

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์
กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ปริญญาานิพนธ์
ของ
นางผิง ปลั่งพงษ์พันธ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา
พฤษภาคม 2544
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการติดเอนกนัยด้านสัญลักษณ์
กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

บทคัดย่อ
ของ
น้ำผึ้ง ปลั่งพงษ์พันธ์

27 ก.ย. 2544

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา
พฤษภาคม 2544

น้ำผึ้ง ปลั่งพงษ์พันธ์. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.

ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด

ภิญโญอนันตพงษ์, อาจารย์ ขวลิต รวยอาจิน.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 6 แบบ คือ แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบแปลงรูป และแบบประยุกต์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ และน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ ซึ่งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรเกณฑ์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนกลางในกลุ่มที่ 2 สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 370 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 6 แบบ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ทั้ง 6 แบบ คือ แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบแปลงรูป และแบบประยุกต์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างผลการคิดอเนกนัยทั้ง 6 แบบ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ .917 และพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ร้อยละ 84.10 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 ซึ่งแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 5 แบบคือ แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบแปลงรูป ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนแบบประยุกต์ ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อค้นหากลุ่มตัวพยากรณ์ที่ส่งผลดีที่สุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผลปรากฏว่าแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 5 แบบคือ แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบแปลงรูป ส่งผลดีที่สุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ .916 และพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ร้อยละ 83.90 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และพบว่าค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ แบบหน่วย แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบจำพวก และแบบแปลงรูป

THE STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SYMBOLIC-DIVERGENT
PRODUCTION AND THE MATHEMATICS ACHIEVEMENT OF
MATHAYOM SUKSA III STUDENTS

AN ABSTRACT
BY
NAMPHUENG PLUNGPOGPAN

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Educational Measurement
at Srinakharinwirot University
May 2001

Namphueng Plungpongpan (2001). *The Study of the Relationship between Symbolic-Divergent Production and the Mathematics Achievement of Mathayom Suksa III Students*. Master Thesis, M.Ed. (Educational Measurement). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc.Prof. Dr. Boonchird Pinyoanuntapong, Mr. Chawalit Ruayajin.

The purpose of the study was to study the relationship between six Symbolic-Divergent Production : Units(DSU), Classes(DSC), Relations(DSR), Systems(DSS), Transformations(DST), and Implications(DSI) and the Mathematics Achievement of Students by using the simple correlation coefficient, the multiple correlation coefficient and beta weight having Mathematics Achievement as dependent variable.

The subject consisted of 370 Mathayom Suksa III students in the second semester of academic year 2000 under the Department of General Education in Bangkok through stratified random sampling.

The instruments of the study consisted of six Symbolic-Divergent Tests and the Mathematics Achievement Test.

The findings were as follows:

1. The simple correlation coefficient between six Symbolic-Divergent Tests (DSU, DSC, DSR, DSS, DST and DSI) and the Mathematics Achievement Test was statistically significant at the level .01

2. The multiple correlation coefficient between six Symbolic-Divergent Tests and the Mathematics Achievement Test was .917 and predicted the Mathematics Achievement at 84.10 percent significantly at the level .01. Five Symbolic-Divergent Tests: DSU, DSC, DSR, DSS and DST gave the result to the Mathematics Achievement significantly at the level .01 whereas DSI gave the result to the Mathematics Achievement insignificantly different.

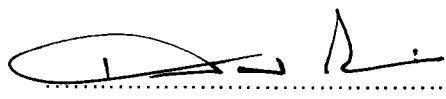
When considered the best predictor of Mathematics Achievement, it was found that five Symbolic-Divergent Tests as DSU, DSC, DSR, DSS and DST gave the best result to the Mathematics Achievement, having the multiple correlation coefficient .916 and predicted the Mathematics Achievement at 83.90 percent significantly at the level .01 and it was found that the beta weight of the test gave the result to the Mathematics Achievement as DSU, DSR, DSS, DSC and DST respectively.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์
กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

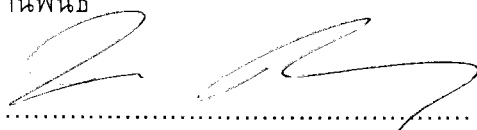
ของ
นางสาวน้ำผึ้ง ปลั่งพงษ์พันธ์

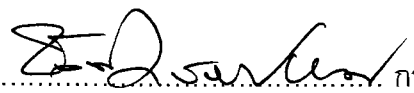
ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

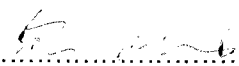
วันที่.....เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2544

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ขวลิต รวยอาจิณ)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.สุพร เชื้อเฮง)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากท่านรองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ และอาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจสอบแก้ไข ข้อบกพร่องและช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ และ ดร.สุวพร เข้มเฮง อาจารย์ผู้ร่วมเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ และได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับการทำ ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่าน ดังกล่าวนามในภาคผนวกที่ช่วยให้ คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการสร้างเครื่องมือครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้บริหาร อาจารย์หมวดคณิตศาสตร์ทุกโรงเรียน และนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการ ทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้บริหารทุกท่านของคณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดีที่ เปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้ทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอบรมสั่งสอนและอุปการะผู้วิจัยมาโดย ตลอดอันหาที่สุดไม่ได้ ตลอดจนญาติ พี่น้อง เพื่อนๆ เอกการวัดผลการศึกษารุ่น 8 ทุกคนที่คอย ห่วงใย เป็นกำลังใจช่วยเหลือ และสนับสนุนผู้วิจัยทุกด้านโดยเฉพาะอาจารย์สุภาณี อินทรอักษร ในการทำปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณ บิดา มารดา บุรพคณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านของผู้วิจัย

น้ำผึ้ง ปลั่งพงษ์พันธ์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	3
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	3
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	สมมติฐานการวิจัย.....	5
2	ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	ทฤษฎีโครงสร้างสมรรถภาพสมอง	6
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์.....	17
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	21
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
	งานวิจัยต่างประเทศ	24
	งานวิจัยภายในประเทศ	26
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	31
	การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	31
	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	32
	วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ.....	32
	วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	43
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	44
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
	สัญลักษณ์และอักษรย่อในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
	การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	49
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	50

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	55
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	55
กลุ่มตัวอย่าง	55
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	55
วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	55
การวิเคราะห์ข้อมูล	56
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	56
อภิปรายผล	57
ข้อเสนอแนะ.....	58
 บรรณานุกรม.....	 60
 ภาคผนวก.....	 66
ภาคผนวก ก คำอำนาจำแนกของแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยดำน	
สัญลักษณ์, แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยดำนสัญลักษณ์ 6 แบบ	67
ภาคผนวก ข ตารางวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ, ค่าดัชนีความสอดคล้อง,	
ค่าความยาก, คำอำนาจำแนก, แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	
คณิตศาสตร์.....	84
ภาคผนวก ค รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....	95
 ประวัติย่อผู้วิจัย	 97

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	32
2	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด 6 แบบ	50
3	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์	51
4	ความสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้าน สัญลักษณ์ 6 แบบ กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	51
5	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณและค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของ แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 6 แบบ ที่ส่งผลต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	53
6	ค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์และค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผลของกลุ่มตัวพยากรณ์ ที่ส่งผลดีที่สุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	54
7	ค่าอำนาจจำแนก (t) ของแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้าน สัญลักษณ์ 6 แบบ	68
8	ตารางวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ (ค.012)	85
9	ค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อ (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน	86
10	ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	87

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 โครงสร้างแบบรูปภาพของทฤษฎีองค์ประกอบเดี่ยว.....	6
2 แบบจำลองสหสัมพันธ์ภายใต้ทฤษฎีสององค์ประกอบ	7
3 แบบจำลองการประกอบกันของความสามารถตามทฤษฎีไฮราซึคัล.....	9
4 แบบจำลองโครงสร้างทางสติปัญญาตามทฤษฎีโครงสร้างทาง สติปัญญาของกิลฟอร์ด	10
5 ผลการคิด 6 แบบ โดยใช้เนื้อหาภาพเป็นตัวอย่าง	12
6 ภาพจำลองมหภาคแบบสามมิติ	13
7 แบบจำลองจุลภาคหกแบบที่ใช้ในการวิจัย.....	13

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความเจริญควบคู่ไปทั้งด้านปริมาณและคุณภาพเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ. เพราะมนุษย์เป็นศูนย์กลางของการพัฒนาทุก ๆ ด้าน. แนวทางหนึ่งที่ใช้ในการพัฒนามนุษย์ คือการศึกษา เนื่องจากการศึกษาเป็นรากฐานและกระบวนการที่ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาตนเองในด้านต่าง ๆ ตลอดชีวิต ดังที่แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544) มีเป้าหมายในการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ให้เป็นผู้ที่มีคุณธรรม มีสุขภาพพลานามัยที่ดี และมีส่วนร่วมในการพัฒนาเศรษฐกิจสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเสนอแนวคิดให้ใช้การศึกษาเป็นเครื่องมือหรือระบบในการเพิ่มศักยภาพของมนุษย์ให้เป็นผู้มีพัฒนาการที่สมดุลทั้งทางด้านสติปัญญา จิตใจ ร่างกาย และสังคม เสริมสร้างคุณลักษณะของผู้เรียนให้เป็นผู้เรียนรู้และมีวุฒิภาวะรองรับการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ในยุคโลกาภิวัตน์ สามารถเรียนรู้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นด้วยความระมัดระวัง การวินิจฉัยวิเคราะห์พิจารณาแก้ไขสถานการณ์ที่เป็นปัญหาด้วยวิธีการหรือกระบวนการคิดที่เหมาะสมและมีทักษะเพียงพอที่จะช่วยให้บุคคลสามารถแสวงหาความรู้ได้ไม่สิ้นสุด เพราะการศึกษาเป็นหัวใจของการพัฒนาประเทศความเจริญก้าวหน้าในด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมืองการปกครอง ตลอดจนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การศึกษาจึงเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิตอยู่ภายใต้เงื่อนไขแห่งการเปลี่ยนแปลงและการปรับตัวให้เหมาะสม และเพื่อพัฒนาประเทศให้มีศักยภาพในการแข่งขันและยืนหยัดอยู่ได้อย่างมั่นคงในสังคมบนพื้นฐานแห่งความเป็นไทย การพัฒนาคุณภาพมนุษย์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่สุด ซึ่งแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2539-2543) ได้เน้นความเป็นศูนย์กลางหรือจุดมุ่งหมายของการพัฒนาโดยมุ่งให้ทุกคนมีการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพ และมีโอกาสที่จะมีส่วนร่วมในการพัฒนาประเทศทุก ๆ ด้านอย่างเต็มที่ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2539 : 1-26) ในการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีจุดมุ่งหมายที่สอดคล้องกันคือมุ่งให้ผู้เรียนพัฒนาคุณภาพชีวิตและการศึกษาต่อสามารถเลือกแนวทางที่ทำประโยชน์ให้กับสังคมในฐานะพลเมืองดี มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมุ่งให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเพื่อศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีการประเมินผลครอบคลุมพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดลักษณะดังกล่าวและเป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าที่นำไปใช้กับแขนงอื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรม เป็นต้น ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นพุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ได้กำหนดจุดประสงค์ของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในวิชา

คณิตศาสตร์ สามารถใช้กระบวนการทางด้านความคิดอย่างมีเหตุผล มีทักษะในการคิดคำนวณ สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน และใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาคณิตศาสตร์ชั้นสูงต่อไป (กระทรวงศึกษาธิการ. 2533: 1, 40) นอกจากนี้ การศึกษายังมีส่วนช่วยยกระดับความเป็นอยู่ของบุคคลให้มีความเจริญงอกงามทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญา สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุขและแก้ปัญหาต่างๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการดำเนินชีวิตได้ (กุศยา แสงเดช. 2518: 1)

พจน์ สะเพียรชัย (2512: 1) กล่าวว่าความสามารถทางสมองของมนุษย์หรือสติปัญญาที่แตกต่างกันมีผลต่อแนวคิดและพฤติกรรมของมนุษย์ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ใหญ่ๆ คือ

1. สติปัญญาที่เป็นอิสระจากประสบการณ์และการเรียนรู้ (Fluid Intelligence) สติปัญญาประเภทนี้มักจะมีส่วนในกิจกรรมทางสมองแทบทุกอย่าง
2. สติปัญญาที่เป็นผลึกของประสบการณ์และการเรียนรู้ หรือเป็นผลของประสบการณ์และการเรียนรู้ (Crystallized Intelligence) สติปัญญาประเภทนี้มักจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีประสบการณ์มากขึ้น

กระบวนการคิดของบุคคลเป็นสิ่งที่ซับซ้อนอยู่ภายใน สิ่งที่เกิดขึ้นได้เป็นเพียงผลของกระบวนการคิดเท่านั้น สติปัญญาที่เป็นอิสระจากการเรียนรู้และประสบการณ์เป็นความสามารถทางสมองซึ่งมักแทรกอยู่ในทุกอิริยาบถของกิจกรรมทางสมองที่เป็นการคิดและการแก้ปัญหาในแต่ละปัญหามีวิธีการแก้ไขได้หลากหลายวิธี หรือใช้วิธีการคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำแบบใคร เรียกว่า ความสามารถในการคิดด้านอนอกนัย (Divergent Thinking) นั้นเอง

ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนมีศักยภาพทางคณิตศาสตร์ซึ่งครอบคลุมถึงความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นเป้าหมายและจุดเน้นที่สำคัญของการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ เบลล์ (สมเดช บุญประจักษ์. 2540: 2 ; อ้างอิงจาก Bell. 1978: 311) เชื่อว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถถ่ายโยงไปสู่การแก้ปัญหาต่างๆไปได้สำหรับประเทศไทยแม้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหจะระบุเป็นจุดประสงค์ของหลักสูตรอย่างชัดแจ้งแล้วก็ตาม แต่การเรียนการสอนที่ผ่านมายังไม่บรรลุผลเท่าที่ควร ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับไม่น่าพอใจ ในส่วนของความสามารถในการคิดและการแก้ปัญหาและความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและดัดแปลงความรู้ไปใช้เป็นสิ่งที่ควรได้รับการปรับปรุงเป็นพิเศษ (สำนักงานทดสอบทางการศึกษา. 2538: 88) และเนื่องจากวิชาคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นนามธรรมสูง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้ความคิด การใช้สัญลักษณ์มากกว่าการใช้สื่ออุปกรณ์และการสรุปผลแบบอนุมานมากกว่าอุปมาน (Kidd, Myers & Ciley. 1970 : 2) ดังนั้นในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงควรส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็นในหลากหลายวิธี

ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดอเนกนัยกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่ถูกต้องและเหมาะสมยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดจุดมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แต่ละแบบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
2. เพื่อหาคำแนะนำความสำคัญของผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แต่ละแบบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำให้ทราบถึงผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แต่ละแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จะมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างไร และผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบใดที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง อันเป็นแนวทางในการปลูกฝังความสามารถด้านการคิดอเนกนัยให้สอดคล้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและพัฒนาแบบทดสอบการคิดอเนกนัยในรูปแบบต่างๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในด้านการศึกษาต่อไป

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนกลางในกลุ่มที่ 2 สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 10 โรงเรียน นักเรียนทั้งหมดจำนวน 4,550 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนกลางในกลุ่มที่ 2 สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 10 โรงเรียน 10 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 370 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling)
3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา
 - 3.1 ตัวแปรอิสระ คือ ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ ประกอบด้วย
 - 3.1.1 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย
 - 3.1.2 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบจำพวก
 - 3.1.3 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์

- 3.1.4 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบระบบ
- 3.1.5 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบการแปลงรูป
- 3.1.6 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบการประยุกต์
- 3.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การคิดอเนกนัย หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลที่สามารถให้ข้อมูลต่าง ๆ ได้หลากหลายรูปแบบจากสิ่งเร้าที่กำหนดให้และข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่นี้จะมีส่วนของสิ่งเร้าเดิมรวมอยู่ด้วย หรือสามารถที่จะตอบสนองสิ่งเร้าได้หลายแง่หลายมุมแตกต่างกันออกไป

2. ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลที่สามารถให้ข้อมูลต่าง ๆ ได้หลากหลาย หรือสามารถที่จะตอบสนองได้หลายแง่หลายมุมแตกต่างกันออกไปจากข้อมูลที่เป็นสัญลักษณ์ตัวเลขที่กำหนดให้ โดยมีมองในแง่ความคล่องแคล่ว ความยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มเป็นสำคัญ ซึ่งผลการคิดจะมี 6 แบบ ดังนี้

2.1 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลที่สามารถให้ข้อมูลต่าง ๆ ได้หลากหลายรูปแบบจากสัญลักษณ์ตัวเลขที่กำหนดให้ ซึ่งผลจะออกมาเป็นหน่วย วัดจากแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยแบบหน่วย

2.2 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบจำพวก หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลที่สามารถจำแนก หรือจัดกลุ่ม โดยใช้เกณฑ์บางประการได้หลากหลายรูปแบบจากข้อมูลที่เป็นสัญลักษณ์ตัวเลขที่กำหนดให้ วัดจากแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยแบบจำพวก

2.3 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลที่สามารถเชื่อมโยงหรือมองเห็นความสัมพันธ์ของสัญลักษณ์ตัวเลขที่กำหนดให้ในแง่มุมต่าง ๆ กัน วัดจากแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยแบบความสัมพันธ์

2.4 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบระบบ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการจัดแบบแผนหรือรวมโครงสร้างของสัญลักษณ์ตัวเลขได้หลากหลายรูปแบบให้อยู่ในระบบเดียวกันตามเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง วัดจากแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยแบบระบบ

2.5 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบการแปลงรูป หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุง ขยายความ แปลความ ตีความสัญลักษณ์ตัวเลขในแง่มุมต่าง ๆ กัน วัดจากแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยแบบการแปลงรูป

2.6 ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบการประยุกต์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการขยายความเพื่อการพยากรณ์ หรือคาดคะเน โดยอาศัยเหตุและผลใน

แง่มุมต่างๆ กัน จากสัญลักษณ์ตัวเลขที่กำหนดให้ วัดจากแบบทดสอบวัดผลการศึกษาแบบปรนัย

③ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งวัดโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ค.012) ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามตารางวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะเพื่อวัดความสามารถทางสติปัญญาในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ตามที่วิลสัน (Wilson, 1971: 696) จำแนกไว้ 4 ด้าน คือ

3.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับทักษะการคิดคำนวณ (Computation) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริง นิยาม หรือกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคำนวณตามกระบวนการต่างๆ ตามลำดับขั้นที่เคยเรียนรู้อยู่แล้ว

3.2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการแปลความ ตีความ ขยายความเกี่ยวกับมโนคติ หลักการ กฎทางคณิตศาสตร์ การสรุปอ้างอิง และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่เรียนรู้อยู่แล้วมาสัมพันธ์กับโจทย์

3.3 การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาต่างๆ ในสถานการณ์ใหม่โดยใช้หลักวิชาที่เรียนมา หรือการแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกับที่เรียนมา ตลอดจนความสามารถในการเปรียบเทียบข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะหรือค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลในโจทย์ปัญหาโดยการจัดส่วนต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้ใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ตลอดจนความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน

4. น้ำหนักความสำคัญ (Beta-Weight) หมายถึง ความสำคัญของแบบทดสอบวัดผลการศึกษาแบบปรนัยด้านสัญลักษณ์แต่ละแบบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งคำนวณในรูปคะแนนมาตรฐาน

5. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีวุฒิปริญญาโทสาขาการศึกษาจำนวน 5 ท่าน และหรืออาจารย์ผู้มีประสบการณ์ในการสอนคณิตศาสตร์ไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลการคิดคะแนนด้านสัญลักษณ์แต่ละแบบตามทฤษฎีสมรรถภาพสมองของกิลฟอร์ด มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

2. ค่าน้ำหนักความสำคัญ (Beta Weight) ของผลการคิดคะแนนด้านสัญลักษณ์อย่างน้อย 1 แบบ ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

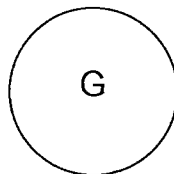
ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี

1. ทฤษฎีโครงสร้างสมรรถภาพสมอง
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
4. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีโครงสร้างสมรรถภาพสมอง

นักจิตวิทยาจิตทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพสมองไว้หลายทฤษฎี มีดังนี้

1. ทฤษฎีองค์ประกอบเดี่ยว (Uni-Factor Theory) บางทีเรียกทฤษฎีนี้ว่า Global Theory ผู้คิดทฤษฎีนี้คือ บีเนท์ และไซมอน(Binet and Simon. 1905) โดยเสนอโครงสร้างของสติปัญญาเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ไม่แบ่งแยกเป็นส่วนย่อย คล้ายกับเป็นความสามารถทั่วไป (General Ability) ซึ่งโครงสร้างแบบรูปภาพเขียนได้ดังรูป (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2541 : 43)

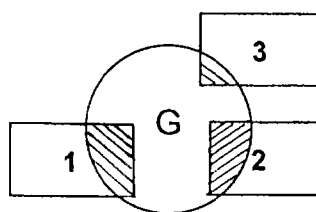


ภาพประกอบ 1 โครงสร้างแบบรูปภาพของทฤษฎีองค์ประกอบเดี่ยว

ทฤษฎีนี้มีความเชื่อว่าสมรรถภาพสมองของมนุษย์ประกอบด้วยภาคส่วนเดียวที่เรียกว่า องค์ประกอบทั่วไป ซึ่งในการกระทำกิจกรรมใดๆ ก็ตาม องค์ประกอบทั่วไปจะเป็นผู้สั่งงานในการประกอบกิจกรรมทุกอย่าง บีเนท์ (Binet) ได้เน้นว่าองค์ประกอบทั่วไปเป็นองค์ประกอบย่อยหลายองค์ประกอบที่สลับซับซ้อน ฉะนั้นในการสร้างแบบทดสอบ บีเนท์จึงวัดทางด้านคณิตศาสตร์ เหตุผล ภาษา และอื่นๆ ความสามารถที่ได้จากการวัดเป็นคะแนนวัดความสามารถแบบรวมๆ (ทองหล่อ วิภาวีน. 2524:20)

2. ทฤษฎีสององค์ประกอบ (Two-Factor Theory) ทฤษฎีนี้ตั้งขึ้นบนพื้นฐานการวิเคราะห์ โดยกระบวนการทางสถิติของคะแนนการทดสอบ ซึ่งพัฒนาโดยนักจิตวิทยาชาวอังกฤษชื่อชาร์ลสเพียร์แมน (Charles Spearman) ในปี ค.ศ. 1904 และ ค.ศ. 1927 ทฤษฎีนี้มี

