้อง
   ก. ลำธารตัดกับทางรถไฟ
   ข. ลำธารตัดกับสายโทรเลข
   ค. ถนนตัดกับสายโทรเลข
   ง. ถนนขนานกับทิวสน
   จ. ลำธารขนานกับสายโทรเลข

แบบทดสอบสรุปความ

17. ที่ทำงานของไปรยาอยู่ทางทิศใต้ของโรงพยาบาล และอยู่ทางหน้าโรงพยาบาล ส่วนที่ทำงานของนิสากร อยู่ทางหลังโรงพยาบาล ฉะนั้นที่ทำงา ของไปรยาอยู่ทิศไหนของที่ทำงานของนิสากร
    ก. ทิศใต้
    ข. ทิศเหนือ
    ค. ทิศตะวันตก
    ง. ทิศตะวันออก
    จ. สรุปแน่นอนไม่ได้
18. ดำสูงกว่าแดง แต่เตี้ยกว่าโดม เด่นเตี้ยกว่าดำ แต่ ยังสูงกว่าเดิม อาจสรุปได้ว่า
    ก. เดิมเตี้ยที่สุด
    ข. แดงสูงกว่าเดิม
    ค. เด่นอยู่ระหว่างดำกับแดง
    ง. ดำอยู่ระหว่างโดมกับเด่น
    จ. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้
19. นง นิด หน่อย น้อง เป็นพี่น้องกัน นง บอกว่าเขามีพี่หนึ่งน้องสอง หน่อยบอกว่าเขามีพี่สามคน น้องบอกว่าเขามีน้องหนึ่ง ใครอายุมากที่สุด
    ก. นง
    ข. นิด
    ค. น้อย
    ง. หน่อย
    จ. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้
20. ติ๋ม เรียนเก่งกว่า ติ๋ว ต้อยเรียนเก่งเท่ากับติ๋ม แต๋ว เรียน เก่งเท่ากับต้อย แต่อ่อนกว่าตุ้ม ใครเรียน อ่อนที่สุด
    ก. ติ๋ม
    ข. ต้อย
    ค. ติ๋ว
    ง. แต๋ว
    จ. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้

ฉบับที่ 7

แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมอง ด้านการจัดประเภทแบบภาษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

4. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ เวลา 20 นาที
5. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้อง ลงในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย ⧖
6. การหาคำตอบให้นักเรียนอ่านโจทย์ แล้วพิจารณาว่าคำตอบข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง

