

151.2

พ. 19 ต

๐ 3

ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองกับจิตสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตกรุงเทพมหานคร

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตอมวิท 23 พระโขนง กรุงเทพฯ 11 โทร ๖๒21576 3915060

ปริญญานิพนธ์

ของ

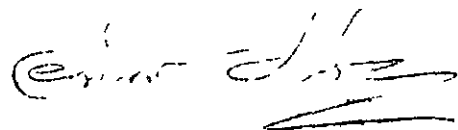
พรทิพย์ ภัทรชาคร

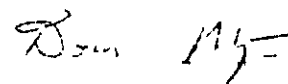
เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่ง ของ การศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
10 มีนาคม 2520

62703

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปัญหานี้อย่างถี่ถ้วนแล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้.

๑

 ประธาน

 กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์
ดร.อนันต์ ศรีโสภา และ อาจารย์ ดร.สวนา พรพัฒน์กุล ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ
เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ เชิดศักดิ์ โขवासินธุ์ อาจารย์ อรุณศรี กุมุท และ
อาจารย์สมสร วงษ์น้อย ที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในเรื่องทั่วไป ซึ่งทำให้
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณ อาจารย์ใหญ่ คณะอาจารย์ ครู และนักเรียน
โรงเรียนที่ให้ความสะดวกและความร่วมมือในการทดสอบเพื่อการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณคุณสุนันทา ภัทรชาคร ที่ให้ความสะดวกและความช่วยเหลือในการวิเคราะห์
ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ คุณจิรา โอภาสทิพากร คุณวารี วงษ์พันธ์รัตน์ และทุก ๆ ท่าน
ที่ได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเป็นรูปเล่ม

พรทิพย์ ภัทรชาคร

สารบัญ

บทที่	หน้า
1	1
บทนำ	
✓ ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า	2
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	3
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
ข้อตกลงเบื้องต้น	5
2	6
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับสมรรถภาพสมองของมนุษย์	6
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์	9
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	11
✓ สมมุติฐานในการศึกษาค้นคว้า	14
3	15
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	
กลุ่มตัวอย่าง	15
เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	15
การทดลองใช้เครื่องมือ	18
การดำเนินการรวบรวมข้อมูล	19
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	20
4	25
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	25
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	26

บทที่	หน้า
5	
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	37
ความมุ่งหมายในการศึกษากันทั่ว	37
กลุ่มตัวอย่าง	37
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	38
การวิเคราะห์ข้อมูล	38 ✓
สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล	39
อภิปรายผล	40
ข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	47

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 จำนวนข้อ เวลาที่ใช้ในการตอบ ความยากเฉลี่ย ($\bar{p}$) อำนาจจำแนกเฉลี่ย ($\bar{r}$) ความเชื่อมั่น และค่า $SE_{meas.}$ ของแบบทดสอบจำนวน 5 ฉบับ	19
2 จำนวนข้อ คะแนนเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวนของ แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์จำนวน 5 ฉบับ	27
3 การสหสัมพันธ์ภายในของตัวพยากรณ์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ ตัวเกณฑ์ กับตัวพยากรณ์แต่ละตัวของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 217 คน	28
4 ทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบ ทดสอบคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แต่ละฉบับ	30
5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากตัวเกณฑ์และคะแนนจาก ตัวพยากรณ์ทั้ง 5 ตัวของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 217 คน	31
6 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (β , b) เปอร์เซ็นต์ที่ส่งผล อันคัมที่ การสหสัมพันธ์พหุคูณ $SE_{est.}$ และค่าคงที่ของสมการพยากรณ์ในรูป คะแนนดิบ	32
7 การค้นหาตัวพยากรณ์ที่ดีทางค่านิเทศสัมพันธ์สำหรับพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 217 คน	34
8 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (β , b) เปอร์เซ็นต์ที่ส่งผล อันคัมที่ การสหสัมพันธ์พหุคูณ $SE_{est.}$ และค่าคงที่ของสมการพยากรณ์ในรูป คะแนนดิบของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 217 คน	35
9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการพยากรณ์แบบพหุคูณ	35
10 ค่า P_H , P_L , p , r , Δ และ Z_r ของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบ ซ่อนสภาพ	48

11	ค่า P_H , P_L , p , r , Δ และ Z_r ของแบบทดสอบมีลักษณะแบบ พหุนาม	49
12	ค่า P_H , P_L , p , r , Δ และ Z_r ของแบบทดสอบมีลักษณะแบบ พหุนาม	50
13	ค่า P_H , P_L , p , r , Δ และ Z_r ของแบบทดสอบมีลักษณะแบบ ประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	51
14	ค่า P_H , P_L , p , r , Δ และ Z_r ของแบบทดสอบมีลักษณะแบบ นับรูปลูกบาศก์	52
15	ค่า β และ R^2 เมื่อมีตัวพยากรณ์ 5 ตัว โดยใช้วิธี square root method	53
16	ค่า β และ R^2 เมื่อลดตัวพยากรณ์ x_3 โดยใช้วิธี square root method	54
17	ค่า β และ R^2 เมื่อลดตัวพยากรณ์ x_3 และ x_2 โดยใช้วิธี square root method	55
18	ค่า β และ R^2 เมื่อลดตัวพยากรณ์ x_3 , x_2 และ x_4 โดย ใช้วิธี square root method	56

เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่า ถ้าครูรู้จักเด็กที่ตนเองสอนมากเท่าใดก็จะเป็นผลดีต่อกิจกรรมการเรียนการสอนมากเท่านั้น ทั้งนี้เพราะหน้าที่อย่างหนึ่งของครูก็คือ ภูมิรณภาพการเรียนของเด็ก เพื่อจะได้จัดกิจกรรมทางการศึกษาตาม ๆ ใคอย่างถูกต้องและเหมาะสม (Guilford, 1966 : 279) ในสมัยก่อนนั้นครูรู้จักเด็กตลอดจนครอบครัว และสภาพแวดล้อมของเด็กเป็นอย่างดี แต่ปัจจุบันประชากรได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้นักเรียนในโรงเรียนมีปริมาณมากเกินความสามารถของครูที่จะรู้จักเด็กทุกคนได้อย่างถ่องแท้ ครูส่วนใหญ่จะรู้จักเด็กแต่เพียงว่าเรียนเก่งหรือเรียนอ่อนโดยพิจารณาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของเด็กเท่านั้น ซึ่งเป็นการไม่เพียงพอ เพราะครูหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคควรรู้จักและเข้าใจถึงความสามารถ ความสนใจ และความถนัดของเด็กว่ามีมากน้อยเพียงใด และหาความใคอีกด้วย ดังที่มอสโควิทซ์ และผู้อื่นร่วมงาน (Moskowitz and others, 1969 : 247) ได้กล่าวไว้ว่า "สติปัญญาหรือความถนัดเป็นเครื่องชี้ศักยภาพ และความสามารถทางการเรียนรู้" สิ่งที่จะช่วยให้ครูให้เข้าใจเด็กนักเรียนของตนได้ และถูกต้องยิ่งไปกว่าการสังเกต และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นได้แก่แบบทดสอบวัดความถนัดที่จะบอกรให้ทราบความสามารถทางสมองของเด็ก

เด็กแต่ละคนมีความถนัดทางการเรียนวิชาต่าง ๆ ไม่เท่ากัน เนื่องจากกรรมพันธุ์ การอบรมเลี้ยงดูและสิ่งแวดล้อม อาทิเช่นผู้มีประสาทหูที่สามารถฟังเสียงที่มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยได้ ก็อาจจะเป็นนักดนตรีที่ดีได้ ผู้ที่มีประสาทตาดี รับรู้ความตื้น ลึก กว้าง แคบ ไคถูกต้อง มีแนวโน้มที่จะเป็นวิศวกร สถาปนิกหรือจิกรที่มีความสามารถเยี่ยม หรือผู้ที่มีความสามารถในการคาดคะเนระยะทางไคถูกต้อง จะเป็นผู้ที่เล่นกีฬาได้ดี เป็นต้น สวิสส์ ประมุขราช (สวิสส์ ประมุขราช, 2517 : 21) ได้กล่าววว่าแบบทดสอบวัดความถนัดสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ คนที่มีความถนัดทางด้านไค มีแนวโน้มที่จะเรียนรู้หรือทำงานทางด้านนั้นไคผลดีมีประสิทธิภาพ ดังนั้นแบบทดสอบวัดความถนัดจึงมีความสำคัญในการคัดเลือกบุคคลเข้าเรียนหรือเข้าทำงานให้เหมาะสมกับความสามารถของเขาได้ ดังกล่าวของฃมล สุกประเสริฐ

(กมล สุกประเสริฐ, 2518 : 73) ที่กล่าวว่าในระดับมัธยมศึกษา การศึกษาควรเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบสิ่งที่ตนถนัดที่สุด แล้วช่วยส่งเสริมพัฒนาความถนัดของแต่ละคนไปให้มากที่สุด เพื่อจะได้นำไปใช้ในการดำรงชีวิตที่ดีในอนาคต ซึ่งความถนัดดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับแนวทางการปกครองในระบบประชาธิปไตย ที่ให้ทุกคนมีเสรีภาพเต็มที่ในการที่จะเลือกศึกษาสาขาวิชาตามความสนใจและความถนัดของแต่ละคน ดังนั้นเรื่องของ การวัดความถนัดจึง เข้ามามีบทบาทมากขึ้น

เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนคือแบบทดสอบวัดความถนัดสาขาที่ไม่ใช่แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์โดยตรงก็เนื่องมาจากว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนใหญ่ มุ่งวัดด้านความรู้ ความจำ (Cognitive Domain) ซึ่งทำให้ผู้เรียนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุปกรณ์การเรียนการสอนที่ดีกว่า ทำข้อสอบดังกล่าวได้ผลดีกว่า ด้วยเหตุนี้แบบทดสอบวัดความถนัดซึ่งไม่ได้วัดเฉพาะความรู้ความจำ แต่วัดความสามารถพื้นฐานของวิชาต่าง ๆ ซึ่งความสามารถพื้นฐานเหล่านี้จะรวมเอาความสามารถตามมิติสัมพันธ์ไวด้วย สอดคล้องกับที่บราวน์ (Brown, K.E. อ้างจาก ล้วน สายยศ, 2511 : 18) ได้กล่าวไว้ว่าความสามารถในการมองเห็นรูปทรงในมิติแบบต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบสำคัญยิ่งอันหนึ่งที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ แต่เนื่องจากแบบทดสอบมิติสัมพันธ์มีด้วยกันหลายชนิด ผู้วิจัยจึงมีความสนใจอยากทราบว่า แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ชนิดใดบ้างที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ได้มากที่สุด

ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์แบบต่าง ๆ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3
2. เพื่อทดสอบสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเอง
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์แต่ละแบบ คือแบบชอนภาพ แบบหมุนภาพ แบบชอนภาพแบบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแบบนับรูปลูกบาศก์

4. เพื่อศึกษาว่าแบบทดสอบมิตีสัมพันธ์แบบต่าง ๆ ลงผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 แตกต่างกันหรือไม่
5. เพื่อค้นหาแบบทดสอบมิตีสัมพันธ์ที่จะใช้เป็นตัวพยากรณ์ความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3
6. เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แบบทดสอบมิตีสัมพันธ์เป็นตัวพยากรณ์

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. การศึกษาครั้งนี้จะทำให้ได้แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิตีสัมพันธ์แบบต่าง ๆ ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการแนะแนวการศึกษา และแนะแนวอาชีพของนักเรียนชั้น มศ.3 ต่อไป
2. ผลจากการวิจัยครั้งนี้ จะทำให้ทราบว่า สมรรถภาพสมองด้านมิตีสัมพันธ์แบบใดสามารถใช้เป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้ดีที่สุด
3. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการทำนายความสามารถหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาอื่น ๆ ในทำนองเดียวกันต่อไป

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. กลุ่มตัวอย่าง ในการศึกษานี้จะจำกัดกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ที่กำลังศึกษาอยู่ในปีการศึกษา 2519 สังกัดกองการมัธยมศึกษา กรมสามัญศึกษา และสำนักงานการศึกษาเอกชน กระทรวงศึกษาธิการ
2. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิตีสัมพันธ์ที่ใช้ในการศึกษานี้ มี 5 ฉบับคือแบบทดสอบซ้อนภาพ แบบทดสอบหมุนภาพ แบบทดสอบซ้อนภาพ แบบทดสอบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแบบทดสอบนับรูปลูกบาศก์
3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา แบ่งเป็น 2 ตอนคือ
 - 3.1 ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร มีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษานี้คือ

- ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์จากแบบทดสอบทั้ง 5 ชนิด
- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

3.2 การพยากรณ์ความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้สมรรถภาพสมอง ด้านมิติสัมพันธ์เป็นตัวทำนาย ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการทำแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ ด้านต่าง ๆ ดังนี้

- ชอณาพ
- ฃนุณาพ
- ชอณาพ
- ประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- ฃรูปลูกบาศก์

นียามกัณฑ์เฉพาะ

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบคณิตศาสตร์ ของสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. แบบทดสอบชอณาพ หมายถึง แบบทดสอบที่แต่ละข้อมีภาพให้ 2 ภาพ ทางซ้ายมือให้นักเรียนพิจารณาว่า ถ้าชอณาพ โดยให้จุดศูนย์กลางของรูปทั้งสองทับกันพอดี แล้วจะได้เป็นภาพเช่นใด
3. แบบทดสอบฃนุณาพ หมายถึงแบบทดสอบที่แต่ละข้อมีภาพให้ภาพหนึ่งทางซ้ายมือให้นักเรียนพิจารณาว่า ถ้าฃนุณาพนี้ไปในทิศทางตามหรือทวนเข็มนาฬิกาแล้ว จะได้เป็นภาพเช่นใด
4. แบบทดสอบชอณาพ หมายถึง แบบทดสอบที่แต่ละข้อมีภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือวงกลม ซึ่งภายในจะมีเส้นต่าง ๆ ลากตัดกันมากมาย ให้นักเรียนพิจารณาว่าการที่เส้นต่าง ๆ ลากตัดกันนั้น ทำให้เกิดรูปเช่นใดซ่อนอยู่

5. แบบทดสอบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หมายถึง แบบทดสอบที่แต่ละข้อมีภาพให้หนึ่งภาพทางซ้ายมือ แล้วให้พิจารณาว่าจะตongนำภาพเช่นใดมาต่อจึงจะก่อให้เกิดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยสมบูรณ์

6. แบบทดสอบนับรูปลูกบาศก์ หมายถึง แบบทดสอบที่แต่ละข้อมีภาพเป็นรูปลูกบาศก์ ซึ่งมีขนาดเดียวกันกองรวมกันอยู่ แล้วให้นับควารูปลูกบาศก์ทั้งหมดมีกี่รูป

7. ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ แบบซ่อนภาพ แบบหมุนภาพ แบบซ่อนภาพ แบบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแบบนับรูปลูกบาศก์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

8. สมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถที่จะมองเห็นความสัมพันธ์อย่างมีระบบ ระหว่างตำแหน่งของรูปที่เป็นสิ่งเร้า และตำแหน่งของชิ้นส่วนในรูปที่เป็นสิ่งตอบสนอง นั่นคือ สมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถที่จะมองเห็นความสัมพันธ์ในการรับรู้หรือการจัดตัวของรูปภาพลายเส้น หรือรูปทรงเรขาคณิตว่าภาพใหม่ หรือตำแหน่งใหม่จะเป็นอย่างไร หลังจากที่ได้หมุน พลิก เปลี่ยนตำแหน่ง หรือมีการเคลื่อนที่บางชิ้นส่วนไปจากเดิม

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์เป็นส่วนหนึ่งของ สมรรถภาพสมองของมนุษย์
2. สมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์สามารถวัดออกมาเป็นปริมาณได้ด้วยแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ทำแบบทดสอบทุกฉบับด้วยความเต็มใจ.

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นักจิตวิทยาสมัยก่อนเชื่อกันว่าสมรรถภาพทางสมองของมนุษย์เป็นหน่วยรวมหน่วยเดียวกัน
 ดังเช่นแบบทดสอบวัดค่าสติปัญญาของบีเนต์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองในสมัยนั้น ให้
 ผลการสอบออกมาเป็นเลขเพียงจำนวนเดียว (Cronbach, 1970 : 199) แต่ปัจจุบันวิชาการ
 การวัดผลสมัยใหม่เป็นท้าววิชาวิเคราะห์องค์ประกอบสามารถพิสูจน์ได้ว่า สมรรถภาพสมองของ
 มนุษย์มีหลายชนิด นักจิตวิทยาที่สนใจเรื่องสมัยต่อมาทางก็แบ่งสมรรถภาพสมองของมนุษย์ออกเป็น
 ชนิดต่าง ๆ ตามความเชื่อและการศึกษาค้นคว้าของตน ซึ่งโดยมากประกอบการศึกษาเพื่อ
 เป็นแนวทางในการศึกษาครั้งนี้ ดังนี้

ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับสมรรถภาพสมองของมนุษย์

ทฤษฎีสององค์ประกอบ (The Two Factor Theory) ชาลส์ สเปียร์แมน
 (Charles Spearman) ชาวอังกฤษเป็นผู้คิดขึ้น ตามทฤษฎีนี้เชื่อว่าความสามารถทางสติปัญญา
 ของคนมี 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นหน่วยรวมทำงานร่วมกัน เรียกว่าองค์ประกอบทั่วไปของสติปัญญา
 (General Intelligence Factor) หรือ "g" อีกส่วนหนึ่งเป็นความสามารถเฉพาะอย่าง
 ของสติปัญญา (Specific Factor) หรือ "s" (Moskowitz and others, 1969 : 265)
 คาสหสัมพันธ์ที่เป็นบวกของสองลักษณะ (Trait) ใด ๆ ก็คือส่วนขององค์ประกอบทั่วไปนั่นเอง
 (Anastasi, 1961 : 343) ถ้าคาสหสัมพันธ์สูงแสดงว่า สองลักษณะนั้นมีองค์ประกอบทั่วไป
 อยู่มาก และถ้าคาสหสัมพันธ์ต่ำ แสดงว่าสองลักษณะนั้นมีองค์ประกอบทั่วไปอยู่น้อย ดังนั้น
 คาสหสัมพันธ์ระหว่างสองลักษณะใด ๆ จะไม่เป็นคาสหสัมพันธ์ที่สมบูรณ์ได้ ทั้งนี้เพราะว่า ทักษะ
 ทุกชนิดต้องประกอบด้วยองค์ประกอบทั่วไป และองค์ประกอบเฉพาะอย่างรวมกันอยู่เสมอ
 (Moskowitz and others, 1969 : 265)

ได้มีงานวิจัยของบุคคลอื่น ๆ พบว่า องค์ประกอบทั่วไป และองค์ประกอบเฉพาะอย่าง
 มีได้แยกเป็นอิสระจากกัน แต่จะมีองค์ประกอบรวมระหว่างสององค์ประกอบดังกล่าวอยู่อีก เรียกว่า

องค์ประกอบเป็นกลุ่ม (Group Factor) จากหนังสือของเคลเลย์ (Kelley) เรื่อง Crossroads in the Mind of Man (Kelley อ้างจาก Anastasi, 1961 : 344-5) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบที่เป็นกลุ่มนั้น ประกอบด้วยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ด้านตัวเลข ด้านความจำ และด้านความเร็ว