ความเชื่อว่าการกิจกรรมที่ต้องใช้สมอง (Intellectual Activities) ทั้งหมด เมื่อวิเคราะห์ดูแล้วมีองค์ประกอบร่วมกันอันหนึ่ง องค์ประกอบดังกล่าวเรียกว่า องค์ประกอบทั่วไป (General Factor: G-factor) และยังมีองค์ประกอบเฉพาะมากมายเรียกองค์ประกอบนี้ว่า องค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factors: S-factor) ซึ่งแต่ละองค์ประกอบเฉพาะจะมีกิจกรรมเฉพาะตัวเพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะของ G-factor กับ S-factor โดยใช้สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบได้ดังรูป



ภาพประกอบ 2 แบบจำลองสหสัมพันธ์ภายใต้ทฤษฎีสององค์ประกอบ

จากรูปแสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 มีสหสัมพันธ์สูงกับ G-factor ด้วยส่วนที่แรงๆ สำหรับพื้นที่ส่วนที่เหลือแทน S-factor และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error Variance) (Anastasi. 1982: 365)

ทฤษฎีนี้มีความเชื่อว่าการกิจกรรมทางสมองขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทั่วไปซึ่งเป็นความสามารถพื้นฐานทางสมองเป็นความสามารถทั่วไปในการประกอบกิจกรรมซึ่งแต่ละคนจะมีความสามารถพื้นฐานมากน้อยแตกต่างกัน และองค์ประกอบเฉพาะซึ่งเป็นความสามารถเฉพาะที่ทำให้มนุษย์แตกต่างกันเป็นความสามารถพิเศษที่อยู่ในแต่ละบุคคล(ทองหล่อ วิภาวีน. 2524: 20)

3. ทฤษฎีหลายองค์ประกอบ (Multiple-Factor Theory) ทฤษฎีนี้เสนอโดยนักจิตวิทยาชาวอเมริกาชื่อ เซอร์สโตน (Thurstone) เมื่อปี 1938 โดยทำการวิจัยโครงสร้างด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่าสมรรถภาพสมองพื้นฐาน (Primary Mental Abilities) มี 7 องค์ประกอบดังนี้ (Anastasi. 1982: 366-368)

3.1 องค์ประกอบด้านความเข้าใจภาษา (Verbal Comprehension: V) เป็นสมรรถภาพในการอ่านเข้าใจ (Reading Comprehension) อุปมาอุปไมยทางภาษา (Verbal Analogies) การจัดเรียงประโยค (Disarranged Sentences) เหตุผลทางภาษา (Verbal Reasoning) และการจับคู่ของคำภาษิต (Proverb Matching) ซึ่งสมรรถภาพเหล่านี้วัดด้วยแบบทดสอบด้านภาษา (Vocabulary Tests)

3.2 องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่วในการใช้คำ (Word Fluency: W) เป็นสมรรถภาพในการเอาตัวอักษรมาผสมสร้างคำ (Anagrams) หาคำที่มีเสียงพ้องกัน (Rhyming) บอกชื่อคำตอบที่กำหนด เช่น บอกชื่อของเด็กผู้หญิง คำที่ขึ้นต้นด้วยอักษร B

3.3 องค์ประกอบด้านจำนวน (Number: N) เป็นสมรรถภาพในการคำนวณได้อย่างรวดเร็ว และถูกต้องในการบวก ลบ คูณ หาร ในวิชาเลขคณิต

3.4 องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Space: S) เป็นสมรรถภาพในการมองเห็นความสัมพันธ์ทางเรขาคณิต (Geometric Relation) ระหว่างจุด เส้น ความกว้าง ความยาว ความสูง ไกลใกล้ และสมรรถภาพการมองเห็นการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ หรือการแปลงรูป (Transformation)

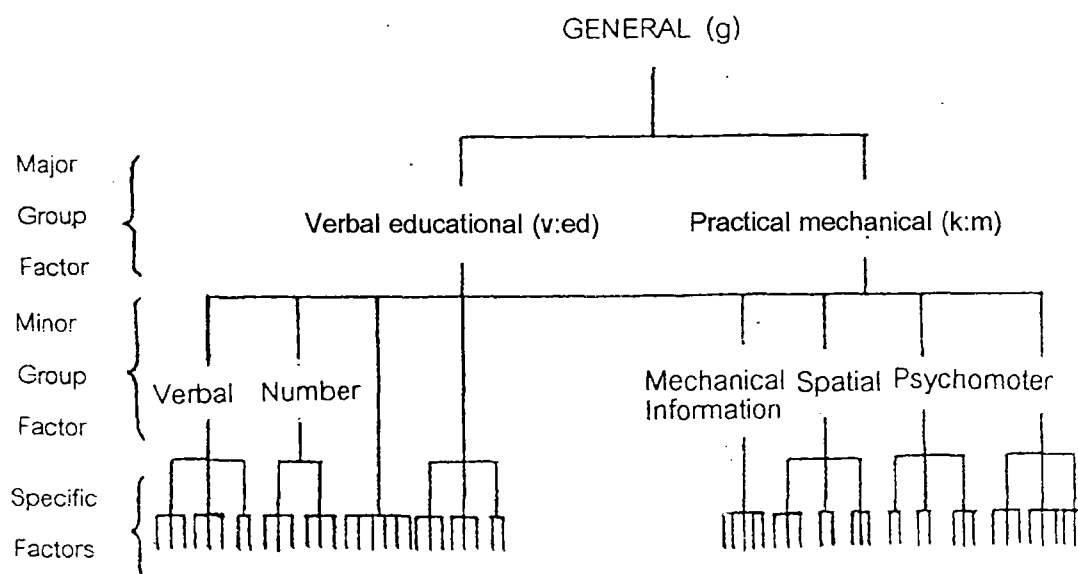
3.5 องค์ประกอบด้านความจำ (Associative Memory: M) เป็นสมรรถภาพในการท่องจำ ระลึก เรื่องราว เหตุการณ์และสิ่งของต่างๆ ได้รวดเร็วถูกต้อง

3.6 องค์ประกอบด้านการรับรู้ (Perception Speed: P) เป็นสมรรถภาพในการมองเห็นความเหมือนและความแตกต่างของสิ่งต่างๆ ได้รวดเร็วและถูกต้อง

3.7 องค์ประกอบด้านเหตุผลทั่วไป (General Reasoning: R) เป็นองค์ประกอบที่ความหมายยังไม่กระจ่างชัดนัก เรอร์สโตนมองเห็นองค์ประกอบด้านนี้ในรูปของการให้เหตุผลแบบอุปมานและอนุมาน (Induction and Deduction) ระยะเวลาต่อมาผู้ศึกษาด้านนี้มองเห็นว่าสมรรถภาพด้านนี้สามารถวัดได้ด้วยเหตุผลทางตรรกวิทยา (Syllogistic Reasoning) นั่นคือเหตุผลทั่วไปนี้จะวัดได้ดีด้วยแบบทดสอบเลขคณิตเหตุผล

4. ทฤษฎีไฮราซิคัล (Hierarchical Theories) ทฤษฎีนี้นักจิตวิทยากลุ่มหนึ่งคือ เบิร์ท (Burt. 1949) เวอร์นอน (Vernon. 1960) ชาวอังกฤษและฮัมเฟรย์ (Humphreys. 1962) ชาวอเมริกา ได้เสนอการจัดแบบแผนการประกอบกันขององค์ประกอบ

เวอร์นอน ได้เสนอโครงสร้างของสมองตามทฤษฎีสององค์ประกอบของชาร์ลสปีเยร์แมน เขาเสนอว่าองค์ประกอบทั่วไป (General Factor: G-factor) แบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบใหญ่ๆ คือ Verbal-education (V: ed) และ Practical-mechanical (k: m) ซึ่งองค์ประกอบใหญ่ทั้งสองรวมเรียกว่า Major group factors องค์ประกอบใหญ่ทั้งสองยังแบ่งเป็นองค์ประกอบย่อยๆ ดังนี้ Verbal education แบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อยด้านภาษา (Verbal) ด้านตัวเลข (Numerical) และอื่นๆ ส่วน Practical-mechanical แบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อยด้านความรู้เชิงจักรกล (Mechanical-Information) มิติสัมพันธ์ (Spatial) ความสามารถในการใช้การประสานงานของกล้ามเนื้อ (Psychomotor Abilities) และอื่นๆ อีก องค์ประกอบย่อยดังกล่าวรวมเรียกว่า Minor group factors และองค์ประกอบย่อยแต่ละองค์ประกอบยังแบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อยๆ อีก ซึ่งถือว่าเป็นองค์ประกอบระดับต่ำสุดเรียกว่า องค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factors) ดังรูป (Anastasi. 1982: 370-371)



ภาพประกอบ 3 แบบจำลองการประกอบกันของความสามารถตามทฤษฎีไฮราซึคัล

5. ทฤษฎีสติปัญญาของแคทเทลล์ (Cattell's Theory of Fluid and Crystallized Intelligence) ทฤษฎีนี้คิดโดยอาร์ บี แคทเทลล์ (R. B Cattell) เสนอในปี 1963 เขาเชื่อว่าสติปัญญาเป็นพฤติกรรมทางสมองของมนุษย์แบ่งออกเป็นลักษณะใหญ่ๆ ได้ 2 ลักษณะ คือ (Aiken, 1977: 161-162)

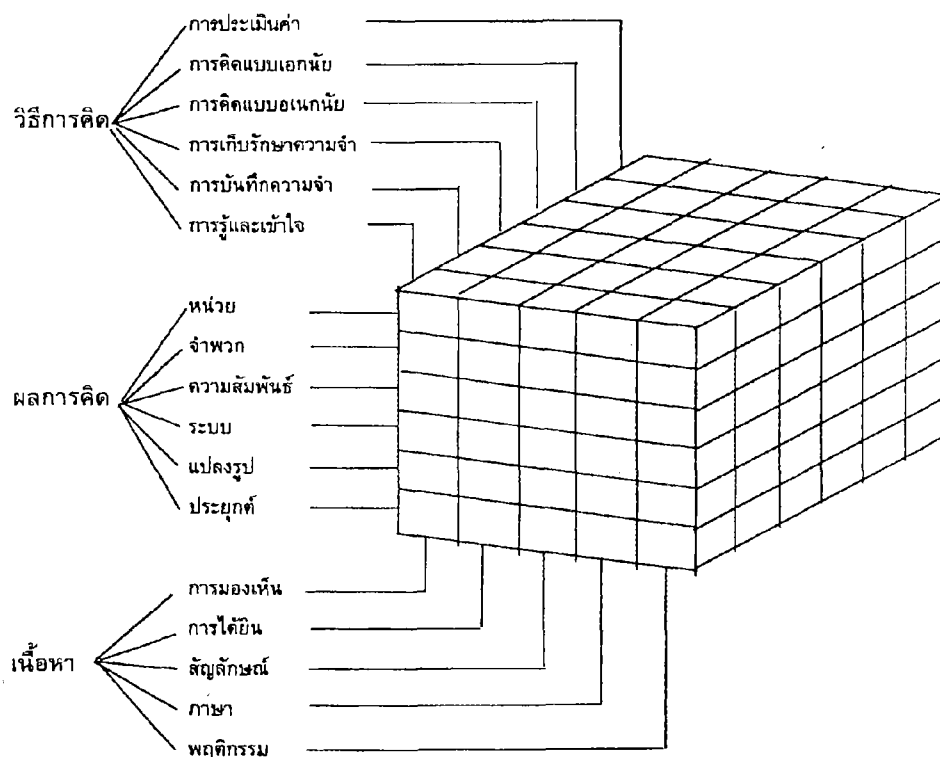
Fluid Ability เป็นความสามารถที่เป็นอิสระจากการเรียนรู้และประสบการณ์ แต่เป็นผลมาจากการมพันธุ์หรือมีมาแต่กำเนิด สมรรถภาพสมองส่วนนี้จะแทรกอยู่ในทุกอริยาบถของกิจกรรมทางสมอง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับความคิด การแก้ปัญหา เช่น สมรรถภาพในการใช้เหตุผล การอุปมาน การอนุมาน การมองเห็นความสัมพันธ์เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของอนุกรมภาพ

Crystallized Ability เป็นสมรรถภาพสมองหรือความสามารถที่ขึ้นอยู่กับการเรียนรู้และประสบการณ์ที่ได้มาจากสิ่งที่ผ่านเข้ามาในชีวิต เช่น ความสามารถที่จะเข้าใจภาษา เข้าใจตัวเลข สมรรถภาพในการประเมินผลหรือประเมินค่า

6. ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาตามแนวของกิลฟอร์ด

ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญา (The Structure of Intellect Theory) ทฤษฎีนี้สร้างขึ้นโดยกิลฟอร์ด (Guilford) เมื่อ ค.ศ. 1967 มีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น Structure- of -Intellect Model หรือ Three – Dimensional Model of the Structure of Intellect กิลฟอร์ดได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณลักษณะโดยจัดระบบของคุณลักษณะให้อยู่ในรูปเป็นลูกบาศก์รวมกัน 120 องค์ประกอบ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2541 : 48) ต่อมาได้พบว่าในส่วนของ

ภาพ (Figural) แบ่งออกเป็นการมองเห็น (Visual) และการได้ยิน (Auditory) ส่วนที่เป็นความจำ (Memory) นั้นแบ่งออกเป็นการบันทึกความจำ (Memory Recording) และการเก็บรักษาความจำ (Memory Retention) ดังนั้นแบบจำลองโครงสร้างสติปัญญาที่ได้รับการปรับปรุงใหม่มี มิติที่ 1 คือวิธีการคิด 6 แบบ มิติที่ 2 คือ เนื้อหา 5 แบบ มิติที่ 3 คือผลการคิด 6 แบบ ซึ่งนับ องค์ประกอบรวมกันได้ 180 องค์ประกอบ ดังรูป (Guilford. 1988: 1-4)



ภาพประกอบ 4 แบบจำลองโครงสร้างทางสติปัญญาตามทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด

มิติที่ 1 วิธีการคิด (Operation) หมายถึง การปฏิบัติงานทางสติปัญญา หรือ กระบวนการคิดแบบต่างๆ ขบวนการคิดนี้จะเกิดขึ้นตามลำดับจากง่ายไปยาก โดยมีส่วนประกอบ 6 ชั้น ดังนี้

1. การรู้และเข้าใจ (Cognition) หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของมนุษย์ ที่เห็นสิ่งเร้าและเกิดการคิด รับรู้ และเข้าใจในสิ่งนั้นๆ สามารถบอกได้ว่าสิ่งนั้นคืออะไร เช่น เห็นรูปแก้วน้ำ สามารถบอกได้ว่ารูปนั้นคือแก้วน้ำ

2. การบันทึกความจำ (Memory Recording) หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของมนุษย์ที่เก็บสะสมความรู้หรือข้อมูลต่างๆ ที่รู้จักไว้และสามารถระลึกออกมาในรูปแบบที่ต้องการได้

3. การเก็บรักษาความจำ (Memory Retention) หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของมนุษย์ที่จำสิ่งที่ผ่านเข้ามาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

4. การคิดแบบอบเนกนัย (Divergent Production) หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของมนุษย์ที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้แตกต่างกัน เช่น ถามว่าการออกกำลังกายมีประโยชน์อย่างไร ซึ่งอาจมีหลายคำตอบ แต่ถ้าตอบได้หลายคำตอบและถูกต้องมากแสดงว่ามีความสามารถในการคิดแบบอบเนกนัย

5. การคิดแบบเอกนัย (Convergent Production) หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของมนุษย์ในการคิดหาคำตอบที่ดีที่สุดเพียงคำตอบเดียว เช่น ถามว่า ปลาใช้อะไรในการหายใจ ผู้ตอบคิดว่าอวัยวะที่ใช้หายใจมีหลายอย่าง เช่น ปาก จมูก เหงือก งวง แต่ควรตอบว่า เหงือก จึงเป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

6. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของมนุษย์ในการพิจารณาตัดสินคุณค่าได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยอาศัยเกณฑ์ที่ตั้งขึ้น เช่น ให้บอกว่า กขค มีลักษณะการจัดเรียงเหมือนกับ อปต หรือไม่ ซึ่งผู้ตอบสามารถบอกได้ว่าไม่เหมือน

มิติที่ 2 เนื้อหา (Content) หมายถึง ข้อมูลหรือสิ่งเร้าต่างๆ ที่ปรากฏด้วยระบบประสาทสัมผัสทั้งหลาย แล้วบุคคลแยกแยะเพื่อจะรับรู้ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 5 ประเภท คือ

1. การมองเห็น (Visual) หมายถึง สิ่งเร้าที่มีรูปแน่นอนและสามารถรับรู้ด้วยการสัมผัส เช่น การมองเห็น หรือการจับต้องได้

2. การได้ยิน (Auditory) หมายถึง สิ่งเร้าที่เป็นเสียงที่สัมผัสได้ทางหู เช่น เสียงดนตรี การพูดคุย

3. สัญลักษณ์ (Symbolic) หมายถึง สิ่งเร้าหรือข้อมูลที่เป็นเครื่องหมาย หรือสัญญาณต่างๆ เช่น โน้ตดนตรี เครื่องหมายต่างๆ

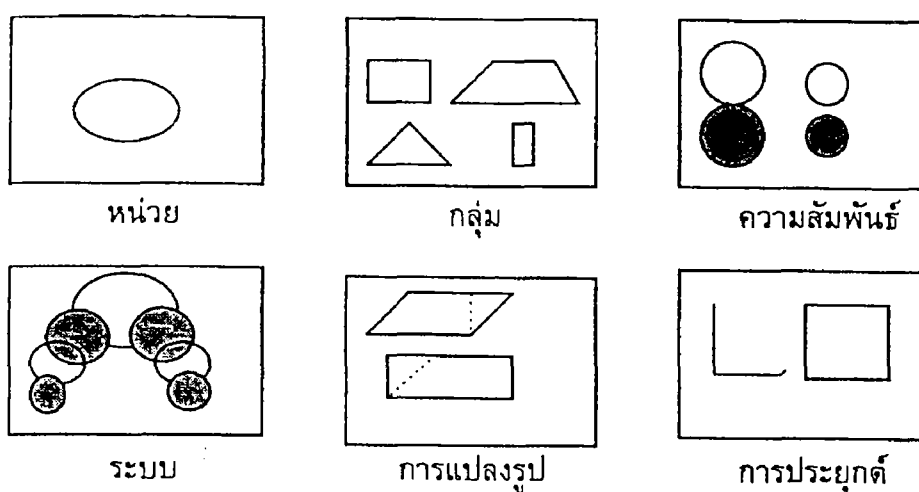
4. ภาษา (Semantic) หมายถึง สิ่งเร้าหรือข้อมูลที่เป็นถ้อยคำต่างๆ ที่ใช้พูด และสามารถใช้เป็นสื่อในการติดต่อกับบุคคลอื่นได้

5. พฤติกรรม (Behavioral) หมายถึง สิ่งเร้าหรือข้อมูลที่เป็นการกระทำหรือแสดงออกของบุคคลรวมถึงการแสดงออกทางจิตใจที่มองไม่เห็นโดยตรง เช่น ความคิด ทัศนคติ อารมณ์

มิติที่ 3 ผลการคิด (Products) หมายถึง ผลของกระบวนการจัดกระทำของวิธีการคิดกับข้อมูลจากเนื้อหา ผลของการคิดจัดอยู่ในรูปลักษณะต่างๆ ตั้งแต่เป็นหน่วยย่อยจนถึงการประยุกต์ใช้แบ่งออกเป็น 6 ประเภท คือ

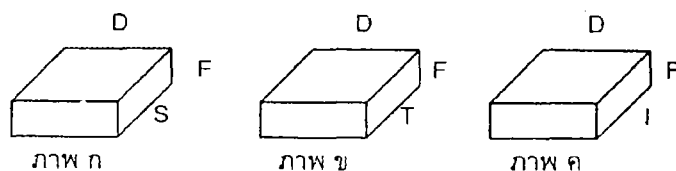
1. หน่วย (Units) หมายถึง สิ่งที่ย่อยที่สุดของสิ่งต่างๆ ที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว ไม่เหมือนกับสิ่งอื่นๆ เช่น แมว นก ม้า
2. จำพวก (Classes) หมายถึง กลุ่มต่างๆ หรือชุดของหน่วยที่มีคุณสมบัติร่วมกัน เช่น แมวกับสุนัข ซึ่งจัดเป็นกลุ่มเดียวกัน
3. ความสัมพันธ์ (Relations) หมายถึง ผลของการเชื่อมความคิดหลายประเภทเข้าด้วยกัน โดยมีเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นเป็นตัวกำหนด เช่น พ่อคู่กับแม่ ชายคู่กับหญิง มีความสัมพันธ์กัน
4. ระบบ (Systems) หมายถึง การจัดแบบแผนหรือรวมโครงสร้าง ให้กลุ่มต่างๆ ให้อยู่ในระบบเดียวกันโดยมีหลักเกณฑ์ร่วมกัน เช่น อาทิตย์ จันทร์ อังคาร พุธ พฤหัสบดี ศุกร์ และเสาร์ เป็นระบบของวันในสัปดาห์
5. การแปลงรูป (Transformations) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงแก้ไข สิ่งต่างๆ ที่มีอยู่ให้มีรูปแบบใหม่ เช่น การแปลความหมาย การขยายความ
6. การประยุกต์ (Implications) หมายถึง การนำเอาความเข้าใจไปใช้ในการคาดคะเน หรือพยากรณ์ทำนายอะไรบางอย่างจากข้อมูลที่กำหนดไว้ให้แตกต่างกัน เช่น “หัด” อาจนำไปใช้ให้เกิดความหมายว่า “หัดเดิน” หรือ “แบบฝึกหัด”

ในผลการคิดแบบต่างๆ ทั้ง 6 แบบนี้ จัดเรียงตามลำดับของความสัมพันธ์จากส่วนย่อยสุดไปสู่ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนกว่า หรือ กล่าวคือ เรียงจากง่ายไปหายาก ซึ่งหน่วยเป็นผลการคิดพื้นฐานที่สุด และหน่วยจะมีส่วนเข้าไปสัมพันธ์กับ กลุ่ม สัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์ ได้ทั้งหมด สำหรับผลการคิดทั้ง 6 แบบ มีลักษณะดังรูป (Guilford, 1967: 64)



ภาพประกอบ 5 ผลการคิด 6 แบบ โดยใช้เนื้อหาภาพเป็นตัวอย่าง

แบบจำลองมหภาค (Macro Model) ที่แสดงโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด ประกอบด้วยแบบจำลองจุลภาค (Micro Model) 180 แบบ แต่ละแบบมีสามมิติ ซึ่งเป็นตัวแทนของสมรรถภาพทางสมอง ประกอบด้วย วิธีการคิด – เนื้อหา – ผลการคิด (Operation – Contents – Products) ดังรูป