(0) ข้อใดไม่เข้าพวก

ก. กระจาด
ข. กระจก
ค. กระจาย
ง. กระดาษ
จ. กระเบื้อง

ตอบ (0) ก ข ~~ค~~ ง จ

แบบทดสอบการจัดประเภททางภาษา

<u>คำชี้แจง</u> ให้พิจารณาดูว่าข้อใดไม่เข้าพวกกับคำอื่นๆ

1. ก. ขัดสน
   ข. ขัดคอ
   ค. ขัดตา
   ง. ขัดใจ
   จ. ขัดขืน

2. ก. แตร
   ข. ขลุ่ย
   ค. แคน
   ง. ซอ
   จ. ปี่

3. ก. เวียนหัว
   ข. หัวเราะ
   ค ปวดหัว
   ง. หัวเสีย
   จ. หัวแตก

4. ก. วัง
   ข. บ้าน
   ค. กุฎิ
   ง. กระท่อม
   จ. โรงเรียน

5. ก. ยั่วยุ
   ข. สับปลับ
   ค. กลับกลอก
   ง. ตลบตะแลง
   จ. ปลิ้นปล้อน

6. ก. ยาง
   ข. คนขับ
   ค. ห้ามล้อ
   ง. หัวเทียน
   จ. พวงมาลัย

7. ก. ไหว้
   ข. จับมือ
   ค. พยักหน้า
   ง. นอน
   จ. จุมพิต

8. ก. แตกหัก
   ข. แตกต่าง
   ค. แตกแยก
   ง. แตกสลาย
   จ. แตกกระจาย

9. ก. สรุป
   ข. ตัดตอน
   ค. ย่นย่อ
   ง. รวบรัด
   จ. รายงาน

10. ก. ปากบอน
    ข. ปากโป้ง
    ค. ปากมาก
    ง. ปากสว่าง
    จ. ปากหนัก

แบบทดสอบการจัดประเภททางภาษา

11. ก. ล่วงเกิน
ข. ล่วงล้ำ
ค. ล่วงละเมิด
ง. ล่วงเวลา
จ. ล่วงสิทธิ์

12. ก. แก้ตัว
ข. แก้เผ็ด
ค. แก้ทาง
ง. แก้มัด
จ. แก้ลำ

13. ก. ยืดยาด
ข. ยืดเยื้อ
ค. เยิ่นเย้อ
ง. ยั้วเยี้ย
จ. หย่อนยาน

14. ก. ประมาท
ข. เย่อหยิ่ง
ค. เลินเล่อ
ง. สะเพร่า
จ. รู้เท่าไม่ถึงการณ์

15. ก. จอบ
ข. คราด
ค. พลั่ว
ง. เสียม
จ. บัวรดน้ำ

16. ก. ปากจัด
ข. ปากแตก
ค. ปากร้าย
ง. ปากบอน
จ. ปากมาก

17. ก. ลิงได้แก้ว
ข. ไก่ได้พลอย
ค. หาเหาใส่หัว
ง. กิ่งก่าได้ทอง
จ. คางคกขึ้นวอ

<u>คำชี้แจง</u> ให้พิจารณาดูว่าสิ่งใดเป็นพวกเดียวกันกับคำที่กำหนดให้

18. ว่ายน้ำ ชกมวย ทุ่มน้ำหนัก
ก. ตะกร้อ
ข. พุ่งเหลน
ค. วิ่งเปี้ยว
ง. บาสเก็ตบอล
จ. วอลเลย์บอล

19. ตำลึง ผักบุ้ง คะน้า
ก. เห็ดโคน
ข. หน่อไม้
ค. ถั่วงอก
ง. กะหล่ำปลี
จ. แตงโม

20. มังคุด เงาะ ลำไย
ก. มะละกอ
ข. มะเขือเทศ
ค. มะนาว
ง. มะกรูด
จ. มะระ

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ เวลา 20 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้อง ลงในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย ~~X~~
3. การหาคำตอบให้นักเรียนอ่านโจทย์ แล้วพิจารณาว่าคำตอบข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง

คำชี้แจง ให้อ่านข้อความที่กำหนดให้แล้วตอบคำถาม

$\frac{4}{5}$ เท่าของผลต่างของจำนวนจำนวนหนึ่งกับ 20 มีค่ามากกว่า ผลรวมของสามเท่าของจำนวนจำนวนนั้นกับ 12 อยู่เท่ากับ 5 จงหาจำนวนนั้น

(0) สิ่งที่โจทย์กำหนดให้คืออะไร

ก. $\frac{4}{5}$ ลบออกจากจำนวนจำนวนหนึ่งกับ 20 มากกว่าสามเท่าของจำนวนหนึ่งกับ 12 อยู่ 5

ข. $\frac{4}{5}$ ของผลลบของจำนวนหนึ่งกับ 20 มากกว่าจำนวนหนึ่งบวกกับ 12 อยู่ 5

ค. $\frac{4}{5}$ ของจำนวนหนึ่งลบกับ 20 กับจำนวนหนึ่งบวกกับ 12 ต่างกันอยู่ 5

ง. $\frac{4}{5}$ ของผลลบของจำนวนหนึ่งกับ 20มากกว่าสามเท่าของจำนวนหนึ่งบวก 12 ต่างกันอยู่ 5

จ. $\frac{4}{5}$ ของผลบวกของจำนวนหนึ่งกับ 20 มากกว่าจำนวนหนึ่งบวก 12 อยู่ 5

ตอบ (0) ก ข ค ~~ง~~ จ

<u>คำชี้แจง</u> ให้อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1-4

นักเรียน 120 คน เป็นหญิงมากกว่าชาย 8 คน นักเรียนหญิงสายตาสั้น มีเป็นสองเท่าของนักเรียนชายที่สายตาสั้น ถ้านักเรียนที่สายตาไม่สั้น เป็นหญิง 56 คน และเป็นชาย 52 คน นักเรียนชายสายตาสั้นมีน้อยกว่านักเรียนหญิงสายตาสั้นกี่คน

1. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้คืออะไร
   - ก. นักเรียนหญิงสายตาสั้นมีเป็นสองเท่าของนักเรียนชายที่สายตาสั้น
   - ข. นักเรียนหญิงสายตาไม่สั้นมีน้อยกว่านักเรียนชายที่สายตาสั้น
   - ค. นักเรียนชายสายตาไม่สั้นมีมากกว่านักเรียนหญิงที่สายตาสั้น
   - ง. นักเรียนชายสายตาสั้นมีเป็นสองเท่าของนักเรียนหญิง
   - จ. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงสายตาสั้นเท่ากัน

