โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Seesamai Douangmany

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
ธันวาคม 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ Seesamai Douangmany ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ปริญญา เรืองทิพย์ ..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.ปริญญา เรืองทิพย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแช้ม)

ปริญญา เรืองทิพย์ ..... กรรมการ
(ดร.ปริญญา เรืองทิพย์)

..... กรรมการ
(ดร.กนก พานทอง)

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

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย
และวิทยาการปัญญา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
วันที่ 14 เดือน มกราคม พ.ศ. 2558

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จาก ดร.ปริญญา เรืองทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี ตลอดจนคณาจารย์และบุคลากรวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ทุกท่าน ทำให้ผู้วิจัยได้รับความรู้และประสบการณ์ในการทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานดา นาคะเวช ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง ดร.ปิยะทิพย์ ตินวร นายบุญสืบ มะปรางหวาน นางดารารัตน สายดาราสมุทร นางวิลาวรรณ เนื่องจำนงค์ Mr. Bounlay Khamkeo Mr. Kilaysone Asai และ Mr. Thipphavanh Khanthaphone ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความตรงของเครื่องมือ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไข ทำให้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีคุณภาพ

ขอขอบพระคุณ หัวหน้าแผนกศึกษาธิการและกีฬาประจำจังหวัดจำปาสัก ผู้อำนวยการโรงเรียนทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและให้ความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนนักเรียนทุกคนที่ได้อุทิศความรู้และสละเวลาอันมีค่า ในการทำแบบทดสอบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อบุญจันทร์ คุณแม่ทองดี ภรรยา และครอบครัวดวงมณีทุกคน ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา ทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นความกตัญญูกตเวทีแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

Seesamai Douangmany

56910478: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา;
วท.ม. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)
คำสำคัญ: ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์/ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ/ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง/ มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์/ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต/ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

Seesamai Douangmany: โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
(A CAUSAL RELATIONSHIP MODEL OF SPATIAL ABILITY, INTUITIVE GEOMETRY AND GEOMETRICAL ACHIEVEMENT IN GRADE ELEVEN AT CHAMPASAK PROVINCE, LAO PDR)
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ปริญญา เรืองทิพย์, ปร.ด., 192 หน้า. ปี พ.ศ. 2558

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต และเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ตัวแปรในโมเดลประกอบด้วย ตัวแปรแฝง 5 ตัว ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ซึ่งกำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 400 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถามโดยใช้โปรแกรม TAP วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS และวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุด้วยโปรแกรม LISREL 8.8

ผลการวิจัยปรากฏว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี พิจารณาจากค่าสถิติไค-สแควร์ เท่ากับ 97.98 ค่า df เท่ากับ 88 ค่า χ^2/df เท่ากับ 1.11 ค่าความน่าจะเป็น (ρ) เท่ากับ .22, ดัชนี GFI เท่ากับ .97 ดัชนี AGFI เท่ากับ .95 ดัชนี CFI เท่ากับ 1.00 ดัชนี NFI เท่ากับ .99 ดัชนี NNFI เท่ากับ 1.00 ค่า SRMR เท่ากับ .03 ค่า RMSEA เท่ากับ .02 และค่าสัมประสิทธิ์ การพยากรณ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เท่ากับ .53 มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์มีอิทธิพลทั้งทางตรง และทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ส่วนมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพและมิติสัมพันธ์เชิงทิศทางมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

สรุปได้ว่า โมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตมากที่สุด คือ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต รองลงมา ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง ตามลำดับ

56910478: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE;
M.Sc. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)
KEYWORDS: SPATIAL ABILITY/ SPATIAL VISUALIZATION/ SPATIAL ORIENTATION/
SPATIAL RELATION/ INTUITIVE GEOMETRY/ GEOMETRICAL ACHIEVEMENT
SEESAMAI DOUANGMANY: A CAUSAL RELATIONSHIP MODEL OF SPATIAL ABILITY, INTUITIVE GEOMETRY AND GEOMETRICAL ACHIEVEMENT IN GRADE ELEVEN AT CHAMPASAK PROVINCE, LAO PDR. ADVISORY COMMITEE: PARINYA RUENGTIP, Ph.D., 192 P. 2015

The purpose of this research was to develop and validate a causal relationship model of Spatial Ability, Intuitive Geometry and Geometrical Achievement. The model comprise of five latent variables: spatial visualization, spatial orientation, spatial relation, intuitive geometry, and geometrical achievement. The sample was recruited from 400 grade eleven students (first semester of academic year 2015) in Champasak Province, Lao People's Democratic Republic. The sample was selected by multi-stage random sampling. The research instruments included Spatial Ability test, Intuitive Geometry test, and Geometrical Achievement test. Item quality analysis was conducted using TAP, descriptive statistics analysis was generated using SPSS, and causal relationship model was analyzed using LISREL 8.8.

Results indicated that the causal relationship model of Spatial Ability, Intuitive Geometry and Geometrical Achievement was consistent with the empirical data: Chi-square test of goodness of fit = 97.98, df = 88, χ^2/df = 1.11, p = .22, GFI = .97, AGFI = .95, CFI = 1.00, NFI = .99, NNFI =1.00, SRMR = .03, RMSEA= .02. The variables in the model accounted for 53% of the variance in geometrical achievement. Spatial visualization and spatial orientation had a positive direct effect on intuitive geometry. Spatial relation had a positive direct and indirect effect on geometrical achievement. Intuitive geometry had a positive direct effect on geometrical achievement.

In conclusion, intuitive geometry were the main causes influencing of geometrical achievement followed by Spatial Visualization, Spatial Relation, and Spatial Orientation respectively.

สารบัญ

หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่
1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
กรอบแนวคิดในการวิจัย 3
สมมติฐานของการวิจัย 5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 5
ขอบเขตของการวิจัย 5
นิยามศัพท์เฉพาะ 6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 9
กระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 9
1. การรับรู้ (Perception) 9
2. กระบวนการรับรู้ทางสายตา (Visual Perception Process) 11
3. ความจำ (Memory) 16
4. ความจำขณะคิด (Working Memory) 17
5. การจินตภาพ (Visual Imagery) 19
ความหมายของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 21
องค์ประกอบ และความสำคัญของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 23
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 28
ตอนที่ 2 การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต (Intuitive Geometry) 30
การหยั่งรู้ (Intuition) 30
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรขาคณิต (Introduction to Geometry) 32
1. เรขาคณิตแบบดั้งเดิม (Traditional Geometry) 33
2. เรขาคณิตแบบการแปลง (Transformational Geometry) 34
3. มุม และรูปหลายเหลี่ยม (Angles and Polygons) 35
4. รูปสามเหลี่ยม (Triangles) 35
5. รูปสี่เหลี่ยม (Quadrilateral) 37

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

6. การเปลี่ยนแปลงรูปทรง (Transformation of from) 39
7. ประเภทของรูปร่างและรูปทรง (Type of Shape and Form) 40
8. การเปลี่ยนแปลงรูปทรง (Transformation of Form) 41
9. การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Motion in Shapes) 45
ความสำคัญของเรขาคณิต 47
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต 48
ตอนที่ 3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Geometrical Achievement) 50
ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต 50
ความสำคัญของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต 50
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต 51
ตอนที่ 4 ระบบการศึกษาของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 54
3 วิธีดำเนินการวิจัย 57
ตอนที่ 1 การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถ
ด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 59
ตอนที่ 2 การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของ
ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 60
กลุ่มตัวอย่าง 60
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 61
การพัฒนาเครื่องมือ 67
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 67
การเก็บรวบรวมข้อมูล 71
การวิเคราะห์ข้อมูล 71
4 ผลการวิจัย 74
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน 76
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ 78
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน 81
ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ 84
5 สรุปผลและอภิปรายผล 94
สรุปผลการวิจัย 94
อภิปรายผลการวิจัย 95
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 98

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า
ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป 99
บรรณานุกรม 100
ภาคผนวก 107
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 108
ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 147
ภาคผนวก ค ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 149
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ และแผนผังการสร้างแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต 158
ภาคผนวก จ หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย 164
ภาคผนวก ฉ หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย 167
ภาคผนวก ซ แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย 170
ภาคผนวก ฌ คำสั่งและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โมเดลการวัดตัวแปรแฝง 172
ภาคผนวก ญ คำสั่งและผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ปรับแก้ 178
ประวัติย่อของผู้วิจัย 192

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามขนาดสถานศึกษา 61
2 ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบจำแนกตามตัวแปรแฝง 70
3 ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบจำแนกตามตัวแปรแฝง 71
4 เกณฑ์การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลสมการโครงสร้างตามทฤษฎี
กับข้อมูลเชิงประจักษ์ 73
5 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามลักษณะของตัวแปร 76
6 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสังเกตได้ 77
7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ 79
8 ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลตามสมมติฐาน 86
9 ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลรวมทางตรงและทางอ้อมของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ
ตามสมมติฐาน 86
10 ค่าสถิติและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลตามสมมติฐาน 87
11 ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลที่ปรับแก้ 90
12 เปรียบเทียบค่าสถิติวิเคราะห์ความกลมกลืนก่อนและหลังการปรับแก้โมเดล 90
13 ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลรวมทางตรงและทางอ้อมของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ
ที่ปรับแก้ 91
14 ค่าสถิติและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลที่ปรับแก้ 91

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 4
2 กระบวนการรับรู้ 10
3 ลำดับพัฒนาการด้านการรับรู้ทางสายตา 12
4 กระบวนการรับรู้ทางสายตา 14
5 โมเดลความจำ 16
6 โมเดลความจำขณะคิด 17
7 กลไกการเกิดจินตภาพ 20
8 โครงสร้างของเส้น และวงกลม 34
9 การเปลี่ยนแปลงรูปทรงทางเรขาคณิต 34
10 มุมประเภทต่าง ๆ 35
11 รูปหลายเหลี่ยม 35
12 ประเภทของรูปสามเหลี่ยม 36
13 ประเภทของรูปสี่เหลี่ยม 37
14 ทรง 3 มิติ ที่มีพื้นผิวโค้ง 38
15 ปริซึมที่มีพื้นผิวเป็นรูปหลายเหลี่ยม 38
16 พีระมิดที่มีพื้นผิวเป็นรูปหลายเหลี่ยม 38
17 รูปร่าง 2 มิติ 39
18 ลักษณะ 3 มิติ 39
19 รูปทรงธรรมชาติ 40
20 รูปร่างและรูปทรงเรขาคณิต 40
21 รูปทรงอิสระ 41
22 การตัดบางส่วนของรูปทรงออก 41
23 ด้านต่อด้าน 42
24 มุมต่อมุม 42
25 ด้านต่อมุม 42
26 การวางซ้อนกัน 42
27 การวางซ้อนกันอย่างสมบูรณ์ 43
28 รูปทรงคาบเกี่ยวกัน 43
29 รูปทรงร่วม 43
30 รูปทรงผสมผสานกัน 44
31 รูปทรงวางใกล้กัน 44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า
32 รูปทรงบิดพันกัน ... 44
33 รูปทรงที่ถูกตัดดึงออก ... 45
34 รูปทรงที่สงบนิ่ง ... 45
35 การวางมุมของรูปร่างที่สมดุลบนเส้นระนาบ ... 45
36 รูปทรงสงบที่วางเอียงบนเส้นระนาบ ... 46
37 รูปร่างสี่เหลี่ยมวางบนเส้นตั้ง ... 46
38 ความเคลื่อนไหวของรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า ... 46
39 การวางรูปร่างสมดุลกับบรรยากาศโดยรอบ ... 47
40 ระบบการศึกษาของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ... 55
41 ขั้นตอนการพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ... 58
42 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การประกอบรูป ... 62
43 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์พัฒนาการเชิงพื้นผิว ... 62
44 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การพับกระดาษ ... 63
45 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การระบุตำแหน่งวัตถุ ... 64
46 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การมองภาพ ... 64
47 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การหมุนบัตร ... 65
48 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การเปรียบเทียบลูกบาศก์ ... 65
49 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การหมุนวัตถุ ... 65
50 ตัวอย่างแบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ... 66
51 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ... 66
52 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ ... 81
53 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง ... 82
54 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ ... 82
55 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ... 83
56 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนเรขาคณิต ... 84
57 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้ เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวตามสมมติฐาน ... 85
58 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้ เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ปรับแก้ ... 89