ทฤษฎีตัวประกอบพหุคูณ (Multiple-Factor Theories) ผู้นำของทฤษฎีนี้ ได้แก่ เซอร์สโตน (Thurstone) ชาวอเมริกัน เซอร์สโตนได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางสมอง เมื่อ ค.ศ. 1968 (De Cecco, 1968 : 100) พบว่า ความสามารถและกิจกรรมต่าง ๆ นั้น เป็นความสามารถพื้นฐานทางสมอง (Primary Mental Abilities) ซึ่งมีกลุ่มองค์ประกอบสำคัญอยู่ทั้งหมด 7 ชนิด (Anastasi, 1961 : 345) คือ

1. ความเข้าใจภาษา (Verbal Comprehension) องค์ประกอบสำคัญของแบบทดสอบด้านนี้ ได้แก่ ความเข้าใจในการอ่าน การรู้จักความหมายของคำที่คล้ายคลึงกัน ความเข้าใจในคำศัพท์ การจัดประโยคให้ถูกต้องและเหตุผลทางภาษา
2. ความคล่องในการใช้คำ (Word Fluency) พบได้ในแบบทดสอบเกี่ยวกับการสร้างคำจากอักษรที่กำหนดให้ การรู้จักจังหวะในการพูด การรู้จักชื่อของสิ่งของต่าง ๆ (เช่น คำที่ขึ้นต้นด้วยอักษรเหมือนกัน)
3. ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวน (Number) เป็นความสามารถด้านการคำนวณปัญหาแบบง่าย ๆ ซึ่งรวมทั้งความสามารถด้านคณิตศาสตร์เหตุผลด้วย
4. ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial) ความสามารถด้านนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ การรับรู้เกี่ยวกับรูปทรงทางเรขาคณิตที่ไม่มีกฎเคลื่อนที่และการมองเห็นความสัมพันธ์ของรูปภาพเมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งหรือ หมายความว่าไปจากเดิมซึ่งอาจจะต้องใช้ องค์ประกอบด้านการจินตนาการร่วมด้วย
5. ความสามารถด้านความจำ (Associate Memory) พบได้ในแบบทดสอบเกี่ยวกับการท่องจำสิ่งที่เป็นของคู่กัน สิ่งที่เป็นอนุกรมกัน หรือการจำตำแหน่งในมิติต่าง ๆ ของสิ่งของ และเป็นความจำที่สามารถระลึก หรือทายทอดเรื่องนั้นออกมาได้

6. ความเร็วในการรับรู้ (Perception Speed) ได้แก่ การมองเห็น รายละเอียด ความเหมือน ความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

7. การมีเหตุผล (Induction หรือ General Reasoning) พบได้ในแบบทดสอบเกี่ยวกับสัญลักษณ์ หรือรูปภาพ โดยให้ผู้ทดสอบหาข้อสรุปหรือกฎเกณฑ์ออกมา หรือเป็นแบบทดสอบคณิตศาสตร์คำนวณเหตุผลได้

ทอมกิลฟอร์ด ได้ศึกษาวิจัยทฤษฎีตัวประกอบพหุคูณ ของเซอร์สโตน โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบทดสอบวัดสติปัญญาที่มีอยู่ในสมัยนั้น และได้เสนอทฤษฎีโครงสร้างทางสมองอธิบายความสามารถทางสมองของมนุษย์ เป็นแบบจำลอง 3 มิติ ดังนี้ (Guilford, 1967 : 63)

มิติที่ 1 เนื้อหา (Content) ประกอบด้วย ภาพ สัญลักษณ์ ภาษาและพฤติกรรม

มิติที่ 2 วิธีคิด (Operation) ประกอบด้วย การรู้และการเข้าใจ การจำ การคิดแบบอเนกนัย (Divergent) การคิดแบบเอกนัย (Convergent) และการประเมินค่า

มิติที่ 3 ผล (Product) ประกอบด้วย หน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการนำไปใช้

โครงสร้างทางสมองแบบจำลอง 3 มิตินี้ ประกอบด้วย 120 เซล (cell) แต่ละเซลล์สอดคล้องกับองค์ประกอบทางกายภาพของบุคคล

ทฤษฎีลำดับชั้น (Hierarchical Theory) ทฤษฎีนี้ เบิร์ต (Burt) และ เวอร์นอน (Vernon) ได้กล่าวไว้ว่า องค์ประกอบทางสมองของมนุษย์นั้นสามารถจัดลำดับชั้นได้ดังนี้คือ ระดับสูงสุด คือองค์ประกอบทั่วไป หรือ "g" ของสเปียร์แมน ระดับต่อมา มี 2 องค์ประกอบใหญ่ คือความถนัดทางภาษา หรือ V : ed (Verbal-education) และความถนัดทางช่าง หรือ K : m (Practice - mechanical) จากองค์ประกอบใหญ่ทั้งสององค์ประกอบนี้ ได้แบ่งออกเป็นกลุ่มองค์ประกอบย่อย ๆ อีกได้แก่ ความเข้าใจในศัพท์ ความคล่องในการใช้ภาษา ความเข้าใจในการใช้ภาษา ความเข้าใจตัวเลข ความเข้าใจในมิติต่าง ๆ ความเข้าใจในเครื่องจักรกล และความสามารถในการใช้มือ ระดับสุดท้ายแบ่งย่อยเป็นองค์ประกอบเฉพาะอย่างอีกมาก นั่นคือองค์ประกอบทั่วไป หรือ "g" เป็นองค์ประกอบใหญ่ที่สุด ส่วนองค์ประกอบ

เฉพาะ หรือ "๑" เป็นองค์ประกอบเล็กที่สุด (Anastasi, 1961 : 346)

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพสมองด้านจิตสัมพันธ์

แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านจิตสัมพันธ์ เป็นส่วนหนึ่งของแบบทดสอบวัดความถนัดที่ไม่ต้องใช้ความรู้ความสามารถทางภาษาเข้ามาเกี่ยวข้อง ปกติแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนจะสร้างขึ้นเป็นชุด (Battery) ประกอบด้วยแบบทดสอบฉบับย่อยๆ (Subtest) หลายฉบับ แบบทดสอบย่อยแต่ละฉบับวัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ กันโดยเฉพาะ แบบทดสอบจิตสัมพันธ์เป็นส่วนหนึ่งของแบบทดสอบวัดความถนัด (Fruchter, 1954 : 389) ดังคำกล่าวของเยทท์ และพิกเคเจียน (Yate and Pidgeon อ้างจาก Smith, 1964 : 29) ที่ว่าชุดของแบบทดสอบที่ใช้ในการทำนายใดค่านั้น จำเป็นต้องมีแบบทดสอบจิตสัมพันธ์รวมอยู่ด้วยเสมอ

แบบทดสอบวัดความถนัดด้านจิตสัมพันธ์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้น มีลักษณะแตกต่างกันออกไปเป็นต้นว่า แบบทดสอบ Army General Classification Test (AGCT) เป็นแบบทดสอบที่ปรับปรุงเพิ่มเติมจากแบบทดสอบ Army Alpha ที่ใช้ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 วัดความสามารถด้านจิตสัมพันธ์ โดยการนับรูปลูกบาศก์ แบบทดสอบ Armed Forces Qualification Test (AFQT) วัดความสามารถด้านจิตสัมพันธ์โดยใช้แบบทดสอบประกอบภาพและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในสองและสามมิติ แบบทดสอบ Kohs Block Design วัดความสามารถด้านจิตสัมพันธ์ โดยใช้รูปลูกบาศก์ซึ่งทาสีด้านทั้งหกแตกต่างกัน แล้วให้ผู้ถูกทดสอบใช้ลูกบาศก์ 4 - 16 ลูก ประกอบกันให้เหมือนกับภาพที่กำหนดให้ โดยให้ใช้เวลาน้อยที่สุด แบบทดสอบ Army Beta เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการคัดเลือกทหารในสงครามโลกครั้งที่ 1 โดยใช้ทั้งทหารที่รู้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศ และทหารที่ไม่รู้ภาษาอังกฤษเลย ใช้แบบทดสอบจิตสัมพันธ์แบบหมู่ภาพ ส่วนแบบทดสอบ Pinter Non - Language Test เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นใช้กับบุคคลบางประเภท เช่น พวกหูหนวก หรือพิการอื่น ๆ ใช้แบบทดสอบจิตสัมพันธ์แบบประกอบภาพ และแบบตัดกระดาษ (Anastasi, 1961 : 224 - 269)

แบบทดสอบ Primary Mental Ability (PMA) ของ เซอร์สโตน ใช้แบบทดสอบจิตสัมพันธ์แบบหมู่ภาพ 2 มิติ บนพื้นราบ แบบทดสอบ 3 มิติแบบเล็งทิศทาง แบบตัด

กระดาษ และแบบรูปลูกบาศก์ (Cronbach, 1970 : 326 - 327)

แบบทดสอบ The Minnesota Spatial Relations Test ปรับปรุงมาจาก
แบบทดสอบการสำรวจทางเรขาคณิตของ Army Beta โดย O'Rourke ใช้แบบทดสอบ
มิตติมพันธ์ Minnesota Paper Form Broad และ Minnesota Spatial Relations
Broad (Bingham, 1937 : 312)

แบบทดสอบ Differential Aptitude Test (DAT) เป็นแบบทดสอบที่ใช้
ในการแนะแนวการศึกษาและอาชีพ ของสมาคมจิตวิทยาของสหรัฐ ใช้แบบทดสอบมิตติมพันธ์
แบบหมุนภาพ (Nunnally, 1964 : 233)

แบบทดสอบ Multiple Aptitude Test (MAT) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการ
แนะแนวการศึกษาและอาชีพ สำหรับเด็กเกรด 7 - 13 (ระดับวิทยาลัยปีที่ 1) ใช้แบบทดสอบ
มิตติมพันธ์ 3 ชนิด คือ แบบวิทยาศาสตร์ประยุกต์ และเครื่องจักรกล แบบประกอบภาพใน 2 มิติ
และแบบประกอบภาพใน 3 มิติ (Segal and Raskin, 1959 : 4)

แบบทดสอบ Guilford - Zimmerman Aptitude Survey ใช้แบบทดสอบ
มิตติมพันธ์ 2 ชนิดคือ Form B เป็นแบบเล็งทิศทางและ Form A เป็นแบบหมุนภาพ
(Buros, 1959 : 715)

นอกจากนี้ ทางสำนักทดสอบ The Nation Foundation for Educational
Research (N.F.E.R.) แห่งประเทศอังกฤษได้เสนอแบบทดสอบมิตติมพันธ์แบบต่าง ๆ ไว้
หลายแบบด้วยกัน ได้แก่ แบบวาดภาพ แบบจัดภาพลงกระดาน แบบหารูปที่คล้ายคลึงกัน
แบบซ้อนภาพ แบบประกอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส แบบรูปแบบของการรับรู้ แบบประกอบภาพ
แบบวาดภาพกลับกันที่กำหนดให้ แบบการประกอบสมการภาพแบบ A แบบประกอบลูกบาศก์
แบบตัดรูปต้นไม้ แบบการประกอบสมการแบบ B แบบการลอกแบบ แบบการฉายรูป (Smith,
1964 : 365 - 371)

จากเอกสารข้างต้นนี้สรุปได้ว่า แบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพสมองค่ามิตติมพันธ์ มิได้
มีเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชนิดเดียว แต่มีมากชนิดด้วยกัน ทั้งนี้เพื่อกักเลือกนำไปใช้ในการ
วัดความถนัดในงานอาชีพ และในด้านการศึกษา ซึ่งมีสาขาแตกต่างกันมากมาย ได้อย่างเหมาะสม

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์กับ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

แฮมเลย์ (Hamley อ้างจาก Smith, 1964 : 104) เป็นนักจิตวิทยาและนักคณิตศาสตร์ได้เขียนบทความเกี่ยวกับธรรมชาติของวิชาคณิตศาสตร์ไว้ในหนังสือ *The Testing of Intelligence* ว่า ความสามารถทางคณิตศาสตร์เป็นผลรวมของความสามารถด้านการจินตนาการ การรับรู้เกี่ยวกับเรื่องจำนวน การจัดตัวของสิ่งของในอวกาศ และการจำลักษณะของการจัดตัวของสิ่งของต่าง ๆ นั้นไว้ในสมอง / ส่วนมิงแฮม (Bingham, 1937 : 309) ได้กล่าวว่แบบทดสอบ *The Minnesota Spatial Relations Test* ซึ่งใช้วัดความเร็วและความถูกต้องในการแยกขนาดและรูปร่าง ซึ่งผู้สอบจะต้องมีความสามารถที่จะรับรู้ขนาดและรูปแบบใดอย่างถูกต้องและรวดเร็ว ความถนัดด้านนี้มีความสัมพันธ์กับวิชาเรขาคณิตในทางยาว อื่นแบบทดสอบวัดความถนัดนั้นเหมือนกับแบบทดสอบอื่น ๆ คือเพื่อคนและพัฒนาสมรรถภาพสมองของมนุษย์ หมายความว่า "พยายามสร้างและใช้แบบทดสอบเพื่อตรวจคนดูว่า นักเรียนคนใดมีสมรรถภาพสมองหรือระดับความรู้ความสามารถเกินค้อยในค่านใดบาง" (ชาวล แพร์ทกุล, 2512 : 71) ดังนั้นแบบทดสอบวัดความถนัดจึงประกอบควยแบบทดสอบฉบับย่อย ๆ วัดสมรรถภาพสมองค่านต่าง ๆ รวมกันเป็นชุด เพื่อทราบว่ผู้สอบมีความสามารถมากน้อยในค่านใด อันจะเป็นประโยชน์มากทางด้านการแนะแนว การศึกษาและอาชีพทั้งค่านกล่าวของโดนัลด์ (Donald, อ้างจาก Bernotte, 1968:155) ที่ว่า **การวัดความถนัดเป็นสิ่งสำคัญในการเลือกอาชีพแขนงต่าง ๆ และการวัดจะวัดออกมาในรูปของความสัมพันธ์** ทั้งนี้เพราะแต่ละสาขาวิชาที่สามารถรู้ได้ย่่างแน่ชัดควยของประกอบเฉพาะของวิชาที่นั้น เช่น แบบทดสอบมิติสัมพันธ์จะมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ศิลป ช่างกล และวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาที่ต้องอาศัยวิชาคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานทั้งสิ้นสอดคล้องกับค่านกล่าวของเวอร์นอน (Vernon อ้างจาก Smith, 1964 : 80) ที่ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กับความสามารถทางคณิตศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับสูง มีเอกสารและงานวิจัยหลายเรื่องที่แสดงว่สมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ส่งผลต่อการเรียนคณิตศาสตร์ดังนี้

สามารถ วีระสัมฤทธิ์ (สามารถ วีระสัมฤทธิ์, 2512 : 65) ได้ศึกษาสมรรถภาพสมองบางประการที่สัมพันธ์กับการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 จำนวน 444 คน แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ที่ไซมี 2 ฉบับคือ แบบซ้อนภาพ และประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสรวมอยู่ในฉบับเดียวกัน อีกฉบับหนึ่ง เป็นแบบเน้นรูปลูกบาศก์ พบว่าแบบทดสอบดังกล่าวมีสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เท่ากับ 2442 และ 2831 ตามลำดับ ทอม่าจรีนทร์ ประสงค์สม (จรีนทร์ ประสงค์สม, 2517 : 37) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านรูปภาพ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ใช้กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 เช่นเดียวกัน จำนวน 259 คน แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ที่ไซมี 2 ฉบับคือ แบบซ้อนภาพ และแบบซ้อนรูป พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เท่ากับ .6334 และ .6375 ตามลำดับ นอกจากนี้

สตรอนด์และผู้อื่น (Stround and others, 1957 : 19) ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแบบทดสอบ Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการทำนายความสามารถในการอ่าน การสะกดคำ และความสามารถในวิชาเรขาคณิต โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะของไอโอวา (Iowa Test of Skill Battery) กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนเกรด 3 - 6 จำนวน 775 คน แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ที่ไซมี 3 ฉบับคือ แบบจักภาพ แบบเน้นรูปลูกบาศก์ และแบบต่อกภาพ พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบวิชาเรขาคณิตเป็น .30 .36 และ .34 ตามลำดับ

กีริก ภูโพลย์ (กีริก ภูโพลย์, 2516 : 36) ได้ศึกษาการใช้ความถนัดด้านมิติสัมพันธ์ และเหตุผลเชิงนามธรรม ทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเรขาคณิต กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 600 คน ใช้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ ซึ่งคัดแปลงมาจากแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ของแบบทดสอบ Differential Aptitude Test (DAT) พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบวิชาเรขาคณิตเท่ากับ .54 ส่วน ซีเกล (Segal อ้างจากบุญชม ศรีสะอาด, 2513 : 10 - 11) ได้ศึกษาความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดความถนัดจำนวน 7 ฉบับ มีแบบทดสอบมิติสัมพันธ์รวมอยู่ด้วย 2 ฉบับ คือแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบ 2 มิติ และแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบ 3 มิติ กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 57 คน พบว่า

มีค่าสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เท่ากับ .50 และน้อยมากตามลำดับ

ลวัน สายยศ (ลวัน สายยศ, 2511 : 77) ได้ศึกษาตัวพยากรณ์บางชนิดที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาการที่ศึกษาชั้นสูง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจากวิทยาลัยครู 13 แห่ง จำนวน 373 คน ใช้แบบทดสอบมิตีสัมพันธ์แบบประกอบภาพ พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ .19 ต่อมา จักรเพชร เพชรสุข (จักรเพชร เพชรสุข, 2516 : 12) ได้ศึกษาความสามารถบางประการที่ส่งผลต่อการเรียนระดับวิชาชีพชั้นสูงของนักศึกษาเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 352 คน ใช้แบบทดสอบมิตีสัมพันธ์แบบประกอบภาพ ใน 3 มิติ พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ .2230 นอกจากนี้เบนเนต (Bennett, 1956 : 87) ได้ศึกษาความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ Differential Aptitude Test (DAT) ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1952 คน จากโรงเรียนมากกว่า 100 โรงเรียน ใน 26 รัฐ พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบมิตีสัมพันธ์ซึ่งเป็นแบบหมุนภาพ กับคะแนนจากแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ในกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชายเท่ากับ .26 ในกลุ่มตัวอย่างนักเรียนหญิงเท่ากับ .37

ฮิล (Hill, 1957 : 617) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถและความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับวิทยาลัย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 จำนวน 148 คน ใช้แบบทดสอบมิตีสัมพันธ์ของ Guilford - Zimmerman Aptitude Survey ทั้ง 2 แบบ คือแบบ A ซึ่งเป็นแบบหมุนภาพ และแบบ B ซึ่งเป็นแบบเล็งทิศทาง พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์กับวิชาแคลคูลัสเท่ากับ .34 และ .33 ตามลำดับ ส่วนวูด (Wood, 1968 : 1224) ได้ศึกษาการพยากรณ์ความสำเร็จในการเรียนของนิสิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยเปอร์กัว จำนวน 616 คน โดยใช้แบบทดสอบมิตีสัมพันธ์ของ Differential Aptitude Test (DAT) พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ของ College Entrance Examination Broad Scholastic Aptitude Test (SAT) เท่ากับ .26.

จากการศึกษาเอกสารดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า สมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์เป็นส่วนหนึ่งของความสามารถเฉพาะอย่าง ความทฤษฎีลำดับขั้นของเวอร์นอน และเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถพื้นฐานทางสมองตามทฤษฎีหลายองค์ประกอบของเชอร์สโตน อนึ่ง การทดสอบสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์นี้ มีนักจิตวิทยาหลายท่านได้สร้างแบบทดสอบขึ้นมาหลายชนิด และมีผลการวิจัยหลายเรื่องที่น่าสนใจว่าสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะใช้แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ทางชนิดกัน จากเอกสารที่ค้นคว้า จึงเป็นแนวทางในการตั้งสมมุติฐานในการวิจัยครั้งนี้

สมมุติฐานในการศึกษาครั้งนี้

1. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แต่ละชนิดมีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับคะแนนจากแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน
3. สมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ในรูปแบบต่าง ๆ (ข้อภาพ หนูภาพ ข้อภาพประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และเนบรูปลูกบาศก์) มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นเชิงเส้นตรง
4. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ต่างชนิดกัน ส่งผลต่อการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกัน.