2. จะหาคำตอบโดยต้องทำอย่างไร
   - ก. หาจำนวนนักเรียนหญิงทั้งหมดแล้วหาจำนวนนักเรียนหญิงที่สายตาไม่สั้น
   - ข. หาจำนวนนักเรียนหญิงทั้งหมดแล้วหาจำนวนนักเรียนชายที่สายตาไม่สั้น
   - ค. หาจำนวนนักเรียนที่สายตาไม่สั้นทั้งหมดแล้วหาจำนวนนักเรียนชายที่สายตาสั้น
   - ง. หาจำนวนนักเรียนที่สายตาไม่สั้นทั้งหมดแล้วหาจำนวนคนทั้งหมด
   - จ. หาจำนวนนักเรียนที่สายตาไม่สั้นทั้งหมดแล้วหาจำนวนนักเรียนหญิง

3. จากโจทย์เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้อย่างไร
   - ก. $(x-8)=(120-x)$
   - ข. $120-(56+72)=x+3$
   - ค. $(120-x)+2(56-52)=x$
   - ง. $120-(x+8)=(56+52)$
   - จ. $2x+56+52=120-8$

4. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้คำตอบที่ถูกต้องคือ
   - ก. 4
   - ข. 8
   - ค. 10
   - ง. 12
   - จ. 14

<u>คำชี้แจง</u> ให้อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 5-8

> แบ่งเงิน 6,800 บาท ให้ ก และ ข โดยให้ ก ได้มากกว่าสองเท่าของ ข อยู่ 500 บาท อัตราส่วนของจำนวนเงินเป็นเท่าไร

5. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้คืออะไร
   - ก. ก ได้รับเงินมากกว่า ข อยู่ 500 บาท
   - ข ข ได้รับเงินเป็นสองเท่าของ ก
   - ค. เงินของ ก กับ ข ต่างกัน 500 บาท
   - ง. เงินของ ก มากกว่าสองเท่าของเงินของ ข รวมกับ 500 บาท
   - จ. สองเท่าของเงิน ก เท่ากับหักเงินของ ข ออก 500 บาท

6. จะหาคำตอบโดยต้องทำอย่างไร
   - ก. ให้ ก ได้รับเงิน x บาท ข ได้รับเงิน y จะได้ x+y = 6800
   - ข. ให้ ก ได้รับเงิน x บาท ข ได้รับเงิน 2x+500 จะได้ x+(2x+500) = 6800
   - ค. ให้ ข ได้รับเงิน x บาท ก ได้รับเงิน 2x+500 จะได้ x+(2x+500) = 6800
   - ง. ให้ ก ได้รับเงิน x บาท ข ได้รับเงิน x - 500 บาท จะได้ x+(x-500) = 6800
   - จ. ให้ ข ได้รับเงิน x บาท ข ได้รับเงิน 6800-x จะได้ x+(6800-x) = 6800

7. จากโจทย์เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้อย่างไร
   - ก. $2x + x + x = 6800$
   - ข. $3x + 500 = 6800$
   - ค. $6800 = (x^2 + 500)$
   - ง. $6800 + 2x = x + 500$
   - จ. $2x + 500 = 6800$

8. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้คำตอบที่ถูกต้องคือ
   - ก. 21 ต่อ 47
   - ข. 27 ต่อ 41
   - ค. 24 ต่อ 47
   - ง. 21 ต่อ 41
   - จ. 12 ต่อ 47

<u>คำชี้แจง</u> ให้อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 9-12

เจ้าของร้านเครื่องเขียน ซื้อสมุดมาขาย 500 เล่ม เมื่อขายไปได้ระยะหนึ่งสมุดเหลือไม่ถึง 100 เล่ม เขาขายสมุดไปอย่างน้อยกี่เล่ม

9. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้คืออะไร
   - ก. เหลือสมุดไม่ถึง 100 เล่ม
   - ข. ขายสมุดไป 400 เล่ม
   - ค. ขายสมุดไปไม่ถึง 100 เล่ม
   - ง. เหลือสมุดมากกว่าที่ขาย
   - จ. เหลือสมุดเท่ากับที่ขายไป

10. จะหาคำตอบได้อย่างไร
   - ก. หาจำนวนสมุดที่เหลือ
   - ข. หาจำนวนสมุดที่ขายได้
   - ค. หาจำนวนสมุดที่ซื้อมา
   - ง. หาจำนวนสมุดที่ขายได้มากที่สุด
   - จ. หาจำนวนสมุดที่ขายได้อย่างน้อยที่สุด