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การยกระดับคุณภาพการศึกษาต้องเชื่อมโยงระหว่างโรงเรียน ชุมชน และตลาดแรงงาน ถือเป็นภารกิจที่สำคัญในลำดับต้น ๆ ตามแผนการปฏิรูปการศึกษา ซึ่งหลักสูตรการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.5 - 7) ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (ส.ป.ป.ลาว) เป็นหลักสูตรที่สร้างขึ้นตามแผนการปฏิรูปการศึกษาแห่งชาติ ค.ศ. 2006-2015 เพื่อให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความรู้ มีเจตคติที่ดี และมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคม ในสภาวะปัจจุบันที่มีการแข่งขันค่อนข้างสูง การแสวงหาความรู้ เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งโครงสร้างหลักสูตรการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของ ส.ป.ป.ลาว ประกอบด้วย 14 รายวิชา ได้แก่ รายวิชาพื้นฐาน 11 รายวิชา เช่น คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา เป็นต้น และรายวิชาเลือก 3 รายวิชา ได้แก่ พื้นฐานวิชาชีพ ศิลปะ ภาษาต่างประเทศที่สอง ปรากฏว่า วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว ให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วย เรขาคณิต พีชคณิต ความน่าจะเป็น สถิติพื้นฐาน และอื่น ๆ ซึ่งจะต้องใช้กระบวนการคิด และการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล แต่ปรากฏว่า ผลการสอบระดับชาติวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดจำปาสัก ปีการศึกษา ค.ศ. 2013-2014 มีนักเรียนสอบไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 22.62 ซึ่งเป็นจำนวนที่ค่อนข่างสูง สอดคล้องกับผลการสอบนักเรียนอัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์ทั่วประเทศ เมื่อปี ค.ศ. 2015 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของจังหวัดจำปาสักไม่สามารถสอบได้ ดังนั้น การหาแนวทางเพื่อแก้ไขและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วน (กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2011, 2013, 2015)

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากมีความเชื่อมโยงกับการประกอบอาชีพ และการทำงานให้ประสบความสำเร็จในอนาคต นอกจากนี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ยังมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรขาคณิต ซึ่งเป็นสิ่งที่จะนำไปสู่การพัฒนาความเข้าใจในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งในวัยนี้จะมีการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่โดดเด่น (Poliny Ung, สุชาดา กรเพชรปาณี และพูลพงศ์ สุขสว่าง, 2554; Clements & Battista, 1992; Verstijnen et al., 1998; NRC, 2001; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009) และมีความสำคัญต่อการเรียนรู้เรขาคณิต (Olkun, 2003) ซึ่งเป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างมากในการที่จะเข้าใจโลกของความเป็นจริง เนื่องจากโครงสร้างทางเรขาคณิตมีอยู่ทุกที่บนโลก (Clements & Battista, 1992) เกี่ยวกับ จุด เส้น มุม ระนาบ พื้นผิว รูปทรงเชิงมิติ โดยเรขาคณิตสามารถแยกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) เรขาคณิตยูคลิด และ 2) เรขาคณิตนอกยูคลิด (Smith, 2013, pp. 204-237) สอดคล้องกับเนื้อหาด้านเรขาคณิตตามหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว มี 4 เนื้อหา ได้แก่ สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี และสมการไฮเปอร์โบลา (กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2011, หน้า 22)

จะเห็นได้ว่า เรขาคณิตเป็นเนื้อหาที่สำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ (De Klerk, 2009, p. 55) และการเรียนเรขาคณิตเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการศึกษาตามแนวคิดของ STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) นอกจากนี้ ปัจจัยที่สำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่ม STEM คือ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) (Olkun, 2003; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009; Wai et al., 2010; Metz et al., 2012, p. 1; Uttal et al., 2013) มิติสัมพันธ์เป็นความสามารถทางความคิดเกี่ยวกับวัตถุ 2-3 มิติ การรับรู้ การจินตนาการ และความเข้าใจต่อรูปแบบที่ซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง (นพรัตน์ นามบุญมี และปริญญ์ ทนันชัยบุตร, 2557; Lubinski, 2010) รวมทั้งการจดจำตำแหน่งของวัตถุ การค้นหาวัตถุที่มี ความสลับซับซ้อน และรับรู้ทิศทาง การเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งแนวนอนและแนวตั้ง (Kimura, 1999, pp. 53-55) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไม่ได้เป็นความสามารถที่มีโครงสร้างเดี่ยว แต่เป็นความสามารถ ที่แยกได้หลายองค์ประกอบตามโครงสร้างของมิติสัมพันธ์ (Hegarty & Waller, 2005, pp. 159-160) ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 องค์ประกอบ คือ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) และมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relation) (Pittalis & Christou, 2010)

มิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการรับข้อมูล การเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับ และการจินตภาพได้เป็นอย่างดี (Behrmann, Moscovitch, & Winocur, 1994 cited in Goldstein, 2011, pp. 284-285; Lohman, 1988, pp. 181–248) สอดคล้องกับ Baddeley and Hitch (1974 cited in Goldstein, 2011, pp. 130-136) อธิบายว่า ข้อมูลทางการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (Visual and Spatial Information) เป็นองค์ประกอบย่อยของความจำขณะคิด (Working Memory) ซึ่งเป็นความสามารถที่เกิดจากการรับรู้ (Perception) (พัชรี คุณค้ำชู, 2555, หน้า 27-52; Goldstein, 2010, pp. 5-8) `และสัมพันธ์กับการรับรู้ทางสายตา (Visual Perception) (นนทิชา ถาวรไพบูลย์บุตร, 2555) จะเห็นได้ว่า มิติสัมพันธ์เป็นกระบวนการทางปัญญาที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ และเป็นความสามารถที่เกิดขึ้นก่อนการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต (Intuitive Geometry) (Jones, 1993, pp. 15-19; Fujita, Jones, & Yamamoto, 2004b, pp. 1-7; Spelke, 2011, p. 288) ซึ่งการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตเป็นการเกิดความเข้าใจ การตอบสนอง การตัดสินใจขึ้นในทันทีทันใดแม้ว่าจะไม่รู้ล่วงหน้ามาก่อน (ราชบัณฑิตยสถาน, 2553, หน้า 142; VandenBos, 2015, p. 561) รวมทั้งเกิดจากประสบการณ์ที่ผ่านมาในการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะความรู้พื้นฐานและโครงสร้างทางเรขาคณิต (Dehaene et al., 2006; Dehaene, 2011, p. 187; Gallate & Keen, 2011, pp. 683-688; Colman, 2015, pp. 389-390) นอกจากนี้ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตยังมีความเชื่อมโยงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Giofrè et al., 2013)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตที่เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว และตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานำข้อค้นพบที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียน-การสอนเรขาคณิต หรือเป็นแนวทางในการวางแผนกำหนดเป้าหมายการจัดการศึกษาของจังหวัดจำปาสักต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

2. เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

กรอบแนวคิดในการวิจัย

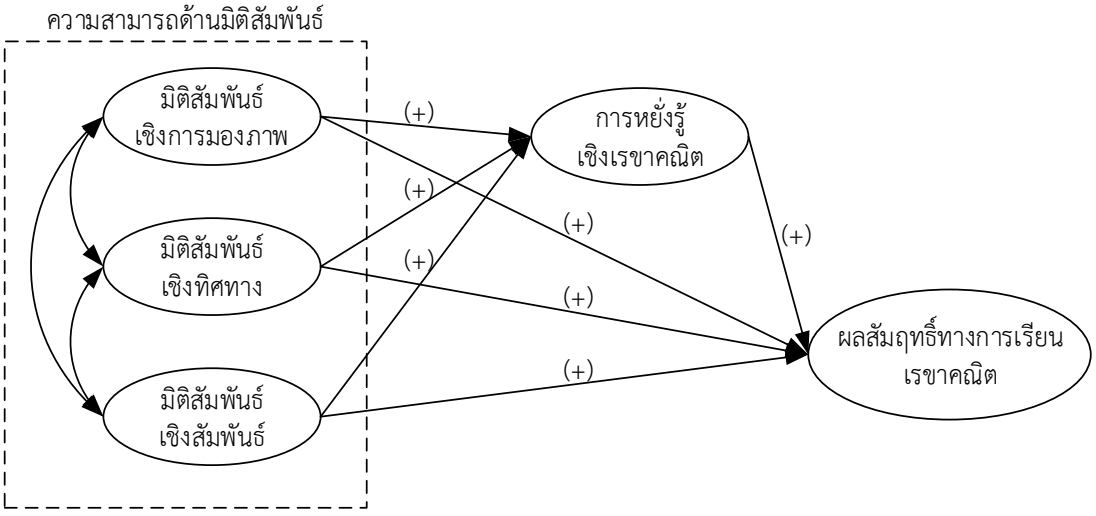
การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ได้อิงตามแนวคิดทฤษฎี ดังนี้

การวิจัยนี้ได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ทฤษฎีของ Wai, Lubinski, and Benbow (2009) ได้อธิบายถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในช่วงวัยรุ่น (วัยรุ่นมีอายุ 13-18 ปี, Havighurst, 1972) มีความโดดเด่น เป็นคุณลักษณะที่สำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสำเร็จในสาขา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) เรขาคณิตเป็นส่วนที่สำคัญของคณิตศาสตร์ (De Klerk, 2009, p. 55) ประกอบกับทฤษฎีของ Hannafin, Truxaw, Vermillion, and Liu (2008) ที่ได้อธิบายว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีความสัมพันธ์ทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ซึ่งเนื้อหาเรขาคณิตชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรของกระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว มี 4 เนื้อหา ได้แก่ สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี และสมการไฮเปอร์โบลา (กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2011, หน้า 22) และทฤษฎีของ Pittalis and Christou (2010) ที่ได้กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) เป็นความสามารถทางการมองเห็น เป็นการทดสอบด้วยการใช้แบบทดสอบที่เป็นลำดับของการเปลี่ยนแปลง และมีความสลับซับซ้อน 2) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) เป็นความสามารถของนักเรียนที่จะยังคงความไม่สับสนต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือ ทิศทางของรูปภาพ หรือ วัตถุ เช่น วัตถุหนึ่งเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือ ทิศทางไปทางขวา หรือ ซ้าย สูงกว่า หรือ ต่ำกว่า ใกล้กว่า หรือ ไกลกว่า เป็นต้น 3) มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relation) เป็นความสามารถความคิดในการรับรู้การหมุนของวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ ด้วยการตอบกลับอย่างรวดเร็วและถูกต้อง

มิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับ และการจินตภาพได้เป็นอย่างดี (Lohman, 1988, pp. 181–248) เป็นองค์ประกอบย่อยที่สำคัญของความจำขณะคิด (Working Memory) (Baddeley & Hitch, 1974 cited in Goldstein, 2011, pp. 130-136) และอธิบายมิติสัมพันธ์ที่มีผลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต โดยใช้ทฤษฎีของ Spelke (2011, p. 288) ที่กล่าวว่าระบบทางปัญญา (Cognitive Systems) มีความเกี่ยวข้องกับมิติสัมพันธ์ และทฤษฎีที่เกี่ยวกับกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ได้แก่ การรับรู้ (Perception) เป็นการแปลความหมายจากการสัมผัส โดยเริ่มตั้งแต่มีสิ่งเร้ามากระทบกับอวัยวะรับสัมผัสทั้งห้า และส่งกระแสประสาทไปยังสมอง เพื่อแปลความหมาย กระบวนการรับรู้เป็นการที่ทำงานร่วมกันระหว่างประสบการณ์และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ (Goldstein, 2010,

pp. 5-8) โดยเฉพาะการรับรู้ทางการมองเห็น (Visual Perception) เป็นกระบวนการทางปัญญาที่เรียกว่า Bottom-up Process เริ่มจากแสงไปกระทบที่ตา และภาพไปตกกระทบที่จอประสาทตา (Retina) หลังจากนั้นก็ส่งสัญญาณไปตามวิถีประสาทการมองเห็น (Visual Pathways) เพื่อตีความที่เปลือกสมองส่วนการมองเห็น (Visual Cortex) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการรับรู้ ส่วนการเกิดการจินตภาพ (Visual Imagery) เป็นกระบวนการทางปัญญาที่เรียกว่า Top-down Process จากสมองส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความจำ (Behrmann, Moscovitch, & Winocur, 1994 cited in Goldstein, 2011, pp. 284-285) และความจำ โดยเฉพาะความจำระยะยาว เป็นความจำที่เก็บข้อมูลจำนวนมากในช่วงเป็นเวลาหลายปี หรือตลอดชีวิต (Atkinson & Shiffrin, 1968 cited in Goldstein, 2011, p. 118) พบว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นที่มาของการเกิดการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ซึ่งการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตเป็นความเข้าใจความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิตที่เกิดจากประสบการณ์ที่ผ่านมามีความสำคัญต่อทักษะการจินตนาการด้านมิติสัมพันธ์ทางเรขาคณิต การจัดการกับภาพทางเรขาคณิตในใจ และการวิเคราะห์ปัญหาทางเรขาคณิต (Fujita, Jones, & Yamamoto, 2004b, pp. 1-15; Dehaene et al., 2006) การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีอิทธิพลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Giofrè et al., 2013)