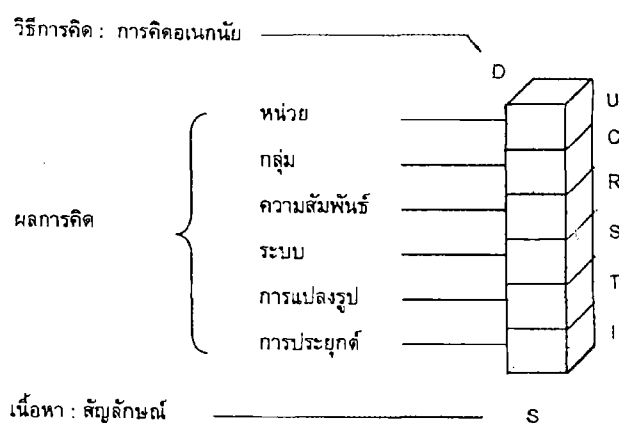
ภาพประกอบ 6 ภาพจำลองมหภาค แบบสามมิติ

ภาพ ก เป็นแบบจำลองจุลภาคด้านผลการคิดอเนกนัยทางรูปภาพแบบระบบ (Divergent Production of Figural Systems : DFS)

ภาพ ข เป็นภาพจำลองจุลภาคด้านผลการคิดอเนกนัยทางรูปภาพแบบการแปลงรูป (Divergent Production of Figural Transformations : DFT)

ภาพ ค เป็นภาพจำลองจุลภาคด้านผลการคิดอเนกนัยทางรูปภาพแบบการประยุกต์ (Divergent Production of Figural Implications : DFI)

ในการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองจุลภาคซึ่งใช้ผลการคิดอเนกนัยทางสัญลักษณ์ ในผลการคิดทั้ง 6 แบบ คือ แบบหน่วย แบบกลุ่ม แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูปและแบบการประยุกต์ ดังรูป



ภาพประกอบ 7 แบบจำลองจุลภาคหกแบบที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างแบบทดสอบการคิดอเนกนัย

ในการสร้างแบบทดสอบการคิดอเนกนัยที่กิลฟอร์ดและผู้ร่วมงานได้สร้างขึ้นโดยมีเนื้อหาทางรูปภาพ สัญลักษณ์ และภาษา ดังตัวอย่างแบบทดสอบนี้ (พิเชษฐ์ ตั้งเจตนาภิรมย์. 2529: 34-39; อ้างอิงจาก Guilford. 1950: 444-454)

แบบทดสอบการคิดอเนกนัยทางรูปภาพ

กิลฟอร์ดได้นำเสนอแบบทดสอบอเนกนัยทางรูปภาพโดยมีผลการคิด 5 แบบ ดังนี้

1. การคิดอเนกนัยทางรูปภาพแบบหน่วย (DFU)

1.1 การร่างภาพ (Sketches) กำหนดรูปง่าย ๆ ให้จำนวนหนึ่ง (เช่น ให้รูปวงกลม 12 รูป พยายามร่างภาพต่างๆ จากรูปที่กำหนดนั้นให้มากที่สุด)

1.2 การทำรูปร่าง (Make a Figure) กำหนดเส้นให้ 3 เส้นอาจจะเป็นเส้นตรงสั้นๆ 3 เส้น และเส้นโค้ง 1 เส้น ให้พยายามนำเส้นเหล่านั้นมาประกอบกันให้เป็นรูปร่างต่างๆ ให้มากที่สุด ภายในเวลาที่กำหนดให้

2. การคิดอเนกนัยทางรูปภาพแบบจำพวก (DFC)

2.1 Varied Figural Classes กำหนดรูปให้ 3 รูป ซึ่งมีรูปร่างแตกต่างกันแต่มีลักษณะร่วมบางอย่างเหมือนกัน ให้พิจารณาว่ารูปใดในอีก 4 รูปที่ให้มานั้นสามารถจัดเข้าพวกเดียวกับรูปทั้ง 3 ที่กำหนดให้ได้

3. การคิดอเนกนัยทางรูปภาพแบบระบบ (DFS)

3.1 Making Objects ให้สร้างภาพที่มีความหมายจากเซตของรูปร่างที่กำหนดให้ (เช่น วงกลม สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ฯลฯ) อาจใช้รูปที่กำหนดให้นั้นซ้ำได้ ในการสร้างภาพเดียวกัน หรืออาจเป็นขนาดของรูปได้ แต่ห้ามเพิ่มเติมรูปอื่นๆ ที่ไม่ได้กำหนดไว้ให้

4. การคิดอเนกนัยทางรูปภาพแบบการแปลงรูป (DFT)

4.1 Match Problems กำหนดเซตของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสามเหลี่ยมให้โดยใช้ก้านไม้ขีดประกอบเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมไว้ให้เอาก้านไม้ขีดออกจำนวนหนึ่ง เพื่อให้เหลือรูปสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมตามจำนวนที่ต้องการ ให้คิดวิธีแก้ปัญหาให้มากที่สุด

5. การคิดอเนกนัยทางรูปภาพแบบการประยุกต์ (DFI)

5.1 Decorations กำหนดรูปทรงโครงสร้างอย่างหยาบๆ ของเฟอร์นิเจอร์ให้ ให้เขียนเส้นตกแต่งรายละเอียด

5.2 Production of Figural Effects กำหนดเส้น 1 หรือ 2 เส้น ให้สร้างภาพจากเส้นที่กำหนดให้ซับซ้อนขึ้น (โดยภาพนั้นอาจไม่มีความหมายสมบูรณ์)

แบบทดสอบเนกนัยทางสัญลักษณ์

1. การคิดอเนกนัยทางสัญลักษณ์แบบหน่วย (DSU)

1.1 ความคล่องแคล่วในการใช้คำ (Word Fluency) ให้เขียนคำที่มีพยัญชนะที่กำหนดให้

1.2 ความคล่องแคล่วในการใช้คำปัจจัย (Suffixes W-2) ให้เขียนคำที่ลงท้ายด้วยปัจจัยที่กำหนดให้ เช่น เขียนคำที่ลงท้ายด้วย -sion

1.3 ความคล่องแคล่วในการใช้คำอุปสรรค (Prefixes W-2) ให้เขียนคำที่ขึ้นต้นด้วยคำอุปสรรคที่กำหนดให้เช่น เขียนคำที่ขึ้นต้นด้วย sub-

1.4 ความคล่องแคล่วในการใช้อักษรตัวแรกและตัวท้าย (First and Last Letters W-3) ให้เขียนคำที่กำหนดอักษรตัวแรกและตัวท้ายให้

2. การคิดอเนกนัยทางสัญลักษณ์แบบจำพวก (DSC)

2.1 การจัดกลุ่มตัวเลข (Number Grouping) กำหนดเซตเลขจำนวนต่าง ๆ ให้ และจัดเลขเข้าเป็นกลุ่มหลาย ๆ วิธี โดยแต่ละกลุ่มต้องมีเลขอย่างน้อย 3 ตัว เช่น กำหนดเลข 2, 3, 4, 5, 6, 17, 23 และ 36 ให้

3. การคิดอเนกนัยทางสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ (DSR)

3.1 ความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอักษร (Letter Group Relations) กำหนดเซตของตัวอักษร 4 ตัว ซึ่งมีความสัมพันธ์ในวิถีทางที่เป็นไปได้หลายทาง ให้เลือกเซตของตัวอักษรอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์เดียวกัน

3.2 Number Rules กำหนดเลขตั้งต้นให้ ให้นำเลขตัวนั้นไปสัมพันธ์กับตัวเลขอื่นๆ เพื่อให้ได้ผลตามที่กำหนดให้ เช่น กำหนดเลข 2 ให้ ทำให้ได้ 6 (คำตอบที่เป็นไปได้คือ $2 + 4$, 2×3)

4. การคิดอเนกนัยทางสัญลักษณ์แบบระบบ (DSS)

4.1 Make a code ให้ประดิษฐ์ระบบไค้ดต่างๆ โดยใช้ตัวเลขและตัวอักษร

4.2 Number Combinations กำหนดเลขจำนวนหนึ่ง (เช่น 2, 3, 4, 5, 6) ให้สร้างสมการต่างๆ

5. การคิดอเนกนัยทางสัญลักษณ์แบบการแปลงรูป (DST)

5.1 Multiple Letter Changes กำหนดคำซึ่งประกอบด้วยตัวอักษรหลายๆ ตัวให้ให้เปลี่ยนตัวอักษรสองหรือสามตัวภายในคำนั้น เพื่อให้เป็นคำใหม่โดยที่ตำแหน่งและจำนวนของตัวอักษรคงเดิม เช่น FOLDER (ให้เปลี่ยนตัวอักษรสองหรือสามตัว) คำตอบที่อาจเป็นไปได้คือ Finder, silver, fuller, softer, feeder

6. การคิดอเนกนัยทางสัญลักษณ์แบบการประยุกต์ (DSI)

6.1 Limited Words กำหนดคำให้ 2 คำ ให้สร้างคำใหม่ 2 คำจาก ตัวอักษรที่อยู่ในคำที่กำหนดให้ และต้องใช้ตัวอักษรทั้งหมดที่อยู่ในคำที่กำหนดให้ นั้น เช่น กำหนดคำว่า shirt bean คำตอบที่อาจเป็นไปได้คือ hairs bent, bears thin

6.2 Symbol Elaborations กำหนดสมการชั้นเดียวให้ 2 สมการที่ประกอบด้วยตัวอักษร ให้อนุมานสมการอื่นๆ ที่เป็นผลจากสมการทั้ง 2 นั้น เช่น สมการที่กำหนดให้ $V = R+K$ และ $T = K+C$

แบบทดสอบอเนกนัยทางภาษา

1. การคิดอเนกนัยทางภาษาแบบหน่วย (DMU)

1.1 ความคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency) ให้เขียนรายชื่อสิ่งของที่มีคุณสมบัติตามลักษณะที่กำหนดให้ เช่น ให้ออกชื่อสิ่งของซึ่งกลมและขาว

1.2 Topics IF-1 ให้เขียนแนวความคิดเกี่ยวกับหัวเรื่องที่กำหนดให้ให้มากที่สุด

1.3 Theme IF-2 ให้เขียนคำเกี่ยวกับหัวเรื่องที่กำหนดให้ให้มากที่สุด

1.4 Thing Categories IF-3 ให้เขียนรายชื่อสิ่งของที่กลม หรืออาจเรียกว่ากลม

1.5 Plot Titles (Nonclever) กำหนดเรื่องสั้นๆ ให้ ให้ตั้งชื่อเรื่อง

1.6 Consequence (Obvious) กำหนดเหตุการณ์ที่ไม่ปกติให้ให้เขียนเรื่องราวที่อาจเกิดต่อเนื่องต่อไป เช่น อะไรจะเกิดขึ้น ถ้าไม่มีเด็กเกิดเลยเป็นเวลา 1 ปี

1.7 Utility Test (Fluency) ให้ออกการใช้ประโยชน์ของก้อนอิฐและดินสอไม้

2. การคิดอเนกนัยทางภาษาแบบจำพวก (DMC)

2.1 Utility Test (Flexibility) ให้ออกการใช้ประโยชน์จากก้อนอิฐและดินสอไม้

2.2 Alternate Uses (a revision of unusual uses) ให้เขียนการใช้ประโยชน์ของสิ่งของที่กำหนดให้ (เช่น หนังสือพิมพ์) ให้มากที่สุด ให้ออกมาคิดเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ไม่เป็นปกติธรรมดา หรือเป็นการใช้ประโยชน์ทั่วๆ ไป

3. การคิดอเนกนัยทางภาษาแบบความสัมพันธ์ (DMR)

3.1 Associational Fluency ให้เขียนคำที่มีความหมายเหมือนกับคำที่กำหนดให้ เช่น กำหนดคำว่า hard ให้ (คำตอบที่เป็นไปได้คือ difficult, solid, firm, severe)

3.2 Simile Insertions ให้เติมคำที่อาจเป็นไปได้ในช่องว่างที่กำหนดให้ เช่น The fog is as.....as a sponge. คำตอบที่อาจเป็นไปได้คือ soft, dense, full of holes)

4. การคิดอเนกนัยทางภาษาแบบระบบ (DMS)

4.1 Expressional Fluency ให้สร้างประโยคที่ประกอบด้วยคำ 4 คำ โดยกำหนดอักษรตัวแรกของแต่ละคำให้ และห้ามใช้คำซ้ำ เช่น w____f____r____d____ (คำตอบที่อาจเป็นไปได้คือ Who found Roger dead?)

4.2 Simile Interpretation ให้ค้นหาข้อความเพื่อเติมประโยคให้สมบูรณ์ เช่น Woman's dress is like the autumn,it____ (คำตอบที่อาจเป็นไปได้ คือ it shows my changes of colours)

4.3 Word Arrangement ให้เขียนประโยคที่แต่ละประโยคจะต้องประกอบด้วยคำที่กำหนดให้ 4 คำ

5. การคิดอเนกนัยทางภาษาแบบการแปลงรูป (DMT)

5.1 Plot Titles (Clever) กำหนดเรื่องสั้นให้ ให้คิดชื่อเรื่องคิดคะแนนให้เฉพาะชื่อเรื่องที่น่าสนใจ หรือเป็นชื่อเรื่องที่หลักแหลม (Clever Titles)

5.2 Symbol Production ให้สร้างสัญลักษณ์เพื่อแทนกิจกรรม หรือสิ่งของที่กำหนดให้

5.3 Riddles (Clever) ให้บอกคำตอบที่หลักแหลมสำหรับปริศนาคำถาม เช่น What city is liked best by actors? คำตอบที่อาจเป็นไปได้คือ Publicity

6. การคิดอเนกนัยทางภาษาแบบการประยุกต์ (DMI)

6.1 Planning Elaboration กำหนดเค้าโครงแผนงานสั้นๆ ให้ให้เติมรายละเอียดที่จำเป็นเพื่อให้แผนงานนั้นสำเร็จเรียบร้อย และการให้คะแนนคิดจากจำนวนรายละเอียดที่เติมเข้าไป

6.2 Possible Jobs กำหนดคำซึ่งใช้เป็นเครื่องหมาย หรือสัญลักษณ์ของงานบางอย่างให้ ให้เขียนรายการงานเหล่านั้นให้มากที่สุด เช่น กำหนดคำว่า light bulb คำตอบที่อาจเป็นไปได้คือ electrical engineer, light bulb manufacturer

ในการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัย โดยใช้เนื้อหาสัญลักษณ์ในผลการคิดทั้ง 6 แบบ คือ แบบหน่วย แบบกลุ่ม แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูปและแบบการประยุกต์

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ วิลสัน (Wilson. 1971 : 643-696) ได้จำแนก

พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาออกเป็น 4 ระดับ คือ

1. ความรู้ ความจำ ด้านการคิดคำนวณ (Computation) พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำสุด แบ่งออกเป็น 3 ขั้นดังนี้

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specific Facts) เป็นความสามารถที่จะระลึกถึงข้อเท็จจริงต่างๆ ที่นักเรียนเคยได้รับการเรียนการสอนมาแล้วคำถามที่จะเกี่ยวกับข้อเท็จจริงตลอดจนความรู้พื้นฐานซึ่งนักเรียนได้สั่งสมมาเป็นระยะเวลานานแล้วด้วย

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of Terminology) เป็นความสามารถในการระลึกถึงศัพท์หรือนิยามที่นักเรียนเคยได้รับการเรียนการสอนมาแล้วโดยไม่ต้องใช้กระบวนการคิดคำนวณ

1.3 ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to Carry Out Algorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริงหรือนิยามและกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณ ตามลำดับขั้นตอนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว ข้อสอบที่วัดความสามารถด้านนี้ต้องเป็นโจทย์ง่ายๆ คล้ายคลึงกับตัวอย่าง นักเรียนไม่ต้องพบกับความยุ่งยากในการตัดสินใจเลือกใช้กระบวนการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ แต่ซับซ้อนมากกว่า แบ่งได้เป็น 6 ขั้น ดังนี้

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ (Concepts) เป็นความสามารถที่ซับซ้อนกว่าความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง เพราะมโนคติเป็นนามธรรมซึ่งประมวลจากข้อเท็จจริงต่างๆ ต้องอาศัยการตัดสินใจในการตีความหรือยกตัวอย่างของมโนคตินั้นได้โดยใช้คำพูดของตนเองหรือเลือกความหมายที่กำหนดให้ซึ่งเขียนในรูปใหม่หรือยกตัวอย่างใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนในชั้นเรียน มิฉะนั้นจะเป็นการวัดความจำ

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไป (Principles Rules and Generalizations) เป็นความสามารถในการนำเอาหลักการ กฎ และความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาจนได้แนวทางในการแก้ปัญหาได้ ถ้าคำถามนั้นเป็นคำถามเกี่ยวกับหลักการและกฎที่นักเรียนเพิ่งเคยพบเป็นครั้งแรก อาจจัดเป็นพฤติกรรมในระดับการวิเคราะห์ก็ได้

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมระดับนี้ เป็นคำถามที่วัดเกี่ยวกับคุณสมบัติของระบบจำนวน และโครงสร้างทางพีชคณิต

2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง (Ability to Transform Problem Elements from One Mode to Another) เป็นความสามารถในการแปลงข้อความที่กำหนดให้เป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ เช่น แปลจากภาษาพูดให้เป็นรูปสมการ ซึ่งมีความหมายคงเดิม โดยไม่รวมถึงกระบวนการแก้ปัญหา (Algorithms) หลังจากแปลแล้วอาจกล่าวได้ว่า เป็นพฤติกรรมที่ง่ายที่สุดของพฤติกรรมกับความเข้าใจ

2.5 ความสามารถในการติดตามแนวของเหตุผล (Ability to Follow a Line of Reasoning) เป็นความสามารถในการอ่านทั่ว ๆ ไป

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Ability to Read and Interpret a Problem) ข้อสอบที่วัดความสามารถในข้อนี้อาจดัดแปลงมาจากข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นอื่นๆ โดยให้นักเรียนอ่านและตีความโจทย์ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของข้อความ ตัวเลข ข้อมูลทางสถิติ หรือกราฟ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย เพราะคล้ายกับปัญหาที่นักเรียนประสบอยู่ในระหว่างเรียน หรือแบบฝึกหัดที่นักเรียนเลือกกระบวนการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้ไม่ยาก พฤติกรรมในระดับนี้แบ่งออกเป็น 4 ชั้น คือ

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายกับปัญหาที่ประสบอยู่ในระหว่างเรียน (Ability to Solve Routine Problems) นักเรียนต้องอาศัยความสามารถในระดับความเข้าใจและเลือกกระบวนการแก้ปัญหาจนได้คำตอบออกมา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to Make Comparison) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด เพื่อสรุปการตัดสินใจ ซึ่งในการแก้ปัญหาขั้นนี้อาจต้องใช้วิธีการคิดคำนวณและจำเป็นต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Ability to Analyze Data) เป็นความสามารถในการตัดสินใจอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งอาจต้องอาศัยการแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง พิจารณาว่าอะไรคือข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม มีปัญหาอื่นใดบ้างที่อาจเป็นตัวอย่างในการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังประสบอยู่ หรือต้องแยกโจทย์ปัญหาออกพิจารณาเป็นส่วนๆ มีการตัดสินใจหลายครั้งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันและการสมมาตร (Ability to Recognize Patterns, Isomorphisms and Symmetries) เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การระลึกถึงข้อมูลที่กำหนดให้ การเปลี่ยนรูป

ปัญหา การจัดกระทำกับข้อมูล และการระลึกถึงความสัมพันธ์ นักเรียนต้องสำรวจหาสิ่งที่คุ้นเคยกันจากข้อมูลหรือสิ่งที่กำหนดจากโจทย์ปัญหาที่พบ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลงแต่ก็อยู่ในขอบเขตของเนื้อหาวิชาที่เรียน การแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยความรู้ที่ได้เรียนมารวมกับความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกันเพื่อแก้ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพสมองระดับสูง แบ่งเป็น 5 ชั้น คือ

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ที่ไม่เคยประสบมาก่อน (Ability to Solve Nonroutine Problems) คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามที่ซับซ้อน ไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่างที่ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกับความเข้าใจ มโนเมตินิยาม ตลอดจนทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาแล้วเป็นอย่างดี

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationships) เป็นความสามารถในการจัดส่วนต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้ใหม่ แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา แทนการจำความสัมพันธ์เดิมที่เคยพบมาแล้วมาใช้กับข้อมูลชุดใหม่เท่านั้น

4.3 ความสามารถในการพิสูจน์ (Ability to Construct Proofs) เป็นความสามารถในการพิสูจน์โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนจะต้องอาศัยนิยามทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาแล้วมาช่วยในการแก้ปัญหา

4.4 ความสามารถในการวิจารณ์การพิสูจน์ (Ability to Criticize Proofs) ความสามารถในการขั้นนี้เป็นการใช้เหตุผลที่ควบคู่กับความสามารถในการเขียนพิสูจน์ แต่ความสามารถในการวิจารณ์เป็นพฤติกรรมที่ย่างยากซับซ้อนกว่า ความสามารถในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนมองเห็นและเข้าใจการพิสูจน์นั้นว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดพลาดไปจากมโนเมติหลักการ กฎ นิยาม หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ ความสามารถเกี่ยวกับการสร้างสูตร และทดสอบความถูกต้องของสูตร (Ability to Formulate and Validate Generalization) นักเรียนต้องสามารถสร้างสูตรขึ้นมาใหม่ โดยให้สัมพันธ์กับเรื่องเดิม และต้องสมเหตุผลด้วย คือ การจะถามให้หาและพิสูจน์ประโยคทางคณิตศาสตร์หรืออาจถามให้นักเรียนสร้างกระบวนการคิดคำนวณใหม่พร้อมทั้งแสดงการใช้กระบวนการนั้น

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ของสมองหรือประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ ของแต่ละบุคคลสามารถวัดได้โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ค.012) ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามตารางวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่วิลสัน (Wilson:

1971: 696) จำแนกไว้ 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

เอกสารเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ความสำคัญของการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาคือหัวใจของคณิตศาสตร์ เลสเตอร์ (สมเดช บุญประจักษ์. 2540 : 11; อ้างอิงจาก Lester. 1977 : 12) และเป็นเป้าหมายสูงสุดของหลักสูตรและการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ หลายหน่วยงานที่รับผิดชอบและดูแลการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ต่างก็ให้ความสำคัญของการแก้ปัญหาดังเช่น ในปี ค.ศ. 1977 สมาคมศึกษานิเทศก์ในสหรัฐอเมริกา (NCSM. 1977 : 19-22) ได้กำหนดให้การแก้ปัญหาคือทักษะพื้นฐานที่สำคัญอันดับแรกในจำนวนทักษะพื้นฐานที่จำเป็น 10 ประการ ทำนองเดียวกันในปี ค.ศ. 1980 สมาคมครูคณิตศาสตร์ ในสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1980 : 1-3) ได้เสนอให้การแก้ปัญหาคือจุดเน้นที่สำคัญของหลักสูตร เป็นเป้าหมายแรกของการเรียนการสอน และเป็นส่วนสำคัญของกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ เพื่อผลักดันให้การแก้ปัญหามุ่งบรรลุตามเป้าหมาย ในปี ค.ศ. 1989 สมาคมครูคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดเป้าหมายและแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหของผู้เรียนไว้ใน Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics โดยระบุเป้าหมาย แนวทางการพัฒนาการเรียนการสอน ตลอดจนแนวการวัดผล ประเมินผลการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาไว้อย่างชัดเจน ในส่วนของการสอน เบลล์ (Bell. 1978 :311) ได้ให้ข้อคิดเห็นว่า การแก้ปัญหามีความสำคัญและเหมาะที่จะใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ทั้งนี้เพราะการแก้ปัญหามุ่งพัฒนาทักษะการคิดและการแก้ปัญหาช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ข้อเท็จจริง ทักษะ มโนคติ และหลักการต่างๆ โดยการแสดงการประยุกต์ใช้ในคณิตศาสตร์เอง และที่สัมพันธ์กับสาขาอื่นๆ นอกจากนี้ เพอดิคารีส (Perdikaris. 1993 : 423) ยังได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาคือเป็นการเตรียมการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ที่จะนำไปสู่แนวคิดใหม่ เป็นการกระตุ้นการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แก่นักเรียน ความสำเร็จในการแก้ปัญหาคือทำให้เกิดการพัฒนาคุณลักษณะที่ต้องการแก่นักเรียน เช่น ความใฝ่รู้ ความอยากรู้อยากเห็น

ความหมายและประเภทของปัญหา

อดัมส์ และบีสัน (สมเดช บุญประจักษ์. 2540: 12; อ้างอิงจาก Adams and Beeson. 1977: 173-174) ได้ให้ความหมายของปัญหาคือสถานการณ์ที่เป็นประโยคภาษา คำตอบที่เกี่ยวข้องกับปริมาณซึ่งปัญหานั้นไม่ได้รับวิธีการหรือการดำเนินการในการแก้ปัญหาว่างชัดเจน ผู้แก้ปัญหาคือต้องค้นหาคำตอบโดยใช้วิธีการใดในการหาคำตอบของปัญหา นั่นคือการได้มาซึ่ง

คำตอบของปัญหา จะได้จากการพิจารณาว่าจะต้องทำอะไร ได้มีผู้ให้ความหมายของปัญหาในทำนองเดียวกันนี้อีกหลายคน เช่น เดย์ (Day. 1986: 14) แคนโทว์สกี (Kantowski. 1980: 195) ครูลิกและรูดนิค (Krulik and Rudnick. 1993 :6) สำหรับชาร์ลและเลสเตอร์ (Charles and Lester. 1982: 5) ได้ให้ความหมายของปัญหาทำนองเดียวกัน แต่ได้เพิ่มประเด็นว่าจะถือว่าเป็นปัญหาเมื่อบุคคลนั้นต้องการหรืออยากที่จะหาคำตอบและต้องมีความมานะพยายามในการหาคำตอบ

จากความหมายของปัญหาข้างต้น ได้มีผู้แบ่งปัญหาออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1. พิจารณาจากจุดประสงค์ของปัญหา สามารถแบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เป็น 2 ประเภท (Polya. 1957 : 23-29) คือ

1.1 ปัญหาให้ค้นคว้า เป็นปัญหาให้ค้นคว้าหาคำตอบซึ่งอาจอยู่ในรูปปริมาณหรือให้หาวิธีการ คำอธิบายให้เหตุผล

1.2 ปัญหาให้พิสูจน์ เป็นปัญหาให้แสดงการให้เหตุผลว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือข้อความที่กำหนดให้เป็นเท็จ

2. พิจารณาจากตัวผู้แก้ปัญหาและความซับซ้อนของปัญหาสามารถแบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เป็น 2 ประเภท (Reys, Suydam and Lindquist. 1992 :29) คือ

2.1 ปัญหาธรรมดา (Routine Problems) เป็นปัญหาที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนนัก ผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยในโครงสร้างและวิธีการแก้ปัญหา

2.2 ปัญหาแปลกใหม่ (Nonroutine Problems) เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อนในการแก้ปัญหา ผู้แก้ปัญหามust ประมวลความรู้ความสามารถหลายอย่างเข้าด้วยกัน เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

3. พิจารณาตามลักษณะของปัญหา บิทเทอร์ ฮาร์ทฟิลด์ และเอดเวิร์ดส์ (Bitter, Hartfield and Edwards. 1989 :37) ได้แบ่งปัญหาออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

3.1 ปัญหาปลายเปิด (Open-ended) เป็นปัญหาที่มีจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้หลายคำตอบ ปัญหาลักษณะนี้จะมองว่ากระบวนการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญมากกว่าคำตอบ

3.2 ปัญหาให้ค้นพบ (Discovery) เป็นปัญหาที่จะได้คำตอบในขั้นตอนสุดท้ายของการแก้ปัญหา เป็นปัญหาที่มีวิธีแก้ได้หลากหลายวิธี

3.3 ปัญหาที่กำหนดแนวทางในการค้นพบ (Guided Discovery) เป็นปัญหาที่มีลักษณะร่วมของปัญหา มีคำชี้แนะ (Clues) และคำชี้แจงในการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนอาจไม่ต้องค้นหาหรือไม่ต้องกังวลในการหาคำตอบ

4. พิจารณาตามเป้าหมายของการฝึก ชาร์ลและเลสเตอร์ (Charles and Lester. 1982: 6-10) ได้พิจารณาจำแนกประเภทของปัญหาและเป้าหมายของการฝึกแก้ปัญหาแต่ละประเภทดังนี้

4.1 ปัญหาที่ใช้ฝึก (Drill Exercise) เป็นปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอนวิธีและการคำนวณเบื้องต้น

4.2 ปัญหาข้อความอย่างง่าย (Simple Translation Problem) เป็นปัญหาข้อความที่เคยพบ เช่น ปัญหาในหนังสือเรียน ต้องการฝึกให้คุ้นเคยกับการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เป็นปัญหาขั้นตอนเดียวมุ่งให้ความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดคำนวณ

4.3 ปัญหาข้อความที่ซับซ้อน (Complex Translation Problem) คล้ายกับปัญหาอย่างง่ายแต่เพิ่มเป็นปัญหาที่มี 2 ขั้นตอน หรือมากกว่า 2 ขั้นตอน หรือมากกว่า 2 การดำเนินการ

4.4 ปัญหาที่เป็นกระบวนการ (Process Problem) เป็นปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์ได้ทันที จะต้องจัดปัญหาให้ง่ายขึ้น หรือแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆ แล้วหารูปแบบทั่วไปของปัญหา ซึ่งนำไปสู่การคิดและการแก้ปัญหาเป็นการพัฒนายุทธวิธีต่าง ๆ เพื่อความเข้าใจ วางแผนการแก้ปัญหาและการประเมินผลคำตอบ

4.5 ปัญหาการประยุกต์ (Applied Problem) เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะความรู้ มโนคติ และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การได้มาซึ่งคำตอบอาศัยวิธีทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ เช่น การจัดกระทำ การรวบรวม และการแทนข้อมูล และต้องการตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงปริมาณ เป็นปัญหาที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการ มโนคติ และข้อเท็จจริงในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์ และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง

4.6 ปัญหาปริศนา (Puzzle Problem) เป็นปัญหาที่บางครั้งได้คำตอบจากการเดา สุ่ม ไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา บางครั้งต้องใช้เทคนิคเฉพาะ เป็นปัญหาที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ มีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา และเป็นปัญหาที่มองได้หลายมุมมอง

การแก้ปัญหาเป็นความเกี่ยวข้องระหว่างประสบการณ์เดิม ความรู้ ความเข้าใจ และการดำเนินการที่ใช้ข้อมูลที่กำหนด แล้วสังเคราะห์เป็นข้อค้นพบที่เป็นคำตอบของปัญหา การแก้ปัญหาจะหมายถึงกระบวนการทั้งหมดในการแก้ปัญหาไม่ใช่แค่ผลลัพธ์สุดท้าย โพลยา (Kaur. 1993: 71; citing Polya. 1957) ได้กล่าวว่าการแก้ปัญหาทั้งปัญหาธรรมดาและปัญหาแปลกใหม่ต่างก็มีความสำคัญ แต่มีจุดหมายที่ต่างกันคือปัญหาธรรมดามีจุดหมายที่เฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับการใช้กฎต่างๆ เป็นการมุ่งฝึกกระบวนการและความหมาย ไม่ได้ต้องการที่จะให้

คิดสร้างหรือค้นพบสิ่งใหม่ๆ ในการหาคำตอบ ส่วนปัญหาแปลกใหม่ต้องการให้มีการคิดสร้างหรือค้นพบสิ่งใหม่ๆ ในการหาคำตอบของปัญหา นอกจากนี้เขายังกล่าวว่าการศึกษาระดับมัธยมศึกษาไม่สามารถบรรลุเป้าหมายขั้นสูงได้ ถ้าปราศจากการใช้การแก้ปัญหาแปลกใหม่ในกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนอย่างเหมาะสม

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

คลาร์คสัน (Clarkson. 1979: 4101-A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการแปลความหมายโจทย์คณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ทำการทดสอบความสามารถในการแปลโจทย์ปัญหาสามแบบคือ สัญลักษณ์ที่เป็นภาษา สัญลักษณ์ที่เป็นสัญลักษณ์และสัญลักษณ์ที่เป็นรูปภาพ พบว่าการแปลความหมายโจทย์คณิตศาสตร์ทั้งสามแบบมีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหา และคนที่มีความสามารถในการแปลความหมายต่างกันจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทักษะการแปลความหมายโจทย์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหา

ครอสส์ และแกเออร์ (Cross and Gaier. 1955 : 193 – 206) ได้ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยสร้างแบบทดสอบขึ้นใหม่เรียกว่า The Balance Problems Test (BPT) เพื่อใช้วัดและเปรียบเทียบความชอบในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาในขอบเขตที่กำหนดให้ ระหว่างนักเรียนกลุ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง กับกลุ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ในการศึกษาใช้ตัวเกณฑ์ (Criterion) 5 ชนิดด้วยกัน คือ ระดับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics Level) เกรดเฉลี่ยในวิชาคณิตศาสตร์ (Average Mathematics Grade) เกรดเฉลี่ยตลอดปีการศึกษา (Yearly Average Grade) ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาสังคมศึกษา (Social Science Achievement) นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยในวิชาคณิตศาสตร์ โดยเปรียบเทียบกับตัวแปรอีก 2 ชนิด คือ ความถนัดด้านภาษา (Language) และความถนัดที่ไม่เกี่ยวกับภาษา (Non-Language) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษา จำนวน 39 คน ซึ่งมีความรู้พื้นฐานในวิชาการต่างกัน ปรากฏผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ดังนี้ นักเรียนที่ได้เรียนวิชาคณิตศาสตร์หลายวิชา จะชอบใช้หลักการใน BPT แก้ปัญหา ($r = .71$) มากกว่าใช้ข้อเท็จจริง ($r = -.61$) การใช้วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการต้องอาศัยเวลามากด้วย ($r = .20$) ถ้าพิจารณาคำตอบที่ถูกต้องแล้ว จะพบว่าใช้วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อเท็จจริงเพียงส่วนน้อย ($r = -.29$) ส่วนการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยในการเรียนคณิตศาสตร์ คະแนนน้ำหนัก (weight) ในการทำ BPT (ซึ่งเป็นคะแนนของจำนวนคำตอบถูกจากการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการอย่างเดียว) เป็นตัวพยากรณ์ได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับตัวพยากรณ์อีก 2 ชนิด คือ ความถนัดด้านภาษาและความถนัดที่ไม่เกี่ยวกับภาษา นอกจากนี้จำนวนคำตอบถูกจากการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการยังมีสหสัมพันธ์

กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ($r = .61$) สูงกว่าค่าสหสัมพันธ์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาสังคมศึกษา ($r = .32$) ส่วนค่าสหสัมพันธ์ของวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อเท็จจริงกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาสังคมศึกษาสัมพันธ์กันในทางลบ ($r = -.60$) สูงกว่า ค่าสหสัมพันธ์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ($r = -.37$)

เทรเวอร์ส (Travers. 1967: 9-18) ได้ศึกษาว่า นักเรียนชอบแก้ปัญหาสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ชนิดใดมากที่สุดโดยกระทำกับนักเรียนมัธยม จำนวน 240 คน ให้นักเรียนจัดอันดับคุณภาพของปัญหาสถานการณ์ 3 แบบ คือ ปัญหาสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ - จักรกล (Mechanical - Scientific) ปัญหาสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ - สังคม (Social - Economics) และปัญหาสถานการณ์แบบนามธรรม (Abstract) ผลปรากฏว่านักเรียนชอบปัญหาสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ - สังคม เป็นอันดับหนึ่ง ปัญหาสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ - จักรกล เป็นอันดับสอง และปัญหาสถานการณ์ที่เป็นนามธรรมเป็นอันดับสาม แต่เมื่อพิจารณาระหว่างนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน นักเรียนกลุ่มอ่อนมีแนวโน้มที่จะแก้ปัญหาสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ - สังคมมากกว่านักเรียนกลุ่มเก่ง ส่วนนักเรียนกลุ่มเก่งชอบแก้ปัญหาสถานการณ์ที่เป็นนามธรรมมากกว่านักเรียนกลุ่มอ่อน

บัสเวล (Buswell. 1956: 63 - 148) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการคิดแยกแยะสิ่งที่จะใช้ในการแก้ปัญหา (Key) 3 ชนิด ได้แก่ ข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้อง ข้อเท็จจริงที่ไม่เกี่ยวข้อง และรายละเอียดที่จำเป็นแต่ใจหยาบไม่ได้กำหนดให้โดยใช้ปัญหาง่ายๆ ยกตัวอย่างเช่น "วันที่ 14 มิถุนายน นายสมิธกับลูกชายซึ่งมีอายุ 17 ปี ขับรถบรรทุกทุกแคะจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปขายที่ตลาดด้วยราคาปอนด์ละ 35 เซ็นต์ ถ้าแคะมีน้ำหนักเฉลี่ยตัวละ 60 ปอนด์ เขาจะได้รับเงินเป็นจำนวนเท่าไร" กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาที่บัณฑิตมหาวิทยาลัย ผลปรากฏว่ามีนักเรียนประมาณครึ่งหนึ่งที่สามารถแยกแยะสิ่งที่จะนำไปแก้ปัญหาได้ ทุกคนเห็นว่าอายุของลูกชายและสถานที่เป็นข้อเท็จจริงที่ไม่เกี่ยวข้อง และมีนักเรียนจำนวนน้อยมากที่มองเห็นสิ่งจำเป็นที่ใจหยาบไม่ได้กำหนดให้ หรือมองเห็นว่าการที่จะหาคำตอบได้นั้นจะต้องรู้ว่า "แคะที่นำไปขายนั้นมีกี่ตัว" บัสเวลล์ และเคอร์ซ สรุปรว่า การที่นักเรียนขาดความสามารถในการแยกแยะเช่นนี้ เนื่องมาจากนักเรียนได้รับการฝึกฝนการแก้ปัญหาโดยเน้นด้านทักษะ

เฟลด์ฮูเซน เด็นนี และแคนดอน (Feldhusen, Denny and Candon. 1965: 40-45) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดหลายแง่หลายมุมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคม และการอ่านของนักเรียนระดับเกรด 7 และ เกรด 8 จำนวน 273 คน เป็นชาย 150 คน หญิง 123 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลที่จะเกิดขึ้น (Consequences Test) และแบบทดสอบวัดประโยชน์ของสิ่งของ (Uses Test) เพื่อวัดการคิดหลายแง่หลายมุมผลการศึกษาพบว่าความยืดหยุ่นในการคิดสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาต่างๆ ของนักเรียนชายและหญิงที่ระดับความเชื่อมั่น .01 และความคิดที่เป็นของตนเองโดยเฉพาะความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาขาต่างๆ ของนักเรียนชายที่ระดับความเชื่อมั่น .01 เช่นกัน ส่วน

ความคล่องในการคิดปรากฏว่ามีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงแต่ประการใด

เบนเน็ตต์และคนอื่นๆ (Bennett and others. 1965 : 81-91) ได้ศึกษาถึงองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบ ดี.เอ.ที. (Differential Aptitude Test : D.A.T.) เป็นตัวพยากรณ์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อยหลายชุด จากการศึกษาพบว่าแบบทดสอบย่อยที่เป็นตัวพยากรณ์ความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้ดีคือ แบบทดสอบวัดสมรรถภาพด้านภาษา รองลงมาคือด้านตัวเลข และมิติสัมพันธ์ ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เท่ากับ .70, .65 และ .53 ตามลำดับ

กิลฟอร์ด ฮอฟเนอร์ และปีเตอร์สัน (Guilford, Hoepfner and Peterson. 1965: 659-682) ได้ศึกษาองค์ประกอบของโครงสร้างทางสมอง เพื่อทำนายหรือพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 9 พบว่า องค์ประกอบของสมรรถภาพสมองที่ใช้พยากรณ์ผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ได้ดีคือ การคิดอเนกนัยทางสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์แบบระบบ และแบบการประยุกต์ การประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ และแบบระบบ ที่รองลงมาคือการจัดจำและเข้าใจทางภาษาแบบหน่วย แบบระบบ การคิดเอกนัยทางสัญลักษณ์แบบการแปลงรูป จะเห็นได้ว่าสมรรถภาพสมองที่ใช้พยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ดีคือการคิดอเนกนัย การคิดเอกนัย และการประเมินค่า เนื้อหาสัญลักษณ์ ผลการคิดแบบความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบการประยุกต์ แสดงว่าผู้ที่ได้รับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงจะต้องมีสมรรถภาพสมองสามด้านดังกล่าวสูงด้วย

งานวิจัยภายในประเทศ

สมศักดิ์ วยะนันท์ (2517: 44-50) ได้ศึกษาความสามารถของการคิดแบบอเนกนัย (Divergent thinking) เอกนัย (Convergent thinking) กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 7 ปีการศึกษา 2516 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจากกลุ่มโรงเรียนในเมืองหลวง และกลุ่มโรงเรียนในชนบทภาคกลาง จำนวน 353 คน โดยแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถของการคิดแบบอเนกนัย กับเอกนัย ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามทฤษฎี โดยสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดประกอบด้วยแบบทดสอบ 8 ฉบับ ผลการวิจัยพบว่าแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านอเนกนัยและเอกนัยที่สร้างขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นสูงตั้งแต่ .756 ถึง .965 สำหรับค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบอเนกนัยเท่ากับ .664 แบบทดสอบเอกนัยเท่ากับ .545 และสมรรถภาพสมองด้านการคิดแบบอเนกนัย และเอกนัย มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

นงนุช วรรณวาทะ (2514 : 75-79) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการ และวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อเท็จจริง กับความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูงของวิทยาลัยครูพระนครศรีอยุธยาจำนวน 109 คน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหา (โดยไม่คำนึงถึงวิธีการ) มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ความสามารถในการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการและโดยอาศัยข้อเท็จจริงไม่มีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จันทร์เพ็ญ ธนาศุภกรกุล (2526 : 149) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .485

จิรินทร์ ประสงค์สม (2517 : 50-52) ได้สร้างแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองทางรูปภาพ ใช้วิธีการคิด 5 ด้าน (การรู้จักและการเข้าใจ การจำ การคิดอเนกนัย การคิดเอกนัย การประเมินค่า) เนื้อหาทางภาพนำแบบทดสอบไปศึกษากับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 ปีการศึกษา 2516 ของกรุงเทพมหานครจำนวน 250 คน ปรากฏว่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทางรูปภาพห้าด้านอยู่ระหว่าง .79 ถึง .97 ส่วนความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองทางรูปภาพ เมื่อใช้แบบทดสอบ วัดด้านการรู้จักและเข้าใจทางภาพ การคิดเอกนัยทางสัญลักษณ์ เป็นเกณฑ์มีค่า .81 และ .66 ตามลำดับ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า

บังอร พุ่มสะอาด (2517 : 40-53) ได้ศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบของสมรรถภาพทางสมองด้านการคิดอเนกนัยทางภาษา โดยยึดผลการคิดทั้ง 6 แบบ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าแบบทดสอบด้านการคิดอเนกนัยทางภาษา มีค่าความเชื่อมั่นระหว่าง .684 ถึง .782 และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างซึ่งหาโดยวิเคราะห์องค์ประกอบอยู่ระหว่าง .327 ถึง .664 สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบด้านการคิดอเนกนัยทางภาษา 6 ฉบับ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาภาษาไทย .079 ถึง .244 และ .024 ถึง .231 ตามลำดับ แบบทดสอบที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยสูงสุดคือ แบบทดสอบด้านการคิดอเนกนัยทางภาษาแบบการแปลงรูป

ประเสริฐ สมพงษ์ธรรม (2524 : 70-71, 82-83) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกนัยทางสัญลักษณ์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การสร้างแบบทดสอบยึดผลการคิดหกแบบ คือแบบหน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์ ศึกษา กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

จังหวัดชลบุรี จำนวน 406 คน จากการศึกษาพบว่าสหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกลัทธิทางสัญลักษณ์ทั้งหกแบบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีค่าพหุคูณตั้งแต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้ แบบทดสอบวัดผล การคิดเอกลัทธิทางสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ แบบการประยุกต์ แบบหน่วย แบบระบบ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์เท่ากับ .271, .216, .189 และ .124 ตามลำดับ ส่วนการคิดเอกลัทธิทางสัญลักษณ์แบบการแปลงรูปและแบบจำพวกส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเมื่อใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์มีค่า .695 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุเทพ สันติวรานนท์ (2527 : 111 – 117) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ การสร้างแบบทดสอบวัดผลการศึกษา 6 แบบ (แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูป และแบบการประยุกต์) ศึกษา กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดสงขลา จำนวน 663 คน จากการศึกษาพบว่าแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์ทั้งหกฉบับมีค่าพหุคูณของความเชื่อมั่นตั้งแต่ .807 ถึง .910 ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างมีน้ำหนักองค์ประกอบพหุคูณตั้งแต่ .618 ถึง .842

แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์ทั้งหกฉบับวัดองค์ประกอบร่วมกัน 1 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบความสามารถด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์แต่ละฉบับกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ค.101 เมื่อศึกษากับนักเรียนกลุ่มรวม นักเรียนชาย นักเรียนหญิง นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงมีค่าเป็นบวก มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 แต่เมื่อศึกษากับนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็นบวกและลบ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์รวมทั้งหกฉบับกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ค. 101 เมื่อศึกษากับนักเรียนกลุ่มรวม นักเรียนชาย นักเรียนหญิง นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงมีค่า .735, .772, .653, .684 ตามลำดับ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่เมื่อศึกษากับนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณมีค่า .219 ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

วาสนา เศษสวย (2540: 79-81) ศึกษาผลการฝึกความสามารถทางสมองด้านสัญลักษณ์และผลผลิตที่มีวิธีการคิดต่างกันตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการฝึกความสามารถทางสมองด้านสัญลักษณ์และผลผลิตแบบ ESP กับ DSP มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านทักษะการคิดคำนวณ ด้านเหตุผล

ด้านการแก้โจทย์ปัญหา และรวมทุกด้าน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แบบ ESP และ NSP มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านทักษะการคิดคำนวณ และด้านเหตุผล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และแบบ NSP กับ DSP มีความสามารถในการแก้ปัญหาด้านการแก้โจทย์ปัญหา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมศักดิ์ บุญวิโรจน์ (2516: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางสัญลักษณ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 ในจังหวัดยะลา จำนวน 254 คน ผลการศึกษาพบว่า แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองทางสัญลักษณ์ที่สร้างขึ้นมีความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .664 ถึง .810 และมีความเที่ยงตรงโดยใช้แบบทดสอบมาตรฐานวัดความถนัดทางการเรียนชนิดต่างๆ เป็นเกณฑ์อยู่ระหว่าง .501 ถึง .658 กลุ่มตัวอย่างที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงมีความสามารถทางสัญลักษณ์ด้านต่างๆ สูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำ และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองทางสัญลักษณ์มีค่าเป็นบวกสูง

ทองสุข วันแสน (2524 : 46 – 105) ได้ศึกษาสมรรถภาพสมองทางภาษาห้าด้าน โดยใช้ผลการคิดหกแบบ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดกรุงเทพมหานคร พบว่า แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านภาษา โดยยึดวิธีการคิดห้าด้าน คือ การรู้จักและเข้าใจ การจำ การคิดนอกนัย การคิดเอกลนัย และการประเมินค่า รวมทั้งหมด 30 ฉบับ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบทั้ง 30 ฉบับ มีค่าเป็นบวกทุกค่า มีพิสัยตั้งแต่ .080 ถึง .603 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบสมรรถภาพสมองทางภาษาห้าด้านกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาภาษาไทยมีพิสัยตั้งแต่ .244 ถึง .457 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำมีสมรรถภาพสมองทางด้านภาษาห้าด้านในแบบต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สถาพร ทัพพะกุล (2516: 55-59) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางด้านสัญลักษณ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองที่สร้างขึ้น ยึดตามแนวทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด โดยใช้เนื้อหา (Contents) สัญลักษณ์ และขบวนการคิด (Operations) ทั้ง 5 ด้าน ปรากฏว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางสัญลักษณ์ด้านต่างๆ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีค่าตั้งแต่ .308 ถึง .622 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า และค่าสหสัมพันธ์ทุกคู่เมื่อใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์มีค่าเท่ากับ .732 และ พบว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูง มีสมรรถภาพทางสัญลักษณ์ด้านต่างๆ สูงกว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ทิวตัน นกบิน (2542 : 60-64) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งวัดได้จากระดับคะแนนเฉลี่ย (GPA) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 358 คน โดยสร้างแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยเนื้อหาภาพ 6 แบบ คือ แบบหน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์ ผลการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของคะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของเจเลนและเออร์เบน และแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยเนื้อหาภาพ 6 แบบ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเท่ากับ .979 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีสัมประสิทธิ์การพยากรณ์เท่ากับ 95.84%

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า
3. วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนกลางในกลุ่มที่ 2 สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 10 โรงเรียน นักเรียนทั้งหมดจำนวน 4,550 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนกลางในกลุ่มที่ 2 สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 370 คน จากโรงเรียนทั้งหมด 10 โรงเรียน ห้องเรียน 110 ห้อง ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยดำเนินการตามลำดับขั้นดังนี้

1. กะประมาณขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ด้วยความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = .05$) เมื่อเทียบจากตารางขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Yamane (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538 : 297 ; อ้างอิงจาก Yamane. 1967) ปรากฏว่าต้องใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 370 คน

2. สุ่มกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาซึ่งเลือกมาโดยวิธีสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยมีโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) และห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) โดยทำการสุ่มมาร้อยละ 10 ของจำนวนห้องเรียนในแต่ละโรงเรียนได้จำนวน 10 ห้องเรียน ดังรายละเอียดจากตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ชื่อโรงเรียน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด (ห้องเรียน)	จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ห้องเรียน)
1. วัดสุทธวราราม	712 (12)	53 (1)
2. เทพศิรินทร์	556 (12)	41 (1)
3. สตรีศรีสุวิทย์	392 (8)	43 (1)
4. สตรีมหาพฤฒาราม	434 (10)	38 (1)
5. สายปัญญา	341 (8)	38 (1)
6. เจ้าพระยาวิทยาคม	459 (12)	34 (1)
7. ไตรมิตรวิทยาลัย	290 (8)	32 (1)
8. นนทรีวิทยา	500 (14)	32 (1)
9. พุทธจักรวิทยา	338 (10)	30 (1)
10. ยานนาวาวิทยาคม	528 (16)	29 (1)
รวม	4,550 (110)	370 (10)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวทฤษฎีของกิลฟอร์ดจำนวน 6 ฉบับ ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขแบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูป และแบบการประยุกต์ จำนวน 5, 4, 6, 6, 5, 4 ข้อ ตามลำดับ

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ค.012) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) จำนวน 1 ฉบับ จำนวน 35 ข้อ

วิธีการดำเนินการสร้างเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ดังจะได้เสนอขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

วิธีดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลข

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในสร้างแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขที่ใช้ในการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

2. ศึกษา นิยาม ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการคิดอเนกนัย โดยทำการศึกษาค้นคว้าจากวารสาร งานวิจัย และปริญญานิพนธ์

3. เขียนนิยามการสร้างแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดทั้ง 6 แบบ คือ แบบหน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์

4. เขียนข้อสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขจำนวน 60 ข้อ โดยเขียนให้ตรงตามนิยามทั้ง 6 แบบตามจำนวนดังนี้

- 4.1 แบบหน่วย จำนวน 10 ข้อ
- 4.2 แบบจำพวก จำนวน 8 ข้อ
- 4.3 แบบความสัมพันธ์ จำนวน 12 ข้อ
- 4.4 แบบระบบ จำนวน 12 ข้อ
- 4.5 แบบการแปลงรูป จำนวน 10 ข้อ
- 4.6 แบบประยุกต์ จำนวน 8 ข้อ

5. นำแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยที่สร้างขึ้นจำนวน 60 ข้อ ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) เพื่อคัดเลือกและปรับปรุงข้อความให้สอดคล้องกับนิยามที่กำหนดไว้ โดยข้อความทั้งหมดต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับหรือมากกว่า 0.50 ผลปรากฏว่าแบบทดสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ผ่านเกณฑ์ทั้งสิ้น 60 ข้อ

6. นำแบบทดสอบที่ได้รับการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญไปทดสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่โรงเรียนปทุมคงคา จำนวน 120 คน เพื่อเป็นการทดลองเครื่องมือ (Try Out)

7. นำแบบทดสอบที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1 มาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อดังตาราง 7 ใน ภาคผนวก ก โดยใช้ t-test เทคนิค 25% ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำพบว่า

7.1 แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบหน่วยมีค่า t ตั้งแต่ 2.171 ถึง 13.230 และคัดเลือกค่า t ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 5 ข้อ ได้ค่า t ตั้งแต่ 10.762 ถึง 13.230

7.2 แบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบจำพวก มีค่า t ตั้งแต่ 8.593 ถึง 22.776 และคัดเลือกค่า t ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 4 ข้อ ได้ค่า t ตั้งแต่ 15.574 ถึง 22.776

7.3 แบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ มีค่า t ตั้งแต่ 7.959 ถึง 22.332 และคัดเลือกค่า t ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 6 ข้อ ได้ค่า t ตั้งแต่ 12.620 ถึง 22.332

7.4 แบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบระบบ มีค่า t ตั้งแต่ 6.304 ถึง 10.520 และคัดเลือกค่า t ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 6 ข้อ ได้ค่า t ตั้งแต่ 8.611 ถึง 10.520

7.5 แบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบแปลงรูป มีค่า t ตั้งแต่ 4.490 ถึง 13.960 และคัดเลือกค่า t ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 5 ข้อ ได้ค่า t ตั้งแต่ 10.294 ถึง 13.960

7.6 แบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบประยุกต์ มีค่า t ตั้งแต่ 8.213 ถึง 17.129 และคัดเลือกค่า t ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 4 ข้อ ได้ค่า t ตั้งแต่ 12.728 ถึง 17.129

8. นำแบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ทั้ง 6 แบบ ที่คัดเลือกไว้มา วิเคราะห์ข้อมูลหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) และสูตร Feldt – Raju

8.1 แบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย จำนวน 5 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ .722 และสูตร Feldt – Raju เท่ากับ .743

8.2 แบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบจำพวก จำนวน 4 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ .908 และสูตร Feldt – Raju เท่ากับ .917

8.3 แบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ จำนวน 6 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .967 และสูตร Feldt – Raju เท่ากับ .973

8.4 แบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบระบบ จำนวน 6 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ .977 และสูตร Feldt – Raju เท่ากับ .983

8.5 แบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบแปลงรูป จำนวน 5 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ .974 และสูตร Feldt – Raju เท่ากับ .977

8.6 แบบทดสอบวัดผลการศึกษาแก่นักเรียนด้านสัญลักษณ์แบบประยุกต์ จำนวน 4 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ .939 และสูตร Feldt -- Raju เท่ากับ .944

วิธีดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในสร้างแบบทดสอบเพื่อสร้างแบบทดสอบเลือกตอบตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (ค.012) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. ศึกษาหลักสูตร แบบเรียน คู่มือครู และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ค.012) หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ดังนี้

2.1 บทที่ 1 พื้นที่ผิวและปริมาตร ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของพีระมิด ทรงกระบอก ทรงกรวย และทรงกลม

2.2 บทที่ 2 การแยกตัวประกอบพหุนาม ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องการแยกตัวประกอบพหุนามดีกรีสอง การแยกตัวประกอบพหุนามดีกรีสองโดยวิธีทำเป็นกำลังสองสมบูรณ์ และการแยกตัวประกอบพหุนามดีกรีสูงกว่าสองที่มีสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนเต็ม

2.3 บทที่ 3 สมการกำลังสอง ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง สมการกำลังสอง การแก้สมการกำลังสองโดยวิธีทำเป็นกำลังสองสมบูรณ์ และโจทย์สมการกำลังสอง

2.4 บทที่ 4 พาราโบลา ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง สมการพาราโบลา พาราโบลาที่กำหนดด้วยสมการ $y = ax^2$ เมื่อ $a \neq 0$, $y = ax^2 + k$ เมื่อ $a \neq 0$, $y = a(x - h)^2 + k$ เมื่อ $a \neq 0$ และ $y = ax^2 + bx + c$ เมื่อ $a \neq 0$

2.5 บทที่ 5 ระบบสมการ ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง ระบบสมการที่ประกอบด้วยสมการเชิงเส้นและสมการดีกรีสอง และระบบสมการที่ประกอบด้วยสมการดีกรีสอง

2.6 บทที่ 6 ความน่าจะเป็น ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง ความน่าจะเป็น การทดสอบสุ่มและเหตุการณ์ และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

2.7 บทที่ 7 สถิติ ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง ตารางแจกแจงความถี่ ฮิสโทแกรมและรูปหลายเหลี่ยมของความถี่ ค่ากลางของข้อมูล และการหาค่ากลางจากตารางแจกแจงความถี่

3. สร้างตารางวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะโดยครูผู้มีความรู้ประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน จำแนกตามพฤติกรรม 4 ระดับ คือ ด้านความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ดังตาราง 8 ในภาคผนวก ข

4. สร้างแบบทดสอบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก ตามตารางวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ จำนวน 70 ข้อ

5. นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจำนวน 70 ข้อ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีความรู้ในเนื้อหา จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เพื่อคัดเลือกข้อสอบ โดยข้อสอบที่ใช้ได้มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ดังตาราง 9 ใน ภาคผนวก ข ผลปรากฏว่าค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 ได้ข้อที่ผ่านเกณฑ์ทั้งสิ้น 70 ข้อ

6. นำแบบทดสอบที่ได้รับการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญไปทดสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่โรงเรียนปทุมคงคา จำนวน 120 คน เพื่อเป็นการทดลองเครื่องมือ (Try Out)

7. นำแบบทดสอบที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1 มาวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อโดยใช้ เทคนิค 27% ของจุง เต ฟาน (Chung Teh Fan) เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจ จำแนก (r) ดังตาราง 10 ในภาคผนวก ข ผลปรากฏว่าได้ค่า p อยู่ระหว่าง 0.200 ถึง 0.958 ค่า r อยู่ระหว่าง -.175 ถึง .525 แล้วคัดเลือกข้อสอบโดยยึดเกณฑ์ค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ทั้งสิ้นจำนวน 35 ข้อ ได้ค่า p ตั้งแต่ .283 ถึง .792 และ ค่า r ตั้งแต่ .200 ถึง .525

8. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่คัดเลือกไว้มาวิเคราะห์ ข้อมูลหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร Kuder Richardson (KR-20) ได้เท่ากับ .715 และสูตรสัมประสิทธิ์ $r_B = .718$

ลักษณะของแบบทดสอบความสามารถทางสมองด้านการคิดอเนกนัย

แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านการคิดอเนกนัยเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัย สร้างขึ้นเอง จำนวน 6 ฉบับ ซึ่งแต่ละฉบับมีลักษณะดังนี้

1. แบบทดสอบการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขแบบหน่วยสร้างตามแนวข้อสอบ ที่กิลฟอร์ดได้เสนอไว้เป็นข้อสอบแบบ Number Fluency (Guilford, 1967: 141 – 142) จำนวน 5 ข้อ ให้เวลาข้อละ 1 นาที ดังตัวอย่าง

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนจำนวนเลขตามที่โจทย์ต้องการมาให้มากที่สุด

(0) จงเขียนตัวเลขที่ 4 หารลงตัวมาให้มากที่สุด

ตัวอย่างคำตอบ 4, 8, 12, 16, 20 ฯลฯ

2. แบบทดสอบการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขแบบจำพวกสร้างตามแนว ข้อสอบที่กิลฟอร์ดได้เสนอไว้เป็นข้อสอบแบบจัดกลุ่มของตัวเลขให้ได้มากที่สุด (Number Grouping) (Guilford, 1967 : 145) จำนวน 4 ข้อ ให้เวลาข้อละ 5 นาที ดังตัวอย่าง

คำชี้แจง ให้นักเรียนจัดกลุ่มของตัวเลขที่กำหนดให้โดยมีเกณฑ์หรือลักษณะบางอย่างร่วมกันให้ได้มากที่สุด ซึ่งในแต่ละกลุ่มต้องมีตัวเลขตั้งแต่ 2 จำนวนขึ้นไป

(0) 2^2 3^1 5 24 38

ตัวอย่างคำตอบ

	กลุ่ม				เกณฑ์
1.	2^2	3^1			ตัวเลขอยู่ในรูปยกกำลัง
2.	3^1	5			เป็นเลขคี่
3.	2^2	24	38		หาร 2 ลงตัว
4.	3	2^2	5		มีผลลัพธ์เป็นตัวเลขเรียงกัน
5.	24	38			เป็นเลข 2 หลัก

3. แบบทดสอบการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขแบบความสัมพันธ์ สร้างตามแนวข้อสอบที่กิลฟอร์ดได้เสนอไว้ เป็นข้อสอบแบบ Number Rules (Guilford. 1967 : 147) จำนวน 2 ข้อ ให้เวลาข้อละ 2 นาที แบบ Alternate Additions (Guilford. 1967 : 146) จำนวน 2 ข้อ ให้เวลาข้อละ 2 นาที แบบ Number Combinations (Guilford. 1967 : 147) จำนวน 2 ข้อ ให้เวลาข้อละ 2 นาที ดังนั้นแบบทดสอบฉบับนี้จึงแบ่งออกเป็นสามตอน ดังนี้

ตอนที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนหาวิธีการให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ตัวเลขเริ่มต้นที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับผลลัพธ์ที่กำหนดให้

(0) ตัวเลขเริ่มต้น 2 ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็น 6

ตัวอย่างคำตอบ

1. $2 \times 3 = 6$
2. $2 + 4 = 6$
3. $2 + 2 + 2 = 6$
4. $2 \times 5 - 4 = 6$

ตอนที่ 2

คำชี้แจง จากตัวเลขที่กำหนดให้ ให้นักเรียนหาวิธีการให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ได้ผลบวกเท่ากับที่กำหนดให้ โดยสามารถใช้ตัวเลขซ้ำกันได้

(0) ตัวเลขที่กำหนดให้ : 1 2 3 4 5 ทำให้ได้ผลบวกเป็น 7

ตัวอย่างคำตอบ

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

ตอนที่ 3

คำชี้แจง ให้นักเรียนใช้ตัวเลขที่กำหนดให้ และเครื่องหมายบวก ลบ คูณหาร และเท่ากัน สร้างสมการให้ได้มากที่สุด โดยที่ในแต่ละสมการต้องไม่มีตัวเลขซ้ำกัน

(0) ตัวเลขที่กำหนดให้ : 1 2 3 4 5 6 7 8 9

ตัวอย่างคำตอบ

1. $2 + 3 = 5$
2. $4 - 3 = 1$
3. $(2 + 3) \div 5 = 1$
4. $4 \times 2 = 7 - 1$

4. แบบทดสอบการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขแบบระบบ สร้างตามแนวข้อสอบ ที่กิลฟอร์ดได้เสนอไว้เป็นข้อสอบแบบ Expressional Fluency (Anastasi. 1968 : 375 และ Guilford. 1967 : 150) จำนวน 6 ข้อ ให้เวลาข้อละ 1 นาที ดังตัวอย่าง

คำชี้แจง ให้นักเรียนหาตัวเลข 3 จำนวน มากระทำตามที่โจทย์ต้องการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เท่ากับที่กำหนดให้ โดยตัวเลขทั้ง 3 จำนวนนั้น ต้องไม่เกิน 2 หลัก

(0) $\square + \square + \square = 39$

ตัวอย่างคำตอบ

1. $12 + 13 + 14 = 39$
2. $15 + 16 + 8 = 39$
3. $17 + 18 + 4 = 39$

5. แบบทดสอบการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขแบบการแปลงรูป สร้างตามแนวข้อสอบที่กิลฟอร์ดได้เสนอไว้ เป็นข้อสอบแบบ Multiple Letter Changes (Guilford and Hoepfner. 1971 : 181) จำนวน 5 ข้อ ให้เวลาข้อละ 1 นาที ดังตัวอย่าง

คำชี้แจง ให้นักเรียนเปลี่ยนจำนวนเลขที่กำหนดให้ โดยที่ในการเปลี่ยนแต่ละครั้ง จะเปลี่ยนตัวเลขได้ไม่เกิน 2 ตำแหน่ง แล้วทำให้จำนวนเลขตัวใหม่มีค่าตามที่โจทย์ต้องการให้ได้มากที่สุด และบอกวิธีการเปลี่ยนด้วย

(0) 4,890 ทำให้เป็นเลขจำนวนใหม่ที่มีค่ามากกว่า 8,000

ตัวอย่างคำตอบ

1. 8,890 (เปลี่ยนที่หลักพันจากเลข 4 เป็นเลข 8)
2. 9,840 (เปลี่ยนที่หลักพันกับหลักสิบจากเลข 4 เป็นเลข 9 จาก เลข 9 เป็นเลข 4)

6. แบบทดสอบการคิดเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขแบบการประยุกต์ สร้างตามแนวข้อสอบที่กิลฟอร์ดได้เสนอไว้ เป็นข้อสอบแบบ Symbol Elaboration (Guilford, 1976: 159) จำนวน 4 ข้อ ให้เวลาข้อละ 2 นาทีดังตัวอย่าง

คำชี้แจง จากสมการที่กำหนดให้ ให้นักเรียนเขียนสมการใหม่โดยใช้ตัวเลขและเครื่องหมายจากสมการที่กำหนดให้

(0) สมการที่กำหนดให้ : $4 - 1 = 3$
 $3 + 5 = 8$

- ตัวอย่างคำตอบ
1. $4 - 3 = 1$
 2. $5 = 8 - 3$
 3. $8 = 4 + 1 + 3$
 4. $5 = 8 - 4 + 1$

การตรวจให้คะแนน

การให้คะแนนถือเกณฑ์พิจารณาใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ คะแนนความคล่องแคล่ว คะแนนความคิดยืดหยุ่นและคะแนนความคิดริเริ่ม การให้คะแนนแต่ละองค์ประกอบมีหลักการให้คะแนนดังนี้

1. คะแนนความคล่องแคล่ว (Fluency) ให้คะแนนที่ได้จากการนับจำนวนคำตอบที่แตกต่างกัน โดยไม่คำนึงว่า คำตอบเหล่านี้จะไปซ้ำกับคำตอบของนักเรียนคนอื่นหรือไม่ จะได้คำตอบละ 1 คะแนน

2. คะแนนความยืดหยุ่น (Flexibility) ให้คะแนนที่ได้จากการนับจำนวนคำตอบที่ไม่อยู่ในทิศทางเดียวกัน หรือคำตอบที่อยู่ในประเภทที่แตกต่างกัน ได้คะแนนประเภทละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม (Originality) ให้คะแนนตามสัดส่วนของความถี่ของคำตอบซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการของ ครอพเลย์ (Cropley, 1966 : 261-262) คำตอบใดที่นักเรียนตอบซ้ำกันมากๆ ก็ได้คะแนนน้อยหรือไม่ได้เลย ถ้าคำตอบที่ซ้ำกับคนอื่นน้อยหรือไม่ซ้ำกับคนอื่นเลย ก็จะได้คะแนนมากขึ้น โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

คำตอบซ้ำกัน	คะแนนที่ได้
12 % ขึ้นไป	0
6 - 11 %	1
3 - 5 %	2
2 %	3
ไม่เกิน 1 %	4

ลักษณะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ค.012) บทที่ 1 พื้นที่ผิวและปริมาตร บทที่ 2 การแยกตัวประกอบพหุนาม บทที่ 3 สมการกำลังสอง บทที่ 4 พาราโบลา บทที่ 5 ระบบสมการ บทที่ 6 ความน่าจะเป็น และบทที่ 7 สถิติ จำนวน 70 ข้อ เป็นข้อสอบชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญา 4 ระดับ คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ มีลักษณะดังนี้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค.012)

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก
ให้นักเรียนอ่านโจทย์แต่ละข้อให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด
เพียงคำตอบเดียว

ตัวอย่างข้อสอบความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ

ในการสอบวิชาภาษาไทย คะแนนเต็ม 50 คะแนน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้องหนึ่ง จำนวน 30 คน ได้คะแนนดังนี้

26 41 44 48 30 33 34 21 30 39 32 47 22 27 34
24 32 46 39 25 34 33 40 28 29 26 35 37 23 33

(0) คะแนนต่ำสุดตรงกับข้อใด

ก. 19

ข. 20

ค. 21

ง. 22

จ. 23

คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ค.