11. จากโจทย์เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้อย่างไร
   - ก. $500 + x \langle 100$
   - ข. $500 + x \rangle 100$
   - ค. $500 + 100 \rangle x$
   - ง. $500 - x \langle 100$
   - จ. $500 - x \rangle 100$

12. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้คำตอบที่ถูกต้องคือเท่าไร
   - ก. อย่างน้อย 400 เล่ม
   - ข. อย่างน้อย 401 เล่ม
   - ค. อย่างน้อย 399 เล่ม
   - ง. เท่ากับ 400 เล่ม
   - จ. เท่ากับ 401 เล่ม

<u>คำชี้แจง</u> ให้อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 13-16

พ่อค้าซื้อแคนตาลูบผลใหญ่ และผลเล็กรวมกัน 900 ผล เป็นเงิน 45,000 บาท นำมาขายปลีกผลใหญ่ราคาผลละ 60 บาท ผลเล็กราคาผลละ 35 บาท เมื่อขายหมดปรากฏว่าได้กำไร 800 บาท จงหาว่ามีแคนตาลูบผลใหญ่กี่ผล

13. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้คืออะไร
    - ก. แคนตาลูบ 900 ผล ขายได้เงิน 900(60+35) บาท
    - ข. แคนตาลูบผลเล็ก 900-x ผลขายได้ราคา 35 (900-x) บาท
    - ค. แคนตาลูบผลเล็ก 900-x ผลขายได้ราคา 35 +(900-x) บาท
    - ง. แคนตาลูบ 900 ผล เป็นผลใหญ่ x ผล เป็นผลเล็ก 900-x ผล
    - จ. แคนตาลูบผลใหญ่ x ผลขายได้ราคา 60x บาทผลเล็กได้เงิน 30x บาท

14. จะหาคำตอบโดยต้องทำอย่างไร
    - ก. ขายผลใหญ่ได้เงิน 60x บาทขายผลเล็กได้เงิน 35(900 -x)จะได้ 60x + 35(900-x)= 4500
    - ข. ขายผลใหญ่ได้เงิน 60 x บาทขายผลเล็กได้เงิน 35(900-x)จะได้ 60x +35(900-x)= 45800
    - ค. ขายผลใหญ่ได้เงิน 35 x บาทขายผลเล็กได้เงิน 60(900-x)จะได้ 35x + 60(90 -x)= 45000
    - ง. ขายผลใหญ่ได้เงิน 35 x บาทขายผลเล็กได้เงิน 60(900-x)จะได้ 35x + 60(900-x)= 45800
    - จ. ขายผลใหญ่ได้เงิน 60 x บาทขายผลเล็กได้เงิน 35 (900-x)จะได้ 60x - 35 (900-x)= 45800

15. จากโจทย์เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้อย่างไร
    - ก. $[60x + 35(900 - x)] - 45000 = 800$
    - ข. $45000 - [60x + 35(900 - x)] = 800$
    - ค. $[60x + 35(900 - x)] - 800 = 4500$
    - ง. $[60x + 35(900 - x)] + 800 = 4500$
    - จ. $[60x + 35(900 - x)] + 45000 = 800$

16. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้คำตอบที่ถูกต้องคือเท่าไร
    - ก. 570 ผล
    - ข. 571 ผล
    - ค. 572 ผล
    - ง. 573 ผล
    - จ. 574 ผล

<u>คำชี้แจง</u> ให้อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 17-20

มาลีได้รับเงินจากแม่และพี่ชายเท่าๆกัน เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายประจำเดือน พอสิ้นเดือน มาลีใช้เงินไป 675 บาท ฝากธนาคาร 100 บาท นับเงินที่เหลือแล้วปรากฏว่ามีเงินเหลือไม่ถึง 125 บาท จงหาว่า มาลีได้รับเงินจากแม่และพี่ชายเท่าไร

17. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้คืออะไร
    - ก. แม่และพี่ชายให้เงินคนละ x บาท มาลีมีเงิน 2x บาท
    - ข. แม่ให้เงิน x บาท พี่ชายให้เงิน y บาทมาลีมีเงิน x+y บาท
    - ค. มาลีมีเงิน 675 +100+125 บาท
    - ง. มาลีมีเงิน 675+100-125 บาท
    - จ. มาลีมีเงิน 675-100 = 125 บาท