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต และทางอ้อมเชิงบวกผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต จึงสามารถสรุปได้กรอบแนวคิด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

สมมติฐานของการวิจัย

1. โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2. องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

3. องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

4. การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้รูปแบบความสัมพันธ์และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว

2. เป็นแนวทางแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทางการศึกษาของจังหวัดจำปาสัก ระดับจังหวัด ระดับอำเภอ หรือ ระดับผู้อำนวยการโรงเรียนสามารนำข้อค้นพบที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดแนวทาง เพื่อทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดีขึ้น

3. เป็นแนวทางแก่ครูผู้สอนสามารถนำข้อค้นพบที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการสอนเพื่อพัฒนาส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความสามารถทางด้านเรขาคณิตให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา ค.ศ. 2015-2016 จำนวน 5,316 คน (กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2015)

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วย ตัวแปรแฝงภายนอกมี 3 ตัว ตัวแปรแฝงภายใน 2 ตัว และตัวแปรสังเกตได้ 19 ตัว ดังต่อไปนี้

2.1 ตัวแปรแฝงภายนอกมี 3 ตัว ได้แก่

2.1.1 มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization)

2.1.1.1 การประกอบรูป (Form Board)

2.1.1.2 พัฒนาการเชิงพื้นผิว (Surface Development)

2.1.1.3 การพับกระดาษ (Paper Folding)

2.1.2 มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation)

2.1.2.1 การระบุตำแหน่งวัตถุ (Object Perspective)

2.1.2.2 การมองภาพ (Image Perspective)

2.1.3 มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relations)

2.1.3.1 การหมุนบัตร (Card Rotation)

2.1.3.2 การเปรียบเทียบลูกบาศก์ (Cube Comparison)

2.1.3.3 การหมุนวัตถุ (Object Rotation)

2.2 ตัวแปรแฝงภายใน 2 ตัว ได้แก่

2.2.1 การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

2.2.1.1 โทโพโลยี (Topology)

2.2.1.2 เรขาคณิตแบบยูคลิด (Euclidean Geometry)

2.2.1.3 รูปภาพเรขาคณิต (Geometry Figures)

2.2.1.4 รูปภาพเชิงสมมาตร (Symmetrical Figures)

2.2.1.5 รูปภาพเชิงสมมาตรแบบสะท้อน (Chiral Figures)

2.2.1.6 คุณสมบัติทางการวัด (Metric Properties)

2.2.1.7 การแปลงทางเรขาคณิต (Geometrical Transformation)

2.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

2.2.2.1 สมการพาราโบลา (Parabola)

2.2.2.2 สมการวงกลม (Circle)

2.2.2.3 สมการวงรี (Ellipse)

2.2.2.4 สมการไฮเปอร์โบลา (Hyperbola)

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) หมายถึง ความสามารถทางความคิดในการจัดการกับวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ เป็นความสามารถในการรับรู้ภาพจากการมองเห็น จินตภาพการเปลี่ยนแปลงของภาพ ที่ใช้จินตนาการถึงความสัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว เป็นความสามารถในการแปลงรูปทรง การสร้างรูปแบบใหม่ และการจำรูปลักษณะภายในมิติหนึ่งสัมพันธ์กับอีกมิติหนึ่ง ทำให้สามารรับรู้ภาพที่มองเห็นได้อย่างถูกต้อง และเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของภาพที่ทับซ้อนกัน หรือซ่อนอยู่ภายในภาพ สามารถมโนภาพความเชื่อมโยงให้เกิดขึ้นภายในใจ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) และมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relation)

มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) หมายถึง ความสามารถทางการมองเห็นที่ต้องทำความเข้าใจกับลำดับของการเปลี่ยนแปลงและมีความสลับซับซ้อน วัดได้จาก 3 แบบทดสอบ คือ การประกอบรูป (Form Board) พัฒนาการเชิงพื้นผิว (Surface Development) และการพับกระดาษ (Paper Folding)

การประกอบรูป (Form Board) หมายถึง แบบทดสอบที่ให้นักเรียนเลือกจำนวน 4 รูป จากทั้งหมด 5 รูป ซึ่งรูปที่เลือกต้องเป็นรูปที่สามารถประกอบรวมกันเป็นรูปที่กำหนดให้ได้อย่างสมบูรณ์

พัฒนาการเชิงพื้นผิว (Surface Development) หมายถึง แบบทดสอบที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบว่าตัวเลขใดที่อยู่บนด้านของรูป 2 มิติ ตรงกับตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใดที่อยู่บนด้านของรูป 3 มิติ แล้วเลือกตัวอักษร A B C D... ที่อยู่บนด้านของรูป 3 มิติ ลงในช่องคำตอบหมายเลข 1 ถึง 5 กำหนดให้เครื่องหมาย X เป็นสัญลักษณ์ที่บ่งบอกว่าทั้งสองรูปเป็นด้านเดียวกัน

การพับกระดาษ (Paper Folding) หมายถึง แบบทดสอบที่ให้นักเรียนพิจารณารูปที่ได้จากการคลี่ออกของการพับและเจาะรูกระดาษของรูปที่อยู่ซ้ายมือ เมื่อคลี่กระดาษออกแล้วรูปที่ได้จะมีรูเป็นเช่นใด

มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) หมายถึง ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ต้องทำความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ทิศทางของรูปภาพ หรือ วัตถุ เป็นความสามารถในการแยกแยะวัตถุและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุและตำแหน่งของวัตถุ เช่น วัตถุหนึ่งเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือ ทิศทางไปทางขวา หรือ ซ้าย สูงกว่า หรือ ต่ำกว่า ใกล้กว่า หรือ ไกลกว่า เป็นต้น ประกอบด้วย การระบุตำแหน่งวัตถุ (Object Perspective) และการมองภาพ (Image Perspective)

การระบุตำแหน่งวัตถุ (Object Perspective) หมายถึง แบบทดสอบที่ให้นักเรียนจินตนาการว่ากำลังยืนอยู่ ณ วัตถุที่ 1 ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม กำลังมองไปยังวัตถุที่ 2 ซึ่งเป็นจุดที่อยู่บนสุดของเส้นรอบวงกลม แล้วให้ระบุตำแหน่งและทิศทางของวัตถุที่ 3 โดยการทำเส้นประที่มีหัวลูกศรจากจุดศูนย์กลางชี้ไปยังเส้นรอบวงกลม แล้วเขียนชื่อบริเวณปลายหัวลูกศรเส้นประเพื่อบอกชื่อของวัตถุนั้น

การมองภาพ (Image Perspective) หมายถึง แบบทดสอบที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบรูปที่ได้จากการมองรูป 3 มิติ ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านบน ด้านข้าง และด้านหน้า แล้วเลือกคำตอบเพียงคำตอบเดียวที่ไม่ใช้รูปที่ได้จากการมองทั้งสามด้าน

มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relation) หมายถึง ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ต้องใช้ความสามารถทางความคิดเป็นความสามารถในการรับรู้รูปแบบความสัมพันธ์กับสิ่งอื่น โดยเฉพาะการรับรู้การหมุนของวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ ได้อย่างถูกต้องด้วยการตอบสนองอย่างรวดเร็ว ประกอบด้วยการหมุนบัตร (Card Rotation) การเปรียบเทียบลูกบาศก์ (Cube Comparison) และการหมุนวัตถุ (Object Rotation)

การหมุนบัตร (Card Rotation) หมายถึง แบบทดสอบที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบรูปที่ให้มากับรูปที่เป็นตัวเลือก ว่ารูปที่เป็นตัวเลือกนั้นเหมือน หรือ ต่างกับรูปที่ให้มา

การเปรียบเทียบลูกบาศก์ (Cube Comparison) หมายถึง แบบทดสอบที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบรูปลูกบาศก์ทั้งสองรูปที่หมุนในทิศทางที่แตกต่างกัน ซึ่งมีตัวอักษร ตัวเลข หรือ สัญลักษณ์บางตัวถูกบทบังไว้ข้างหลัง แต่จะเห็นได้หลังจากที่หมุน แล้วให้นักเรียนบอกว่า ลูกบาศก์ทั้งสองรูปเหมือน หรือ ต่างกัน

การหมุนวัตถุ (Object Rotation) หมายถึง แบบทดสอบที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบรูปที่ให้มากับรูปที่เป็นตัวเลือก ซึ่งเป็นรูปที่ได้จากการหมุน แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวที่เห็นว่าเป็นรูปที่เหมือนกับรูปที่ให้มา

การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต (Intuitive Geometry) หมายถึง ความสามารถที่จะเข้าใจเรขาคณิตขั้นพื้นฐานโดยสัญชาตญาณ เป็นคุณลักษณะทางปัญญาที่เกิดมาจากการได้เห็นภาพ และประสบการณ์ที่ผ่านมา มีความสำคัญต่อการเรียนรู้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะ การทำความเข้าใจและการเรียนรู้ทางเรขาคณิต เป็นคุณลักษณะที่เชื่อมโยงกับกระบวนการคิดและการแก้ไขปัญหาทางเรขาคณิต วัดได้จากการให้นักเรียนทำแบบทดสอบที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับ โทโพโลยี เรขาคณิตแบบยูคลิด รูปภาพเรขาคณิต

รูปภาพเชิงสมมาตร รูปภาพเชิงสมมาตรแบบสะท้อน คุณสมบัติทางการวัด และการแปลงทางเรขาคณิต ซึ่งกำหนดให้ 6 รูป แล้วให้นักเรียนเลือกหนึ่งรูปที่แตกต่างจากกลุ่ม

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Geometry Achievement) หมายถึง ความรู้ความสามารถที่แสดงถึงความสำเร็จของการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นตามวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ พฤติกรรมใหม่ ทักษะใหม่ คุณค่าใหม่ ความเข้าใจ รวมทั้งแนวคิดจากการสังเคราะห์ข้อมูล หรือการประยุกต์ใช้ความรู้ต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเรขาคณิต ได้แก่ สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี และสมการไฮเปอร์โบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้เรียนมาแล้วในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีตลอดจนเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability)

ตอนที่ 2 การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต (Intuitive Geometry)

ตอนที่ 3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Geometrical Achievement)

ตอนที่ 4 ระบบการศึกษาของ ส.ป.ป.ลาว (Education System of Lao PDR)

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability)

กระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

1. การรับรู้ (Perception)

พัชรี คุณค้ำชู (2555, หน้า 27-52) กล่าวว่า การรับรู้ เป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงสมองและสิ่งแวดล้อมทั้งจากภายในร่างกายและภายนอกร่างกายเข้าไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งภายในหรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัว การรับรู้ของมนุษย์จำเป็นต้องอาศัยการทำงานของตัวรับรู้ประเภทต่าง ๆ (Receptors) ในระบบประสาทรับความรู้สึกที่ส่งมาตามเส้นประสาท เพื่อนำข้อมูลกลับเข้าสู้สมอง ทำให้สมองได้รับข้อมูลที่มากพอที่จะสามารถตัดสิน หรือ แยกแยะสิ่งต่าง ๆ ที่ได้รับกับประสบการณ์ที่เคยเกิดขึ้นในอดีต ดังนั้นหากเกิดความผิดปกติที่สมองส่วนรับความรู้สึก (Sensory Cortex) ก็อาจส่งผลให้ข้อมูลที่สมองได้รับเกิดการบิดเบือนไปจากความเป็นจริงและอาจส่งผลให้ร่างกายเกิดการทำงานผิดพลาดตามไปด้วย การรับความรู้สึกจากไขสันหลังไปยังสมองสามารถแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม คือ การรับรู้ความรู้สึกทางกาย (Somatic Senses) และการรับรู้ความรู้สึกเฉพาะทาง (Special Senses) ดังนี้

1.1 การรับรู้ความรู้สึกทางกาย (Somatic Senses) เป็นการรับรู้เกี่ยวกับร่างกาย ทั้งจากการสัมผัส การเคลื่อนไหวของข้อต่อ รวมถึงการรับรู้จากตัวรับความรู้สึกต่าง ๆ บนผิวหนังทั่วร่างกาย

1.2 การรับรู้ความรู้สึกเฉพาะทาง (Special Senses) เป็นการรับความรู้สึกที่เกิดขึ้นโดยส่งผ่านการทำงานที่อาศัยตัวรับรู้ที่แตกต่างกันไปจากการรับรู้ความรู้สึกทางกาย (Somatic Senses) ที่ปรากฏบนผิวหนัง การรับรู้ความรู้สึกเฉพาะทาง (Special Senses) แบ่งออกได้เป็น

1.2.1 การมองเห็น (Visual System)