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษารุ่นนี้เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในสังกัดกองการมัธยมศึกษา กรมสามัญศึกษา และสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชน กระทรวงศึกษาธิการ ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งคัดเลือกมาโดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบ Stratified Random Sampling จำนวน 6 โรงเรียน และใช้วิธีสุ่มแบบธรรมคาโรงเรียนละ 1 ห้องเรียน ได้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษารุ่นนี้จำนวน 217 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ใช้แบบทดสอบ 2 ประเภทคือ

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบมาตรฐานของสำนักทดสอบทางจิตวิทยา และการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ทัวเลือก จำนวน 2 ฉบับคือ

1.1 แบบทดสอบคณิตศาสตร์ปัญหา เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการกิกคำนวณ โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ควยวิธีต่าง ๆ จำนวน 30 ข้อ ใหเวลาในการตอบแบบทดสอบ 40 นาที

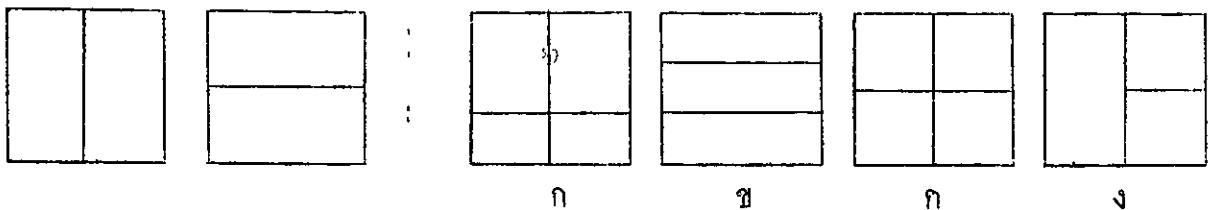
1.2 แบบทดสอบคณิตศาสตร์เหตุผล เป็นแบบทดสอบวัดความเข้าใจ หรือส้งกับทางคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับกฎ หลักเกณฑ์ วิธีการคิกคำนวณ จำนวน 30 ข้อ ใหเวลาในการตอบแบบทดสอบ 30 นาที

2. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ มีจำนวน 5 ฉบับเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองทั้งสิ้น ยกเว้นแบบทดสอบซ้อนภาพ เป็นแบบทดสอบที่ อารีย์ เศรษฐชัย และโสภกา บุญยศรีสวัสดิ์ นิธิพิชญญาโทสาขากการวัดผลการศึกษา ปีการศึกษา 2519 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กับ ผู้วิจัยร่วมกันสร้างขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาการ

สร้างแบบทดสอบวัดความถนัด หนึ่งในสร้างแบบทดสอบดังกล่าวได้อาศัยตัวอย่างแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ของแบบทดสอบ SRA Mechanical Aptitudes Format ของริชาร์ดสัน และเฮนรี แบบทดสอบ Primary Mental Abilities (PMA) ของเซอร์สโตน และแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ของบุชมศรีสะอาด เป็นแนวทางในการสร้าง แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ทุกฉบับที่สร้างขึ้นเป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 กว้างเลือก และมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แต่ละฉบับมีลักษณะดังนี้

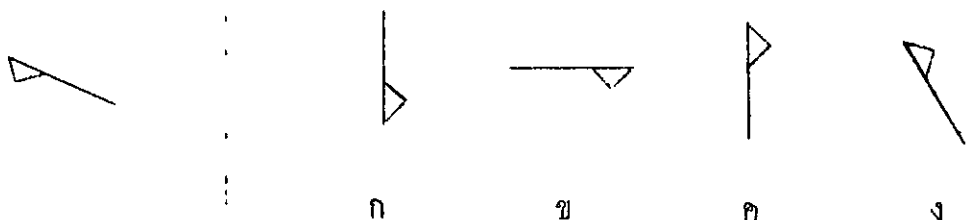
2.1 แบบทดสอบชอนภาพ

มีจำนวนทั้งสิ้น 30 ข้อ แต่ละข้อจะมีภาพให้ 2 ภาพทางซ้ายมือ ให้นักเรียนพิจารณาว่า ถ้าเอาภาพทั้งสองนี้มาซ้อนกันให้สนิท โดยไม่เปลี่ยนทั้งขนาดและทิศทางแล้วจะได้ภาพอะไร จาก ก, ข, ค, หรือ ง ที่ให้ไว้ ดังตัวอย่าง



2.2 แบบทดสอบหมุนภาพ

มีจำนวนทั้งสิ้น 32 ข้อ แต่ละข้อจะมีภาพทางซ้ายมือ 1 ภาพ ให้นักเรียนพิจารณาว่า ถ้าหมุนภาพนี้ไปในทิศทางตามหรือทวนเข็มนาฬิกาแล้ว จะมีลักษณะเหมือนภาพใดจาก ก, ข, ค, หรือ ง ที่ให้ไว้ดังตัวอย่าง

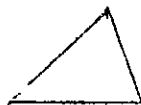


2.3 แบบทดสอบซ่อนภาพ

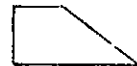
แบ่งเป็น 4 ตอน แต่ละตอนมีจำนวน 8 ข้อ ในแต่ละตอนจะมีภาพคำตอบให้นักเรียนดูก่อน 4 ภาพ สำหรับคำถามนั้น แต่ละข้ออาจเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือวงกลม ซึ่งภายในจะมีเส้นต่าง ๆ ลากตัดกันเกิดเป็นลวดลายซ้อนทับกันมากมาย ในรูปเหล่านี้แต่ละรูปจะซ่อนมีภาพคำตอบภาพใดภาพหนึ่งจากภาพคำตอบ 4 ภาพ ข้างบนซ่อนอยู่เสมอ โดยมีทั้งขนาด รูปทรง และทิศทาง เหมือนกับภาพคำตอบทุกประการทั้งตัวอย่าง



ก



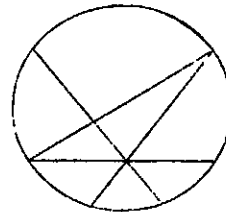
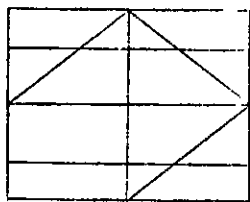
ข



ค

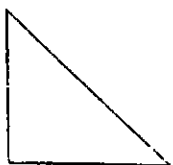


ง



2.4 แบบทดสอบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

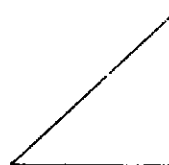
มีจำนวน 32 ข้อ แต่ละข้อจะมีภาพทางซ้ายมือให้นักเรียนดูก่อนแล้วให้นักเรียนพิจารณาว่า จะต่อนำภาพเช่นไร จาก ก ข ค หรือ ง มาต่อกับภาพทางซ้ายมือแล้วจะทำให้เกิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยสมบูรณ์ ถึงตัวอย่าง



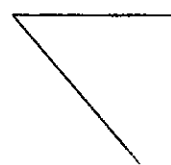
ก



ข



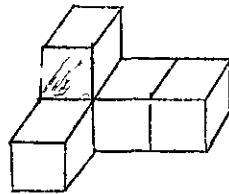
ค



ง

2.5 แบบทดสอบนิรูปลูกบาท

มีจำนวน 36 ข้อ แต่ละข้อจะมีภาพเป็นรูปลูกบาทที่มีขนาดเดียวกัน
กองรวมกันอยู่อย่างมีระเบียบ ให้นักเรียนนับจำนวนของรูปลูกบาท ในแต่ละกองโดยจะต้อง
นับรูปที่ถูกครอบบังไว้ด้วย ว่ามีเท่าใด ในคำตอบที่กำหนดให้จาก ก ข ค หรือ ง
ดังตัวอย่าง



ก. 3

ข. 4

ค. 5

ง. 6

การทดลองใช้เครื่องมือ

การทดลองใช้แบบทดสอบมีลักษณะทั้งหมด 5 ฉบับ ได้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 3 ในภาคเรียนแรกของการศึกษา 2519 โรงเรียนศรีวิกรม์ จำนวน 89 คน และ
โรงเรียนพุมศรกา จำนวน 33 คน รวมเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลองเครื่องมือครั้งนี้ 122 คน
ผู้วิจัยได้บันทึกเวลาในการตอบแบบทดสอบ โดยสังเกตจากนักเรียนประมาณร้อยละ 80 ของแต่ละ
ห้องเรียนทำแบบทดสอบแต่ละฉบับแล้วเสร็จ จากนั้นจึงหาเวลาเฉลี่ย เพื่อกำหนดเป็นเวลาที่
แน่นอนในการตอบแบบทดสอบแต่ละฉบับ ขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยได้นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน
โดยมีเกณฑ์ว่าตอบถูกต้องให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์
โดยใช้เทคนิค 27 % ของ จู เก ฟาน เพื่อหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r)
และค่าความยากมาตรฐาน (Δ) เป็นรายข้อ แล้วก็คัดเลือกข้อที่เหมาะสมไว้ ซึ่งค่าความ
ยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความยากมาตรฐาน (Δ) ก็แสดงใน
ตาราง 10 - 12- ในภาคผนวก และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยวิธี คูเคอร์ -
ริชาร์ดสัน สูตรที่ 20 ซึ่งจำนวนข้อ เวลาที่ใช้ในการตอบ ค่าความยากเฉลี่ย ($\bar{p}$)
ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย ($\bar{r}$) และค่าความเชื่อมั่น ก็แสดงในตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนข้อ เวลาที่ใช้ในการตอบ ความยากเฉลี่ย ($\bar{p}$) อำนาจจำแนกเฉลี่ย ($\bar{r}$) ความเชื่อมั่น และ SE_{meas} ของแบบทดสอบจำนวน 5 ฉบับ

แบบทดสอบ	จำนวนข้อ	เวลา (นาที)	$\bar{p}$	$\bar{r}$	ความเชื่อมั่น	SE_{meas}
ข้อภาพ	30	10	.7747	.405	.9561	± 0.1251
ทฤษฎีภาพ	32	10	.6931	.640	.8935	± 2.1621
ข้อภาพ	32	20	.6668	.625	.9500	± 1.5443
ประกอบภาพ	32	15	.6703	.460	.6947	± 2.2995
นิมิตรูปลูกบาศก์	36	15	.7127	.590	.8794	± 2.1667

การดำเนินการรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลนั้นได้นำแบบทดสอบทั้ง 2 ประเภท ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง โดยใช้เวลาในการทดสอบโรงเรียนละ 3 วัน สองวันแรกทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 5 ฉบับ ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที ส่วนวันที่เหลือทดสอบความสามารถทาง การเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ฉบับ ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 10 นาที แล้วนำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ตัวแปรแทรกซ้อนที่ส่งผลต่อการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ ลำดับที่ในการสอบแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ 5 ฉบับ ซึ่งได้ควบคุมความกลาดเคลื่อนเนื่องมาจากสาเหตุดังกล่าวโดยการแบ่งเวลาสอบแบบทดสอบ ทั้ง 5 ฉบับ ออกเป็น 2 วัน และใช้วิธีสุ่มแบบทดสอบแบบ Simple Random Sampling ในการสอบแต่ละวัน ในแต่ละโรงเรียน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ได้คำนวณหาค่าสถิติดังนี้คือ

1. ค่าสถิติพื้นฐาน คือ คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
2. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ใช้สูตรของคูเกอร์ ริชาร์คสัน สูตรที่ 20

(Gullford, 1956 : 455) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left(\frac{S_t^2 - \Sigma pq}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	แทน	จำนวนข้อในแบบทดสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	$1 - p$
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนจากแบบทดสอบ

3. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement) โดยใช้สูตร (Gulliksen, 1967 : 42) ดังนี้

$$SE_{meas} = S_x \sqrt{1 - r_{tt}}$$

เมื่อ	SE_{meas}	แทน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของแบบทดสอบ
	S_x	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
	r_{tt}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

4. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของคะแนน 2 ชุด โดยใช้สูตร Pearson Product Moment Correlation (Gullford, 1956 : 141) ดังนี้

$$r_{xy} = \frac{N \Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{\sqrt{[N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy}	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
ΣXY	แทน	ผลรวมของผลคูณของคะแนน 2 ชุด
ΣX	แทน	ผลรวมของคะแนนในชุดแรก
ΣY	แทน	ผลรวมของคะแนนในชุดหลัง
ΣX^2	แทน	ผลรวมของกำลังสองของคะแนนในชุดแรก
ΣY^2	แทน	ผลรวมของกำลังสองของคะแนนในชุดหลัง
N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่ม

5. Fisher's z Transformation เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ครั้งละ 1 คู่ โดยใช้สูตร (Snedecor, 1967 : 187) ดังนี้

$$Z = \frac{Z_{r_1} - Z_{r_2}}{\sqrt{\frac{1}{N_1 - 3} + \frac{1}{N_2 - 3}}}$$

เมื่อ Z	แทน	ความแตกต่างของคะแนนมาตรฐาน
Z_{r_1}, Z_{r_2}	แทน	คะแนนมาตรฐานที่สมนัยกับค่า r_1 และ r_2 ตามลำดับ
N_1, N_2	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

6. Multiple Linear Regression Analysis

6.1 ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation) โดยใช้วิธี Square Root Method (Harman, 1967 : 40)

6.2 'ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ในรูปของคะแนนมาตรฐาน (Beta Weight)
โดยวิธี Square Root Method (Harman, 1967 : 40)

6.3 สมการพยากรณ์ในรูปของคะแนนมาตรฐานดังนี้

$$Z_c = \beta_1 Z_1 + \beta_2 Z_2 + \dots + \beta_n Z_n$$

เมื่อ Z_c แทน คะแนนมาตรฐานของตัวเกณฑ์ที่ได้จากการพยากรณ์
 $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ แทน คะแนนมาตรฐานของตัวพยากรณ์ตัวที่ 1, 2, ..., n
 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ แทน สัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ตัวที่ 1, 2, ..., n

6.4 สมการพยากรณ์ในรูปของคะแนนดิบดังนี้

$$Y_c = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n$$

เมื่อ Y_c แทน คะแนนของตัวเกณฑ์ที่ได้จากการพยากรณ์
 a แทน ค่าคงที่ในสมการพยากรณ์
 $b_1, b_2, \dots, b_n$ แทน สัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ตัวที่ 1, 2, ..., n
 $x_1, x_2, \dots, x_n$ แทน คะแนนของตัวพยากรณ์ตัวที่ 1, 2, ..., n

โดยคำนวณหาค่า $a, b_1, b_2, \dots, b_n$ จาก Normal Equation ต่อไปนี้
 (Yamane, 1967 : 754)

$$Na + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + \dots + b_n \sum X_n = \sum Y$$

$$a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 + \dots + b_n \sum X_1 X_n = \sum X_1 Y$$

$$a \sum X_2 + b_1 \sum X_2 X_1 + b_2 \sum X_2^2 + \dots + b_n \sum X_2 X_n = \sum X_2 Y$$

$$a \sum X_n + b_1 \sum X_n X_1 + b_2 \sum X_n X_2 + \dots + b_n \sum X_n^2 = \sum X_n Y$$

เมื่อ	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่ม
	n	แทน	จำนวนตัวพยากรณ์
$\sum X_1$		แทน	ผลรวมของคะแนนของตัวพยากรณ์ ตัวที่ 1 ($1 = 1, 2, \dots, n$)
$\sum Y$		แทน	ผลรวมของคะแนนเกณฑ์
$\sum X_1 X_j$		แทน	ผลรวมของผลคูณของตัวพยากรณ์ตัวที่ 1 และ ตัวพยากรณ์ตัวที่ j ($j=1, 2, \dots, n$)
$\sum X_1 Y$		แทน	ผลรวมของผลคูณของตัวพยากรณ์ตัวที่ 1 และ ตัวเกณฑ์

6.5 ทดสอบความเป็นเส้นตรงของสมการพยากรณ์ โดยใช้ Analysis of variance ซึ่งสรุปเป็นตารางได้ดังนี้ (Wert, 1954 : 242)

Source of Variation		SS	MS	F
Regression	n	$b_1 \sum X_1 Y + b_2 \sum X_2 Y + \dots$ $+ b_n \sum X_n Y + a \sum Y + (\sum Y)^2 / N$	$SS_{reg} / df.$	MS_{reg} / MS_{res}
Residual	N-n-1	$SS_T - SS_{reg.}$	$SS_{res} / df.$	
Total	N-1	$\sum Y^2 - (\sum Y)^2 / N$		

เมื่อ	n	แทน	จำนวนตัวพยากรณ์
	N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

6.6 ทดสอบความจำเป็นสำคัญของความแตกต่างระหว่างสหสัมพันธ์พหุคูณเดิมกับสหสัมพันธ์พหุคูณที่ลดตัวพยากรณ์ โดยใช้สูตร (Wert, 1954 : 247) ดังนี้

$$F_{(n, N-m-1)} = \frac{\left[R_y^2(1, 2, \dots, m) - R_y^2(1, 2, \dots, m-n) \right] (N-m-1)}{n \left[1 - R_y^2(1, 2, \dots, m) \right]}$$

เมื่อ	$R_{y(1,2,\dots,m)}$	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีตัวพยากรณ์ m ตัว
	$R_{y(1,2,\dots,m-n)}$	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีตัวพยากรณ์ลดลง n ตัว
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่ม
	m	แทน	จำนวนตัวพยากรณ์เต็ม
	n	แทน	จำนวนตัวพยากรณ์ที่ลดลง .