18. จะหาคำตอบโดยต้องทำอย่างไร
    - ก. มาลีมีเงิน 2x บาท ใช้ไปทั้งหมด 675+100 เหลือเงิน 2x- (675+100)
    - ข. มาลีมีเงิน 2x บาท ใช้ไปทั้งหมด 675+100 เหลือเงิน 2x- (675-100)
    - ค. มาลีมีเงิน 2x บาท ใช้ไปทั้งหมด 675+100 เหลือเงิน (675+100)-2x
    - ง. มาลีมีเงิน 2x บาท ใช้ไปทั้งหมด 675+100 เหลือเงิน 2x- (675+100)
    - จ. มาลีมีเงิน 2x บาท ใช้ไปทั้งหมด 675+100 เหลือเงิน 2x+ (675+100)

19. จากโจทย์เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้อย่างไร
    - ก. $2x- (675+100) > 125$
    - ข. $(675+100)-2x < 125$
    - ค. $2x- (675+100) < 125$
    - ง. $2x- (675+100) \geq 125$
    - จ. $2x- (675+100) \leq 125$

20. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้คำตอบที่ถูกต้อง
    - ก. มากกว่า 377.50 บาท
    - ข. มากกว่า 378.50 บาท
    - ค. น้อยกว่า 377.50 บาท
    - ง. น้อยกว่า 378.50 บาท
    - จ. ไม่เกิน 378.50 บาท

ตาราง 14 เฉลยข้อสอบวัดความสามารถทางสมองทั้ง 8 ฉบับ และ กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ข้อที่	เฉลยข้อสอบ							
	ทักษะการคิดคำนวณ	อนุกรมตัวเลข	ความเข้าใจในการอ่าน	การคิดวิเคราะห์	อุปมาอุปไมย	สรุปความ	จัดประเภทแบบภาษา	กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
1	ข	ค	จ	ข	ค	ข	ก	ก
2	ค	ง	ค	ค	ค	ข	ง	ค
3	ง	ค	ค	ง	ก	ข	ข	ค
4	ข	ก	ง	ค	จ	ก	จ	ก
5	ง	ง	ก	ก	จ	ก	ก	ง
6	ค	ค	ข	ข	ข	ข	ข	ค
7	ก	ง	ก	ก	ง	ง	ง	ข
8	จ	ข	ค	ค	ก	ง	ข	ก
9	ข	ข	ง	ข	ข	ง	จ	ก
10	ก	ข	จ	ค	จ	จ	จ	จ
11	ง	ค	ค	ก	ก	จ	ง	ง
12	ข	ข	ค	ง	ง	ก	ข	ข
13	ก	ค	จ	ง	ง	ข	ง	ง
14	ง	ค	ค	ข	ง	ค	ง	ข
15	ง	ง	จ	ข	ข	ข	ข	ก
16	ก	ค	ข	ค	จ	จ	ข	ค
17	ข	ข	ข	ค	ก	ก	ค	ก
18	ข	ข	ง	ค	ข	ง	ข	ก
19	ค	ข	ง	ก	ก	ข	ง	ค
20	ง	ก	ก	ค	ข	ค	ก	ข

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. อาจารย์ ดร.สุวพร เซ็มเฮง	ภาควิชาการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์ ดร.ละอียด รักเผ่า	ภาควิชาการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์	ภาควิชาการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. ผู้ช่วยผู้อำนวยการสันติ สุขทรัพย์	โรงเรียนศรีศักดิ์สุวรรณวิทยา
5. อาจารย์ เพลินพิศ กาสลัก	โรงเรียนประชาราษฎร์บำเพ็ญ
6. อาจารย์ สุกัลยา พัวสุขมโนกุล	โรงเรียนสามเสนนอก
7. อาจารย์ พรรณี เจียมสุบุตร	โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย
8. อาจารย์ สุพล นิลกลาง	โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาววรรณี เทพสุวรรณ
วันเดือนปีเกิด	2 พฤษภาคม พ.ศ. 2507
สถานที่เกิด	อำเภอทุ่งตะโก จังหวัดชุมพร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	34 หมู่ 2 ตำบลทุ่งตะไคร อำเภอทุ่งตะโก จังหวัดชุมพร 86220
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	อาจารย์ 1 ระดับ 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนวิชูทิศ เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2521	มัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนทุ่งตะโกวิทยา อำเภอทุ่งตะโก จังหวัดชุมพร
พ.ศ. 2524	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสวีวิทยา อำเภอสวี จังหวัดชุมพร
พ.ศ. 2528	ค.บ (เอกคณิตศาสตร์ โทวิทยาศาสตร์ทั่วไป) จากวิทยาลัยครูสุราษฎร์ธานี
พ.ศ. 2546	กศ.ม (การวัดผลการศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