(00) ค่าพิสัยตรงกับข้อใด

ก. 25

ข. 26

ค. 27

ง. 28

จ. 29

คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ค.

ตัวอย่างข้อสอบความเข้าใจ

(00) แซมเปิลสเปซของการทอดลูกเต๋า 4 ลูก 1 ครั้ง และสนใจจำนวนลูกเต๋าคู่ที่หงายหน้าแต้ม 6 คือข้อใด

- ก. 1, 2, 3, 4
 - ข. 0, 1, 2, 3, 4
 - ค. 6, 6, 6, 6
 - ง. 1, 2, 3, 4, 5, 6
 - จ. 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
- คำตอบที่ถูกต้องคือ ข.

(00) จากการโยนเหรียญ 1 อัน 2 ครั้ง ความน่าจะเป็นที่เหรียญจะขึ้นก้อยในการโยนเหรียญครั้งที่ 2 ตรงกับข้อใด

- ก. $1/2$
 - ข. $1/3$
 - ค. $1/4$
 - ง. $2/3$
 - จ. $3/4$
- คำตอบที่ถูกต้องคือ ก.

ตัวอย่างข้อสอบการนำไปใช้

(0) นักเรียนกลุ่มหนึ่งมี 20 คน ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของน้ำหนักคือ 45 กิโลกรัม ต่อมา มี นักเรียนลาออกไป 1 คน ทำให้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของน้ำหนักลดลงไป 0.2 กิโลกรัม นักเรียนที่ลาออกน้ำหนักกี่กิโลกรัม

- ก. 42.56
 - ข. 44.8
 - ค. 47.37
 - ง. 48.8
 - จ. 49.5
- คำตอบที่ถูกต้องคือ ข. ง.

- (00) นักเรียนห้องหนึ่งมี 30 คน เป็นนักเรียนชาย 12 คน นักเรียนชายมีความสูงเฉลี่ยเป็น 165 เซนติเมตร นักเรียนหญิงมีความสูงเฉลี่ยเป็น 155 เซนติเมตร จงหาความสูงเฉลี่ยของนักเรียนห้องนี้เป็นเซนติเมตร

ก. 157

ข. 158

ค. 159

ง. 160

จ. 161

คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ก.

ตัวอย่างข้อสอบการวิเคราะห์

- (0) จงพิสูจน์ว่าการแยกตัวประกอบในข้อใดเป็นตัวประกอบของ

$$(x^2 - 2y^2)^3 + (2x^2 - y^2)^3$$

ก. $3(x + y)(x - y)(3x^4 + 3x^2y^2 - 3y^4)$

ข. $3(x + y)(x - y)(3x^4 + 3x^2y^2 + 3y^4)$

ค. $3(x + y)(x - y)(3x^4 - 3x^2y^2 + 3y^4)$

ง. $3(x + y)(x - y)(3x^4 - 3x^2y^2 - 3y^4)$

จ. $x^6 + 2y^6 + 2x^6 - y^6$

คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ค.

- (00) $(x + 2)(x + 3)(x - 4)(x - 6) - 10x^2$ สามารถแยกตัวประกอบได้ดังข้อใด

ก. $(x + 4)(x - 3)(x^2 - 6x - 12)$

ข. $(x + 4)(x - 3)(x^2 + 6x - 12)$

ค. $(x + 4)(x - 3)(x^2 - 6x + 12)$

ง. $(x + 4)(x + 3)(x^2 - 6x + 12)$

จ. $(x + 4)(x + 3)(x^2 + 6x - 12)$

คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ก.

วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์นั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ติดต่อโรงเรียนที่เลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง ขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียนและนัดหมายวัน เวลา เพื่อนำแบบทดสอบไปทำการสอบ
2. จัดเตรียมข้อสอบให้เพียงพอกับจำนวนนักศึกษาที่สอบแต่ละครั้ง วางแผนดำเนินการสอบโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอบเอง
3. อธิบายให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจวัตถุประสงค์และผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำแบบทดสอบ
4. อธิบายให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจวิธีทำแบบทดสอบ และวิธีตอบก่อนที่จะลงมือทำ
5. นำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน และบันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. หาค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบ คือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)
2. วิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (Item Analysis) เพื่อหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบโดยใช้เทคนิค 27 เปอร์เซนต์ และเปิดตารางจุง เต ฟาน สำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
3. วิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (Item Analysis) เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้ t-test แบบเทคนิค 25 เปอร์เซนต์ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 216; อ้างอิงจาก Edwards. 1957: 152-154) สำหรับข้อสอบวัดความสามารถทางสมองด้านการคิดอเนกนัย

$$t = \frac{\bar{X}_H - \bar{X}_L}{\sqrt{\frac{S_H^2}{n_H} + \frac{S_L^2}{n_L}}}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
	$\bar{X}_H$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มสูง
	$\bar{X}_L$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มต่ำ
	S_H^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มสูง
	S_L^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มต่ำ
	n_H	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูง
	n_L	แทน	จำนวนคนในกลุ่มต่ำ

4. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้สูตร Kuder Richardson (KR-20)(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2541: 226) และสูตร สัมประสิทธิ์ r_B (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2538 : 51-52)

4.1 สูตร Kuder Richardson (KR-20)

$$r_{ii} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

เมื่อ	r_{it}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	แทน	จำนวนข้อ
	p	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ $= 1 - p$
	S^2	แทน	ความแปรปรวนของข้อสอบทั้งฉบับ

4.2 สูตรสัมประสิทธิ์ r_B

$$r_B = \frac{1}{1 - \sum \lambda_i^2} \left[1 - \frac{\sum P_i(1 - P_i)}{S_x^2} \right]$$

เมื่อ	r_B	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	S_x^2	แทน	ความแปรปรวนของข้อสอบทั้งฉบับ
	P	แทน	ความยากง่ายรายข้อของข้อสอบ
	λ_i	=	$[\sum B_{it} - P_i(X - 1)] / S_x^2$
	λ_2	=	$[\sum B_{2i} - P_2(X - 1)] / S_x^2$
	...		
	λ_k	=	$[\sum B_{ki} - P_k(X - 1)] / S_x^2$
	X	=	$\sum P_i$
	B	แทน	สัดส่วนจำนวนผู้ตอบสองข้อใดๆ ถูก

5. ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - coefficient) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2541 : 229) และ r_{F-R} ของ Feldt – Raju (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2533: 30)

5.1 สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - coefficient)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2} \right]$$

เมื่อ	α	แทน	สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	n	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
	S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ
	S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

5.2 สูตร r_{F-R} ของ Feldt – Raju

$$r_{F-R} = \left[\frac{1}{1 - \sum \lambda_i^2} \right] \left[\frac{S_x^2 - \sum S_i^2}{S_x^2} \right]$$

เมื่อ	r_{F-R}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	λ_i^2	แทน	สัดส่วนระหว่างผลรวมของเมตริกในแถวที่ i กับความแปรปรวนของแบบของแบบทดสอบทั้งฉบับ
	S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนในแต่ละตอนของแบบทดสอบ
	S_x^2	แทน	ความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

6. หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณโดยใช้สูตร (Kerlinger and Pedhazur.1973: 75)

$$R_{y.1,2,3,\dots,n} = \sqrt{\beta_1 r_{1y} + \beta_2 r_{2y} + \beta_3 r_{3y} + \dots + \beta_n r_{ny}}$$

เมื่อ	$R_{y.1,2,3,\dots,n}$	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรอิสระตัวที่ 1 ถึง n
	$\beta_{1,2,3,\dots,n}$	แทน	ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรอิสระตัวที่ 1 ถึง n ในรูปคะแนนมาตรฐาน
	$r_{1y,2y,3y,\dots,ny}$	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระตัวที่ 1 ถึง n กับตัวแปรตาม y

7. ทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ โดยใช้สูตร (Kerlinger and Pedhazur.1973: 63)

$$F = \frac{R^2 / m}{(1 - R^2)(n - m - 1)}$$

เมื่อ	F	แทน	ค่าจากการแจกแจงแบบ เอฟ (F-distribution)
	R	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
	n	แทน	จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง
	m	แทน	จำนวนตัวแปรอิสระ
	df_1	=	m
	df_2	=	$n - m - 1$

8. หาค่าน้ำหนักความสำคัญ (Beta-Weight) โดยใช้สูตร (Kerlinger and Pedhazur. 1973 : 61)

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

เมื่อ	b_i	แทน	ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรอิสระตัวที่ i ในรูปคะแนนดิบ
	β_i	แทน	ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรอิสระตัวที่ i ในรูปคะแนนมาตรฐาน
	S_x	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากตัวแปรอิสระที่ i
	S_y	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากตัวแปรตาม

9. ทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย โดยใช้สูตร (Kerlinger and Pedhazur. 1973 : 119)

$$t_j = \frac{b_j}{SE_{b_j}}$$

t_j	แทน	ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติการแจกแจงแบบ t
b_j	แทน	สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวพยากรณ์ (ตัวแปรอิสระ) ตัวที่ j ที่ต้องการทดสอบนัยสำคัญ
SE_{b_j}	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์การถดถอย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การแปลความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

สัญลักษณ์และอักษรย่อในการวิเคราะห์ข้อมูล

N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
k	แทน	จำนวนข้อ
M	แทน	คะแนนเฉลี่ย
S.D.	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
CV	แทน	สัมประสิทธิ์การกระจาย
α	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ที่คำนวณได้จากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α)
r_{F-R}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ที่คำนวณได้จากสูตร r_{F-R} ของ Feldt-Raju
KR20	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่คำนวณได้จากสูตร KR20 ของ Kuder Richardson
r_B	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่คำนวณได้จากสูตรสัมประสิทธิ์ r_B
SEM_α	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์คำนวณจากค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากสูตร α
SEM_{F-R}	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์คำนวณจากค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากสูตร r_{F-R}
SEM_{KR20}	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์คำนวณจากค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากสูตร KR20

SEMr _B	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์คำนวณจากค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากสูตรสัมประสิทธิ์ r _B
b	แทน	สัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ
SE _b	แทน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ b
β	แทน	สัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน
R	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
R ²	แทน	สัมประสิทธิ์ของการทำนาย
F	แทน	ค่าสถิติของการแจกแจงเอฟ
Y	แทน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
DSU	แทน	ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย
DSC	แทน	ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบจำพวก
DSR	แทน	ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์
DSS	แทน	ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบระบบ
DST	แทน	ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบการแปลงรูป
DSI	แทน	ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบการประยุกต์

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดทั้ง 6 แบบ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ตอนที่ 2 การศึกษาความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปร

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์พหุคูณและค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของตัวแปรในแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดแต่ละแบบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ตอนที่ 4 วิเคราะห์หากกลุ่มตัวพยากรณ์ที่ส่งผลดีที่สุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดในแต่ละแบบและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าความเชื่อมั่นและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแบบทดสอบ ดังแสดงในตาราง 2 และตาราง 3

ตาราง 2 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด 6 แบบ

แบบทดสอบ	N	k	M	S.D.	CV	α	r_{F-R}	SEM_{α}	SEM_{F-R}
DSU	370	5	35.267	8.334	23.631	.642	.647	4.986	4.951
DSC	370	4	13.605	8.063	59.265	.849	.852	3.133	3.101
DSR	370	6	27.113	19.505	71.939	.941	.944	4.737	4.615
DSS	370	6	19.508	17.879	91.649	.970	.975	3.096	2.826
DST	370	5	10.359	7.199	69.495	.955	.958	1.527	1.475
DSI	370	4	11.513	9.687	84.139	.893	.896	3.168	3.123

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 2 พบว่า แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด 6 แบบ คือ แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย (DSU) แบบจำพวก (DSC) แบบความสัมพันธ์ (DSR) แบบระบบ (DSS) แบบการแปลงรูป (DST) และแบบการประยุกต์ (DSI) มีค่าเฉลี่ย 35.267, 13.605, 27.113, 19.508, 10.359 และ 11.513 ตามลำดับ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.334, 8.063, 19.505, 17.879, 7.199 และ 9.687 ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย 23.631, 59.265, 71.939, 91.649, 69.495 และ 84.139 ตามลำดับ มีค่าความเชื่อมั่น (α) .642, .849, .941, .970, .955 และ .893 ตามลำดับ มีค่าความเชื่อมั่น (r_{F-R}) .647, .852, .944, .975, .958 และ .896 ตามลำดับ มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM_{α}) 4.986, 3.133, 4.737, 3.096, 1.527 และ 3.168 ตามลำดับ และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM_{F-R}) 4.951, 3.101, 4.615, 2.826, 1.475 และ 3.123 ตามลำดับ

ตาราง 3 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

แบบทดสอบ	N	k	M	S.D.	CV	KR20	r_B	SEM_{KR20}	SEM_{r_B}
Y	370	35	16.361	5.123	31.312	.718	.720	2.720	2.710

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 3 พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.361 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.123 สัมประสิทธิ์การกระจายเท่ากับ 31.312 มีค่าความเชื่อมั่น (KR20) เท่ากับ .718 มีค่าความเชื่อมั่น (r_B) เท่ากับ .720 มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM_{KR20}) เท่ากับ 2.720 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM_{r_B}) เท่ากับ 2.710

ตอนที่ 2 การศึกษาความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปร

ผู้วิจัยได้นำตัวแปรคะแนนของผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 6 แบบ มาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างกันและกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ความสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างแบบทดสอบวัดผลการศึกษาการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 6 แบบและกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

แบบทดสอบ	DSU	DSC	DSR	DSS	DST	DSI	Y
DSU	1.000	.351**	.394**	.208**	.302**	.377**	.640**
DSC		1.000	.634**	.397**	.405**	.594**	.657**
DSR			1.000	.702**	.599**	.846**	.818**
DSS				1.000	.583	.754**	.655**
DST					1.000	.614**	.623**
DSI						1.000	.577**
Y							1.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .01$

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 4 พบว่าแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 6 แบบ มีความสัมพันธ์ภายในกลุ่มแบบทดสอบ และมีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ดังนี้

ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มแบบทดสอบ พบว่าแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 6 แบบ คู่ที่มีความสัมพันธ์กันสูงที่สุดคือ แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยแบบความสัมพันธ์ (DSR) กับแบบประยุกต์ (DSI) มีความสัมพันธ์กันสูงถึง .846 คู่ที่มีความสัมพันธ์รองลงมาตามลำดับคือ แบบระบบ (DSS) กับแบบประยุกต์ (DSI) เท่ากับ .754 แบบความสัมพันธ์ (DSR) กับแบบระบบ (DSS) เท่ากับ .702 แบบจำพวก (DSC) กับแบบความสัมพันธ์ (DSR) เท่ากับ .634 แบบแปลงรูป (DST) กับแบบประยุกต์ (DSI) เท่ากับ .614 แบบความสัมพันธ์ (DSR) กับแบบแปลงรูป (DST) เท่ากับ .599 แบบจำพวก (DSC) กับแบบประยุกต์ (DSI) เท่ากับ .594 แบบแปลงรูป (DST) กับแบบระบบ (DSS) เท่ากับ .583 แบบจำพวก (DSC) กับแบบแปลงรูป (DST) เท่ากับ .405 แบบจำพวก (DSC) กับแบบระบบ (DSS) เท่ากับ .397 แบบหน่วย (DSU) กับแบบความสัมพันธ์ เท่ากับ .394 แบบหน่วย (DSU) กับแบบประยุกต์ (DSI) เท่ากับ .377 แบบหน่วย (DSU) กับแบบจำพวก (DSC) เท่ากับ .351 แบบหน่วย (DSU) กับแบบแปลงรูป (DST) เท่ากับ .302 และแบบหน่วย (DSU) กับแบบระบบ (DSS) เท่ากับ .208 ซึ่งคะแนนของผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 6 แบบ มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า

ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มแบบทดสอบ พบว่าคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ (DSR) สูงสุดเท่ากับ .818 และมีความสัมพันธ์รองลงมาตามลำดับกับ แบบจำพวก (DSU) เท่ากับ .657 แบบระบบ (DSS) เท่ากับ .655 แบบหน่วย (DSU) เท่ากับ .640 แบบแปลงรูป (DST) เท่ากับ .623 และแบบประยุกต์ (DSI) เท่ากับ .577 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณและค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ที่ส่งผลต่อคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้นำคะแนนแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 6 แบบมาวิเคราะห์โดยใช้การถดถอยพหุคูณ (Regression) วิธี Enter เพื่อพิจารณาภาพรวมของ

ตัวพยากรณ์ทั้งหมด หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณกับคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ และทำการทดสอบนัยสำคัญของค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์และหาค่าน้ำหนักสมทบหรือเปอร์เซ็นต์ส่งผล ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณและค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของแบบทดสอบวัดผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์ 6 แบบ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ตัวพยากรณ์	b	SE _b	β	$\beta\%$	อันดับ	t
DSU	.156	.010	.357	29.68	1	15.218**
DSC	.077	.013	.172	14.30	3	6.154**
DSR	.060	.008	.322	26.77	2	7.490**
DSS	.033	.007	.165	13.71	4	4.838**
DST	.055	.014	.110	9.14	5	3.944**
DSI	.028	.017	.077	6.40	6	1.717

R = .917
 $R^2 = .841$
 F = 319.318**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .01$

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 5 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของแบบทดสอบวัดผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์ 6 แบบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ .917 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 ($F = 319.318$) แสดงว่าผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์สามารถพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้สูงเชื่อถือได้ และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ 84.10% นอกจากนั้นแบบทดสอบวัดผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงสุดเป็นอันดับ 1 คือ แบบทดสอบวัดผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย ส่งผล 29.68% และอันดับรองลงมาตามลำดับคือ แบบความสัมพันธ์ แบบจำพวก แบบระบบ และแบบแปลงรูป ส่งผล 26.77% 14.30% 13.71% และ 9.14% ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 ส่วนแบบทดสอบวัดผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์แบบประยุกต์ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 4 ตัวพยากรณ์ที่ส่งผลดีที่สุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

การค้นหาคำพยากรณ์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยวิเคราะห์โดยใช้การถดถอยพหุคูณ (Regression) วิธี Stepwise เลือกตัวพยากรณ์ของแบบทดสอบวัดผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์ซึ่งได้แก่ แบบทดสอบวัดผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบแปลงรูป เพื่อค้นหากลุ่มตัวพยากรณ์ที่ส่งผลดีที่สุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 คำนำน้หนักความสำคัญสัมพัทธ์และค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผลของกลุ่มตัวพยากรณ์ที่ส่งผลดีที่สุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ตัวพยากรณ์	b	SE _b	β	$\beta\%$	อันดับ	t
DSU	.158	.010	.361	29.96	1	15.459**
DSC	.081	.012	.180	14.94	4	6.538**
DSR	.067	.007	.360	29.88	2	9.710**
DSS	.038	.006	.188	15.60	3	6.047**
DST	.058	.014	.116	9.63	5	4.185**

R = .916
 $R^2 = .839$
 F = 380.555**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .01$

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 6 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของแบบทดสอบวัดผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์ 5 แบบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ .916 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 ($F = 380.555$) แสดงว่าผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์สามารถพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้สูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ 83.90% นอกจากนั้น คำนำน้หนักความสำคัญสัมพัทธ์ของแบบทดสอบวัดผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และส่งผลสูงสุดเป็นอันดับ 1 คือแบบทดสอบวัดผลการศึกษาต่อเนื่องด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย ส่งผล 29.96% ที่ส่งผลอันดับรองลงมาตามลำดับคือ แบบความสัมพันธ์ ส่งผล 29.88% แบบระบบ ส่งผล 15.60% แบบจำพวก ส่งผล 14.94% และแปลงรูป ส่งผล 9.63%

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดจุดมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการคิดเนกนัยด้านสัญลักษณ์แต่ละแบบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
2. เพื่อหาคำแนะนำนักความสำคัญสัมพัทธ์ของผลการคิดเนกนัยด้านสัญลักษณ์แต่ละความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

เอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนการศึกษา 2543 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนกลางในกลุ่มที่ 2 สังกัดกรมสามัญศึกษา เพชรบูรณ์ จำนวน 10 โรงเรียน 10 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 370 คน ซึ่งมาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลการคิดเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขตามแนวทฤษฎีของกิลฟอร์ดทั้ง 6 แบบ ได้แก่ แบบหน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์ จำนวน 5, 4, 6, 6, 5, 4 ข้อ ตามลำดับ
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ค.012) ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) จำนวน 1 ฉบับ จำนวน 35 ข้อ

วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์นั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ติดต่อโรงเรียนที่เลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง ขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียนและนัดหมายวัน เวลา เพื่อนำแบบทดสอบไปทำการสอบ
2. จัดเตรียมข้อสอบให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่สอบแต่ละครั้ง วางแผนดำเนินการสอบโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอบเอง

3. อธิบายให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจวัตถุประสงค์ และผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำแบบทดสอบ

4. อธิบายให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจวิธีทำแบบทดสอบและวิธีตอบก่อนการสอบ

5. นำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน และบันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาค้างนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดทั้ง 6 แบบ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ตอนที่ 2 การศึกษาความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปร

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์พหุคูณและค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของตัวแปรในแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดแต่ละแบบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์กลุ่มตัวพยากรณ์ที่ส่งผลดีที่สุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด 6 แบบ มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 10.359 ถึง 35.267 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตั้งแต่ 7.199 ถึง 19.505 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย มีค่าตั้งแต่ 23.631 ถึง 91.649 ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α) มีค่าตั้งแต่ .642 ถึง .970 ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตร r_{F-R} ของ Feldt - Raju มีค่าตั้งแต่ .647 ถึง .975 ค่าความคลาดมาตรฐาน (SEM_{α}) มีค่าตั้งแต่ 1.527 ถึง 4.986 และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM_{F-R}) มีค่าตั้งแต่ 1.475 ถึง 4.951

2. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเป็น 16.361 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 5.123 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย มีค่าเท่ากับ 31.312 ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตร Kuder Richardson (KR20) เท่ากับ .718 ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตรสัมประสิทธิ์ r_B เท่ากับ .720 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM_{KR20}) เท่ากับ 2.720 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM_{r_B}) เท่ากับ 2.710

3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด 6 แบบ มีค่าตั้งแต่ .208 ถึง .846

4. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด 6 แบบกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าตั้งแต่ .577 ถึง .818 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันทุกแบบ

5. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของตัวพยากรณ์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เมื่อใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับ .917 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ 84.10 ส่วนแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 5 แบบคือ แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบแปลงรูป ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 ส่วนแบบประยุกต์ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

6. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของตัวพยากรณ์ที่ส่งผลดีที่สุดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ .916 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ 83.90% โดยที่กลุ่มตัวพยากรณ์ที่ส่งผลดีที่สุดคือ แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย ส่งผล 29.96% ส่งผลอันดับรองลงมาตามลำดับคือ แบบสัมพันธ์ แบบระบบ แบบจำพวก และแบบแปลงรูป ส่งผล 29.88%, 15.60%, 14.94% และ 9.63% ตามลำดับ

อภิปรายผล

1. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ทุกค่า ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่าผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน อาจเป็นเพราะว่าผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ทั้ง 6 แบบ คือแบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบแปลงรูป และแบบประยุกต์เป็นการคิดขั้นพื้นฐาน และเป็นไปตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด (Guilford 1988: 1-4) ที่กล่าวว่าผลการคิดทั้ง 6 แบบ ไม่ได้แยกจากกันโดยอิสระ จึงทำให้ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ทั้ง 6 แบบ มีความสัมพันธ์กันทางบวก และผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคาร์ลเวล (Caldwell, 1972: 437-441) ที่ว่าแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดส่งผลต่อการเรียนวิชาเรขาคณิตและสอดคล้องกับสุเทพสันติวรานนท์ (2527: 73-107) และ บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2517: 79-82) ที่พบว่านักเรียน

มีสมรรถภาพสมองตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดสูง จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงด้วย

2. คำนำนั้ความสำคัญสัมพัทธ์ของผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ อย่างน้อย 1 แบบส่งผลต่อสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ คำนำนั้ความสำคัญสัมพัทธ์ของผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 5 แบบ ได้แก่ ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบการแปลงรูปส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบประยุกต์ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ทั้ง 5 แบบเป็นตัวพยากรณ์ที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสามารถ วีระสัมฤทธิ์ (2512: 66) ที่พบว่า นั้ความสำคัญสัมพัทธ์ของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านตัวเลข ด้านภาษา ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับพัชรา ทัศนวิจิตรวงศ์ (2540: 90) พบว่าตัวพยากรณ์ที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ คือ ความถนัดทางการเรียนด้านตัวเลข และด้านภาษา

3. การค้นหากลุ่มตัวพยากรณ์ที่ดีที่สุดที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 5 แบบ ได้แก่ ผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบการแปลงรูป มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (.916) เท่ากับ กลุ่มตัวพยากรณ์ทั้งหมด (.917) คือ .920 เมื่อเทียบค่าที่จุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง แสดงให้เห็นว่าหากจะนำแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์นี้ไปใช้ทดสอบกับนักเรียนสามารถนำไปใช้ได้เพียง 5 ฉบับ เป็นการลดแบบทดสอบที่จะนำไปทดสอบ อีกทั้งยังเป็นการประหยัดแรงงาน ค่าใช้จ่าย และเวลาที่ใช้ในการทดสอบด้วย

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สรุปข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะทั่วไป

ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ค.012 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ครูผู้สอนควรใช้แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบการแปลงรูป พยากรณ์นักเรียนในชั้นเรียน หากพบว่า มีนักเรียนที่ทำคะแนนแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ได้ค่อนข้างน้อย ครูผู้สอนควรติดตามและให้คำปรึกษาแนะแนวแก่นักเรียนเหล่านั้น หรืออาจจะจัดชั่วโมงเสริมเพื่อสอนให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค.012 มากขึ้น

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

1. ควรมีการศึกษาผลการคิดอเนกนัยในเนื้อหาอื่นๆ ได้แก่ การมองเห็น การได้ยิน ภาษา และพฤติกรรม จะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หรือไม่ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการฝึกทักษะด้านอื่นๆ ไปพร้อมกัน นอกเหนือจากผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์

2. ควรมีการศึกษาผลการคิดอเนกนัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาอื่นๆ

3. การนำแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยตามทฤษฎีโครงสร้างสมองของกิลฟอร์ดไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง หากเป็นไปได้ควรทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างครั้งละฉบับ เพราะการทดสอบครั้งละ 6 ฉบับอาจทำให้นักเรียนเหนื่อยเกินไปและไม่ได้ใช้ความรู้เต็มความสามารถที่มีอยู่ทำแบบทดสอบ

4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นตัวเกณฑ์นี้ มีเนื้อหาตามหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ ค.012 ซึ่งยังไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรมีการศึกษาในทำนองเดียวกันกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ค.011 เพื่อประโยชน์ในการแนะแนวการศึกษาต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2535). หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา
- กุศยา แสงเดช. (2518). การศึกษาเปรียบเทียบปัญหาการเรียน สังคม และส่วนตัว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดกรมสามัญศึกษาในกรุงเทพมหานครและจังหวัดชัยภูมิ. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดลำนเา.
- จรินทร์ ประสงค์สม. (2517). ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางรูปภาพกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิชาการศึกษา. อุดลำนเา.
- จันทร์เพ็ญ ธนาศุภกรกุล. (2526). ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. อุดลำนเา.
- ทองสุข วันแสน. (2524). การศึกษาสมรรถภาพสมองทางภาษาห้าด้านตามแนวทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทองหล่อ วิชาวิน. (2524). การวัดความถนัด. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ทิวตัน นกบิน. (2542). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นงนุช วรรณหะ. (2514) ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิชาการศึกษา. อุดลำนเา.
- บั้งอร พุ่มสะอาด. (2517). การศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบของสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอนกนัยทางภาษาตามทฤษฎีกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิชาการศึกษา. ถ่ายเอกสาร.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2517) การศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบของสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอนกนัยทางภาษาตามทฤษฎีของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิชาการศึกษา. ถ่ายเอกสาร.
- _____. (2533). "Congeneric part Reliability," วารสารการวัดผลการศึกษา. 12(34) : 28-32.
- _____. (2538, มกราคม-เมษายน). "แบบทดสอบคะแนนจริงสัมพันธ์ : สัมประสิทธิ์ r_B Congeneric Test : Coefficient r_B ," วารสารการวัดผลการศึกษา. 16(48) : 43-58.

- ประเสริฐ สมพงษ์ธรรม. (2524). ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกลัทธิทางสัญลักษณ์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พิเชษฐ์ ตั้งเจตนาภิรมย์. (2529). การสร้างแบบทดสอบวัดการคิดเอกลัทธิด้านสัญลักษณ์ตัวเลขตามทฤษฎีโครงสร้างของกิลฟอร์ด. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พจน์ สะเพียรชัย. (2512). การวิจัยองค์ประกอบของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนสำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 7. กรุงเทพฯ : โครงการวิจัยการเลือกสรรวิทยาลัยวิชาการศึกษา.
- พัชรา ทศนวิจิตรวงศ์. (2540). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก.
- _____. (2541). เทคนิคการสร้างและสอบข้อสอบความถนัดทางการเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก.
- วาสนา เศษสวย. (2540). ผลการฝึกสมรรถภาพสมองด้านสัญลักษณ์ และผลผลิตที่มีวิธีการคิดต่างกัน ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาพร ทัพพะกุล. (2516). ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางสมองทางสัญลักษณ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิชาการศึกษา. ถ่ายเอกสาร.
- สมศักดิ์ วะนันท์. (2517). การศึกษาความสามารถของการคิดแบบอเนกนัย เอกนัย และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิชาการศึกษา. จัดสำเนา.
- สมศักดิ์ บุญวิโรจน์. (2516). ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางสมองทางสัญลักษณ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิชาการศึกษา. ถ่ายเอกสาร.
- สมเดช บุญประจักษ์. (2540). การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- สามารถ วีระสัมฤทธิ์ (2512) *สมรรถภาพทางสมองบางประการที่สัมพันธ์กับความสามารถทาง
การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7*. ปริญญาโท
กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิชาการศึกษา. ถ่ายเอกสาร.
- สุเทพ สันติวรานนท์. (2527). *ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านการประเมินค่าทาง
สัญลักษณ์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คณิตศาสตร์*. ปริญญาโท กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2539). *ร่างแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8
(พ.ศ. 2540 – 2544)*. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี
- สำนักงานทดสอบทางการศึกษา, กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2538). *รายงานผลการประเมิน
คุณภาพทางการศึกษา. ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2536*. กรุงเทพฯ :
โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.
- Aiken, Lewis R. (1977). *Psychological Testing and Assessment*. 2nd ed. Boston :
Allyn and Bacon.
- Anastasi, A. (1968). *Psychological Testing*. Mcmillan Publishing Co., Inc.
- Anastasi, A. (1982). *Psychological Testing*. 5th ed. New York :McMillan Publishing Co, Inc.
- Bell, Frederick H. (1978). *Teaching and Learning Mathematics (in Secondary School)*.
Iowa : Wm. C. Brown Company Publishers.
- Bitter, Gary G., Hartfield, Mary M. and Edwards, Nancy T. (1989). *Mathematics Method for
the Elementary and Middle School. A Comprehensive Approach*. Boston :
Allyn and Bacon, Inc.
- Bennett, G.K., Seashore, N.G., Wesman, A.G., (1956, October) "The Differential
Aptitude Test An Overview," in *The Personnel and Guidance Journal* . p. 81-91.
- Buswell, G.T. and Kersh, B.Y. (1956) "Patterns of Thinking in Solving Problems," in
University of California Publications in Education. 12(2) :63-148.
- Caldwell, James. (1972) "Structure-of-Intellect Measures and Other Test as Predictors
of Success in Tenth-Grade Modern Geometry," in *Educational and Psychological
Measurement*. p. 437-441.
- Charles, Randal and Lester, Frank K. (1982). *Teaching Problem Solving. What Why
& How*. Dale Seymour Publications.
- Clarkson, S.P. (1979, January). "A Study of the Relationships among Translation
and Problem Solving Abilities," in *Dissertation Abstracts International*.
39(7) : 4101-A.

- Cropley, A. J. (1966, November). "Creative and Intelligence," in *The British Journal of Educational Psychology*.
- Cross, K. Patricia and Gaier, Eugene L. (1955, April) "Technique in Problem-Solving as a Predictor of Educational Achievement," in *The Journal of Educational Psychology*, Vol. 46.
- Day, Roger P. (1986, October). "A Problem-Solving Component for Junior High School Mathematics," in *Arithmetic Teacher*. 32(2) : 14-17.
- Feldhusen, John F., Denny, T. and Candon, Charles F. (1965, February) "Anxiety, Divergent Thinking and Achievement," in *Journal of Educational Psychology*. 56 : 40-45.
- Guilford, J. P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York : McGraw - Hill Book Company.
- _____. (1988). "Some Change in the Structure of Intellect Model," in *Educational and Psychological Measurement*. 48(1) : 1-4.
- Guilford, J. P. and Hoepfner, R. (1971) *The Analysis of Intelligence*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Guilford, J. P., Hoepfner, R. & Peterson, H. (1965, Autumn). "Predicting Achievement in Ninth-Grade Mathematics from Measure of Intellectual Aptitude Factors," in *Educational and Psychological Measurement*. (25) : 659-682.
- Kantowski, Mary Grace. (1980). "Some Through on Teaching for Problem Solving," in *Problem Solving in School Mathematics 1980 yearbook*. p. 195-203
Reston, Virginia : The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.
- Kaur, Berinderject. (1993, January). "Mathematical Problem Solving in the Classroom. The Why, What and How," in *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia seamco Recsan*. 16(1): 71-78
- Kidd, Keneth P., Myers, Shirley S. and Ciley, David M. (1970). *The Laboratory Approach to Mathematics*. Science Research Associates, Inc.
- Kerlinger, Fred N. and Pedhazur, Elaxer J. (1973). *Multiple Regression in Behavioral Research*. New York: Holt Rinehart and Winston, Inc.
- Krulik, Stephen and Rudnick, Jesse A. (1993). *Reasoning and Problem Solving. A Handbook for Elementary School Teachers*. Boston : Allyn and Bacon Inc.
- National Council of Supervisors of Mathematics. (1977, October). "Position Paper on Basic Skills," in *Arithmetic Teacher*. 25(1) : 19-22.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1980). *An Agenda for Action. Recommendations for School Mathematics, 1980s*. Dale Seynour Publication.

- Perdikaris, S. C. (1993, May-June). "Applications of Ergodic Chains to Problem Solving," in *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*.
- Polya, G. (1957). *How To Solve it. A New Aspect of Mathematical Method*. New York : Garden City, Doubleday and Company.
- Reys, Robert E., Suydam, Marilyn N. and Lindquist, Mary M. (1992). *Helping Children Learn Mathematics*. 3rd ed. Boston : Allyn and Bacon Inc.
- Travers, Kenneth J. (1967). "A Test of Pupil Preference for Problem-Solving Situations in Junior High School Mathematics," in *The Journal of Experimental Education*, 4(35) : 9-18.
- Wilson, James W. (1971). "Evaluation of Learning in Secondary School Mathematics," in *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. Edited by Benjamin S. Bloom, U.S.A. : McGraw – Hill.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คำอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 6 แบบ
แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลข 6 แบบ

ตาราง 7 ค่าอำนาจจำแนก (t) ของแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ 6 แบบ

ข้อ	ค่า t ของแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์					
	หน่วย DSU	จำพวก DSC	ความสัมพันธ์ DSR	ระบบ DSS	แปลงรูป DST	ประยุกต์ DSI
1.	<u>10.827*</u>	<u>15.574*</u>	<u>17.873*</u>	<u>10.520*</u>	4.490*	<u>12.766*</u>
2.	2.171*	14.594*	14.147*	<u>10.251*</u>	9.289*	11.958*
3.	<u>13.197*</u>	12.447*	13.527*	6.304*	7.188*	11.127*
4.	3.322*	<u>22.776*</u>	<u>13.765*</u>	<u>9.907*</u>	<u>13.960*</u>	<u>12.728*</u>
5.	.407	12.530*	15.538*	<u>9.893*</u>	<u>13.624*</u>	8.213*
6.	10.750*	<u>16.985*</u>	<u>18.109*</u>	7.870*	9.585*	9.123*
7.	6.847*	<u>16.157*</u>	10.402*	7.665*	7.806*	<u>17.129*</u>
8.	<u>13.230*</u>	8.593*	<u>21.535*</u>	7.983*	<u>10.294*</u>	<u>14.671*</u>
9.	<u>12.500*</u>		7.959*	8.339*	<u>10.880*</u>	
10.	<u>10.762*</u>		<u>22.332*</u>	<u>8.611*</u>	<u>13.218*</u>	
11.			<u>12.620*</u>	<u>9.288*</u>		
12.			11.020*	7.148		

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แบบทดสอบ DSU คัดเลือกข้อสอบจำนวน 5 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 3, 8, 9, 10

DSC „_____” 4 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 4, 6, 7

DSR „_____” 6 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 4, 6, 8, 10, 11

DSS „_____” 6 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 2, 4, 5, 10, 11

DST „_____” 5 ข้อ ได้แก่ ข้อ 4, 5, 8, 9, 10

DSI „_____” 4 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 4, 7, 8

คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลข

1. แบบทดสอบชุดนี้มีทั้งหมด 6 ฉบับย่อย
 - ฉบับที่ 1 มี 5 ข้อ ให้เวลาทำข้อละ 1 นาที
 - ฉบับที่ 2 มี 4 ข้อ ให้เวลาทำข้อละ 5 นาที
 - ฉบับที่ 3 มี 3 ตอนๆ ละ 2 ข้อ ให้เวลาทำข้อละ 2 นาที
 - ฉบับที่ 4 มี 6 ข้อ ให้เวลาทำข้อละ 2 นาที
 - ฉบับที่ 5 มี 5 ข้อ ให้เวลาทำข้อละ 1 นาที
 - ฉบับที่ 6 มี 4 ข้อ ให้เวลาทำข้อละ 2 นาที
2. แบบทดสอบทุกฉบับเป็นแบบให้เขียนตอบ โดยให้นักเรียนเขียนตอบ 10 คำตอบ ในแต่ละคำถาม
3. ในแต่ละฉบับจะมีตัวอย่างให้นักเรียนศึกษาก่อนทำ ซึ่งผู้ดำเนินการสอบจะเป็นผู้ชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจ
4. ข้อสอบแต่ละข้อจะมีคำตอบถูกหลายคำตอบ ให้นักเรียนตอบให้ได้มากที่สุดและแตกต่างจากเพื่อนมากที่สุดจึงจะได้คะแนนดี
5. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ยกมือถามก่อนที่จะเริ่มดำเนินการสอบ

แบบทดสอบฉบับที่ 1 (DSU)

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนจำนวนเลข ตามที่โจทย์ต้องการมาให้มากที่สุด

ตัวอย่าง (0) จงเขียนตัวเลขที่ 4 หารลงตัว มาให้มากที่สุด

ตัวอย่างคำตอบ 4, 8, 12, 16, 20

1. จงหาจำนวนที่ 12 และ 3 หารลงตัวมาให้มากที่สุด

.....

.....

.....

2. จงเขียนจำนวนที่นำมาบวกกับ 5^2 แล้วมากกว่า 50 โดยเป็นตัวเลขไม่เกินสองหลัก

.....

.....

.....

3. จงเขียนจำนวนที่เป็นจำนวนเฉพาะมาให้มากที่สุด และเป็นตัวเลขไม่เกินสองหลัก

.....

.....

.....

4. จงเขียนจำนวนที่หารด้วย 7 ลงตัว และจำนวนนั้นเป็นเลขคู่

.....

.....

.....

5. จงเขียนจำนวนที่ยกกำลัง 2 แล้วมีค่าเกิน 37

.....

.....

.....

2. 2^3 , 8 , 2^0 , $\frac{5}{2}$, 2.5 , 3 , 7 , $\frac{9}{4}$, 2.25

[illegible]

3. 43, 108, 113, 86, 64, 6, 5 115, 25, 40

[illegible]

4. $9^2, 81, 729, 9, 3, 8, 24, 64$

[illegible]

แบบทดสอบฉบับที่ 3 (DSR)

ตอนที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนหาวิธีการให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ตัวเลขเริ่มต้นที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับผลลัพธ์ที่กำหนดให้

ตัวอย่าง (0) ตัวเลขเริ่มต้น 2 ทำให้ผลลัพธ์ เป็น 6

ตัวอย่างคำตอบ

1. $2 \times 3 = 6$
2. $2 + 4 = 6$
3. $2 + 2 + 2 = 6$
4. $2 \times 5 - 4 = 6$

1. กำหนดจำนวนตัวเลขเริ่มต้นเป็น 3^2 ทำให้ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 36

[illegible]

2. กำหนดตัวเลขเริ่มต้นเป็น 8 ทำให้ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 48

[illegible]

แบบทดสอบฉบับที่ 3 (DSR)

ตอนที่ 2

คำชี้แจง จากตัวเลขที่กำหนดให้ให้นักเรียนหาวิธีการให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ได้ผลบวกเท่ากับที่กำหนดให้ โดยสามารถใช้ตัวเลขซ้ำกันได้

ตัวอย่าง (0) ตัวเลขที่กำหนดให้: 1 2 3 4 5 ทำให้ได้ผลบวกเป็น 7

ตัวอย่างคำตอบ

1. $3 + 4 = 7$

2. $1 + 2 + 4 = 7$

3. $2 + 3 + 2 = 7$

3. กำหนดตัวเลข 1 3 4 7 8 ทำให้ได้ผลบวกเป็น 15

This image shows a full page of white paper with ten horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and extend across the entire width of the page. There is no text or other markings on the paper.