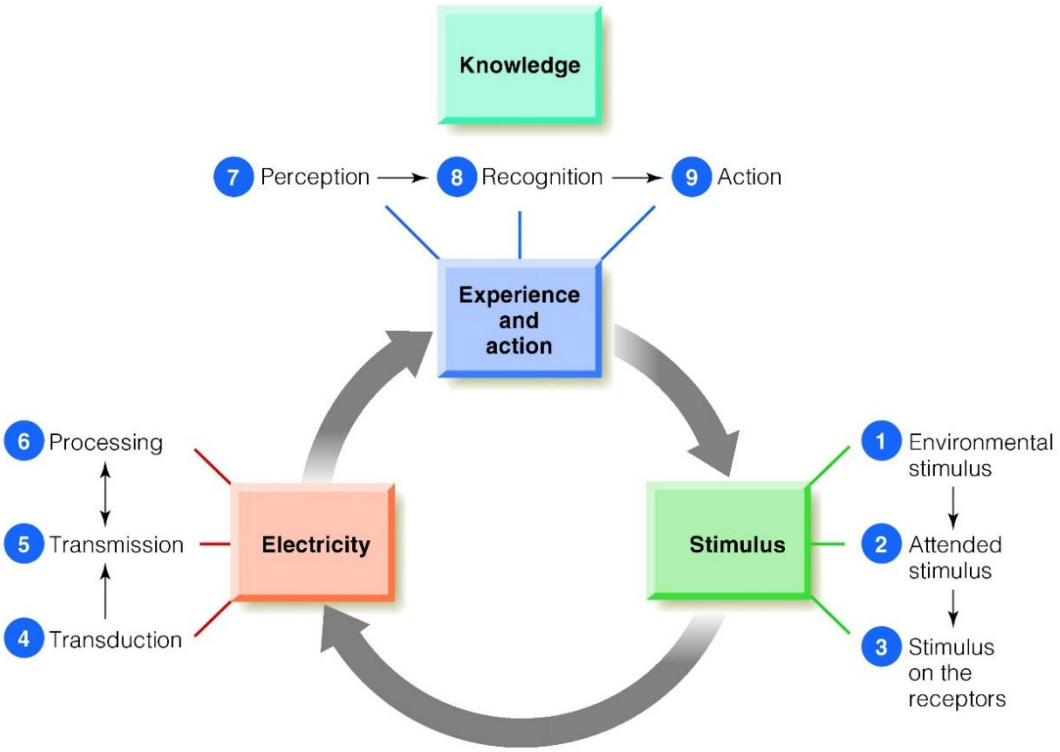
1.2.2 การได้ยิน (Auditory System)

1.2.3 การทรงตัว (Vestibular System)

1.2.4 การดมกลิ่น (Olfactory System)

1.2.5 การลิ้มรส (Gustatory System)

Goldstein (2010, pp. 5-8) กล่าวว่า การรับรู้ (Perception) หมายถึง การแปลความหมายจากการสัมผัส โดยเริ่มตั้งแต่มีสิ่งเร้ามากระทบกับอวัยวะรับสัมผัสทั้งห้า และส่งกระแสประสาทไปยังสมอง เพื่อแปลความหมาย กระบวนการรับรู้เป็นการที่ทำงานร่วมกันระหว่างประสบการณ์และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งมี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ตัวกระตุ้น (Stimulus) กระแสไฟฟ้า (Electricity) ประสบการณ์และปฏิกิริยา (Experience and Action) และความรู้ (Knowledge) สามารถอธิบายการรับรู้เป็นลำดับขั้นตอนเรียกว่า กระบวนการรับรู้ (Perceptual Process) แต่ละองค์ประกอบ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 2 กระบวนการรับรู้ (Perceptual Process) (Goldstein, 2010, p. 6)

ตัวกระตุ้น (Stimulus)

ตัวกระตุ้น (Stimulus) หมายถึงสิ่งที่อยู่ตามสภาพแวดล้อมรอบตัวที่เราให้ความสนใจและหมายถึงสิ่งที่ช่วยกระตุ้นตัวรับรู้ภายใน ประกอบด้วย ตัวกระตุ้นจากสภาพแวดล้อม ตัวกระตุ้นสร้างความสนใจ และตัวกระตุ้นภายใน ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. ตัวกระตุ้นจากสภาพแวดล้อม (Environmental Stimuli) หมายถึงสิ่งต่าง ๆ ทั้งหมดที่อยู่ตามสภาพแวดล้อมรอบตัวที่ทำให้เกิดการรับรู้

2. ตัวกระตุ้นสร้างความสนใจ (Attended Stimuli) หมายถึงสิ่งต่าง ๆ ทั้งหมดที่อยู่ตามสภาพแวดล้อมรอบตัวที่เราให้ความสนใจ

3. ตัวกระตุ้นภายใน (Stimulus on The Receptors) หมายถึงการเปลี่ยนรูปแบบตัวกระตุ้นที่รับมาโดยตัวรับรู้ต่าง ๆ (Receptors)

กระแสไฟฟ้า (Electricity)

กระแสไฟฟ้า (Electricity) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการรับรู้ เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่ของระบบประสาท (Nervous System) สัญญาณไฟฟ้านี้จะเกิดขึ้นที่ตัวรับรู้โดยการเปลี่ยนรูปพลังงานจากสภาพแวดล้อมมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าในระบบประสาท กระบวนการนี้เรียกว่า Transduction ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. Transduction เป็นการเปลี่ยนรูปจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งที่เกิดขึ้นในระบบประสาท ตัวอย่าง เช่น พลังงานแสง (Light Energy) แรงดันเชิงกล (Mechanical Pressure) หรือ พลังงานเคมี (Chemical Energy) ถูกเปลี่ยนมาสัญญาณไฟฟ้า

2. Transmission เป็นการส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังสมองตามเส้นประสาท เพื่อแปลความหมายหลังจากที่พลังงานจากภายนอกถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้ว

3. Processing เป็นกระบวนการในการส่งสัญญาณไฟฟ้าของเซลล์ประสาท (Neurons)

ประสบการณ์และปฏิกิริยา (Experience and Action)

หมายถึงสิ่งที่สามารถรับรู้ จำแนก และเกิดปฏิกิริยาต่อตัวกระตุ้น ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. Perception หมายถึง Conscious Sensory Experience เป็นการเกิดขึ้นเมื่อสัญญาณไฟฟ้าที่รับมาจากตัวรับรู้ (Receptors) แล้วถูกแปลความหมายที่สมองประกอบกับประสบการณ์ที่ผ่านมาในการพบเจอสิ่งเหล่านั้น

2. Recognition เป็นความสามารถในการพยายามที่จะจัดวางวัตถุในหมวดหมู่ต่าง ๆ ที่สมอง

3. ปฏิกิริยา (Action) หมายถึง การตอบสนองของร่างกายต่อตัวกระตุ้น ในที่นี้รวมทั้งการสั่งการในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนไหวของศีรษะ หรือ ดวงตา ตามสิ่งที่เกิดขึ้น

ความรู้ (Knowledge)

ความรู้ หมายถึงการนำข้อมูลต่าง ๆ จากการรับรู้มาปรับใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ถึงแม้ว่าข้อมูลเหล่านั้นเคยได้รับรู้มาหลายปีแล้วก็ตาม

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้สามารถที่จะสรุปได้ว่า การรับรู้เป็นการแปลความหมายจากการสัมผัส โดยเริ่มตั้งแต่การมีสิ่งเร้ามากระทบกับอวัยวะรับสัมผัสทั้งห้า (การมองเห็น การได้ยิน การทรงตัว การดมกลิ่น การลิ้มรส) และส่งกระแสประสาทไปยังสมอง เพื่อการแปลความหมาย กระบวนการรับรู้เป็นการที่ทำงานร่วมกันระหว่างประสบการณ์และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงสมองและสิ่งแวดล้อมทั้งจากภายในร่างกายและภายนอกร่างกายเข้าไว้ด้วยกัน กระบวนการรับรู้เป็นการที่ทำงานร่วมกันระหว่างประสบการณ์และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งมี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ตัวกระตุ้น (Stimulus) กระแสไฟฟ้า (Electricity) ประสบการณ์และปฏิกิริยา (Experience and Action) และความรู้ (Knowledge) ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ทำงานร่วมกันเป็นลำดับขั้นตอนเรียกว่า กระบวนการรับรู้ (Perceptual Process)

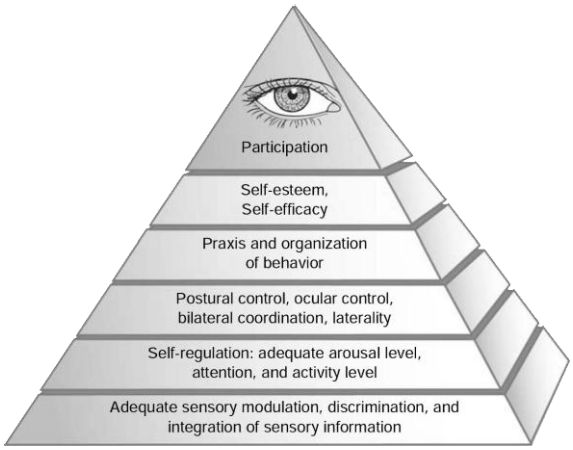
2. กระบวนการรับรู้ทางสายตา (Visual Perception Process)

นนทิชา ถาวรไพบูลย์บุตร (2555) ได้สรุปทฤษฎีพื้นฐาน (Theoretical Base) ของการรับรู้ทางสายตา กระบวนการรับรู้ทางสายตา และแนวทางการพัฒนาการรับรู้ทางสายตา ตามกรอบอ้างอิงการรับรู้ทางสายตา ดังนี้

การรับรู้ทางสายตา (Visual Perception)

การรับรู้ทางสายตาประกอบด้วย 3 ทฤษฎีพื้นฐาน คือ Developmental Theory, Acquisitional Theories และ Dynamic Theory

Developmental Theory เป็นลำดับขั้นของการพัฒนารับรู้ทางสายตา ในปี ค.ศ. 1993 Warren ได้เสนอแผนภาพแสดงพัฒนาการด้านการรับรูทางสายตาไว้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการประเมินและการบำบัดตามลำดับที่ถูกต้องระบบการรับรู้ทางสายตาประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) Visual Perception components และ 2) Visual-cognitive components ลำดับขั้นของ การพัฒนาจะเริ่มต้นจากฐานด้านล่างแล้วจึงต่อยอดไปสู่ความสามารถที่สูงขึ้นไป ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 3 ลำดับพัฒนาการด้านการรับรู้ทางสายตา (Warren, 1993 อ้างถึงใน นนทิชา ถาวรไพบูลย์บุตร, 2555)

Acquisition Theories เป็นทฤษฎีที่เน้นการกล่าวถึง การเรียนรู้ ทักษะต่าง ๆ ผ่านการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมที่เด็กอยู่เป็นกระบวนการที่เกิดต่อเนื่องกัน ทักษะที่เกิดขึ้นก่อนจะเป็นพื้นฐานของทักษะที่จะพัฒนาตามมา ประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก ได้แก่

1. Input เป็นกระบวนการรับสิ่งเร้า
2. Processing เป็นกระบวนการแปลผลข้อมูลที่ได้จากการมองเห็น ต้องอาศัยความสามารถด้านต่าง ๆ เช่น Attention, Memory, Discrimination และ Visual Imaginary
3. Output เป็นกระบวนการที่แสดงออกถึงความสามารถในการใช้การรับรู้ทางสายตาทำสิ่งต่าง ๆ เช่น ทำให้สามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ สามารถกินข้าวได้เอง สามารถเรียน เล่นตามที่ต้องการได้ เป็นต้น

Dynamic Theory จากทฤษฎีการเรียนรู้ทำให้เชื่อว่าความสามารถในการรับรู้ทางสายตาของเด็กสามารถพัฒนาได้ผ่านการเรียนรู้และฝึกฝน ผู้บำบัดสามารถใช้เทคนิคการ Teaching-Learning Process ร่วมกับ Activity Analysis and Activity Synthesis ในการฝึกฝนความสามารถทางด้านนี้ให้กับเด็ก ควรเริ่มจากทักษะที่ง่ายที่สุดที่เด็กทำได้ ในการวิเคราะห์เลือกกิจกรรมควรพิจารณาที่สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ด้วยอาจมีอิทธิพลสนับสนุน หรือ เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของเด็กได้ นอกจากนี้การให้แรงเสริมยังเป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ด้วย

กระบวนการรับรู้ทางสายตา

ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก ได้แก่ Visual Receptive Functions, Visual Cognitive Function, Visual Imagery/ Visualization และ Eye-Hand Coordination (Visual Motor Integration)