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้ ปรากฏผลทั้งจะได้นำเสนอต่อไป และเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ในการแปลความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์ และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
n	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
S.D	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนน
Y	แทน	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
X_1	แทน	คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพ
X_2	แทน	คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แบบผมนภาพ
X_3	แทน	คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แบบ ซ้อนภาพ
X_4	แทน	คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แบบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
X_5	แทน	คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แบบนับรูปลูกบาศก์
r_{xy}	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง คะแนนจากแบบทดสอบ x กับคะแนนจากแบบทดสอบ y
R	แทน	สหสัมพันธ์หาคู่
S.E _{est.}	แทน	ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

β	แทน	สัมประสิทธิ์ของตัวพากรณซึ่งพากรณในรูปคะแนนมาตรฐาน
b	แทน	สัมประสิทธิ์ของตัวพากรณซึ่งพากรณในรูปคะแนนดิบ
Y_0	แทน	คะแนนดิบของ เกณฑ์ที่ได้จากการพากรณ
Z_0	แทน	คะแนนมาตรฐานของ เกณฑ์ที่ได้จากการพากรณ
Z_1	แทน	คะแนนมาตรฐานจากแบบทดสอบมีคัมพันธ์แบบซ้อนภาพ
Z_2	แทน	คะแนนมาตรฐานจากแบบทดสอบมีคัมพันธ์แบบหมุนภาพ
Z_3	แทน	คะแนนมาตรฐานจากแบบทดสอบมีคัมพันธ์แบบซ้อนภาพ
Z_4	แทน	คะแนนมาตรฐานจากแบบทดสอบมีคัมพันธ์แบบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
Z_5	แทน	คะแนนมาตรฐานจากแบบทดสอบมีคัมพันธ์แบบหมุนรูปลูกบาศก์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ตามลำดับดังนี้

1. ผลการใช้แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมีคัมพันธ์จำนวน 5 ฉบับ
2. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของตัวพากรณ และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวพากรณกับตัวพากรณแต่ละตัว
3. ทดสอบความแตกต่างของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวพากรณกับตัวพากรณแต่ละตัว
4. หาสมการพากรณ ซึ่งพากรณในรูปของคะแนนมาตรฐานและคะแนนดิบ และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ
5. ค้นหาชนิดของแบบทดสอบมีคัมพันธ์ที่ใช้เป็นตัวพากรณที่ดี สำหรับพากรณผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

1. ผลการใช้แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์จำนวน 5 ฉบับ

คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์จำนวน 5 ฉบับ มีค่าสถิติพื้นฐาน คือ คะแนนเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวนทั้งแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 จำนวนข้อ คะแนนเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวนของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 5 ฉบับ

แบบทดสอบ	n	$\bar{X}$	S.D.	S^2
✓ ซ้อนภาพ	30	27.2219	2.8490	8.1167
หมุนภาพ	32	23.4562	6.7078	44.9940
✓ ซ้อนภาพ	32	21.3296	6.9065	47.7046
✓ ประกบภาพ	32	23.0829	4.1617	17.3198
✓ นับรูปลูกบาศก์	36	27.1751	6.2392	38.9271

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 2 พบว่าคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบทุกฉบับมีค่าสูงกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มทั้งหมด แสดงว่าแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ทุกฉบับค่อนข้างง่ายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยเฉพาะแบบทดสอบซ้อนภาพง่ายที่สุด เพราะมีคะแนนเฉลี่ยเกือบเท่ากับคะแนนเต็มของแบบทดสอบ

เมื่อพิจารณาความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้ง 5 ฉบับพบว่า มีค่าสูงทุกฉบับ ยกเว้นแบบทดสอบซ้อนภาพ แสดงว่าแบบทดสอบแต่ละฉบับสามารถจำแนกนักเรียนได้ก็ ยกเว้นแบบทดสอบซ้อนภาพ ซึ่งจำแนกเด็กได้น้อยที่สุด เพราะมีค่าความแปรปรวนเพียง 8.1167 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบบทดสอบฉบับนี้ง่ายเกินไปสำหรับนักเรียนระดับนี้ จึงไม่สามารถจำแนกเด็กได้

2. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของตัวพยากรณ์และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวเกณฑ์กับตัวพยากรณ์แต่ละตัว

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (intercorrelation) ของตัวพยากรณ์ 5 ตัว และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวเกณฑ์กับตัวพยากรณ์แต่ละตัว ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ค่าสหสัมพันธ์ภายในของตัวพยากรณ์และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวเกณฑ์กับตัวพยากรณ์แต่ละตัว ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 217 คน

แบบทดสอบ	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y
X ₁	.3531**	.3500**	.3614**	.4214**	.4191**
X ₂		.2840**	.3331**	.3845**	.2699**
X ₃			.2324**	.2311**	.2504**
X ₄				.4815**	.3853**
X ₅					.4623**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 4 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของตัวพยากรณ์มีค่าเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า แสดงว่าแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ทั้ง 5 ฉบับนี้ วัดสมรรถภาพสมองบางอย่างร่วมกันจริง

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แต่ละฉบับ มีค่าเป็นบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า นักเรียนที่ปีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง มีแนวโน้มที่จะมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงด้วย และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ มีแนวโน้มที่จะมีความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์ต่ำด้วย แสดงว่าในการพยากรณ์ความสามารถทาง

คณิตศาสตร์ของนักเรียน อาศัยพยากรณ์จากความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้ และพบว่าแบบทดสอบ มิติสัมพันธ์ที่มีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบคณิตศาสตร์สูงสุดคือ แบบทดสอบนิรนัยรูปลูกบาศก์ (X_5) ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .4623 รองลงไปคือแบบทดสอบชอณภาพ (X_1) และแบบทดสอบ ประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (X_4) ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .4191 และ .3853 ตามลำดับ ส่วนแบบทดสอบชอณภาพ (X_3) มีค่าสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบคณิตศาสตร์ต่ำสุด กล่าวคือมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .2504

3. ทดสอบความแตกต่างของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรกับ ตัวพยากรณ์แต่ละตัว

เพื่อทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แต่ละฉบับ คือ แบบชอณภาพ (X_1) แบบพจนภาพ (X_2) แบบชอณภาพ (X_3) แบบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (X_4) และแบบนิรนัยรูปลูกบาศก์ (X_5) ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยใช้คะแนนมาตรฐานเฉลี่ยที่สมนัยกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เหล่านั้น มาทดสอบความแตกต่างทีละคู่ โดยใช้ Fisher's z transformation ซึ่งได้อาคะแนนมาตรฐานทั้งแสดงในการาง 4

ตาราง 4 ทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการเรียนคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แต่ละฉบับ

ค่า z ในเสีย	r_{x_3y} .255	r_{x_2y} .277	r_{x_4y} .406	r_{x_1y} .448	r_{x_5y} .497
r_{x_3y} .255		.2275	1.5615	1.9958 *	2.5026 *
r_{x_2y} .277			1.3340	1.7684	2.2751 *
r_{x_4y} .406				.4343	.9411
r_{x_1y} .448					.5067

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 4 พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แต่ละฉบับ มีค่าแตกต่างกันซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 2 แต่ค่าสหสัมพันธ์ที่แตกต่างก็ไม่มากนัก กล่าวคือค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบชอณภาพ (X_3) มีค่าน้อยกว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบชอณภาพ (X_1) และกับคะแนนจากแบบทดสอบเนื้รูปลูกบาศก์ (X_5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบชอณภาพ (X_2) มีค่าน้อยกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบเนื้รูปลูกบาศก์ (X_5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าสหสัมพันธ์อื่น ๆ นอกจากที่กล่าวแล้ว ไม่พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

4. หาสมการพยากรณ์ซึ่งพยากรณ์ในรูปของคะแนนมาตรฐาน และคะแนนดิบ และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ

เพื่อทดสอบความเป็นเส้นตรงของคะแนนจากตัวเกณฑ์ และคะแนนจากตัวพยากรณ์ทั้ง 5 ตัว โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) หรือ F-test ซึ่งได้ค่า F ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากตัวเกณฑ์ และคะแนนจากตัวพยากรณ์ทั้ง 5 ตัว ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 217 คน

Source of Variation	d.f.	SS	MS	F
Regression	5	7000.3353	1400.0671	18.4336**
Residual	211	16025.8130	75.9517	
Total	216	23026.1483		

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากตัวเกณฑ์และคะแนนจากตัวพยากรณ์ทั้ง 5 ตัว พบว่าค่า F มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวเกณฑ์ และตัวพยากรณ์ มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 3

เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบมีติสัมพันธ์ทั้ง 5 ฉบับเป็นตัวพยากรณ์ จึงได้เสนอค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ในรูปของคะแนนมาตรฐาน (beta weight) และสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ในรูปของคะแนนดิบ (score weight) และเปอร์เซ็นต์ที่ส่งผลของตัวพยากรณ์ต่อตัวเกณฑ์ รวมทั้งค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (β, b) เปอร์เซ็นต์ที่ส่งผล และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (β , b) เพอร์เซนต์ที่ส่งผล อันกับที่
ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ค่า $SE_{est.}$ และค่าคงที่ของสมการพยากรณ์
ในรูปคะแนนดิบ (a)

ตัวพยากรณ์	β	b	เปอร์เซนต์ ที่ส่งผล	อันกับที่
X_1	.2178	.4667	17.5645	2
X_2	.0166	.1553	7.2846	4
X_3	.0106	.0124	6.2700	5
X_4	.1526	.3796	14.8456	3
X_5	.2743	.7422	21.3721	1

$$R = .5469$$

$$SE_{est.} = \pm 8.6440$$

$$a = -14.7542$$

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 6 พบว่า สัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน (beta weight) และในรูปคะแนนดิบ (score weight) ส่งผลต่อตัวเกณฑ์ในทางบวกทุกค่า กล่าวคือตัวพยากรณ์ที่ส่งผลต่อตัวเกณฑ์มากที่สุดคือ แบบทดสอบแบบรูปสัญลักษณ์ (X_5) มีค่า β เท่ากับ .2743 และมีเปอร์เซนต์ที่ส่งผลต่อตัวเกณฑ์เท่ากับ 21.3721 % รองลงมาคือแบบข้อความ (X_1) และแบบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (X_4) ซึ่งมีค่า β เท่ากับ .2178 และ .1526 และเปอร์เซนต์ที่ส่งผลต่อตัวเกณฑ์เท่ากับ 17.5645 % และ 14.8456 % ตามลำดับ ส่วนแบบทดสอบแผนภาพ (X_2) มีเปอร์เซนต์ที่ส่งผลต่อเกณฑ์น้อยที่สุด เท่ากับ 6.2700% ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณของตัวเกณฑ์และตัวพยากรณ์ทั้ง 5 ตัวมีค่าเท่ากับ .5469 และความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการพยากรณ์เท่ากับ ± 8.6440 ซึ่งค่าสหสัมพันธ์พหุคูณยังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่า

สหสัมพันธ์ระหว่างตัวเกณฑ์และตัวพยากรณ์แต่ละตัว แสดงว่า การใช้ตัวพยากรณ์ทั้ง 5 ตัวพร้อม ๆ กันจะมีเปอร์เซ็นต์ที่ส่งผลต่อตัวเกณฑ์ดีกว่าการใช้ตัวพยากรณ์เพียงตัวเดียว

สำหรับสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งพยากรณ์โดยใช้แบบทดสอบ มีติสัมพันธ์ทั้ง 5 ฉบับคือ แบบข้อภาพ (X_1) แบบพจนานภาพ (X_2) แบบข้อภาพ (X_3) แบบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (X_4) และแบบนับรูปลูกบาศก์ (X_5) ได้สมการในรูปของคะแนนมาตรฐานดังนี้

$$Z_c = .2178Z_1 + .0166Z_2 + .0106Z_3 + .1526Z_4 + .2743Z_5$$

และสมการในรูปของคะแนนดิบดังนี้

$$* Y_c = .4667X_1 + .1553X_2 + .0124X_3 + .3796X_4 + .7422X_5 - 14.7542$$

5. คุณหาชนิดของแบบทดสอบมีติสัมพันธ์ที่ใช้เป็นตัวพยากรณ์ที่ดีสำหรับพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ในการค้นหาตัวพยากรณ์ที่ดีทางคามิติสัมพันธ์ เพื่อพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์นั้น ผู้วิจัยได้หาคาสหสัมพันธ์พหุคูณโดยลดตัวพยากรณ์ที่มีสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ต่ำ ๆ ลงทีละ 1 ตัว ดังแสดงในตาราง 15 - 18 ในภาคผนวก จากนั้นจึงทดสอบความมีนัยสำคัญระหว่างสหสัมพันธ์พหุคูณเดิมที่มีตัวพยากรณ์ 5 ตัว กับสหสัมพันธ์พหุคูณที่ลดตัวพยากรณ์ลงครั้งละ 1 ตัว ซึ่งตัวพยากรณ์ที่หาคาสหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสอง และค่า F - test ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 การค้นหาตัวพยากรณ์ที่ดีทางค่าสถิติสัมพันธ์สำหรับพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทาง
การเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 217 คน

ตัวพยากรณ์ที่ใช้					R^2	F
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	.2990	
X_1	X_2		X_4	X_5	.2948	1.2642
X_1	-	-	X_4	X_5	.2942	.7224
X_1	-	-	-	X_5	.2749	2.4180
-	-	-	-	X_5	.2137	6.4188*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 7 พบว่า เมื่อลดตัวพยากรณ์ X_3 (แบบทดสอบซ้อนภาพ), X_2 (แบบทดสอบหมุนภาพ) และ X_4 (แบบทดสอบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส) ลงทีละ 1 ตัว ตามลำดับแล้ว ไม่พบว่าการสหสัมพันธ์ของตัวพยากรณ์ค่าเปลี่ยนไปจากเดิม แต่การลดตัวพยากรณ์ X_1 (แบบทดสอบซ้อนภาพ) ลงอีก 1 ตัว ปรากฏว่าการสหสัมพันธ์ของตัวพยากรณ์ที่ได้ มีค่าทางไปจากค่าสหสัมพันธ์ของเดิมที่มีตัวพยากรณ์ 5 ตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 และตัวพยากรณ์ที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง คือแบบทดสอบนิรนัยรูปลูกบาศก์ (X_5) และแบบทดสอบซ้อนภาพ (X_1) ตามลำดับ

เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบสถิติสัมพันธ์ที่เป็นตัวพยากรณ์ที่ดี จึงได้เสนอค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (β , b) เปอร์เซนต์ที่ส่งผลของตัวพยากรณ์แต่ละตัว รวมทั้งค่าสหสัมพันธ์ของตัวพยากรณ์ จากนั้นจึงทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าสหสัมพันธ์ของตัวพยากรณ์ดังกล่าว โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) หรือ F - test ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ในรูปแบบมาตรฐาน (β) ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ในรูปแบบดิบ (b) เปอร์เซนต์ที่ส่งผลของตัวพยากรณ์ต่อตัวเกณฑ์และค่า F ทั้งแสดงในตาราง 8 และ 9 ตามลำดับ

ตาราง 8 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (β , R) เปอร์เซนต์ที่ส่งผล อันติบิ
 คาส์ที่มีต้นเหตุ (R) ถ้า $SE_{est.}$ และค่าคงที่ของการพยากรณ์
 พยากรณ์ในรูปแบบถ้อย (a)

ตัวพยากรณ์	β	b	เปอร์เซนต์ ที่ส่งผล	อันติบิ
X_1	.2727	.5736	17.5645	2
X_5	.3473	.9859	21.3721	1

$$R = .5240$$

$$SE_{est} = \pm 8.7920$$

$$a = -11.9458$$

ตาราง 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการพยากรณ์แบบพหุคูณ

Source of Variation	d.f.	SS	MS	F
Regression	2	6329.6553	3164.8277	40.5638*
Residual	214	16696.4930	78.0210	
Total	216	23026.1483		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ผลจากการพ. 8 - 9 พบว่า ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณของตัวพยากรณ์ที่คำนวณ

ตัวแปรต้นเท่ากับ .5240 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ ตัวพยากรณ์ x_5 (แบบทดสอบ
 นัยรูปดูบาท) ส่งผลต่อตัวแปรตามเป็นอันดับที่ 1 กล่าวคือ มีค่า β เท่ากับ .2727
 รองลงมาคือ ตัวพยากรณ์ x_1 (แบบทดสอบซอภาพ) มีค่า β เท่ากับ .3473

จากการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าสหสัมพันธ์พหุคูณของตัวพยากรณ์ที่เกี่ยวกับตัวแปร
 โดยใช้ F - test พบว่า ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า
 ตัวพยากรณ์ที่เกี่ยวกับตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง ซึ่งสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทาง
 การเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ที่ 1 คือแบบทดสอบซอภาพ (x_1) และ
 แบบทดสอบนัยรูปดูบาท (x_5) เป็นตัวพยากรณ์ ได้สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนมาตรฐานได้
 ดังนี้

$$Z_c = .2727 Z_1 + .3473 Z_2$$

และในรูปแบบดิบดังนี้

$$*Y_c = .5736x_1 + .9859x_2 - 11.9458.$$

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายในการศึกษาครั้งนี้

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์แบบต่าง ๆ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3
2. เพื่อทดสอบสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 โดยใช้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเอง
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กับสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์แต่ละแบบคือ แบบซอกภาพ แบบหมุนภาพ แบบซ้อนภาพ แบบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแบบนับรูปลูกบาศก์
4. เพื่อศึกษาว่าแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบต่าง ๆ ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของ นักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 แตกต่างกันหรือไม่
5. เพื่อค้นหาแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ที่จะใช้เป็นตัวพยากรณ์ ความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3
6. เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 โดยใช้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์เป็นตัวพยากรณ์

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2519 สังกัดกองการมัธยมศึกษา กรมสามัญศึกษา และ สำนักงานการศึกษาเอกชน กระทรวงศึกษาธิการ ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 217 คน การสุ่มตัวอย่างใช้วิธีสุ่มแบบ Stratified Random Sampling

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของสำนักทดสอบทางการศึกษา และจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 2 ฉบับคือ

1.1 แบบทดสอบคณิตศาสตร์ปัญหาจำนวน 30 ข้อ

1.2 แบบทดสอบคณิตศาสตร์เหตุผลจำนวน 30 ข้อ

2. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ฉบับ คือ

2.1 แบบทดสอบซ่อนภาพ จำนวน 30 ข้อ

2.2 แบบทดสอบหมุนภาพ จำนวน 32 ข้อ

2.3 แบบทดสอบซ่อนภาพ จำนวน 32 ข้อ

2.4 แบบทดสอบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส จำนวน 32 ข้อ

2.5 แบบทดสอบนับรูปปลูกบาศก์ จำนวน 36 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการใช้แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 5 ฉบับ

2. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของตัวพยากรณ์ และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวเกณฑ์กับตัวพยากรณ์แต่ละตัว

3. ทดสอบความแตกต่างของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวเกณฑ์กับตัวพยากรณ์แต่ละตัว

4. หาสมการพยากรณ์ ซึ่งพยากรณ์ในรูปของคะแนนมาตรฐาน และคะแนนดิบและค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ

5. ค้นหาชนิดของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ที่ใช้ เป็นตัวพยากรณ์ที่สำคัญสำหรับพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการใช้แบบทดสอบมิตีสัมพันธ์ทั้ง 5 ฉบับพบว่าแบบทดสอบทุกฉบับค่อนข้างง่ายสำหรับนักเรียนกลุ่มนี้แต่อาจจำแนก และทำความเข้าใจในเกณฑ์สูงพอที่จะเชื่อถือได้
2. แบบทดสอบมิตีสัมพันธ์จำนวน 5 ฉบับ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในเป็นบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบมิตีสัมพันธ์ แต่ละฉบับมีค่าเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 1 แสดงว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ สูง ปานกลาง และต่ำ มีแนวโน้มที่จะมีสมรรถภาพสมองด้านมิตีสัมพันธ์ ด้าน ชอณภาพ หมุนภาพ ชอณภาพ ประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และนับรูปลูกบาศก์ สูง ปานกลาง และต่ำ สอดคล้องกันด้วย
3. ค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์กับคะแนนจากแบบทดสอบมิตีสัมพันธ์ แต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 2 แต่ค่าสหสัมพันธ์ที่แตกต่างก็ไม่มากนัก กล่าวคือ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบชอณภาพ มีค่าน้อยกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์กับคะแนนจากแบบทดสอบชอณภาพ และกับคะแนนจากแบบทดสอบนับรูปลูกบาศก์ และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบหมุนภาพ มีค่าน้อยกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบนับรูปลูกบาศก์ ส่วนค่าสหสัมพันธ์อื่น ๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กับสมรรถภาพสมองด้านมิตีสัมพันธ์แบบชอณภาพ (X_1) แบบหมุนภาพ (X_2) แบบชอณภาพ (X_3) แบบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (X_4) และแบบนับรูปลูกบาศก์ (X_5) มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 3 และได้สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐานดังนี้

$$Z_o = .2178 Z_1 + .0166 Z_2 + .0106 Z_3 + .1526 Z_4 + .2743 Z_5$$

และสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบดังนี้

$$Y_0 = .4667 X_1 + .1553 X_2 + .0124 X_3 + .3796 X_4 + .7422 X_5 - 14.7542$$

5. ในการค้นหาตัวพยากรณ์ที่ดีทางคณิตศาสตร์สำหรับพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า เมื่อลดตัวพยากรณ์ X_2 (แบบทดสอบแผนภาพ), X_3 (แบบทดสอบข้อภาพ) และ X_4 (แบบทดสอบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส) ลงทีละ 1 ตัว ไม่พบว่าการลดตัวพยากรณ์เหล่านี้ไปจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อนำตัวพยากรณ์ (X_1) (แบบทดสอบข้อภาพ) ออกอีก 1 ตัว ปรากฏว่าการลดตัวพยากรณ์ที่เหลือค่าต่างไปจากค่าสหสัมพันธ์พหุคูณเดิม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวพยากรณ์ X_1 (แบบทดสอบข้อภาพ) และตัวพยากรณ์ X_5 (แบบทดสอบแบบรูปลูกบาศก์) ส่งผลต่อการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าตัวพยากรณ์ตัวอื่น ๆ ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 4