4. กำหนดตัวเลข 3 5 6 7 9 ทำให้ได้ผลบวกเป็น 18

[illegible]

แบบทดสอบฉบับที่ 3 (DSR)

ตอนที่ 3

คำชี้แจง ให้นักเรียนใช้ตัวเลขที่กำหนดให้ และเครื่องหมายบวก ลบ คูณ หาร และ เท่ากับ สร้างสมการให้ได้มากที่สุด โดยที่ในแต่ละสมการต้องไม่มีตัวเลขซ้ำกัน

ตัวอย่าง (0) ตัวเลขที่กำหนดให้ : 1 2 3 4 5 6 7 8 9

ตัวอย่างคำตอบ

1. $2 + 3 = 5$

2. $4 - 1 = 3$

3. $(2 + 3) \div 5 = 1$

4. $4 \times 2 = 8$

5. ตัวเลขที่กำหนดให้ 2 4 7 8 11 12

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ตัวเลขที่กำหนดให้ 4 5 6 9 14 15

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบฉบับที่ 4 (DSS)

คำชี้แจง ให้นักเรียนหาตัวเลข 3 จำนวน มากระทำตามที่โจทย์ต้องการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เท่ากับที่กำหนดให้ โดยตัวเลขทั้ง 3 จำนวนนั้น ต้องเป็นจำนวนที่มีผลลัพธ์ไม่เกิน 2 หลัก

ตัวอย่าง (0) $\square + \square + \square = 39$

- ตัวอย่างคำตอบ 1. $12 + 13 + 14 = 39$
 2. $15 + 16 + 8 = 39$
 3. $17 + 18 + 4 = 39$

1. $\square + \square + \square = 44$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. $(\square + \square) - \square = 149$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบฉบับที่ 5 (DST)

คำชี้แจง ให้นักเรียนเปลี่ยนจำนวนเลขที่กำหนดให้ โดยที่ในการเปลี่ยนแต่ละครั้งจะเปลี่ยนตัวเลขได้ไม่เกิน 2 ตำแหน่ง และทำให้จำนวนเลขตัวใหม่มีค่าตามที่โจทย์ต้องการให้ได้มากที่สุด และบอกวิธีการเปลี่ยนด้วย

ตัวอย่าง (0) 4,890 ทำให้เป็นเลขจำนวนใหม่ที่มีค่ามากกว่า 8,000

ตัวอย่างคำตอบ

1. 8,890 (เปลี่ยนที่หลักพันจากเลข 4 เป็นเลข 8)
2. 9,840 (เปลี่ยนที่หลักพันกับหลักสิบจากเลข 4 เป็นเลข 9 จากเลข 9 เป็นเลข 4)

1. 782 ทำให้เป็นเลขจำนวนใหม่ที่มีค่าน้อยกว่า 580

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. 825 ทำให้เป็นเลขจำนวนใหม่ที่มีค่าน้อยกว่า 702

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. 3,496 ทำให้เป็นเลขจำนวนใหม่ที่มีค่ามากกว่า 5,090

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. 5,437 ทำให้เป็นเลขจำนวนใหม่ที่มีค่ามากกว่า 7,400

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. 6,723 ทำให้เป็นเลขจำนวนใหม่ที่มีค่ามากกว่า 6,800

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบฉบับที่ 6 (DSI)

คำชี้แจง จากสมการที่กำหนดให้ ให้นักเรียนเขียนสมการใหม่โดยใช้ตัวเลขและเครื่องหมายจากสมการที่กำหนดให้

ตัวอย่าง (0) สมการที่กำหนดให้ : $4 - 1 = 3$
 $3 + 5 = 8$

ตัวอย่างคำตอบ

1. $4 - 3 = 1$
2. $5 = 8 - 3$
3. $8 = 4 + 1 + 3$
4. $5 = 8 - 4 + 1$

1. สมการที่กำหนดให้ $1 + 4 = 5$
 $9 - 6 = 3$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. สมการที่กำหนดให้ $1 + 6 = 7$
 $2 \times 4 = 8$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. สมการที่กำหนดให้ $7 - 3 = 4$
 $6 \div 2 = 3$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. สมการที่กำหนดให้ $2 + 8 = 10$
 $24 - 4 = 20$
 $5 \times 6 = 30$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

ตารางวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค.012)

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำแนกเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน

ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบที่ใช้ในการทดลองเครื่องมือ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค.012)

ตาราง 8 ตารางวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
คณิตศาสตร์ (ค.012) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำแนกตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่
ต้องการวัด จำนวน 70 ข้อ เพื่อใช้ในการทดลองเครื่องมือ

เนื้อหา	ความรู้ ความจำ เกี่ยวกับ ทักษะการ คิดคำนวณ	ความเข้าใจ	การ นำไปใช้	การ วิเคราะห์	รวม
1. พื้นที่ผิวและปริมาตร	1 (2.86%)	4 (5.71%)	5 (7.14%)	-	10 (14.28%)
2. การแยกตัวประกอบพหุนาม	1 (1.43%)	4 (5.71%)	2 (2.86%)	3 (4.29%)	10 (14.28%)
3. สมการกำลังสอง	2 (2.86%)	3 (4.29%)	4 (5.71%)	1 (1.43%)	10 (14.28%)
4. พาราโบลา	2 (2.86%)	4 (7.14%)	3 (2.86%)	1 (1.43%)	10 (14.28%)
5. ระบบสมการ	1 (1.43%)	3 (4.23%)	4 (5.71%)	2 (2.86%)	10 (14.28%)
6. ความน่าจะเป็น	1 (1.43%)	4 (5.71%)	4 (5.71%)	1 (1.43%)	10 (14.28%)
7. สถิติ	2 (2.86%)	4 (5.71%)	4 (5.71%)	-	10 (14.28%)
รวม	10 (14.28%)	26 (37.14%)	26 (37.14%)	8 (11.43%)	70 (100%)

ตาราง 9 ค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อ (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คณิตศาสตร์ กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน

ข้อ	ค่า IOC	ข้อ	ค่า IOC	ข้อ	ค่า IOC
1	1.0	25	1.0	49	0.6
2	1.0	26	0.8	50	0.6
3	1.0	27	0.6	51	1.0
4	1.0	28	0.8	52	1.0
5	1.0	29	1.0	53	1.0
6	1.0	30	0.6	54	0.8
7	1.0	31	1.0	55	1.0
8	1.0	32	1.0	56	1.0
9	1.0	33	1.0	57	1.0
10	1.0	34	1.0	58	0.8
11	0.8	35	1.0	59	1.0
12	1.0	36	1.0	60	0.6
13	1.0	37	0.8	61	1.0
14	1.0	38	1.0	62	1.0
15	1.0	39	0.8	63	1.0
16	1.0	40	0.8	64	1.0
17	1.0	41	1.0	65	1.0
18	0.6	42	1.0	66	1.0
19	0.8	43	1.0	67	1.0
20	0.6	44	1.0	68	1.0
21	1.0	45	0.8	69	1.0
22	1.0	46	0.8	70	1.0
23	1.0	47	0.6		
24	1.0	48	1.0		

ตาราง 10 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ข้อ	p	r	หมายเหตุ	ข้อ	p	r	หมายเหตุ	ข้อ	p	r	หมายเหตุ
1	.525	.025		25	.517	.325	*	49	.700	.075	
2	.750	.075		26	.858	.200		50	.925	.050	
3	.650	.350	*	27	.633	.075		51	.900	.125	
4	.200	-.175		28	.283	.425	*	52	.575	-.150	
5	.708	.375	*	29	.342	.175		53	.100	.025	
6	.383	.475	*	30	.408	.250	*	54	.708	.300	*
7	.492	.175		31	.608	.250	*	55	.575	.225	*
8	.867	.150		32	.242	.325		56	.850	.200	
9	.558	.300	*	33	.792	.300	*	57	.483	.250	*
10	.858	.175		34	.725	.450	*	58	.408	.175	
11	.908	.175		35	.392	.175		59	.608	-.050	
12	.875	.250		36	.775	.100		60	.600	.375	*
13	.908	.100		37	.317	.200	*	61	.433	.200	*
14	.458	.025		38	.808	.200		62	.275	.225	
15	.225	.075		39	.592	.300	*	63	.733	.375	*
16	.300	.250	*	40	.492	.325	*	64	.375	.275	*
17	.825	.250		41	.375	.200	*	65	.642	.275	*
18	.767	.300	*	42	.775	.325	*	66	.800	.325	
19	.742	.200	*	43	.817	.400		67	.875	.125	
20	.483	.400	*	44	.575	.400	*	68	.458	.450	*
21	.808	.200		45	.775	.475	*	69	.617	.525	*
22	.958	.075		46	.650	.350	*	70	.258	.225	
23	.575	.200	*	47	.733	.200	*				
24	.517	.250	*	48	.942	.175					

หมายเหตุ * ข้อสอบที่คัดเลือกว่า

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค.012)

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 35 ข้อ
2. ให้นักเรียนอ่านโจทย์แต่ละข้อให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว
เมื่อเลือกได้คำตอบแล้วให้นำไปตอบในกระดาษคำตอบ
3. เวลาที่ใช้ในการสอบ 60 นาที
4. ควรตอบให้ตรงกับข้อคำถาม

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค.012) (ม.3)
คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. ลูกเหล็กทรงกลมตันมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 นิ้ว มีพื้นที่ผิวของทรงกลมที่ตารางนิ้ว?
A. 536
B. 616
C. 696
D. 778
E. 858
2. กรวยอันหนึ่งมีปริมาตรเท่ากับ 150.86 ลูกบาศก์เซนติเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 เซนติเมตร จงหาความสูงของกรวยสูงกี่เซนติเมตร?
A. 5.50
B. 5.56
C. 5.65
D. 5.76
E. 5.85
3. ชายคนหนึ่งต้องการสร้างกระโจมขนาดใหญ่เป็นรูปพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งมีด้านยาวด้านละ 2 เมตร มีสูงเอียงยาว 4 เมตร เขาต้องใช้ผ้ากี่ตารางเมตรเพื่อมาคลุมกระโจมที่สร้าง?
A. 13
B. 14
C. 15
D. 16
E. 17
4. ถังทรงกระบอก 2 ใบ บรรจุตัวแดงเต็มถึงใบแรกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 นิ้ว สูง 16 นิ้ว ใบที่สองมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้ว สูง 18 นิ้ว เทตัวแดงจากทั้งสองใบลงในถังใบที่สามซึ่งสูง 16 นิ้ว ได้เต็มถึงพอดิจงหาเส้นผ่านศูนย์กลางของถังใบที่สามยาวกี่นิ้ว?
A. 20
B. 22
C. 24
D. 26
E. 28
5. ข้อใดเป็นการแยกตัวประกอบของพหุนามที่ถูกต้อง?
A. $3x^2 + 8x + 4 = (3x + 2)(x + 2)$
B. $3x^2 - 7x + 2 = (x - 1)(3x - 2)$
C. $2x^2 + 3x - 2 = (2x - 2)(x + 1)$
D. $5x^2 - 9x - 2 = (5x - 1)(x + 2)$
E. $5x^2 - 2x - 3 = (5x - 2)(x + 1)$
6. จงพิสูจน์ว่าการแยกตัวประกอบของ $2x^6y + 6x^4x^3 - 8x^2y^5$ ได้เท่ากับข้อใด?
A. $2x^2y(x^2 + y^2)(x + 2y)(x - 2y)$
B. $2x^2y(x^2 + y^2)(x - 2y)(x - 2y)$
C. $2x^2y(x^2 + y^2)(x + 2y)(x + 2y)$
D. $2x^2y(x^2 + y^2)(x + y)(x - y)$
E. $2x^2y(x^2 + y^2)(x - y)(x - y)$

7. $(x+2)(x+3)(x-4)(x-6) - 10x^2$
สามารถแยกตัวประกอบได้ดังข้อใด?
- A. $(x+4)(x-3)(x^2 - 6x - 12)$
B. $(x+4)(x-3)(x^2 + 6x - 12)$
C. $(x+4)(x-3)(x^2 - 6x + 12)$
D. $(x+4)(x+3)(x^2 - 6x + 12)$
E. $(x+4)(x+3)(x^2 + 6x - 12)$
8. จงพิสูจน์ว่าการแยกตัวประกอบในข้อใด
เป็นตัวประกอบของ $a^4b - 3a^4b^3 - 4a^2b^5$?
- A. $a^2b(a^2 + b^2)(a+b)(a+b)$
B. $a^2b(a^2 + b^2)(a+b)(a-b)$
C. $a^2b(a^2 + b^2)(a+2b)(a+2b)$
D. $a^2b(a^2 + b^2)(a-2b)(a-2b)$
E. $a^2b(a^2 + b^2)(a+2b)(a-2b)$
9. ถ้า $25x^2 - 30x + h = 0$ จงหาค่าของ
h ที่ทำให้สมการมีคำตอบเดียว?
- A. -3
B. 3
C. -9
D. 9
E. 15
10. ถ้า $(a+b)^2 - 8 = 2a + 2b$ แล้วค่า
ของ $a+b$ เท่ากับเท่าใด?
- A. 4, -2
B. 4, 2
C. -4, 2
D. -4, -2
E. -2, 4
11. ถ้า m และ n เป็นคำตอบของสมการ
 $18x^2 - 9x = 65$ และ $n - m < 0$ แล้ว
 $6m - 6n$ มีค่าเท่าใด?
- A. 26
B. 23
C. 13
D. 6
E. 3
12. มีเงิน 1,600 บาท ประกอบด้วยธนบัตร
ราคา 50 บาท และธนบัตรราคา x บาท
จำนวน x ใบ ถ้าธนบัตรราคา x บาท
มีจำนวนน้อยกว่าธนบัตรราคา 50 บาท
อยู่ 4 ใบ อยากทราบว่าจำนวนธนบัตร
ทั้งหมดกี่ใบ?
- A. 12
B. 18
C. 24
D. 36
E. 44
13. จำนวนเต็มสามจำนวนเรียงกัน ถ้า
กำลังสองของจำนวนที่น้อยที่สุดบวกด้วย
ผลคูณของสองจำนวนที่เหลือเท่ากับ 67
ผลคูณของสองจำนวนนั้นมีค่าเท่าใด?
- A. 210
B. 336
C. 504
D. 720
E. 990

14. จากสมการ $y = x^2 - 3$ เขียนเป็นกราฟพาราโบลาได้แบบใด และมีจุดยอดอยู่ที่ใด?

- A. แบบหงาย และมีจุดยอดที่ $(-3, 0)$
- B. แบบหงาย และมีจุดยอดที่ $(0, -3)$
- C. แบบหงาย และมีจุดยอดที่ $(0, 3)$
- D. แบบคว่ำ และมีจุดยอดที่ $(-3, 0)$
- E. แบบคว่ำ และมีจุดยอดที่ $(0, -3)$

15. จงหาสมการพาราโบลา ซึ่งมีจุดยอดอยู่ที่ $(0, 0)$ มีแกน y เป็นแกนสมมาตร และกราฟผ่านจุด $(-4, -5)$?

- A. $5x^2 = 20y$
- B. $5x^2 = -16y$
- C. $5x^2 = 9y$
- D. $x^2 = 5y$
- E. $x^2 = 4y$

16. จงหาสมการพาราโบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่ $(2, 3)$ จุดโฟกัสอยู่ที่ $(2, 0)$?

- A. $y^2 + 4x - 8y - 28 = 0$
- B. $y^2 + 8x - 4y + 28 = 0$
- C. $x^2 - 4y + 12x + 32 = 0$
- D. $x^2 + 12y - 4x - 32 = 0$
- E. $x^2 - 16y + 4x + 32 = 0$

17. จุดตัดของกราฟคู่ใดเป็นจุดยอดกราฟ? $y = 2(x + 3)^2 - 5$

- A. $3x + 5y = 0$ กับ $xy = -15$
- B. $5x - 3y = 0$ กับ $xy = 15$
- C. $2x + 3y = 10$ กับ $xy = -15$
- D. $2x - y = -1$ กับ $xy = 15$
- E. $2x + y = 1$ กับ $xy = 15$

18. ถ้า $(6, k)$ เป็นจุดกราฟของสมการ $y = 3(x - 6)^2 + 5$ แล้ว จงหาค่า k ตรงกับข้อใด?

- A. 3
- B. 4
- C. 5
- D. 6
- E. 7

19. ถ้ากราฟของสมการ $y = ax^2 + bx + c$ ตัดแกน x ที่จุด $(-3, 0)$ และ $(5, 0)$ แล้ว ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง?

- A. $a : b = 3 : 4$
- B. $a/b = -1/2$
- C. $a = b$
- D. $a - b = b - a$
- E. $a + b = a \cdot b$

20. จากระบบสมการ $xy = 18$ (1)

$$x + 5y = 19 \text{(2)}$$

ถ้านำค่า x ใน (2) ไปแทนค่าใน (1) จะได้สมการดังข้อใด?

- A. $y^2 - 19y + 18 = 0$
- B. $y^2 + 19y + 18 = 0$
- C. $5y^2 + 19y + 18 = 0$
- D. $5y^2 + 19y - 18 = 0$
- E. $5y^2 - 19y + 18 = 0$

21. จากระบบสมการ $x^2 - xy + y^2 = 57 \dots (1)$

$x - y + 1 = 0 \dots (2)$

ถ้านำค่า y ใน (2) ไปแทนค่าใน (1) จะได้สมการในข้อใด?

A. $x^2 + 10 - 108 = 0$

B. $x^2 + 10 + 108 = 0$

C. $x^2 + 21x - 108 = 0$

D. $x^2 - 21x - 108 = 0$

E. $x^2 - 21x + 108 = 0$

22. ระบบสมการ $x^2 - y^2 = 24$ กับ

$x + y = 12$ มีคำตอบเป็น (a, b)

จงหาค่า $3a - 2b$ เท่ากับข้อใด?

A. 14

B. 13

C. 12

D. 11

E. 10

23. คำตอบของระบบสมการ $3y^2 = xy + 90$

กับ $y^2 + 4xy + 35 = 0$ คือข้อใด?

A. $(3, -4)$ และ $(3, 4)$

B. $(3, -4)$ และ $(-3, -4)$

C. $(3, -4)$ และ $(-3, 4)$

D. $(-3, 5)$ และ $(3, -5)$

E. $(-3, 5)$ และ $(-3, -5)$

24. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ารูปหนึ่งมีเส้นทแยงมุม

ยาว 10 เซนติเมตร และมีพื้นที่ 48 ตาราง

เซนติเมตร จงหาด้านกว้างและด้านยาวที่

เซนติเมตร?

A. 2 และ 24

B. 3 และ 16

C. 4 และ 12

D. 6 และ 8

E. 8 และ 6

25. กำลังสองของอายุของแดงรวมกับผลคูณ

ของอายุแดงและฝนเป็น 286 และ

กำลังสองของอายุของแดงมากกว่าผลคูณ

ของอายุของเขาสองเป็น 52

จงหาว่าทั้งสองมีอายุต่างกันกี่ปี?

A. 3

B. 4

C. 5

D. 6

E. 7

26. ต้องการสร้างเลข 4 หลัก จากหมายเลข

1, 2, 3 และ 4 โดยแต่ละหลักต้อง

ไม่ซ้ำกันได้กี่วิธี?

A. 12

B. 24

C. 36

D. 48

E. 60

27. หยิบไพ่ 1 ใบ จากสำรับความน่าจะเป็นที่หยิบได้ไพ่ J หรือ Q หรือโพแดงหรือดอกจิกเท่ากับเท่าใด?

A. $8/13$
 B. $15/26$
 C. $22/26$
 D. $4/52$
 E. $8/52$

28. แดงจะขึ้นรถเมล์ไปกลับระหว่างบ้านกับโรงเรียน โดยมีรถเมล์ 3 คัน วิ่งรับส่งผู้โดยสารในเส้นทางนั้น ความน่าจะเป็นที่เธอจะขึ้นรถเมล์ไปกลับไม่ซ้ำคันเดิมเป็นเท่าไร?

A. $2/3$
 B. $3/5$
 C. $5/7$
 D. $7/9$
 E. $8/9$

29. มีสลากเขียนหมายเลข 1 - 20 หมายเลขละใบ สุ่มหยิบสลากขึ้นมาครั้งละ 1 ใบ จงหาความน่าจะเป็นที่จะได้สลากจำนวนเฉพาะหรือหารด้วย 5 ลงตัว?

A. $1/20$
 B. $3/20$
 C. $7/20$
 D. $9/20$
 E. $11/20$

30. ในการสอบวิชาคณิตศาสตร์ คะแนนเต็ม 50 คะแนน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้องหนึ่งจำนวน 30 คน ได้คะแนนดังนี้

44	41	48	33	30
32	22	47	27	34
34	33	40	29	28
34	21	30	39	47
24	32	46	39	25
26	37	24	23	33

จงหาคะแนนต่ำสุดตรงกับข้อใด

A. 20
 B. 21
 C. 22
 D. 23
 E. 24

31. ข้อมูลชุดหนึ่งมี 7 อยู่ 10 ตัว มี 8 อยู่ 9 ตัว มี 9 อยู่ 8 ตัว และมี 10 อยู่ 7 ตัว แล้ว ค่ากลางชนิดใดมีค่ามากที่สุด?

A. ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและฐานนิยม
 B. ค่าฐานนิยมและค่ามัธยฐาน
 C. ค่ามัธยฐาน
 D. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
 E. ค่าฐานนิยม

32. จากตารางแจกแจงความถี่ต่อไปนี้
มีฐานของข้อมูลควรอยู่ในอันตรภาค
ชั้นใด?

อันตรภาคชั้น	ความถี่
31 - 40	4
41 - 50	5
51 - 60	7
61 - 70	6
71 - 80	3

- A. 31 - 40
B. 41 - 50
C. 51 - 60
D. 61 - 70
E. 71 - 80

33. หญิงคนหนึ่งหาเงินได้รวมกันทั้งสิ้น
1,200 บาท ใน 20 วัน วันที่ 21
หญิงคนนี้ต้องหาเงินให้ได้กี่บาท
ค่าเฉลี่ยจึงจะเพิ่มขึ้น?

- A. 270
B. 280
C. 290
D. 300
E. 310

34. นักเรียนกลุ่มหนึ่งมี 20 คน ค่าเฉลี่ย
เลขคณิตของน้ำหนักคือ 45 กก. ต่อมา
มีนักเรียนลาออกไป 1 คน ทำให้
ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของน้ำหนักลดลงไป
0.2 กก. นักเรียนที่ลาออกน้ำหนักกี่
กิโลกรัม?

- A. 44.8
B. 48.8
C. 52.8
D. 56.8
E. 60.8

35. นักเรียนห้องหนึ่งมี 30 คน เป็น
นักเรียนชาย 12 คน นักเรียนชายมี
ความสูงเฉลี่ยเป็น 165 เซนติเมตร
นักเรียนหญิงมีความสูงเฉลี่ยเป็น 155
เซนติเมตร จงหาความสูงเฉลี่ยของ
นักเรียนห้องนี้เป็นเซนติเมตร?

- A. 155
B. 156
C. 157
D. 158
E. 159

ภาคผนวก ค.

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

แบบทดสอบวัดผลการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์

รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์	ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตนะ	ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ	ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์มาลี เกิดผลหลาก	โรงเรียนบ้านหนองปลาไหล จ. กาญจนบุรี
อาจารย์รัชนี้ กันภัย	โรงเรียนปทุมคงคา กรุงเทพฯ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

อาจารย์ขมนาด เชื้อสุวรรณทวี	โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)
อาจารย์นภาลักษณ์ รุ่งสุวรรณ	โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน
อาจารย์เบญจวรรณ พวงพันธ์	โรงเรียนบางกะปิ กรุงเทพฯ
อาจารย์รัชนี้ กันภัย	โรงเรียนปทุมคงคา กรุงเทพฯ
อาจารย์วรางคณา สวัสดิ์นันท์	โรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย กรุงเทพฯ

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาว น้ำผึ้ง ปลั่งพงษ์พันธ์
วันเดือนปีเกิด	30 ธันวาคม 2509
สถานที่เกิด	เขตคลองสาน กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นักวิชาการศึกษา ระดับ 5
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	18 ซอยเจริญนคร 13 ถนนเจริญนคร แขวงคลองตันใต้ เขตคลองสาน กรุงเทพฯ 10600
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	งานแพทยศาสตรศึกษา คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาล รามาธิบดี ถนนพระราม 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2528	มัธยมศึกษาตอนปลาย จาก โรงเรียนศึกษานารี
พ.ศ. 2532	กศ.บ. (คณิตศาสตร์) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
พ.ศ. 2544	กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) จากมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