Visual receptive functions เป็นกระบวนการได้มาและจัดการกับข้อมูลที่มาจากสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย ความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่มองเห็น (Acuity) ความสามารถในการปรับความคมชัดของภาพที่เห็นอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่อง (Accommodation) ความสามารถในการรวมภาพที่ได้จากตาสองข้างมาเป็นภาพเดียว (Binocular Fusion) ความสามารถในการลู่สายตาเข้าหากันเพื่อมองตรงไปยังวัตถุ (Convergence) ความสามารถในการรับรู้ความลึกของภาพทำให้สามารถมองภาพเป็น 3 มิติ ได้ (Stereopsis) ลานสายตา โดยทั่วไปมองขึ้นได้ประมาณ 65 องศา มองลงได้ประมาณ 75 องศา มองเข้าด้านใน 65 องศา มองเอียงด้านข้าง 95 องศา (Visual Field) ทักษะในการควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตา (Oculomotor Skills) ซึ่งทักษะในการควบคุมลูกตาแบ่งเป็น fixation คือ การเลื่อนสายตาไปจ้องมองที่วัตถุได้อย่างฉับพลัน persuit คือ ความสามารถในการมองตามวัตถุแม้ว่าวัตถุนั้นจะเคลื่อนที่ Saccadic Eye Movement หรือ Scanning คือ ความสามารถในการเลื่อนสายตาจากสิ่งที่กำลังมองอยู่ไปยัง วัตถุอื่นที่อยู่ในลานสานตาได้

Visual cognitive function เป็นความสามารถในการแปลผล และนำข้อมูลที่ได้จากการมองเห็นไปใช้ โดยทั่วไปประกอบด้วย

1. Visual Attention ความสามารถในการคงช่วงความสนใจไว้กับสิ่งที่มองเห็น เด็กจะสามารถพัฒนาความสามารถด้านนี้ได้ผ่านการฝึกฝนและเรียนรู้
2. Visual Memory ความสามารถในการจดจำสิ่งที่มองเห็น เป็นการประมวลผลร่วมกับประสบการณ์ในอดีต
3. Visual Discrimination ความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่มองเห็น ซึ่งสามารถแยกย่อยได้ดังนี้
    - Recognition คือ การระลึกได้ว่าสิ่งที่เห็นนั้นคืออะไร
    - Matching การจับคู่สิ่งที่มองเห็น
    - Sorting การจัดกลุ่มสิ่งที่มองเห็น

นอกจากที่กล่าวมา ยังสามารถจำแนก Visual cognitive function ได้อีก 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 Object perception คือ การรับรู้ทางสายตาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้วัตถุ เป็นการทำงานของสมองส่วน Temporal lobe ประกอบด้วย

1. Form constancy ความสามารถในการจดจำ แยกแยะรูปทรงของวัตถุ ไม่ว่าวัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพแวดล้อมใด หันไปทิศทางใด และไม่ว่าจะขนาดเท่าไหร่
2. Visual closure คือ ความสามารถในการแยกแยะวัตถุได้ว่าสิ่งนั้นคืออะไร แม้ว่าวัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ขาดหายไปบางส่วน
3. Figure ground คือ ความสามารถในการแยกแยะภาพ หรือ วัตถุที่ต้องการออกจากพื้นหลัง หรือ สิ่งอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่

ส่วนที่ 2 Spatial perception คือ การรับรู้ทางสายตาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ตำแหน่งของวัตถุ ว่ามีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมรอบตัว เป็นการทำงานของสมองส่วน Parietal Lobe ประกอบด้วย

1. Position in Space คือ ความสามารถในการรับรู้ทิศทาง และตำแหน่งของวัตถุช่วยให้เข้าใจความหมายของคำว่า ใน นอก บน ล่าง หน้า หลัง ซ้าย ขวา ทำให้ทราบความแตกต่างของตัวอักษร เช่น การหันหัวเข้าออก

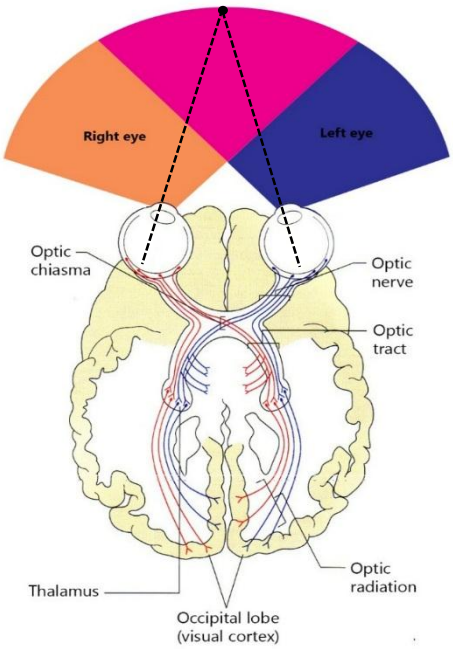
2. มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relations) คือ ความสามารถในการรับรู้รูปแบบความสัมพันธ์กับสิ่งอื่นช่วยให้เกิดการวางแผนการเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง

3. Depth Perception คือ ความสามารถในการกะระยะ ความห่างระหว่างวัตถุกับสิ่งอื่น ๆ เช่น การรับรู้ความลึก การรับรู้ระยะที่จะเอื้อมมือออกไปคว้าสิ่งของ

4. Topographic Orientation เป็นความสามารถในการแยกแยะวัตถุ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ ไว้ด้วยกัน เช่น ความสามารถในการรับรู้เส้นทาง การคิดภาพแผนที่การเดินทาง

Visual Imagery/ Visualization เป็นส่วนที่ต้องใช้ข้อมูลทั้งหมดที่มาจากส่วนของ Visual Cognitive Components มาประกอบกันเป็นการรับรู้สิ่งต่าง ๆ ทั้งการรับรู้บุคคล การสร้างมโนภาพ การสร้างความคิด การรับรู้วัตถุต่าง ๆ รอบตัว มีความสำคัญอย่างมากต่อความสามารถในการคิดวางแผน การแก้ปัญหา รวมถึงทักษะการจัดการอื่น ๆ

Eye-hand Coordination (Visual Motor Integration) เป็นความสามารถด้านการมีสหสัมพันธ์การเคลื่อนไหวระหว่างตาและมือ เป็นทักษะในการเคลื่อนไหวที่มีความสัมพันธ์กับ สิ่งเร้าที่มาจากการมองเห็น ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาความสามารถด้านการเขียนของเด็ก ในที่นี้รวมถึง Visual-Motor Speed ด้วย



ภาพที่ 4 กระบวนการรับรู้ทางสายตา (Visual Perception Process)

http://www.herrinhs.org/Teachers/EricJohns/A&P/visual%20pathway%20to%20the%20brain.jpg

ลำดับการส่งผ่านจากลานสายตา (Visual Field) เข้าสู่จอประสาทตา (Retina) ส่งไขว้ (Chiasma) ไปยังเส้นประสาทสมองคู่ที่สอง (Optic Nerve) แล้วไปตีความที่บริเวณสมองส่วนท้าย (Occipital Lobe)

แนวทางการพัฒนาการรับรู้ทางสายตาตามกรอบอ้างอิงการรับรู้ทางสายตา

แนวทางการพัฒนาการรับรู้ทางสายตาตามกรอบอ้างอิงนี้ แบ่งเป็นแนวทางโดยทั่วไป และแนวทางเฉพาะ ดังนี้

1. แนวทางทั่วไป ประกอบด้วย 3 ข้อ ดังนี้

1.1 ควรจัดสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนการพัฒนาความสามารถด้านการรับรู้ทางสายตาของเด็ก โดยพิจารณาจากอายุ และระดับความสามารถของเด็กเอง

1.2 ทักษะทางการมองเห็นสามารถพัฒนาขึ้นได้ผ่านกระบวนการเรียนรู้จากการเรียน-การสอน (Teaching-Learning)

1.3 นอกจากจะคำนึงถึงการจัดสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมความสามารถด้านการรับรู้ทางสายตาเฉพาะที่เด็กต้องการแล้วควรคำนึงถึงการส่งเสริมปัจจัยพื้นฐานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. แนวทางเฉพาะ ประกอบด้วย 6 ข้อ ดังนี้

2.1 การพัฒนาความสามารถด้านการรับรู้ทางสายตาที่เกี่ยวข้องกับทักษะทางการมองเห็นจะได้ผลดี เมื่อเด็กได้รับการส่งเสริมผ่านกิจกรรมที่มีความหมายต่อตัวเด็กเอง

2.2 เด็กจะทักษะทางการมองเห็นได้ดี ถ้าเด็กอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีแบบอย่างให้เด็กเห็นว่าควรตอบสนองอย่างไรต่อสิ่งเร้า รวมถึงการสะท้อนให้เด็กได้เห็นผลของสิ่งที่เด็กกระทำด้วย

2.3 การประมวลผลร่วมกันของทักษะการรับรู้ทางสายตาพื้นฐาน นำไปสู่การพัฒนา Visual Perception และ Visual Cognitive ในทักษะที่สูงขึ้นได้ เช่น การส่งเสริม Visual Attention จะเป็นพื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนา Visual Memory ได้

2.4 การประมวลผลของทักษะการรับรู้ทางสายตาเป็นพื้นฐานที่ไม่ซับซ้อน นำไปสู่การพัฒนาทักษะการรับรู้ทางสายตาที่ซับซ้อนมากกว่าได้ เช่น การมี Visual Memory ที่ดีนำไปสู่การมีทักษะ Visual Discrimination ที่ดีได้

2.5 การส่งเสริมพัฒนาการรับรู้ทางสายตาด้าน Visual Discrimination จะนำไปสู่ การพัฒนาการรับรู้ทางสายตาในด้าน Visual Spatial Skills และ Visual Motor Integration ได้

2.6 ผู้บำบัดสามารถที่จะจัดสภาพแวดล้อมให้เด็กได้ใช้ทักษะการชดเชย (compensatory Skills) การปรับสภาพแวดล้อมร่วมกับการพัฒนา Visual Cognitive Skills เพื่อให้เด็กสามารถทำกิจกรรมการดำเนินชีวิตที่สำคัญต่อเด็กได้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการรับรู้ทางสามารถที่จะสรุปได้ว่า กระบวนการรับรู้ทางสายตา ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1) Visual Receptive Functions เป็นกระบวนการได้มาและจัดการกับข้อมูลที่มาจากสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย ความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่มองเห็น ความสามารถในการปรับความคมชัดของภาพที่เห็นอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่อง ความสามารถในการรวมภาพที่ได้จากตาสองข้างมาเป็นภาพเดียว ความสามารถในการลู่สายตาเข้าหากันเพื่อมองตรงไปยังวัตถุ ความสามารถในการรับรู้ความลึกของภาพทำให้สามารถมองภาพเป็น 3 มิติ 2) Visual Cognitive Function เป็นความสามารถในการแปลผล และนำข้อมูลที่ได้จากการมองเห็นไปใช้

ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การรับรู้ทางสายตาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้วัตถุ เป็นการทำงานของสมองส่วน Temporal Lobe ประกอบด้วย ความสามารถ ในการจดจำ แยกแยะรูปทรงของวัตถุไม่ว่าวัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพแวดล้อมใด และการรับรู้ทางสายตาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ตำแหน่งของวัตถุว่ามีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมรอบตัว เป็นการทำงานของสมองส่วน Parietal Lobe ประกอบด้วย ความสามารถในการรับรู้ทิศทาง และตำแหน่งของวัตถุช่วยให้เข้าใจความหมายของคำว่า ใน นอก บน ล่าง หน้า หลัง ซ้าย ขวา ความสามารถในการรับรู้รูปแบบความสัมพันธ์กับสิ่งอื่นช่วยให้เกิดการวางแผนการเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง ความสามารถในการกะระยะ ความห่างระหว่างวัตถุกับสิ่งอื่น ความสามารถในการแยกแยะวัตถุ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ ไว้ด้วยกัน 3) Visual Imagery/ Visualization เป็นส่วนที่ต้องใช้ข้อมูลทั้งหมดที่มาจาก Visual Cognitive Function มาประกอบกันเป็นการรับรู้สิ่งต่าง ๆ ทั้งการรับรู้บุคคล การสร้างมโนภาพ การสร้างความคิด การรับรู้วัตถุต่าง ๆ รอบตัว มีความสำคัญอย่างมากต่อความสามารถ ในการคิดวางแผน การแก้ปัญหา รวมถึงทักษะการจัดการอื่น ๆ 4) Eye-Hand Coordination (Visual Motor Integration) เป็นความสามารถด้านการมีสหสัมพันธ์การเคลื่อนไหวระหว่างตาและมือ เป็นทักษะในการเคลื่อนไหวที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเร้าที่มาจากการมองเห็น