อภิปรายผล

1. แบบทดสอบที่สร้างขึ้น มีความเชื่อมั่นสูงทุกฉบับ โดยที่แบบทดสอบข้อภาพมีความเชื่อมั่นสูงสุด ($r_{tt} = .9561$) และแบบทดสอบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีความเชื่อมั่นต่ำสุด ($r_{tt} = .6947$) ส่วนค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยนั้นแบบทดสอบแผนภาพมีความอำนาจเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{r} = .640$) และแบบทดสอบข้อภาพมีความอำนาจเฉลี่ยต่ำสุด ($\bar{r} = .405$) สำหรับค่าความยากเฉลี่ยนั้นค่าค่อนข้างสูงในแบบทดสอบทุกฉบับ จึงกล่าวได้ว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นนี้ค่อนข้างง่ายสำหรับนักเรียนกลุ่มนี้ แต่อย่างไรก็ตามแบบทดสอบวัดสมรรถภาพของค่าคณิตสัมพันธ์นั้นเป็นการวัดความสามารถขั้นพื้นฐาน จึงไม่คำนึงถึงความยากของข้อสอบมากนัก (ชนันต์ ศรีโสภา, 2520 : 99) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าแบบทดสอบทุกฉบับที่สร้างขึ้นเหมาะสมที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยได้

2. คะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์กับคะแนนจากแบบทดสอบคณิตสัมพันธ์แต่ละฉบับมีความสัมพันธ์สหสัมพันธ์เป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งตรงตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งแบบทดสอบคณิตสัมพันธ์ที่มีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบคณิตศาสตร์สูงสุด คือแบบทดสอบแบบรูปลูกบาศก์ กล่าวก็ความสัมพันธ์เท่ากับ .4623 รองลงไปได้แก่แบบทดสอบข้อภาพ และแบบทดสอบประกอบ-

ภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .4191 และ .3853 ตามลำดับ ส่วนแบบทดสอบ
 ขอนภาพมีค่าสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบคณิตศาสตร์ต่ำสุด และจากการทดสอบความแตกต่างระหว่าง
 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์กับคะแนนจากแบบทดสอบมิติสัมพันธ์
 แต่ละฉบับ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่ง เป็นไปตามสมมุติฐาน
 ที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สามารถ วีระสัมฤทธิ์ (สามารถ วีระสัมฤทธิ์,
 2512 : 65) ซึ่งใช้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบขนานภาพ และประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสรวม
 อยู่ในฉบับเดียวกัน และแบบทดสอบนิรूपูปนกจากอีกฉบับหนึ่ง พบว่าแบบทดสอบนิรूपูปนกก็มี
 สหสัมพันธ์กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เท่ากับ .2831 ซึ่งสูงกว่าค่า
 สหสัมพันธ์กับแบบทดสอบมิติสัมพันธ์อีกฉบับหนึ่ง ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .2442 ยังสอดคล้องกับ
 ผลการวิจัยของสเตรคและผู้อื่น (Stroud and others, 1957:19) ซึ่งใช้แบบทดสอบ
 มิติสัมพันธ์ แบบนิรूपูปนก และแบบคอนภาพ พบว่าแบบทดสอบนิรूपูปนกมีสหสัมพันธ์กับแบบ
 ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เท่ากับ .36 ซึ่งสูงกว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง
 แบบทดสอบคอนภาพ กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ
 .34 อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ศึกษาโดย สามารถ วีระสัมฤทธิ์ และ สเตรค
 และเพื่อน มิได้มีการทดสอบความแตกต่างแต่อย่างใด

อนึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 คณิตศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์แต่ละฉบับ มีค่าไม่สูงมากนัก
 กล่าวคือค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบคณิตศาสตร์กับแบบทดสอบนิรूपูปนก มีค่าสูงสุดเท่ากับ
 .4623 และกับแบบทดสอบขนานภาพ แบบทดสอบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส แบบขนานภาพ
 และ แบบหมุนภาพ มีการลดลงมา กล่าวคือมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .4191 .3853 .2699
 และ .2504 ตามลำดับ เหตุที่ค่าสหสัมพันธ์เหล่านี้มีค่าไม่สูงมากนัก ก็เนื่องจากว่า ผลสัมฤทธิ์
 ทางการเรียนคณิตศาสตร์นั้นมิได้อาศัยองค์ประกอบของสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์เพียงอย่าง
 เดียวเท่านั้น แต่ต้องอาศัยองค์ประกอบอื่น ๆ ร่วมด้วย อาทิ องค์ประกอบด้านเหตุผล ด้านภาษา
 (สวน สายยศ, 2511 : 77) และด้านจำนวนอีกด้วย (ท้าย เมื่องนี้, 2519 : 49)
 อย่างไรก็ตามสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์จึงเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการเรียนคณิตศาสตร์

เพราะวิชาคณิตศาสตร์เกือบทุกแขนงในการคำนวณต้องใช้สมรรถภาพสมองค่อนข้างมาก ในการแก้ปัญหาโจทย์ทางคณิตศาสตร์นั้น ถ้าทำโดยการเขียนรูปประกอบ การแก้ปัญหาโจทย์จะง่ายขึ้น

(Ranuccio, 1964; 22)

3. จากการค้นหาตัวพยากรณ์ที่สำคัญสำหรับพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์พบว่า แบบทดสอบข้อรูปภาพ และแบบทดสอบนิมิตรูปลูกบาศก์ ส่งผลต่อตัวเกณฑ์ คือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้คือพอ ๆ กับการใช้ตัวพยากรณ์ทั้ง 5 ตัวพร้อมกัน และแบบทดสอบนิมิตรูปลูกบาศก์ส่งผลต่อตัวเกณฑ์ มากกว่าแบบทดสอบข้อรูปภาพ ดังนั้นในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แบบทดสอบนิมิตสัมพันธ์ที่ใช้ควร เป็นแบบข้อรูปภาพ และแบบนิมิตรูปลูกบาศก์ แต่ถ้ามองการใช้แบบทดสอบนิมิตสัมพันธ์ เพียงฉบับเดียว ก็ควรใช้แบบทดสอบนิมิตรูปลูกบาศก์จะดีกว่า ทั้งนี้เพราะแบบทดสอบนิมิตรูปลูกบาศก์มีค่าสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบคณิตศาสตร์เท่ากับ .4623 และมีเปอร์เซ็นต์ที่ส่งผลเท่ากับ 21.3721 สูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบข้อรูปภาพ กับแบบทดสอบคณิตศาสตร์ ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .4191 และเปอร์เซ็นต์ที่ส่งผลเท่ากับ 17.5645

ข้อเสนอแนะ

1. อาจารย์แนะแนวทางการศึกษาระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ควรใช้แบบทดสอบนิมิตสัมพันธ์แบบข้อรูปภาพ และแบบนิมิตรูปลูกบาศก์ เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการช่วยเหลือหรือแนะแนวทางในการตัดสินใจของนักเรียน ที่จะเลือกเรียนสาขาวิชาทางคณิตศาสตร์
2. การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบนิมิตสัมพันธ์ จำนวน 5 ชนิดเท่านั้น ควรจะได้มีการทดลองซ้ำโดยใช้แบบทดสอบนิมิตสัมพันธ์แบบอื่น ๆ บ้าง
3. ควรจะได้มีการศึกษาวิจัยในทำนองเดียวกันนี้กับวิชาอื่น ๆ บ้างเป็นต้นว่า วิทยาศาสตร์ ศิลป ช่างกล ช่างก่อสร้าง หรือ การออกแบบ.

๑๖

บรรณานุกรม .

บรรณานุกรม

- กมล สุภะเสวีรุ และคณะ "แนวการวัดผลในโรงเรียน" จุดยืนและทิศทางของการศึกษาไทย
วัฒนาพานิช 2518, 189 หน้า.
- จรินทร์ ประสงค์สมบัติ ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางรูปภาพ (Figural Content)
กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ปรินิพนธ์
การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษา 2517, 62 หน้า.
- จักรเพชร เพชรสุข ความสามารถบางประการที่ส่งผลต่อการเรียนระดับวิชาชีพชั้นสูงของ
นักศึกษาเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปรินิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต
วิทยาลัยวิชาการศึกษา 2516, 114 หน้า.
- ชวาล แพทย์กุล "ข้อสอบมาตรฐาน ป.7" พัฒนาวิทย์ 4 โรงพิมพ์เจริญพัฒน์ 67-71, 2512.
- ชาย เข้มแข็ง ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองบางประการกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปรินิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2519, 92 หน้า.
- บุญชม ศรีสะอาด ศึกษาแบบต่าง ๆ (Styles) ของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ ปรินิพนธ์
การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษา 2513, 129 หน้า.
- ล้วน สายยศ การค้นหาคำพยากรณ์บางชนิดที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนวิชาเอกคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูง ปีการศึกษา 2510 ปรินิพนธ์
การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษา 2511, 107 หน้า.
- ศิริกร ภูโพนชัย การใช้ความถนัดด้านมิติสัมพันธ์ และเหตุผลเชิงนามธรรม ทำนายสัมฤทธิ์ผลใน
วิชาเรขาคณิต ปรินิพนธ์ ครุศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2516, 38 หน้า.

สวลี ประทุมราช "การเรียนรู้ (Learning for Mastering)" พัฒนาสังคม 10
 โรงพิมพ์เจริญพัฒน์ : 19 - 34, 2517.

สามารถ วีระชัยฤทธิ์ สมรรถภาพทางสมองของประชากรที่สัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียน
วิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 ปริญญาโท
 การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษา 2512, 152 หน้า.

อนันต์ ศรีโสภณ การวัดและการประเมินผลการศึกษา ไทยวัฒนาพานิช 2520, 251 หน้า.

Anastasi, Anne, Psychological Testing, Macmillan Company, New York,
 1961, 657 pp.

Barnette, W. Leslie, Readings in Psychological Tests and Measurements,
 revised edition, The Dorsey Press, Homewood, 1968, 393 pp.

Bennett, George K., Seashore, Harold G., and Wesman, Alexander G.,
 "The Differential Aptitude Tests : an overview," The Personnel
and Guidance Journal 2(35) : 81 - 91, October, 1956.

Bingham, Walter Van Dyke, Aptitudes and Aptitude Testing, Harper &
 Brothers Publishers, New York, 1937, 390 pp.

Buros, Oscar Krisen, editor, The Fifth Mental Measurements Yearbook,
 The Gryphon Press, New Jersey, 1959, 1255 pp.

✓ Cronbach, Lee J., Essentials of Psychological Testing, 3rd. edition,
 Harper & Row Publishers, New York, 1970, 752 pp.

De Cecco, John D., The Psychology of Learning and Instruction Educational
Psychology, Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1968, 800 pp.

✓ Fruchter, Benjamin, "Measurement of Spatial Abilities, History and
 Background" Educational and Psychological Measurement 14 : 387 -
 392, 1954.

Guilford, J.P., Field of Psychology, 3rd. edition, D. Van Nostrand
 Company, London, 1966, 350 pp.

Guilford, J.P., Fundamental Statistics in Psychology and Education,
 3rd. edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1956, 565 pp.

Guilford, J.P., The Nature of Human Intelligence, McGraw-Hill Book
 Company, New York, 1967, 538 pp.

- Gulliksen, Harold, Theory of Mental Tests, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1967, 486 pp.
- Harman, Harry H., Modern Factor Analysis, 2nd. edition, The University of Chicago Press, Chicago, 1967, 474 pp.
- Hill, John R., "Factor Analysed Abilities and Success in College Mathematics," Educational and Psychological Measurement, 4:615-622, Winter, 1967.
- Moskowitz, Marles J., and Orgel, Arthor R., General Psychology, Houghton Mifflin Company, Boston, 1969, 450 pp.
- Munnally, Jum C., Educational Measurement and Evaluation, McGraw-Hill Book Company, New York, 1964, 440 pp.
- Ranmucci, Ernest R. "The Role of the Space Perception in the Teaching Mathematics" Bulletin of the International Study Groups for Mathematics Learning, 3 : 19 - 23, October, 1964.
- Segal, David and Raskan, Evelyn, Manual Multiple Aptitude Test CTB, McGraw - Hill Book Company, California, 1959, 24 pp.
- Smith, Macfarlane, Spatial Ability, University of London Press, Ltd., London, 1964, 408 pp.
- Snedecor, George W., and Cochran, William G., Statistical Method, 6th. edition, edition, The Iowa State University Press Ames, Iowa, 1967, 593pp.
- Stround, James B., Blommers, Paul, and Lauber, Margaret, "Correlation Analysis of WISC and Achievement Tests," The Journal of Educational Psychology, 48:13-26, January, 1957.
- Wert, James E., Neidt, Charles O., and Ahmann, J. Stanley, Statistical Method in Educational and Psychological Research, Appleton-Century Crofts, Inc., New York, 1954, 435 pp.
- Wood, Donald A. and Letold, William K., "Differential and Overall Prediction of Academic Success in Engineering," Educational and Psychological Measurement, 28 : 1223-1228, 1968.
- Yamane, Taro, Statistics an Introductory Analysis, 2nd. edition, Harper & Row, New York, 1967, 919 pp.

חברתנו

ตาราง 10 ค่า P_H , P_L , p , r , Δ และ Z_r ของแบบทดสอบมีลักษณะ
แบบนอนภาพ

ข้อ	P_H	P_L	p	r	Δ	Z_r	ข้อ	P_H	P_L	p	r	Δ	Z_r
1	.89	.53	.80	.66	9.6	.793	16	.89	.62	.77	.36	10.1	.377
2	.86	.74	.80	.20	9.6	.203	17	.91	.67	.80	.35	9.6	.365
3	.88	.67	.78	.29	9.9	.299	18	.86	.67	.77	.26	10.0	.266
4	.94	.63	.80	.46	9.5	.497	19	.86	.64	.76	.29	10.2	.299
5	.86	.59	.73	.33	10.5	.343	20	.82	.65	.74	.21	10.5	.213
6	.88	.52	.71	.43	10.7	.460	21	.89	.58	.75	.39	10.3	.412
7	.89	.53	.80	.66	9.6	.793	22	.98	.50	.79	.67	9.8	.811
8	.82	.58	.71	.28	10.8	.288	23	.86	.73	.80	.20	9.7	.203
9	.94	.62	.80	.47	9.6	.510	24	.91	.65	.79	.37	9.7	.388
10	.92	.64	.79	.40	9.7	.424	25	.82	.71	.77	.25	10.1	.255
11	.89	.68	.79	.30	9.7	.310	26	.89	.47	.70	.48	10.9	.523
12	.88	.71	.80	.25	9.6	.255	27	.86	.64	.76	.29	10.2	.299
13	.87	.56	.80	.60	9.6	.693	28	.83	.71	.77	.26	10.0	.266
14	.86	.70	.78	.22	9.9	.224	29	.99	.49	.80	.73	9.6	.929
15	.88	.67	.78	.27	10.1	.277	30	.99	.48	.80	.73	9.6	.929

ตาราง 11 ค่า P_H , P_L , p , r , Δ และ Z_r ของแบบทดสอบมีลักษณะ
แบบพหุนาม

ข้อ	P_H	P_L	p	r	Δ	Z_r	ข้อ	P_H	P_L	p	r	Δ	Z_r
1	.96	.53	.78	.62	9.7	.725	17	.95	.59	.80	.52	9.7	.576
2	.98	.53	.50	.66	9.6	.793	18	.95	.30	.67	.70	11.3	.867
3	.96	.57	.80	.56	9.7	.633	19	.93	.25	.62	.70	11.8	.867
4	.96	.53	.78	.59	9.9	.678	20	.95	.36	.70	.66	10.9	.793
5	.82	.34	.59	.49	12.1	.536	21	.95	.39	.71	.65	10.8	.775
6	.94	.43	.72	.60	10.7	.693	22	.74	.26	.44	.58	13.6	.662
7	.98	.31	.71	.76	10.8	.996	23	.98	.54	.80	.65	9.5	.775
8	.98	.48	.77	.68	9.9	.829	24	.81	.41	.62	.42	11.8	.448
9	.96	.54	.79	.58	9.8	.667	25	.95	.45	.76	.61	10.5	.709
10	.94	.51	.77	.53	10.1	.590	26	.95	.41	.72	.63	10.7	.741
11	.98	.53	.80	.66	9.6	.793	27	.94	.26	.58	.77	12.2	1.020
12	.95	.51	.76	.57	10.1	.648	28	.96	.25	.65	.74	11.4	.950
13	.95	.48	.75	.59	10.3	.678	29	.98	.27	.69	.78	11.0	1.045
14	.96	.56	.79	.57	9.7	.648	30	.98	.25	.62	.83	11.7	1.188
15	.97	.56	.80	.60	9.6	.693	31	.69	.23	.39	.58	14.1	.662
16	.96	.56	.79	.57	9.7	.648	32	.89	.23	.51	.73	12.9	.929

ตาราง 12 ค่า P_H , P_L , p , r , Δ และ Z_T ของแบบทดสอบมิกิสัมพันธ์
แบบชอนภาพ

ข้อ	P_H	P_L	p	r	Δ	Z_T	ข้อ	P_H	P_L	p	r	Δ	Z_T
1	.80	.18	.49	.61	13.1	.709	17	.87	.36	.63	.54	11.7	.604
2	.95	.45	.74	.61	10.5	.709	18	.89	.36	.65	.56	11.5	.633
3	.98	.53	.80	.66	9.6	.793	19	.96	.54	.79	.58	9.8	.662
4	.95	.31	.67	.69	11.2	.848	20	.85	.46	.67	.43	11.3	.460
5	.90	.71	.80	.29	9.4	.299	21	.95	.45	.74	.61	10.5	.709
6	.97	.39	.73	.70	10.5	.867	22	.93	.37	.68	.62	11.1	.725
7	.91	.24	.60	.68	12.0	.829	23	.92	.40	.69	.58	11.0	.662
8	.95	.31	.67	.69	11.2	.848	24	.96	.27	.66	.73	11.3	.929
9	.98	.33	.72	.75	10.7	.973	25	.92	.36	.67	.61	11.3	.929
10	.98	.53	.80	.66	9.6	.793	26	.80	.25	.53	.55	12.7	.618
11	.95	.36	.70	.66	10.9	.793	27	.62	.22	.41	.41	13.9	.436
12	.89	.36	.65	.56	11.5	.633	28	.93	.30	.65	.66	11.5	.793
13	.98	.56	.79	.67	9.8	.811	29	.92	.22	.60	.70	12.0	.867
14	.98	.48	.76	.62	10.2	.725	30	.92	.25	.61	.68	11.9	.829
15	.96	.46	.75	.63	10.2	.741	31	.75	.20	.40	.66	14.0	.793
16	.96	.42	.76	.71	10.3	.887	32	.86	.18	.53	.67	12.7	.811

ตาราง 13 ค่า P_H , P_L , p , r , Δ และ Z_r ของแบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบ
ประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ข้อ	P_H	P_L	p	r	Δ	Z_r	ข้อ	P_H	P_L	p	r	Δ	Z_r
1	.89	.68	.79	.30	9.7	.310	17	.80	.22	.51	.57	12.9	.648
2	.92	.56	.80	.60	9.6	.693	18	.75	.37	.56	.39	12.4	.412
3	.71	.33	.52	.38	12.8	.400	19	.93	.50	.75	.56	10.3	.633
4	.79	.52	.79	.62	9.8	.725	20	.89	.66	.78	.32	9.8	.332
5	.97	.55	.79	.57	9.8	.648	21	.54	.24	.39	.32	14.2	.332
6	.87	.68	.78	.26	9.9	.266	22	.98	.55	.79	.57	7.1	.648
7	.74	.36	.55	.39	12.5	.412	23	.98	.52	.80	.66	9.6	.793
8	.95	.59	.80	.52	9.7	.576	24	.87	.72	.80	.22	9.6	.224
9	.54	.25	.39	.31	14.1	.321	25	.91	.57	.76	.44	10.2	.472
10	.97	.56	.80	.60	9.6	.693	26	.39	.21	.30	.21	15.1	.213
11	.93	.56	.77	.49	10.6	.536	27	.69	.36	.53	.32	12.7	.332
12	.98	.53	.80	.66	9.6	.793	28	.95	.58	.79	.52	9.7	.576
13	.82	.53	.68	.33	11.1	.343	29	.95	.63	.80	.48	9.4	.523
14	.57	.37	.42	.20	13.3	.203	30	.98	.52	.80	.66	9.6	.793
15	.97	.56	.80	.60	9.6	.693	31	.65	.21	.42	.45	13.8	.485
16	.62	.39	.51	.23	12.9	.234	32	.89	.42	.68	.52	11.2	.576

ตาราง 14 ค่า P_H , P_L , p , r , Δ และ Z_r ของแบบทดสอบมีลักษณะ
เป็นรูปลูกบาศก์

ข้อ	P_H	P_L	p	r	Δ	Z_r	ข้อ	P_H	P_L	p	r	Δ	Z_r
1	.90	.59	.76	.40	10.2	.424	17	.92	.65	.79	.42	9.8	.448
2	.91	.51	.73	.49	10.5	.536	20	.90	.60	.76	.39	10.1	.412
3	.96	.57	.80	.56	9.7	.633	21	.95	.59	.80	.52	9.7	.576
4	.97	.53	.79	.67	9.7	.811	22	.93	.46	.72	.56	10.6	.633
5	.98	.51	.80	.67	9.7	.811	23	.98	.53	.80	.66	9.6	.793
6	.57	.24	.40	.34	14.0	.354	24	.98	.48	.78	.68	9.9	.829
7	.95	.51	.76	.57	10.1	.648	25	.91	.46	.71	.52	10.8	.576
8	.91	.63	.78	.39	9.9	.412	26	.87	.56	.73	.38	10.6	.400
9	.98	.32	.77	.76	10.7	.996	27	.98	.43	.76	.71	10.1	.887
10	.98	.39	.75	.73	10.4	.929	28	.93	.30	.65	.66	11.5	.793
11	.63	.33	.48	.30	13.2	.310	29	.87	.31	.61	.58	11.9	.662
12	.59	.51	.71	.57	10.1	.648	30	.84	.56	.56	.44	11.5	.472
13	.98	.53	.80	.66	9.6	.723	31	.98	.43	.76	.71	10.1	.887
14	.97	.53	.79	.62	9.7	.725	32	.96	.36	.71	.69	10.8	.848
15	.95	.50	.76	.58	10.2	.662	33	.84	.31	.49	.54	12.1	.604
16	.93	.22	.60	.71	11.9	.887	34	.92	.19	.58	.72	12.3	.908
17	.95	.59	.80	.52	9.7	.576	35	.89	.21	.57	.67	12.3	.811
18	.95	.56	.78	.54	9.9	.604	36	.98	.33	.72	.75	10.7	.984

ตาราง 15 ค่า β และ R^2 เมื่อใช้ตัวพยากรณ์ 5 ตัว โดยใช้วิธี
square root method

Variable	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y
x_1	1.0000	.3531	.3500	.3614	.4214	.4191
x_2	.3531	1.0000	.2841	.3331	.3845	.2699
x_3	.3500	.2841	1.0000	.2324	.2311	.2504
x_4	.3614	.3331	.2324	1.0000	.4815	.3853
x_5	.4214	.3845	.2311	.4815	1.0000	.4623
a_1	1.0000	.3531	.3500	.3614	.4214	.4191
a_2		.9356	.1716	.2196	.2519	.1303
a_3			.9209	.0741	.0438	.0883
a_4				.9031	.2997	.2200
a_5					.8168	.2241
β	.2178	.0166	.0106	.1526	.2743	$R^2 = .2990$

ตาราง 16 ค่า β และ R^2 เมื่อลดตัวพยากรณ์ลง 1 ตัวคือ X_3 โดยใช้วิธี square root method

Variable	X_1	X_2	X_4	X_5	Y
X_1	1.000	.3531	.3614	.4214	.4191
X_2		1.000	.3331	.3845	.2699
X_4			1.000	.4815	.3853
X_5				1.000	.4623
a_1	1.000	.3531	.3614	.4214	.4191
a_2		.9356	.2196	.2519	.1303
a_4			.9062	.3022	.2264
a_5				.8171	.2257
β	.2359	.0279	.1577	.2762	$R^2 = .2948$

ตาราง 17 ค่า β และ R^2 เมื่อตัดตัวพยากรณ์ X_3 และ X_2
โดยวิธี square Root Method

Variable	X_1	X_4	X_5	Y
X_1	1.0000	.3614	.4214	.4191
X_4	.3614	1.0000	.4815	.3853
X_5	.4214	.4815	1.0000	.4623
a_1	1.0000	.3614	.4214	.4191
a_4		.9324	.3531	.2508
a_5			.8353	.2360
β	.2415	.1620	.2825	$R^2 = .2942$

(1)

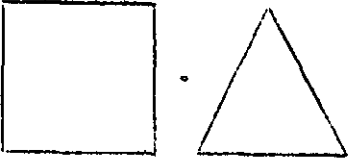
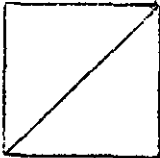
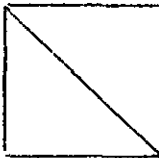
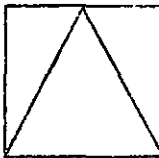
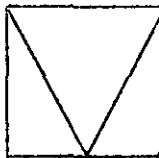
ตาราง 18 ค่า β และ R^2 เมื่อลดตัวพยากรณ์ X_3 , X_2 และ X_4
โดยวิธี square Root Method

Variable	X_1	X_5	Y
X_1	1.0000	.4214	.4191
X_5	.4214	1.0000	.4623
a_1	1.000	.4214	.4191
a_2		.9069	.3150
β	.2727	.3473	$R^2 = .2749$

แบบทดสอบซ้อนภาพ

คำอธิบายวิธีทำแบบทดสอบซ้อนภาพ

๑. แบบทดสอบชุดนี้มี ๓๐ ข้อ ให้เวลาทำเพียง ๑๕ นาที พยายามทำให้ครบทุกข้อจึงจะได้คะแนนดี
๒. คำถามแต่ละข้อจะมีภาพให้อูก่อนทางซ้ายมือ ๒ ภาพ ให้นักเรียนพิจารณาว่า ถ้าเอาภาพทั้ง ๒ นี้มาซ้อนกัน ให้สนิทโดยไม่เปลี่ยนทั้งขนาดและทิศทางแล้วจะได้ภาพอะไร ใน ก, ข, ค หรือ ง ที่ให้ไว้ เมื่อเลือกได้ภาพใดแล้ว ให้ไปขีดตอบในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่างข้อ (๑) ดังนี้

(๑) 	    ก. ข. ค. ง.
---	--

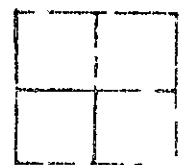
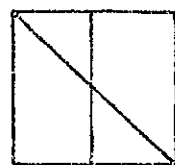
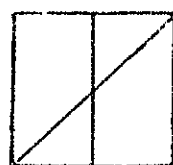
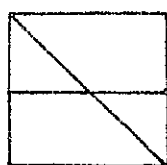
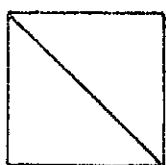
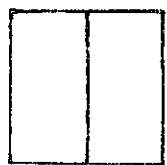
จากตัวอย่างนักเรียนจะเห็นว่า ถ้าเอาภาพทางซ้ายมือ ๒ ภาพซ้อนกันแล้ว จะได้ภาพคือข้อ ค เพราะว่า ข้อ ค เป็นคำตอบที่ถูกต้อง ให้นักเรียนไปขีดตอบในกระดาษคำตอบข้อ (๑) ดังนี้

(๑) ก. ☐ ข. ☐ ค. ☒ ง. ☐

๓. นักเรียนจงจำว่า จะต้องขีดตอบตามนอนซ้ำ ๆ กันจนเป็น เส้นหนา เต็มช่องนั้น เสมอ อย่าไปขีดกากบาท หรือไปเขียนวงกลมรอบตัวอักษร หรือขีดตอบด้วยเส้นเบา ๆ ไม่ได้ และนักเรียนจะต้องตอบเพียงข้อละ คำตอบเดียวเท่านั้น ถ้าข้อใดมีเกิน ๑ คำตอบ จะถือว่าข้อนั้นผิด

ถ้านักเรียนขีดตอบไปแล้ว แต่ต้องการจะเปลี่ยนคำตอบใหม่ ก็ให้ขีดกากบาทหีบรอยเดิมเสียก่อนให้ชัดเจนทุกครั้งไป แล้วจึงค่อยขีดตอบใหม่ ดังตัวอย่างการเปลี่ยนคำตอบจาก ค ไปเป็น ข้อ ก ดังนี้

ก. ☒ ข. ☐ ค. ☒ ง. ☐

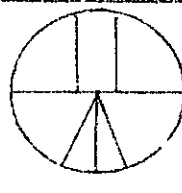
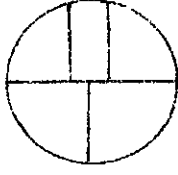
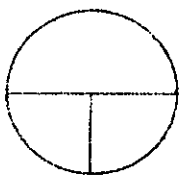


၈၀

၈၁

၈၂

၈၃

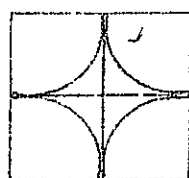
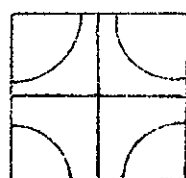
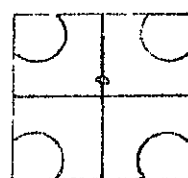
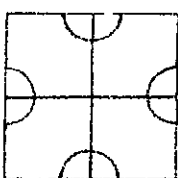
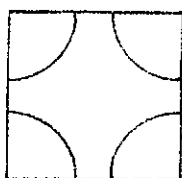
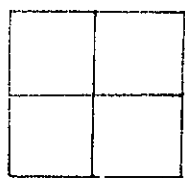


၈၄

၈၅

၈၆

၈၇

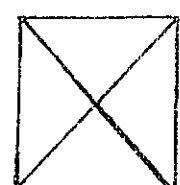
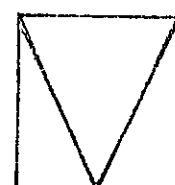
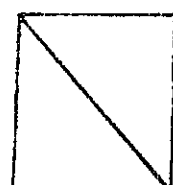
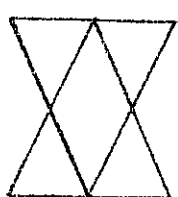
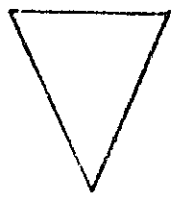


၈၈

၈၉

၉၀

၉၁

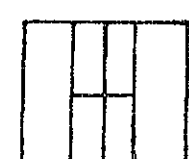
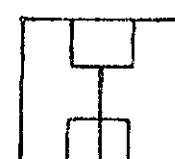
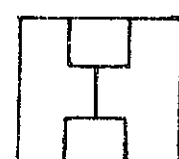
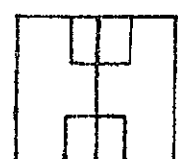
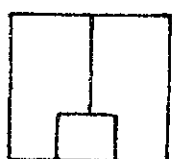
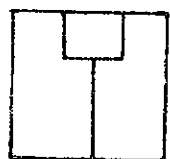


၉၂

၉၃

၉၄

၉၅

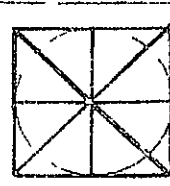
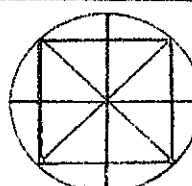
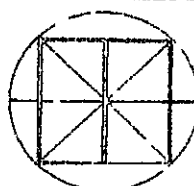
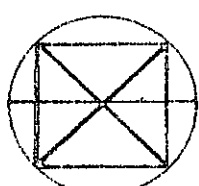
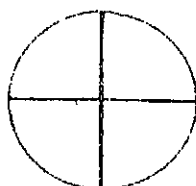


၉၆

၉၇

၉၈

၉၉



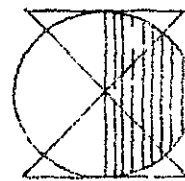
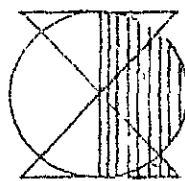
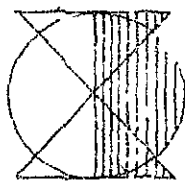
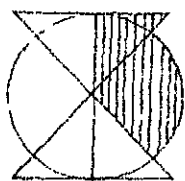
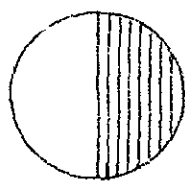
၁၀၀

၁၀၁

၁၀၂

၁၀၃

7

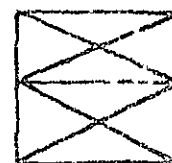
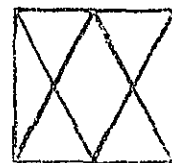
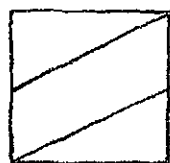


ဂ။

ဈ။

ဓ။

င။

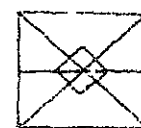
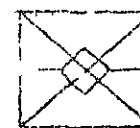
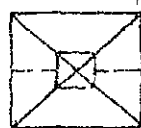
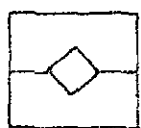


ဂ။

ဈ။

ဓ။

င။

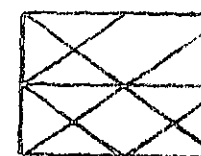
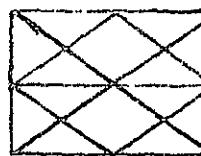
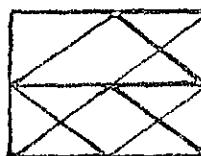


ဂ။

ဈ။

ဓ။

င။

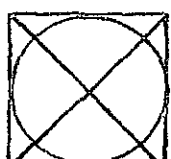
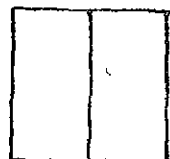
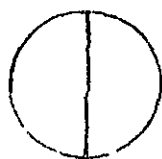


ဂ။

ဈ။

ဓ။

င။

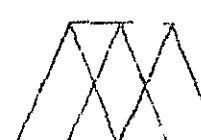
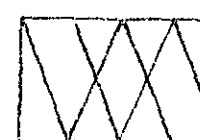
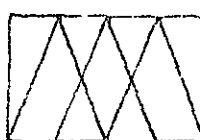
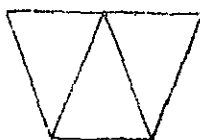


ဂ။

ဈ။

ဓ။

င။

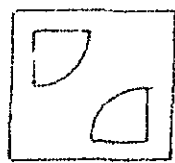
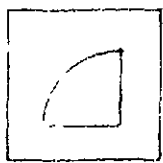
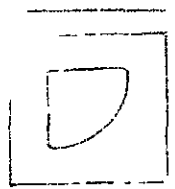


ဂ။

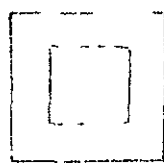
ဈ။

ဓ။

င။



၈၀



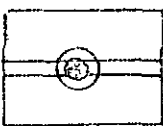
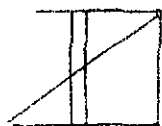
၈၁



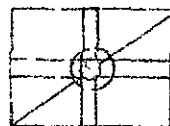
၈၂



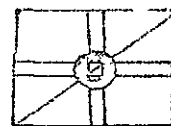
၈၃



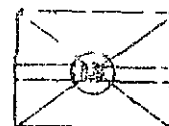
၈၄



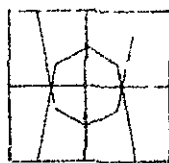
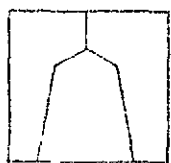
၈၅



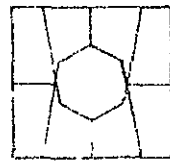
၈၆



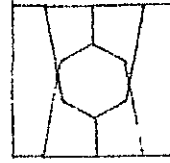
၈၇



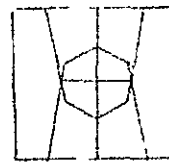
၈၈



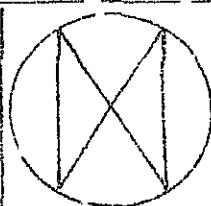
၈၉



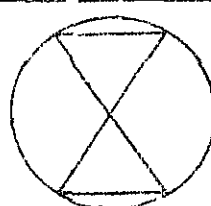
၉၀



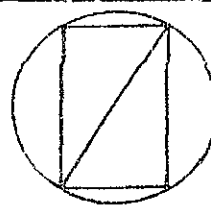
၉၁



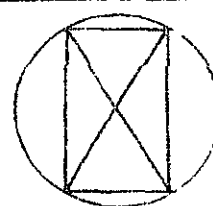
၉၂



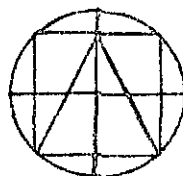
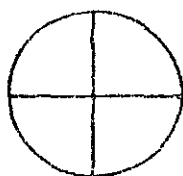
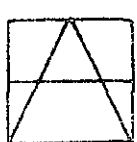
၉၃



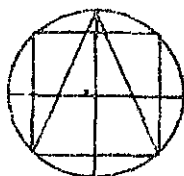
၉၄



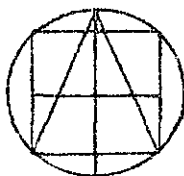
၉၅



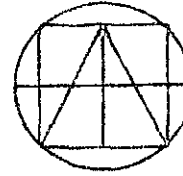
၉၆



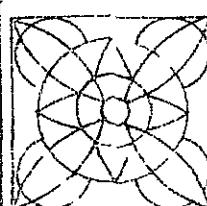
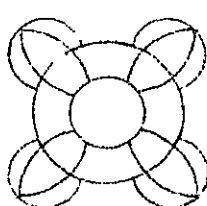
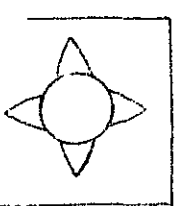
၉၇