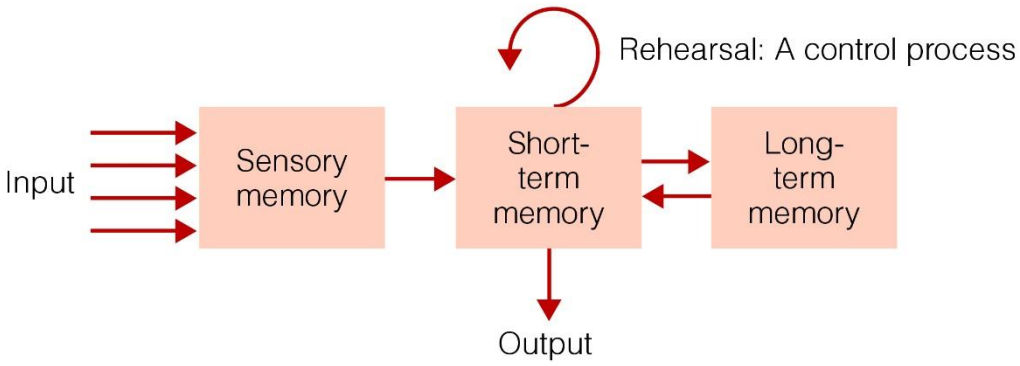
3. ความจำ (Memory)

Atkinson and Shiffrin (1968 cited in Goldstein, 2011, p. 118) ได้พัฒนาโมเดลที่เกี่ยวกับการเก็บข้อมูล ชื่อว่า The Modal Model of Memory เพื่ออธิบายหลักการพื้นฐานของบวนการส่งต่อข้อมูลในสมอง จนเกิดเป็นความจำว่าประกอบด้วย 3 ระยะ ได้แก่

3.1 ความจำจากการับสัมผัส (Sensory Memory) เป็นความจำแรกที่ข้อมูลต่าง ๆ เข้ามาในช่วงไม่กี่วินาทีหรือเศษเสี้ยวของวินาที

3.2 ความจำระยะสั้น (Short-Term Memory: STM) เป็นความจำที่เก็บข้อมูล 5-7 รายการ ในช่วงเวลาประมาน 15-30 วินาที

3.3 ความจำระยะยาว (Long-Term Memory: LTM) เป็นความจำที่เก็บข้อมูลจำนวนมากในช่วงเวลาเป็นปี ๆ หรือตลอดชีวิต ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 5 โมเดลความจำ (Atkinson & Shiffrin, 1968 cited in Goldstein, 2011, p. 118)

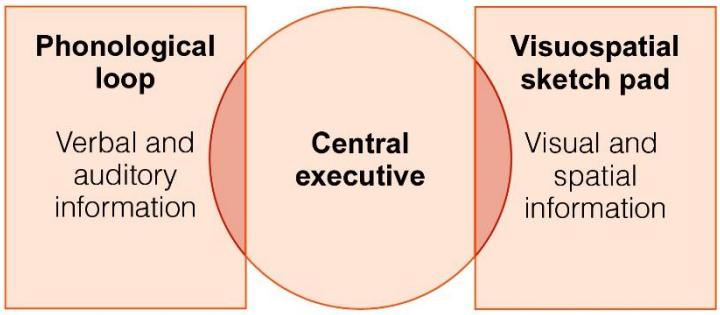
จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความจำสามารถที่จะสรุปได้ว่า ความจำเป็นการจดจำข้อมูลต่าง ๆ ในสมอง การเกิดความจำประกอบด้วย 3 ระยะ คือ ความจำจากการรับสัมผัส ความจำระยะสั้น และความจำระยะยาว

4. ความจำขณะคิด (Working Memory)

อัญชนา จุลศิริ และเสรี ชัดแช้ม (2556) ได้สรุปความหมายของความจำ ขณะคิด (Working Memory: WM) ว่า เป็นความสามารถทางสมองในการเก็บและดำเนินการกับข้อมูลในช่วงเวลาหนึ่ง มีความจำขณะคิดจะมีเพิ่มขึ้นในช่วงวัยเด็ก แต่จะลดลงในผู้สูงอายุมีความสำคัญต่อการทำหน้าที่ของสมองหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเข้าใจภาษา การวางแผน การดำเนินการเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ รวมทั้งการทำกิจวัตรประจำวัน เช่น การจดจำเบอร์โทรศัพท์ ชื่อของบุคคลที่ไม่คุ้นเคย เส้นทางที่ใช้เดินทาง ส่วนผสมของอาหาร และการอ่านหนังสือ เป็นต้น เพราะความจำขณะคิดเป็นระบบที่ใช้เก็บรักษาข้อมูลในสมอง แม้ว่าสิ่งเร้านั้นจะสูญหายไปจากความสนใจพร้อม ๆ กับการดำเนินการกับข้อมูลที่รับเข้ามาอย่างต่อเนื่องขณะทำกิจกรรมที่ใช้สมอง

Robert and Frank (1999, p. 888) กล่าวว่า ความจำขณะคิดเป็นระบบทางปัญญา (Cognitive) ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลในปริมารที่จำกัด (ประมาน 7 ± 2 รายการ) ในช่วงเวลาสั้น ๆ (ประมาน 2-3 วินาที) ความจำขณะคิดได้กลายเป็นประเด็นทางการวิจัยที่สำคัญเริ่มตั้งแต่ช่วงปี 1950s ซึ่งก่อนหน้านี้ถูกเรียกว่า “ความจำระยะสั้น (Short-Term Memory)”

Baddeley and Hitch (1974) ได้ให้ความหมายของความจำขณะคิด (Working Memory) ว่าเป็นกระบวนการทำงานของสมอง เป็นระบบที่มีความจุจำกัด ใช้สำหรับเก็บรักษาข้อมูลชั่วคราว และดำเนินการกับข้อมูลเพื่อทำกิจกรรมที่ซับซ้อน เช่น ความเข้าใจ การเรียนรู้ และการใช้เหตุผล ความจำขณะคิดไม่เพียงแต่ว่าจะเก็บข้อมูลไว้อย่างไรเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการจัดการกับข้อมูลจำนวนมากเพื่อให้มีความสะดวกในการดึงข้อมูลกลับอีกด้วย ในปี ค.ศ. 1974 Baddeley and Hitch ได้เสนอแบบจำลองพหุองค์ประกอบของความจำขณะคิด (Components of Working Memory Model) ซึ่งความจำขณะคิดจะบรรลุการจัดการกับข้อมูลก็ต่อเมื่อมีการทำงานร่วมกันทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ระบบเก็บจำด้านภาษา (Phonological Loop) ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Sketch Pad) และส่วนบริหารกลาง (Central Executive) (Baddeley & Hitch, 1974 cited in Goldstein, 2011, pp. 130-136) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 6 โมเดลความจำขณะคิด (Baddeley & Hitch, 1974 cited in Goldstein, 2011, p. 132)

4.1 ระบบเก็บจำด้านภาษา (Phonological Loop) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการพูดและการได้ยิน ซึ่งจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่เก็บรักษาข้อมูลทางภาษา (Phonological Store) สามารถสูญหายได้ถ้าไม่มีการทวนซ้ำและจะคงสภาพข้อมูล (Holds Information) ไว้เพียงแค่ 2-3 วินาที 2) ส่วนกระตุ้นข้อมูลที่เก็บรักษาให้คงอยู่ในความทรงจำ (Articulatory Loop) องค์ประกอบนี้จะเก็บรักษาข้อมูลไว้ได้ไม่เกิน 2 วินาที ส่วนจำนวนของข้อมูลที่สามารถเก็บรักษาให้อยู่ในความทรงจำประมาณ 5-8 Item เช่น เมื่อเราพยายามที่จะจดจำหมายเลขโทรศัพท์ หรือ ชื่อคน นักวิทยาการปัญญาจะพูดว่า นั้นคือคุณกำลังใช้ระบบเก็บจำด้านภาษาของคุณอยู่ ซึ่งการที่จะสามารถจัดการกับข้อมูลได้ดีก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล เช่น

4.1.1 ข้อมูลที่ออกเสียงคล้ายกันจะทำให้ความสามารถในการจำข้อมูลได้ไม่ดีพอ เพราะเสียงที่คล้ายกันจะทำให้เกิดความสับสนขณะดำเนินการเก็บรักษาข้อมูลทางภาษา เนื่องจากเป็นการยากที่จะรู้ว่าคำไหนได้ยิน หรือ คำไหนไม่ได้ยินทำให้บางคำไม่ได้มาทวนซ้ำ จึงทำให้ลืมได้ เรียกเหตุการณ์นี้ว่า ผลกระทบจากความคล้ายคลึงของการออกเสียง (Phonological Similarity Effect)

4.1.2 คำที่ยาวจะทำให้ความสามารถในการจำข้อมูลลดลง เพราะคำที่ยาวจะใช้เวลาในการทวนซ้ำมากกว่าคำที่สั้น จึงทำให้การจดจำข้อมูลได้ไม่ดี เรียกเหตุการณ์นี้ว่า ผลกระทบจากความยาวของคำ (Phonological Length Effect)

4.1.3 ถ้าต้องการพูดบางสิ่งในขณะกำลังจดจำข้อมูล จะทำให้ความสามารถในการจดจำข้อมูลได้ไม่ดี เพราะการพูดในขณะกำลังจดจำต้องใช้ทรัพยากรของส่วนกระตุ้นข้อมูลที่เก็บรักษาให้คงอยู่ในความทรงจำเพื่อป้องกันการลืม ทำให้คำที่อยู่ในส่วนที่เก็บรักษาข้อมูลไม่ถูกทวนซ้ำ จึงทำให้ลืมข้อมูลได้ เรียกเหตุการณ์นี้ว่า ผลกระทบจากส่วนกระตุ้นข้อมูลที่เก็บรักษาให้คงอยู่ในความทรงจำ (Articulatory Suppression Effect)

4.1.4 ถ้าได้ฟังข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่กำลังจดจำ จะทำให้ความสามารถในการจดจำข้อมูลลดลง เพราะข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องจะเข้าไปรบกวนขณะดำเนินการเก็บรักษาข้อมูลทางภาษา และจะแย่งใช้ทรัพยากรระหว่างที่ต้องจดจำกับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องทำให้ลืมข้อมูลที่ต้องจดจำ เรียกเหตุการณ์นี้ว่า ผลกระทบจากเสียงที่ไม่สัมพันธ์กัน (Irrelevamt Sound Effect)

4.2 ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Sketch Pad) เป็นองค์ประกอบ ที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ เช่น การจำวัตถุและตำแหน่ง มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการจินตนาการ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

4.2.1 Visuospatial Store เป็นส่วนที่เก็บรักษาข้อมูลที่เกี่ยวกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ มี 2 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบทางด้านการมองเห็น (Visual Subcomponent หรือ Visual Cache) จะเก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับการมองเห็นที่ไม่มีการเคลื่อนไหว เช่น ข้อมูลที่เกี่ยวกับรูปร่างและสีของวัตถุ และองค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Subcomponent หรือ Inner Scribe) จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ที่เป็นพลวัตร เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว ทิศทาง

4.2.2 Visuospatial Rehearsal เป็นส่วนที่ทวนซ้ำเกี่ยวกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ จะเกิดจากการเคลื่อนไหวของตา การจินตนาการ ข้อมูลที่เป็นรูปแบบง่าย ๆ เช่น ภาพที่สมมาตร ภาพของรูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในเมตริกซ์ จะใช้ทรัพยากรส่วนเก็บรักษาข้อมูลที่เกี่ยวกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์น้อยกว่าข้อมูลที่เป็นรูปแบบซับซ้อน

4.3 ส่วนบริหารกลาง (Central Executive) เป็นองค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงและบริหารจัดการข้อมูล เป็นองค์ประกอบหลักของความจำขณะคิดและเป็นปัจจัยที่ทำให้คนเรามีความจำขณะคิดที่แตกต่างกัน เกี่ยวข้องกับระบบการควบคุมอย่างตั้งใจ (Attention Control System) ใช้ควบคุม และประสานงาน กับกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาข้อมูลและการทำกิจกรรมต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

4.3.1 Contention Scheduling Mechanism เป็นกลไกที่ควบคุมขณะทำกิจกรรมที่ได้เรียนรู้มาอย่างดีจนสามารถทำได้โดยอัตโนมัติ เมื่อทำกิจกรรมนั้น ๆ แล้วพบปัญหาบางอย่างสามารถที่จะแก้ปัญหานั้นได้อย่างอัตโนมัติ (Automatic Conflict Resolution) เช่น ผู้ขับรถจะขับช้าลงเมื่อพบไฟสัญญาณจราจร

4.3.2 Supervisory Attentional System เป็นระบบที่ถูกควบคุมโดยความตั้งใจเป็นพฤติกรรมที่ไม่สามารถใช้ความเคยชินในการทำพฤติกรรมนั้น ๆ ได้ เช่น การวางแผน การตัดสินใจ การเผชิญหน้ากับสถานการณ์ที่แปลกใหม่ หรือ สถานการณ์ที่ไม่สามารถแก้ไขได้อย่างอัตโนมัติ (Automatic Conflict Resolution) เช่น เมื่อต้องการขับรถไปสถานที่หนึ่ง แต่พบว่าเส้นทางที่เคยขับไปถูกปิด ในสถานการณ์เช่นนี้ต้องใช้ระบบควบคุมโดยใช้ความตั้งใจเป็นตัวกำกับคิดหาเส้นทางอื่นเพื่อไปให้ถึงสถานที่เป้าหมาย

Dehn (2014, pp. 6-71) ได้กล่าวว่า มีหลักฐานมากมายที่แสดงให้เห็นว่าความจำขณะคิด (Working Memory) กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความเชื่อมโยงกันมาก และยังกล่าวอีกว่า Visual-Spatial เป็นความสามารถในการรับรู้ (Perceive) การวิเคราะห์ (Analyze) การสังเคราะห์ (Synthesize) การจัดการ (Manipulate) และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง หรือ รูปร่าง กระบวนการทาง Visual-Spatial มีความสัมพันธ์อย่างมากกับคณิตศาสตร์ Visual และ Spatial เป็นคุณลักษณะที่มีความแตกต่างกัน คือ Visual เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของตัวกระตุ้น เช่น รูปทรง (Shape) และสี (Color) ส่วน Spatial เกี่ยวข้องตำแหน่ง (Location) และการเคลื่อนที่ (Movement) ของตัวกระตุ้น เช่น การหมุนทางจิต (Mental Rotation) ของรูปภาพต้องมีกระบวนการทางมิติสัมพันธ์

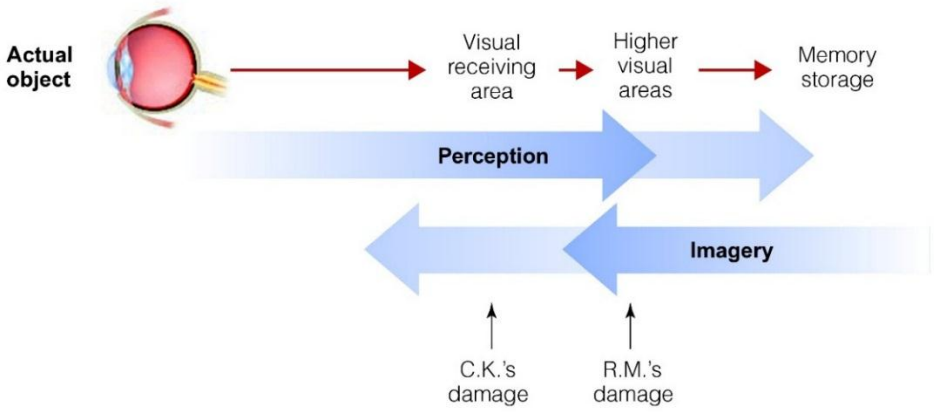
จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะคิดสามารถที่จะสรุปได้ว่า ความจำขณะคิดเป็นความสามารถทางสมอง เป็นระบบทางปัญญาในการเก็บรักษาข้อมูลชั่วคราว และดำเนินการกับข้อมูล เพื่อทำกิจกรรมที่ซับซ้อน ความจำขณะคิดไม่เพียงแต่ว่าจะเก็บข้อมูลไว้อย่างไรเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการจัดการกับข้อมูลจำนวนมาก เพื่อให้มีความสะดวกในการดึงข้อมูลกลับอีกด้วย ซึ่งความจำขณะคิดจะบรรลุการจัดการกับข้อมูลก็ต่อเมื่อมีการทำงานร่วมกันทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ Phonological Loop, Visuospatial Sketch Pad และ Central Executive ความจำขณะคิดมีความสำคัญต่อการทำหน้าที่ของสมองหลาย ๆ ด้าน รวมทั้งการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเข้าใจ การวางแผน การดำเนินการเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ หรือแม้กระทั้งการทำกิจวัตรประจำวัน และยังมีความเชื่อมโยงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5. การจินตภาพ (Visual Imagery)

คำว่า “จินตภาพ” ในภาษาอังกฤษ มีการใช้คำในความหมายเดียวกัน เช่น Imaging, Imagery และ Visualization ในภาษาไทยมีคำที่คล้ายคลึงกัน 2 คำ คือ จินตภาพ และจินตนาการ

Behrmann, Moscovitch, and Winocur (1994 cited in Goldstein, 2011, pp. 284-285) ได้ศึกษาเกี่ยวกับกลไกการจินตภาพ (Visual Imagery) และการรับรู้ทางการมองเห็น (Visual

Perception) ได้สรุปว่า การรับรู้ทางการมองเห็นเป็นกระบวนการทางปัญญาที่เรียกว่า Bottom-up Process เริ่มจากแสงไปกระทบที่ตา และภาพไปตกกระทบที่จอประสาทตา (Retina) หลังจากนั้นก็ส่งสัญญาณไปตามวิถีประสาท การมองเห็น (Visual Pathways) เพื่อตีความหมายที่เปลือกสมองส่วนการมองเห็น (Visual Cortex) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการรับรู้ส่วนการเกิดการจินตภาพ เป็นกระบวนการทางปัญญาที่เรียกว่า Top-down Process จากสมองส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความจำ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กลไกการเกิดจินตภาพ (Behrmann et al., 1994 cited in Goldstein, 2011, p. 285)

นักจิตวิทยาส่วนใหญ่ได้สรุปเกี่ยวกับการจินตภาพ (Visual Imagery) และการรับรู้ทางการมองเห็น (Visual Perception) ว่าสองกลไกนี้มีความสัมพันธ์กันและแลกเปลี่ยนข้อมูลเชิ่งกันและกัน จากผลการสแกนด้วยเครื่อง fMRI แสดงให้เห็นว่า การรับรู้เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ และเกิดขึ้นต่อเนื่องเมื่อมองไปยังวัตถุ แต่การจินตภาพนั้นต้องใช้ความพยายาม และจะหายไปถ้าไม่ใช้ความพยายามอย่างต่อเนื่อง (Goldstein, 2011, p. 285)

Goldstein (2011, p. 289) ได้สรุปความหมายการสร้างภาพในสมอง (Mental Imagery) เป็นความสามารถในการการสร้างภาพในสมอง ซึ่งภาพเหล่านี้ไม่ได้รับรู้ผ่านการมองเห็น การได้ยิน การรับสัมผัส หรือเป็นความ สามารถในการสร้างความรู้สึกต่าง ๆ ขึ้นมาโดยปราศจากตัวกระตุ้นใด ๆ ส่วนการจินตภาพ (Visual Imagery) หมายถึง การมองเห็นภาพในสมองแม้ว่าไม่มีตัวกระตุ้นที่มองเห็นก็ตาม การจินตภาพมีบทบาทสำคัญในกระบวนการความคิดสร้างสรรค์และเป็นวิธีคิดที่นอกเหนือไปจากเทคนิคทางวาจาอย่างสิ้นเชิง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจินตภาพสามารถที่จะสรุปได้ว่า การจินตภาพเป็นการมองเห็นภาพในสมองแม้ว่าไม่มีตัวกระตุ้นที่มองเห็นก็ตาม เป็นกระบวนการทางปัญญา ที่เรียกว่า Top-down Process จากสมองส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความจำ มีความสัมพันธ์กันและแลกเปลี่ยนข้อมูลเชิ่งกันและกันระหว่างการจินตภาพและการรับรู้ มีบทบาทสำคัญในกระบวนการความคิดสร้างสรรค์และเป็นวิธีคิดที่นอกเหนือไปจากเทคนิคทางวาจาอย่างสิ้นเชิง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สามารถที่จะสรุปได้ว่า มิติสัมพันธ์เกิดจากการภาพที่ได้จากการมองเห็นรวมไปถึงการเกิด

จินตภาพ ซึ่งการรับรู้เป็นการแปลความหมายจากการสัมผัส โดยเริ่มตั้งแต่การมีสิ่งเร้ามากระทบกับอวัยวะรับสัมผัส แล้วส่งกระแสประสาทไปยังสมอง เพื่อการตีความ โดยเฉพาะการรับรู้ทางสายตาเป็นการรับรู้ภาพจากการมองเห็น โดยการส่งผ่านจากลานสายตา (Visual Field) เข้าสู่จอประสาทตา (Retina) ส่งไขว้ (Chiasma) ไปยังเส้นประสาทสมองคู่ที่สอง (Optic Nerve) แล้วไปตีความที่บริเวณสมองส่วนท้าย (Occipital Lobe) แล้วสมองจะจดจำ (Encode) ภาพในสมอง ซึ่งการเกิดความจำประกอบด้วย 3 ระยะ คือ ความจำจากการรับสัมผัส ความจำระยะสั้น และความจำระยะยาว ส่วนความจำขณะคิด เป็นความสามารถทางสมอง เป็นระบบทางปัญญาในการเก็บรักษาข้อมูลชั่วคราวและดำเนินการกับข้อมูล เพื่อทำกิจกรรมที่ซับซ้อนและยังรวมไปถึงการจัดการกับข้อมูลจำนวนมาก เพื่อให้มีความสะดวกในการดึงข้อมูลกลับอีกด้วย ซึ่งความจำขณะคิดจะบรรลุการจัดการกับข้อมูลก็ต่อเมื่อมีการทำงานร่วมกันทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ Phonological Loop, Visuospatial Sketch Pad และ Central Executive ความจำขณะคิดมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเข้าใจ การวางแผน การดำเนินการเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ หรือแม้กระทั้งการทำกิจวัตรประจำวัน และยังมีความเชื่อมโยงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการจินตภาพเป็นการมองเห็นภาพในสมองแม้ว่าไม่มีตัวกระตุ้นที่มองเห็นก็ตาม เป็นกระบวนการทางปัญญาที่เรียกว่า Top-down Process จากสมองส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความจำ มีความสัมพันธ์กันและแลกเปลี่ยนข้อมูลเชิงกันและกันระหว่างการจินตภาพและการรับรู้ มีบทบาทสำคัญในกระบวนการความคิดสร้างสรรค์และเป็นวิธีคิดที่นอกเหนือไปจากเทคนิคทางวาจา

ความหมายของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2556, หน้า 907, 1210) ได้ให้ความหมายคำว่า “มิติ” และ“สัมพันธ์” ไว้ดังนี้

มิติ ความหมายที่หนึ่ง หมายถึง การวัด (มักใช้ประกอบหลังศัพท์อื่น) เช่น ตรีโกณมิติ สังคมมิติ ขนาดซึ่งวัดไปตามทิศทางหนึ่งโดยถือขนาดยาวเป็นมิติที่ 1 ขนาดกว้างเป็นมิติที่ 2 ความสูงเป็นมิติที่ 3 และถือว่าเวลาเป็นมิติที่ 4 ในทางศิลปะอาจใช้หนา หรือ ลึก แทนกว้าง หรือ ยาว ความหมายที่สอง มิติ หมายถึง ด้าน มุมมอง เช่น เปิดมิติใหม่ของวงการภาพยนตร์

สัมพันธ์ หมายถึง ผูกพัน เกี่ยวข้อง เช่น เขากับฉันสัมพันธ์กันฉันญาติ ข้อความข้างหลังไม่สัมพันธ์กับข้อความข้างหน้า

ปริญญา เรืองทิพย์ และเดชา วรรณพาหุล (2557) กล่าวว่า ความสามารด้านมิติสัมพันธ์ว่าเป็นกระบวนการทางสมองเฉพาะประเภทหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความสำพันธ์ระหว่างวัตถุกับพื้นที่ว่าง เป็นการับรู้ภาพทางสายตาที่ใช้จินตนาการทางประสาทสัมผัสสำพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว ทำให้เกิดการแยกแยะ สี รูปทรง ลักษณะพื้นผิวมิติความลึก มิติความกว้าง ยาว สูง หนา ความสามารถ ด้านนี้จะส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงมิติต่าง ๆ และการมองเห็นรูปทรงต่าง ๆ ที่เคลื่อนไหว ซ้อนทับกัน หรือการซ่อนอยู่ภายใน การแยกภาพ การประกอบภาพรวมถึงความสามารถในการจำแนกตำแหน่งของวัตถุ เช่น บน ล่าง ซ้าย ขวา และระยะทางใกล้หรือไกลอีกด้วย ความสามารด้านมิติสัมพันธ์มีผลต่อการรับรู้การแปลงทางเรขาคณิต เช่น การหมุน การสะท้อน และการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของวัตถุ และยังกล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สามารถเพิ่มได้ด้วยการฝึก