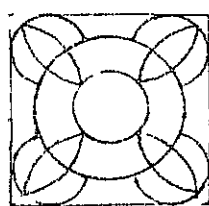
၉၈



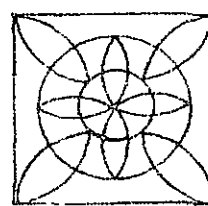
၉၉



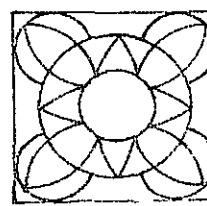
၁၀၀



၁၀၁



၁၀၂



၁၀၃

คำอธิบายวิธีทำแบบทดสอบรูปภาพ

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีคำถามทั้งหมด 25 ข้อ และมีเวลาทำเพียง 10 นาที ฉะนั้นควรรีบทำโดยเร็วให้ครบทุกข้อเท่านั้น จึงจะไ้คะแนนดี
2. ในคำถามแต่ละข้อจะมีภาพทางซ้ายมือ 1 ภาพ ให้นักเรียนพิจารณาแล้วว่า ถ้าเราหมุนภาพนี้ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกาแล้ว จะมีลักษณะเหมือนภาพใดใน ก, ข, ค, ง ในแต่ละข้อจะมีภาพที่ถูกต้องเพียงภาพเดียว เมื่อเลือกได้อย่างใดแล้วก็ไปเขียนตอบในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่าง

ข้อ (๐)



ก

ข

ค

ง

จากตัวอย่างนี้ จะเห็นว่าภาพ ก เป็นภาพที่ถูกต้อง ส่วนภาพอื่น ๆ ผิดหมด เวลาตอบก็ไปขีดเส้นใต้ที่ข้อ ก ในกระดาษคำตอบดังนี้

ข้อ (๐)



3. ถ้าทำข้อใดไม่ได้ ไม่ต้องการจะเปลี่ยนคำตอบใหม่ ให้ขีด X ทับรอยเดิมก่อนให้ชัดเจนทุกครั้งไป แล้วจึงคอยขีดเส้นใต้ใหม่ในข้อที่ต้องการ ถึงการเปลี่ยนคำตอบจากข้อ ง เป็นข้อ ข ดังนี้



4. จำข้อยากให้ไว้ไปทำข้ออื่นก่อน เมื่อมีเวลาเหลือจึงค่อยย้อนมาทำใหม่ เพราะนักเรียนอาจจะพบข้อง่าย ๆ อยู่ตอนหลังก็ได้ และระวังขีดคำตอบในกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อคำถามเสมอ

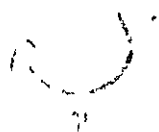
5. การเจาไปช่วยให้คะแนนนักเรียนดีขึ้นเลย

6. ว่าที่ใดหรือเขียนชื่อ ความใด ๆ ลงในแบบทดสอบ

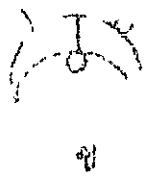
7. ถ้านักเรียนอะไรจะไรเลย ไรเลยมีคำถามผู้คุมสอบเสียเดี๋ยวนี้ เมื่อออกให้ลงมือทำแล้ว นักเรียนจะถามอะไรก็ไม่ได้

9. ก่อไม่นี้ เราจะเริ่มทำกันจริง ๆ ให้นักเรียนเขียนชื่อแบบทดสอบในกระดาษคำตอบว่า หมุนภาพ แล้วเขียนชื่อ นามสกุล และอื่น ๆ ให้ชัดเจน และระวังคำของผู้คุมสอบต่อไป

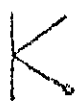
1



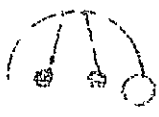
2



3



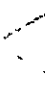
4



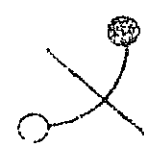
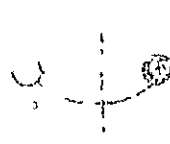
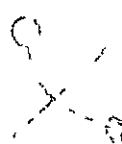
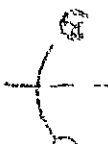
5



6



7



8



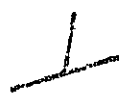
9



ก



ข



ค



ด

0



ก



ข



ค



ด

1



ก



ข



ค



ด

2



ก



ข



ค



ด

3



ก



ข



ค



ด



ก



ข



ค



ด



ก



ข



ค



ด



ก



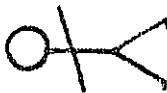
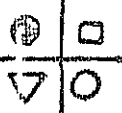
ข



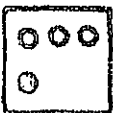
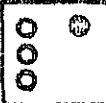
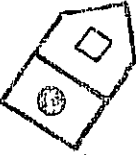
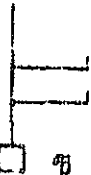
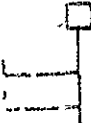
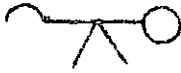
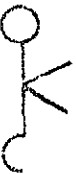
ค



ด

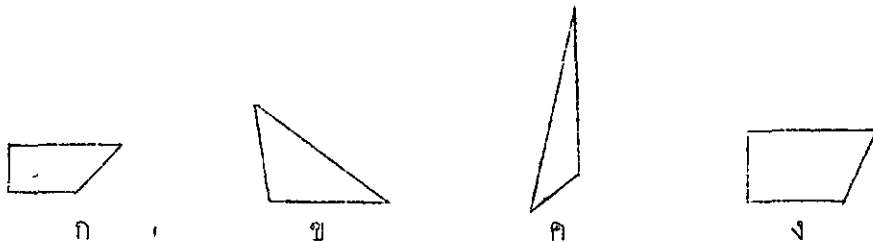
				
1	2	3	4	5
				
1	2	3	4	5
				
1	2	3	4	5
				
1	2	3	4	5
				
1	2	3	4	5
				
1	2	3	4	5
				
1	2	3	4	5
				
1	2	3	4	5

1.5
2.0
2.5
3
3.5
4
4.5
5
5.5
6
6.5
7
7.5
8
8.5
9
9.5
10
10.5
11
11.5
12
12.5
13
13.5
14
14.5
15
15.5
16
16.5
17
17.5
18
18.5
19
19.5
20
20.5
21
21.5
22
22.5
23
23.5
24
24.5
25
25.5
26
26.5
27
27.5
28
28.5
29
29.5
30
30.5
31
31.5
32
32.5
33
33.5
34
34.5
35
35.5
36
36.5
37
37.5
38
38.5
39
39.5
40
40.5
41
41.5
42
42.5
43
43.5
44
44.5
45
45.5
46
46.5
47
47.5
48
48.5
49
49.5
50
50.5
51
51.5
52
52.5
53
53.5
54
54.5
55
55.5
56
56.5
57
57.5
58
58.5
59
59.5
60
60.5
61
61.5
62
62.5
63
63.5
64
64.5
65
65.5
66
66.5
67
67.5
68
68.5
69
69.5
70
70.5
71
71.5
72
72.5
73
73.5
74
74.5
75
75.5
76
76.5
77
77.5
78
78.5
79
79.5
80
80.5
81
81.5
82
82.5
83
83.5
84
84.5
85
85.5
86
86.5
87
87.5
88
88.5
89
89.5
90
90.5
91
91.5
92
92.5
93
93.5
94
94.5
95
95.5
96
96.5
97
97.5
98
98.5
99
99.5
100

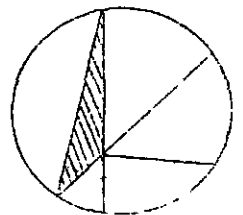
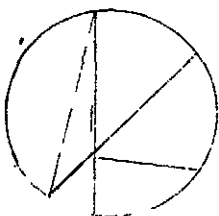
				
				
				
				
				
				
				
				

คำอธิบายวิธีทำแบบทดสอบข้อภาพ

1. แบบทดสอบฉบับนี้มี 4 ตอน แต่ละตอนมี 8 ข้อ รวมเป็นคำถามทั้งสิ้น 32 ข้อ ให้เวลาทำเพียง 20 นาที
2. แต่ละตอนจะมีภาพให้นักเรียนดูก่อน 4 ภาพ เป็นภาพคำคมเรียงตามตัวอักษร ก ข ค และ ง ให้นักเรียนพิจารณารูปร่างและทรวดทรงของภาพทั้ง 4 นี้ไว้ให้ดี
3. สำหรับคำถามนั้น แต่ละข้ออาจเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือวงกลม ซึ่งภายในจะมีเส้นต่าง ๆ ลากตัดกันเกิดเป็นลวดลายซ้อนทับกันมากมาย ในรูปเหล่านี้ แต่ละรูปจะต้องมีภาพคำคมจาก ก ถึง ง ภาพใดภาพหนึ่งซ่อนอยู่เสมอ โดยจะมีทั้งขนาด รูปร่าง และ ทิศทางเหมือนกับภาพคำคมทุกประการ
4. วิธีตอบคำถาม ให้นักเรียนพิจารณาให้ดีถนัดว่า ในแต่ละข้อนั้นมีภาพคำคมใดจาก ก ถึง ง ซ่อนอยู่ในรูปนั้น ถ้าพบว่ามีภาพใดซ่อนอยู่ ก็ให้ไปเขียนวงกลมรอบตัวอักษรประจำภาพนั้น ใน กระดาษคำตอบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้



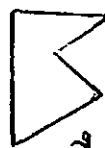
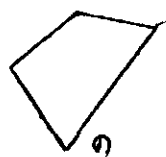
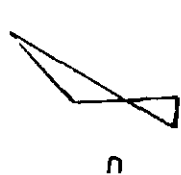
ข้อ (๐) จะเห็นว่าข้อ (๐) มีรูปสามเหลี่ยมตรงกับภาพคำคมข้อ ค ซ่อนอยู่
 ถึงแม้จะเห็นแล้วทางขวามือ ข้อนี้จะตอบว่า
 มีภาพ ข ซ่อนอยู่ไม่ได้ เพราะขนาด สัดส่วน และทิศทาง
 ไม่ตรงกันพอดี ดังนั้นเราจึงไปชี้เส้นทึบในข้อ ค ใน
 กระดาษคำตอบดังนี้



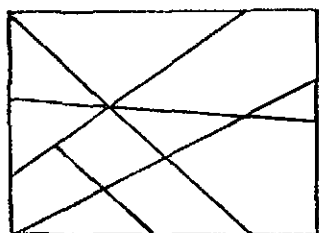
ข้อ (๐) ก ข ค ง

(โปรดพลิกอ่านต่อที่ปกหลัง)

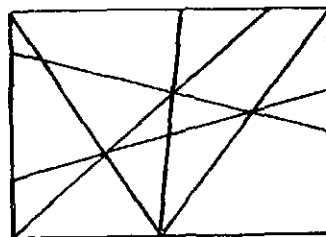
จำแนก จงพิจารณาภาพจากข้อที่ 1 - 8 ว่าแต่ละภาพมีรูปคล้ายใด จาก ก, ข, ค หรือ ง ขอบอยู่
 รูปไหน ซึ่งแต่ละข้อจะต้องมีรูปจาก ก ถึง ง ขอบอยู่เพียงรูปเดียวเท่านั้น เลือกได้รูปใดแล้วให้เขียน
 สันนิษฐานในกระดาษคำตอบ.



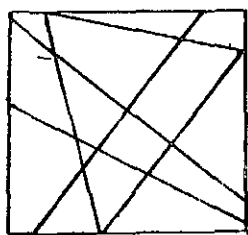
1



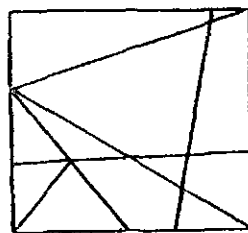
5



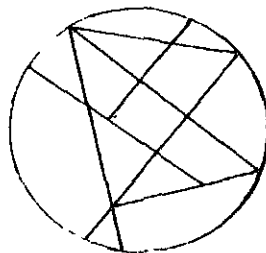
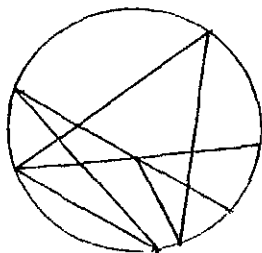
2



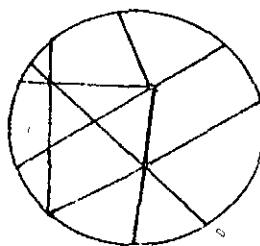
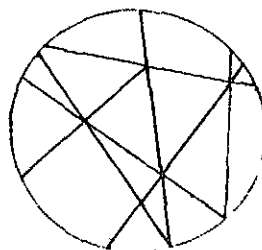
6



7



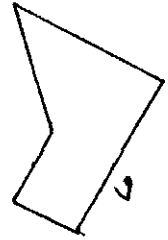
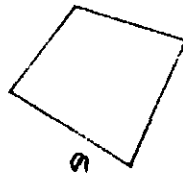
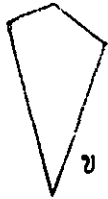
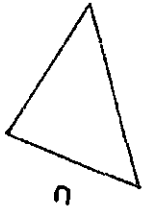
8



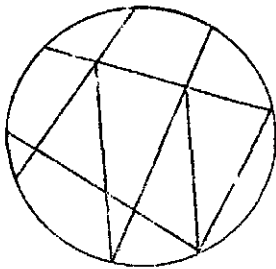
ชี้แจง. จงพิจารณาภาพจากข้อที่ 9 - 16 ว่าแต่ละภาพมีรูปค่าตอบใด จาก ก, ข, ค หรือ ง ซ่อนอยู่
 รูปนั้น ซึ่งแต่ละข้อจะต้องมีรูปจาก ก ถึง ง ซ่อนอยู่เพียงรูปเดียวเท่านั้น เลือกได้รูปใดแล้วให้เขียน
 ลงในช่องในกระดาษคำตอบ.

9	13
10	14
11	15
12	16

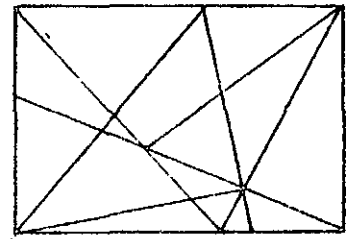
คำชี้แจง: จงพิจารณาภาพจากข้อที่ 17 - 24 ว่าแต่ละภาพมีรูปคำตอบใด จาก ก, ข, ค หรือ ง ขอบอยู่ในรูปนั้น ซึ่งแต่ละข้อจะต้องมีรูปจาก ก ถึง ง ขอบอยู่เพียงรูปเดียวเท่านั้น เลือกได้รูปใดแล้วให้เขียนเส้นทึบลงในกระดาษคำตอบ.



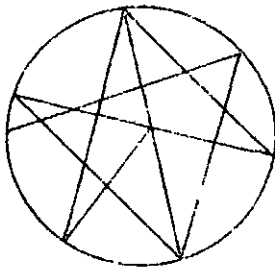
17



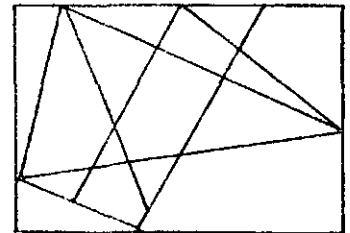
21



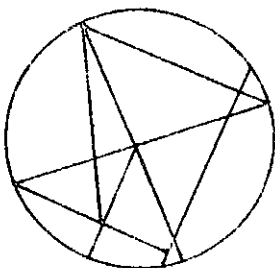
18



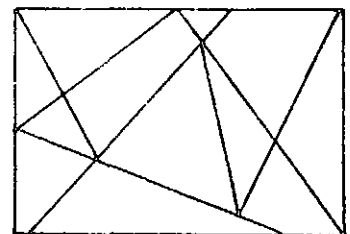
22



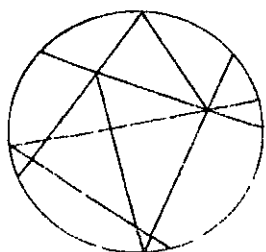
19



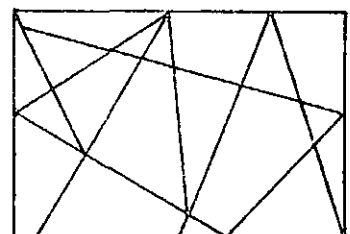
23



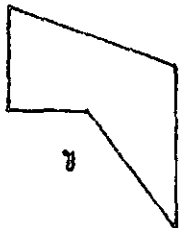
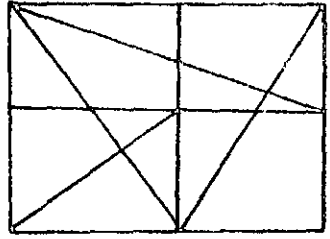
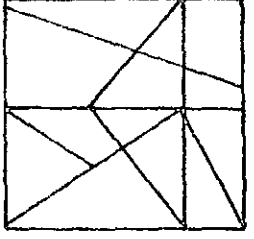
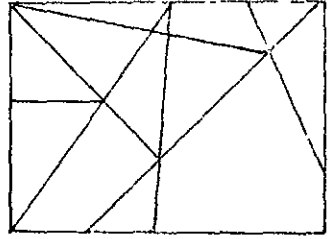
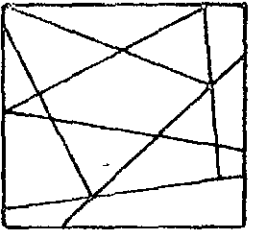
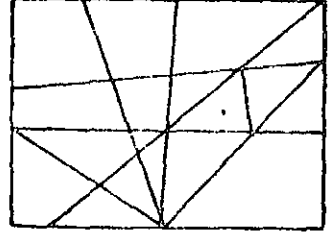
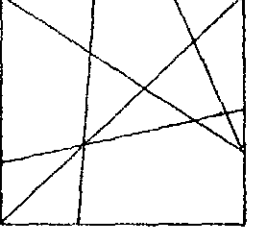
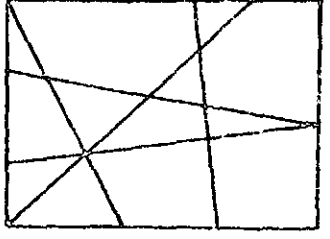
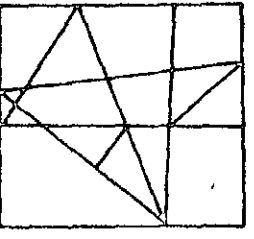
20



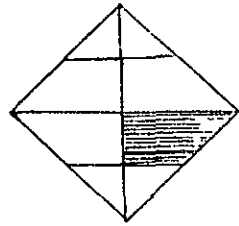
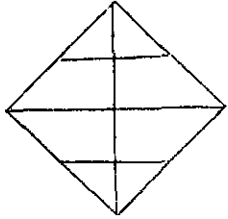
24



คำชี้แจง จงพิจารณาภาพจากข้อที่ 25 - 32 ว่าแต่ละภาพมีรูปคำตอบใด จาก ก, ข, ค, หรือ ง ขอบอก
 ในรูปนั้น ซึ่งแต่ละข้อจะต้องมีรูปจาก ก ถึง ง ขอบอกเพียงรูปเดียวเท่านั้น เลือกได้รูปใดแล้ว ให้เขียน X
 ลงในช่องในกระดาษคำตอบ.

 ก	 ข	 ค	 ง
25 	29 		
26 	30 		
27 	31 		
28 	32 		

ข้อ (๐๐) วิธีคิด จะเห็นว่า ข้อ (๐๐) มีภาพคำตอบ ก ช่อนอยู่ดังที่แสดงมาให้เห็น แล้วทางขวามือ ข้อนี้จะตอบว่ามีภาพ ค ช่อนอยู่ไม่ได้ เพราะมีขนาดไม่เท่ากัน หรือจะคิดว่ามีภาพอื่นช่อนอยู่ก็ไม่ได้ เพราะขนาด ทรวดทรง และทิศทางไม่เหมือนกัน ดังนั้นเราจึงไปขีดเส้นทึบในข้อ ก ดังนี้



ข้อ (๐๐) ก  ข  ค  ง 

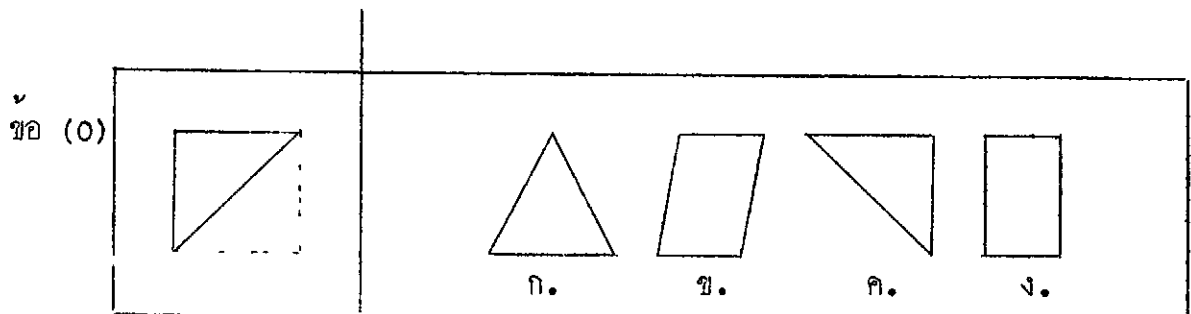
5. ถ้านักเรียนต้องการจะเปลี่ยนคำตอบใหม่ ให้ทำเครื่องหมาย * ทับรอยเดิม แล้วไปขีดเส้นทึบใหม่ ในข้อที่ต้องการ ดังตัวอย่างการเปลี่ยนคำตอบจากข้อ ข เป็นข้อ ง

ก  ข  ค  ง 

6. ถ้าพบข้อยาก ให้เว้นไปทำข้ออื่นก่อน เมื่อมีเวลาเหลือจึงค่อยย้อนมาทำใหม่ เพราะนักเรียนอาจจะพบข้อง่าย ๆ อยู่ตอนหลังก็ได้ และระวังขีดคำตอบในกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อคำถามเสมอ
7. การเคาะไม้ช่วยให้คะแนนนักเรียนดีขึ้นเลย
8. อย่าขีดหรือเขียนข้อความใด ๆ ลงในแบบทดสอบ
9. ถ้านักเรียนมีอะไรสงสัย ให้ยกมือถามครูคุมสอบเสียเถิดนี้ เมื่อบอกให้ลงมือทำแล้วนักเรียนจะถามอะไรอีกไม่ได้
10. ต่อไปนี้เราจะเริ่มทำกันจริง ๆ ให้นักเรียนเขียนชื่อแบบทดสอบในกระดาษคำตอบว่า ช่อนภาพ แล้วเขียน ชื่อ นามสกุล และอื่น ๆ ให้ชัดเจน และฟังคำสั่งผู้คุมสอบต่อไป

คำอธิบายวิธีทำแบบทดสอบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

1. แบบทดสอบฉบับนี้ มีคำถามทั้งหมด 32 ข้อ มีเวลาทำ 15 นาที
2. ในคำถามแต่ละข้อจะมีภาพทางซ้ายมือให้ก่อน ให้นักเรียนนึกดูว่าจะต้องนำภาพเช่นไร จาก ก, ข, ค, หรือ ง. นำมาต่อกับภาพทางซ้ายมือแล้ว จะทำให้เกิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยสมบูรณ์ โดยที่ภาพ ก, ข, ค, หรือ ง. อาจจะทงมุมหรือพลิกกลับก่อน จึงจะต่อกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และเมื่อเลือกได้ภาพใดแล้ว ก็ไปขีดตอบในกระดานคำตอบ ดังตัวอย่าง ข้อ (0)



จากตัวอย่างนี้จะเห็นว่า ภาพทางซ้ายมือเป็นรูปที่ยังไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส จะต้องหาภาพมาต่อเติมจึงจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังที่ขีดเส้นไขปลาไว้ให้ดูเป็นตัวอย่าง แต่เวลาทำจริง ๆ ห้ามขีดเขียนเส้นไขปลาหรือเส้นใด ๆ เป็นอันขาด ให้พยายามนึกให้เกิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเอาเอง จากตัวอย่างนี้ ข้อ ค. เป็นข้อที่ถูกต้อง ก็ให้นักเรียนขีดตอบในกระดานคำตอบดังนี้

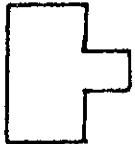
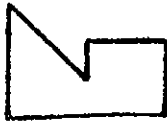
ก. ☐ ข. ☐ ค. ☒ ง. ☐

3. ถ้านักเรียนขีดตอบไปแล้วต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่ ก็ให้ขีดกากบาททับรอยเดิมเสียก่อน ให้ชัดเจนทุกครั้งไป จึงค่อยขีดตอบใหม่ ดังตัวอย่างการเปลี่ยนคำตอบจาก ข. ไปเป็น ค. ดังนี้

ก. ☐ ข. ☒ ค. ☒ ง. ☐

4. ถ้ามีข้อยากให้เว้นไปทำข้ออื่นก่อน เมื่อมีเวลาเหลือจึงย้อนมาทำใหม่ เพราะนักเรียนอาจจะพบของ่ายๆอยู่ตอนหลังก็ได้.

(อ่านตอบกหลัง)

1		 ဂ	 ဃ	 ဂ	 ၁
2		 ဂ	 ဃ	 ဃ	 ၁
3		 ဂ	 ဃ	 ဂ	 ၁
4		 ဂ	 ဃ	 ဂ	 ၁
5		 ဂ	 ဃ	 ဂ	 ၁
6		 ဂ	 ဃ	 ဂ	 ၁
7		 ဂ	 ဃ	 ဂ	 ၁
8		 ဂ	 ဃ	 ဂ	 ၁

9



က



ခ



ဂ



င

0



က



ခ



ဂ



င

1



က



ခ



ဂ



င

2



က



ခ



ဂ



င



က



ခ



ဂ



င



က



ခ



ဂ



င



က



ခ



ဂ



င



က



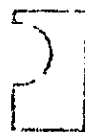
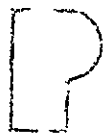
ခ



ဂ



င

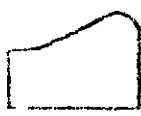


၈

၉

၁၀

၁၁



၈

၉

၁၀

၁၁



၈

၉

၁၀

၁၁

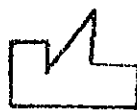
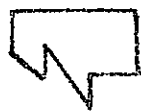


၈

၉

၁၀

၁၁

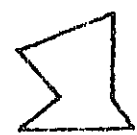


၈

၉

၁၀

၁၁

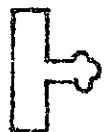


၈

၉

၁၀

၁၁

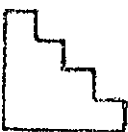


၈

၉

၁၀

၁၁



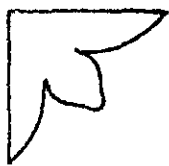
၈

၉

၁၀

၁၁

25



п



р



с



д

26



п



р

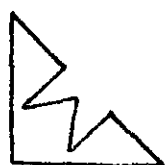
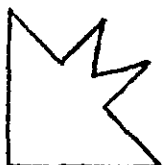


с



д

27



п



р

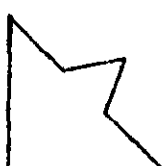


с



д

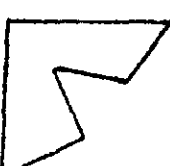
28



п



р

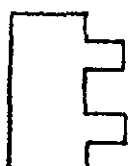


с



д

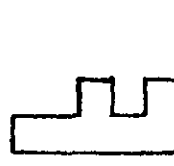
29



п



р



с



д

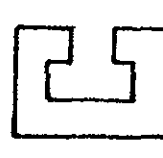
30



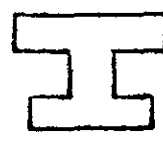
п



р

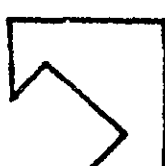
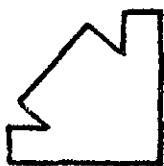


с



д

31



п



р



с



д

32



п



р



с



д

5. อย่าขีดหรือเขียนข้อความใด ๆ ลงในแบบทดสอบ
6. ถ้านักเรียนมีอะไรสงสัย ให้ยกมือถามผู้คุมสอบเสียเถิดยวนี้ เมื่อบอกให้ลงมือทำแล้ว นักเรียนจะถามอะไรอีกไม่ได้
7. ต่อไปนี้จะเริ่มลงมือทำกันจริง ๆ ให้นักเรียนเขียนชื่อแบบทดสอบในกระดาษคำตอบว่า ประกอบภาพ แล้วเขียนชื่อ นามสกุล และอื่น ๆ ให้ชัดเจน

จงพยายามทำทั้ง 30 ข้อ ให้ถูกต้องมากที่สุด ในเวลา 15 นาที

คำอธิบายวิธีทำ แบบทดสอบนับรูปลูกบาศก์

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบนับรูปลูกบาศก์ มีคำถามอยู่ทั้งหมด 36 ข้อ ให้เวลาทำ 15 นาที
2. คำถามทั้งหมดเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบทั้งสิ้น คือคำถามแต่ละข้อจะให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ที่ที่สุด หรือเหมาะสมที่สุด เพียงคำตอบเดียวจาก ก , ข , ค หรือ ง ที่ให้ไว้ เมื่อนักเรียนเลือกใดคำตอบใดก็ให้ไปขีดเส้นหนา ๆ จนถึงข้อของสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ข้างอักษรนี้ของข้อนั้น ในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่างการตอบ ค. ดังนี้

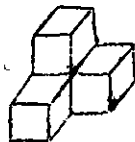
ก. ☐ ข. ☐ ค. ☒ ง. ☐

ถ้านักเรียนขีดตอบไปแล้ว แต่ต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่ ให้ขีดกากบาททับรอยเดิมเสียก่อนให้ชัดเจนทุกครั้งไป แล้วจึงคอยขีดคำตอบใหม่ ดังตัวอย่างการเปลี่ยนคำตอบจาก ค. ไปเป็น ก. ดังนี้

ก. ☒ ข. ☐ ค. ☒ ง. ☐

3. คำถามแต่ละข้อจะมีภาพมาให้ให้นักเรียนดูก่อนทางซ้ายมือ ภาพนี้จะมีขนาดและรูปร่างเดียวกัน นักเรียนจะต้องนับจำนวนกล่องในภาพนั้นว่ามีจำนวนเท่าใด ดังตัวอย่างในข้อ (๐)

(๐)

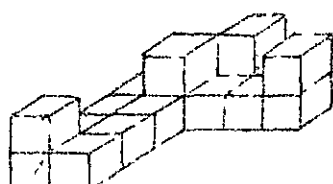
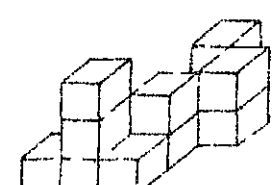
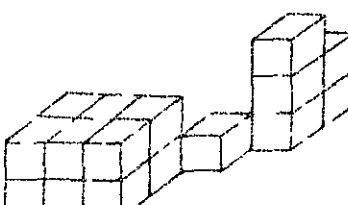
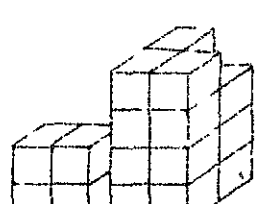
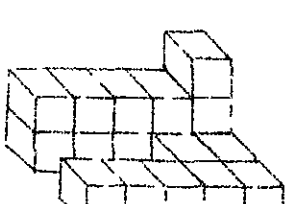
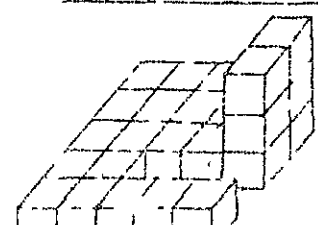


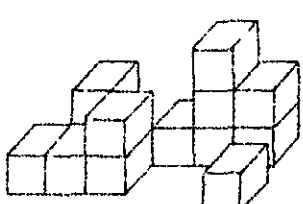
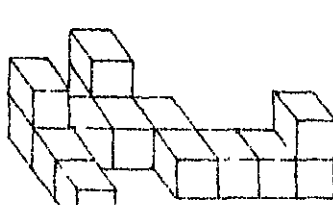
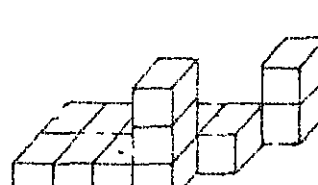
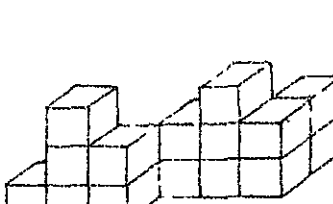
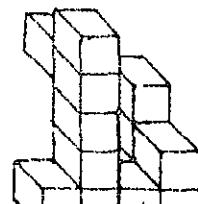
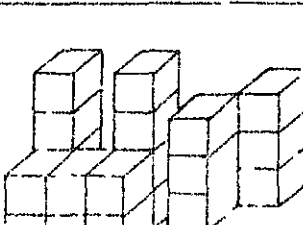
ก. 3 ข. 4 ค. 5 ง. 6

ข้อนี้ต้องตอบ ข. จึงจะถูกต้อง เพราะแม้ว่าในภาพจะมีกล่องลูกบาศก์เพียง 3 กล่องก็ตาม แต่ยังมีอีก 1 กล่องที่มองไม่เห็นในภาพ ซึ่งถ้ายกกล่องซึ่งอยู่ข้างบนออกแล้วก็จะเห็นกล่องดังกล่าวนักเรียนจะต้องนับกล่องนี้รวมไปในคำตอบด้วย

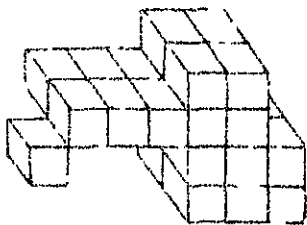
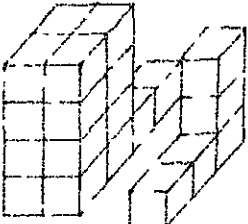
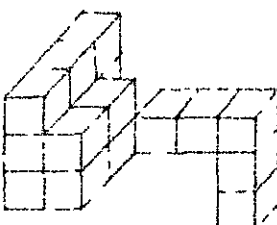
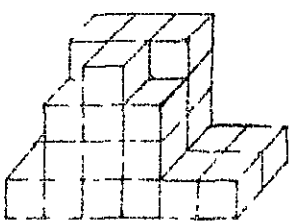
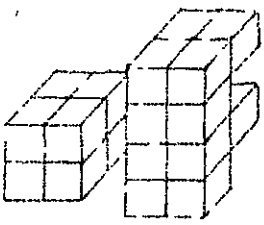
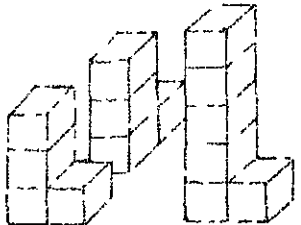
4. ต่อไปนี้เราจะเริ่มทำแบบทดสอบกันจริง ๆ ให้นักเรียนทุกคนออกข้อความลงในกระดาษคำตอบ โดยเขียนคำว่า " นับลูกบาศก์ " ลงในช่องแบบทดสอบ แล้วให้เติมชื่อโรงเรียน อำเภอ และจังหวัดให้ถูกต้อง จากนั้นให้เขียนชื่อ และนามสกุล ด้วยอักษรบรรจง พร้อมทั้งเติม ชั้น เลขอายุ และวันสอบให้ครบถ้วน เสร็จแล้วรอฟังคำสั่งของกรรมการต่อไป

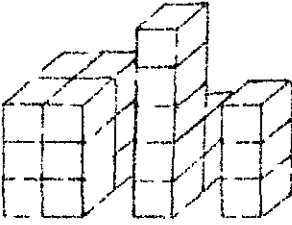
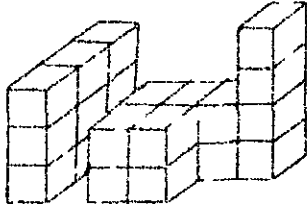
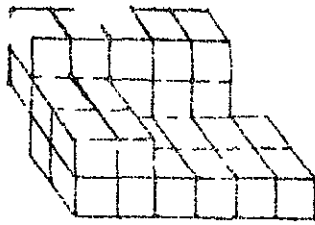
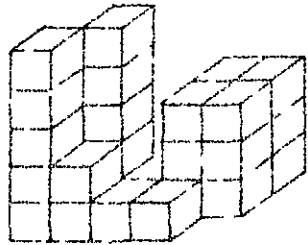
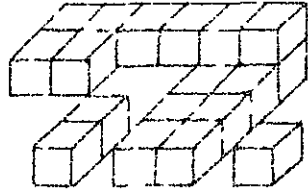
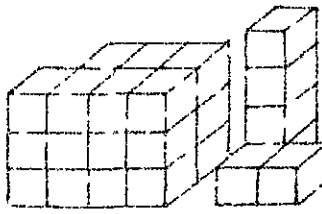
" จงพยายามตอบคำถามทั้ง 36 ข้อนี้ให้ถูกต้องมากที่สุดใช้เวลา 15 นาที "

1		ก 12 ข 14 ค 15 ง 16
2		ก 9 ข 10 ค 11 ง 13
3		ก 16 ข 18 ค 19 ง 20
		ก 16 ข 18 ค 19 ง 20
		ก 18 ข 20 ค 21 ง 22
		ก 25 ข 26 ค 27 ง 28

7		ก 12 ข 13 ค 15 ง 16
8		ก 12 ข 14 ค 15 ง 17
9		ก 11 ข 13 ค 14 ง 15
10		ก 14 ข 15 ค 17 ง 18
11		ก 11 ข 12 ค 13 ง 14
12		ก 18 ข 20 ค 21 ง 22

13		ဂ 17 ဃ 18 ဏ 19 တ 21
14		ဂ 8 ဃ 9 ဏ 10 တ 11
15		ဂ 10 ဃ 11 ဏ 12 တ 14
16		ဂ 30 ဃ 31 ဏ 32 တ 33
17		ဂ 23 ဃ 24 ဏ 27 တ 28
18		ဂ 15 ဃ 16 ဏ 17 တ 18
19		ဂ 10 ဃ 11 ဏ 12 တ 13
20		ဂ 19 ဃ 20 ဏ 22 တ 24
21		ဂ 12 ဃ 13 ဏ 15 တ 16
22		ဂ 17 ဃ 18 ဏ 19 တ 20
23		ဂ 15 ဃ 16 ဏ 17 တ 19
24		ဂ 10 ဃ 11 ဏ 12 တ 13

25		ก 23 ข 27 ค 28 ง 30
26		ก 22 ข 23 ค 24 ง 25
27		ก 16 ข 17 ค 18 ง 20
28		ก 24 ข 25 ค 27 ง 28
29		ก 18 ข 20 ค 22 ง 23
30		ก 14 ข 15 ค 16 ง 18

31		ก 21 ข 22 ค 23 ง 24
32		ก 21 ข 22 ค 23 ง 24
33		ก 24 ข 26 ค 29 ง 31
34		ก 23 ข 25 ค 26 ง 27
35		ก 16 ข 17 ค 19 ง 20
36		ก 20 ข 21 ค 23 ง 27