นพรัตน์ นามบุญมี และปริญญ์ ทนันชัยบุตร (2557) กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการรับรู้ และสร้างมโนภาพให้เกิดจินตนาการ การรับรู้ภาพที่มองเห็นในโลกได้อย่างถูกต้อง และเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของภาพที่เคลื่อนไหวทับซ้อนกัน หรือ ซ่อนอยู่ภายในภาพ การแยกภาพ และการประกอบภาพอันได้แก่ ขนาด รูปร่าง รูปทรง ตำแหน่ง ทิศทาง สี สัณฐาน พื้นผิว ปริมาตร สามารถนำประสบการณ์จากการมองเห็นมาสร้างเกี่ยวกับมิติต่าง ๆ ได้

Cooper and Regan (1982, pp. 123-169) มีมุมมองเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ว่า เป็นความสามารถในการแปลงสื่อเป็นสัญลักษณ์ การเปลี่ยนแปลงรูปทรง การสร้างรูปแบบใหม่ และการจำรูปลักษณะภายในมิติหนึ่ง ๆ สัมพันธ์กับอีกมิติหนึ่ง

Olkun (2003) ได้กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) เป็นความสามารถทางความคิดในการจัดการกับวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ พัฒนาการของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อกิจกรรมทางเรขาคณิต (Geometric Activities) และเป็นสิ่งที่พัฒนาได้ด้วยชุดฝึก หรือ กิจกรรมที่เหมาะสม ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relations) และมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) ดังนี้

1. มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relations) เป็นการจินตภาพการหมุนของวัตถุทั้งชิ้น (Whole Body) ที่เป็น 2 มิติ และ 3 มิติ แบบทดสอบที่ใช้จะเป็นแบบง่าย (Relatively Simple Tasks) ได้แก่ การหมุนทางจิตที่เป็นแบบ 2 มิติ (2D Mental Rotation) การหมุนทางจิตที่เป็นแบบ 3 มิติ (3D Mental Rotation) และการเปรียบเทียบลูกบาศก์ (Cube Comparison)

2. มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) เป็การจินตภาพการหมุน และส่วนต่าง ๆ ของวัตถุที่เป็น 3 มิติ ให้ครอบคลุม แต่ดูในรายละเอียดแต่ละส่วนของวัตถุ (Piece by Piece) แบบทดสอบที่ใช้จะเป็นแบบที่ค่อนข้างมีความสลับซับซ้อน (Relatively Complex Tasks) ได้แก่ การประกอบรูป (Paper Form Board) การพับกระดาษ (Paper Folding) พัฒนาการเชิงพื้นผิว (Surface Development) การแปลงรูปที่เป็น 2 มิติ และ 3 มิติ (2D-3D Transformations)

McGrew (2005, pp. 152-153) ได้ให้นิยามของการมองเห็น (Visualization) ว่าเป็นความสามารถในการจัดกลุ่มเชิงมิติสัมพันธ์ของ รูปร่าง (Form) วัตถุ (Object) หรือ สถานที่เกิดเหตุการณ์ (Scene) และเชื่อมโยงมันเข้าด้วยกันด้วยวิธีการหมุน (อาจหนึ่งครั้ง หรือ มากกว่านั้น) ใน 2 หรือ 3 มิติ และได้ให้นิยามการจินตภาพ (Imagery) ว่าเป็นความสามารถทางความคิดในการเข้ารหัส หรือ การจัดการกับวัตถุ (Object) ความคิด (Idea) เหตุการณ์ (Event) หรือ แม้กระทั้งความประทับใจ (Impression) ที่เป็นเชิงนามธรรมของมิติสัมพันธ์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถที่จะสรุปได้ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถทางความคิดในการจัดการกับวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ ความสามารถในการรับรู้ภาพจากการมองเห็น จินตภาพ การเปลี่ยนแปลงของภาพ ที่ใช้จินตนาการถึงความสัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว เป็นความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของภาพ เช่น ขนาด รูปร่าง รูปทรง ตำแหน่ง ทิศทาง สี สัณฐาน พื้นผิว ปริมาตร เป็นความสามารถในการแปลงรูปทรง การสร้างรูปแบบใหม่ และการจำรูปลักษณะภายในมิติหนึ่งสัมพันธ์กับอีกมิติหนึ่ง ความสามารถด้านนี้จะส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงมิติต่าง ๆ และยังรวมไปถึงการมองภาพทรงต่าง ๆ ทำให้สามารรับรู้ภาพที่มองเห็นได้อย่างถูกต้อง และเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของภาพที่ทับซ้อนกัน หรือ ซ่อนอยู่ภายในภาพ สามารถมโนภาพความเชื่อมโยงให้เกิดขึ้นภายในใจ

องค์ประกอบ และความสำคัญของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

McGee (1979) ได้ศึกษาโครงสร้างของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และได้สรุปความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่ามี 2 องค์ประกอบ คือ 1) มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) เป็นความสามารถในการมองเห็น การจิตนาการวัตถุที่มีการหมุน บิด หรือ เปลี่ยนทิศทาง ความสามารถนี้จะวัดได้จากการทดสอบที่สลับซับซ้อน และ 2) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) เป็นความสามารถในการรับรู้ การจินตนาการ และเข้าใจถึงการปรากฏของวัตถุจากมุมมองที่แตกต่างกัน การเข้าใจภาพที่เปลี่ยนแปลงรูปแบบ นอกจากนั้นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ยังมีความแตกต่างกันในเพศชายและเพศหญิง

Linn and Petersen (1985) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่าเป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลง การสร้าง และระลึกถึงสัญลักษณ์ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสำคัญเนื่องจากความสามารถนี้มีความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ มิติสัมพันธ์เชิงการรับรู้ (Spatial Perception) การหมุนทางจิต (Mental Rotation) และมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) อธิบายแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1. มิติสัมพันธ์เชิงการรับรู้ (Spatial Perception) เป็นความสามารถของบุคคลในการจินตนาการความสัมพันธ์เชิงมิติกับทิศทาง แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถนี้ คือ Rod and Frame Test (RFT) และ Water Level Task

2. การหมุนทางจิต (Mental Rotation) เป็นความสามารถในการหมุนภาพ 2 หรือ 3 มิติ ได้ถูกต้องอย่างรวดเร็ว แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถนี้ คือ The Sheppard-Metzler Mental Rotation, Flags and Cards, Primary Mental Ability Space, Hidden Patterns, Paper Form Board, Progessive Matrices และ The Vendenberg Test

3. มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) เป็นการจัดการกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สลับซับซ้อน หลายขั้นตอน จึงต้องมีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเป็นตัวแทนเชิงพื้นที่ที่แตกต่างมากกว่าการจับคู่ของตัวแทนเหล่านั้น แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถนี้ คือ EFT, Hidden Figure, การพับกระดาษ (Paper Folding), การประกอบรูป (Paper Form Board), พัฒนาการเชิงพื้นผิว (Surface Development) Differential aptitude Test (Spatial Relation subtest), Block Design และมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพของ Guilford-Zimmerman

Lohman (1988, pp. 181–248, 1996, 97-116) ได้กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการสร้าง การเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับ และการจินตภาพได้เป็นอย่างดี ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสำคัญแตกต่างไปตามลักษณะของการเกิด การเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับ และการเปลี่ยนแปลงภาพไป Lohman (1988) ได้สรุปความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) และความเร็วในการหมุน (Speeded Rotation) อธิบายแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1. มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานแต่เป็นเรื่องยากที่จะระบุให้ชัดเจน เป็นความสามารถทางความคิด การทดสอบมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ เป็นการทดสอบที่สลับซับซ้อน ซึ่งจะต้องใช้ การหมุน การสะท้อน หรือ การพับที่ซับซ้อน

2. มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) เป็นเรื่องยากที่จะแยกแยะมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) ออกจากมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) เพราะทั้งสององค์ประกอบนี้จำเป็นต้องใช้ทักษะการให้เหตุผลร่วมพิจารณาด้วย และอาจแก้ไขด้วยการหมุนมากว่าการเคลื่อนไหวภาพในมุมมองที่ต้องการด้วยตัวเอง

3. ความเร็วในการหมุน (Speeded Rotation) เป็นองค์ประกอบที่ถูกนิยามด้วยการทำแบบทอบของแต่ละคน ซึ่งจะถูกตวจสอบเมื่อได้รับการกระตุ้น คือ การหมุนวัตถุ 2 มิติ ที่มีการหมุนและตอบกลับอย่างรวดเร็ว

Ben-Chaim, Lappan, and Houang (1988) ได้กล่าวว่าเพศที่ต่างกัน และสภาพโรงเรียนที่ต่างกันทำให้ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่างกัน แต่ความสามสามารถด้านมิติสัมพันธ์สามารถฝึกได้

Carroll (1993, pp. 362-363) ได้ศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ พบว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มี 5 องค์ประกอบ คือ Visualization (VZ), Spatial Relations (SR), Closure Speed (CS), Flexibility of Closure (CF) และ Perceptual Speed (P) โดยได้อธิบายแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1. Visualization (VZ) เป็นความสามารถในการจัดการกับรูปแบบภาพตามที่ระบุระดับความยากและระดับความซับซ้อนภายในตัวกระตุ้นที่เป็นภาพภาพที่สามารถทำได้โดยไม่คำนึงถึงความเร็ว

2. Spatial Relations (SR) เป็นการจัดการกับรูปแบบความสัมพันธ์ของภาพ เช่น การหมุนทางจิต (Mental Rotation) การแปลง (transformation) เป็นต้น

3. Closure Speed (CS) เป็นการจัดกลุ่มและระบุรูปแบบของภาพอย่างรวดเร็วโดยไม่ทราบรูปแบบที่แท้จริงของภาพนั้น

4. Flexibility of Closure (CF) การค้นหา จัดกลุ่ม และระบุรูปแบบภาพอย่างรวดเร็วเมื่อรู้ว่ารูปแบบนั้นเป็นการแปลกปลอม หรือ บดบังในทางใดทางหนึ่ง

5. Perceptual Speed (P) เป็นการค้นหารูปแบบของภาพที่กระจัดกระจายได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว อาจมีการจับคู่ หรือ ตำแหน่งที่เหมือนกัน

Kimura (1999, pp. 53-55) ได้สรุปองค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มี 6 องค์ประกอบ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) มิติสัมพันธ์เชิงการจำตำแหน่ง (Spatial Location Memory) เป้าหมาย (Targeting) มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) Disemedding และมิติสัมพันธ์เชิงการรับรู้ (Spatial Perception) อธิบายแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1. มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง เป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงการวางแนวของวัตถุ 2 มิติ (เช่น ตัวอักษร ภาพตรงกลางของหน้าปัดนาฬิกา และรูปร่างที่เรียบง่าย) และวัตถุ 3 มิติ (เช่น ลูกบาศก์ ชุดของลูกบาศก์ และภาพถ่ายของวัตถุจริง) ที่หมุนในพื้นที่ 2 หรือ 3 มิติ

2. มิติสัมพันธ์เชิงการจำตำแหน่ง เป็นความสามารถในการจำตำแหน่งของวัตถุ ซึ่งเป็นการทดสอบที่ดีสำหรับความจำเชิงพื้นที่ การทดสอบนี้นำเสนอลำดับชุดของวัตถุที่เหมือนจริง หรือ รูปทรงเรขาคณิต

3. เป้าหมาย เป็นความสามารถที่จะสกัด หรือ โยงไปที่เป้าหมาย ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะจำแนกความสามารถนี้เพราะมันมีความสัมพันธ์มากกับความสามารถเชิงกล การวัดผลใช้วิธีการขว้างปาวัตถุไปที่เป้าหมาย

4. มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ เป็นความสามารถในการรับรู้และการเปลี่ยนแปลงเหตุการณ์ แม้ความสามารถนี้มีลักษณะคล้ายกับการหมุน ทักษะนี้ไม่ต้องใช้การหมุนของวัตถุ แต่เป็นการประมาณการของตำแหน่งในความสัมพันธ์ที่คงที่ของวัตถุ การสร้างภาพเชิงมิติสัมพันธ์ที่ถูกกำหนดว่าเป็นความสามารถในการจินตนาการ ซึ่งเป็นผลหลังจากที่พับ หรือ ประกอบชิ้นส่วนของวัตถุ ลักษณะของการทดสอบต้องการให้จินตนาการสร้างภาพเชิงมิติสัมพันธ์

5. Disemedding เป็นทักษะที่ช่วยให้การค้นหาวัตถุอย่างง่าย มีการฝังตัวอยู่ในรูปแบบที่มีความสลับซับซ้อน แต่องค์ประกอบนี้ให้ความยืดหยุ่นทางความคิดอย่างมีอิสระ

6. มิติสัมพันธ์เชิงการรับรู้ เป็นความสามารถของบุคคลในการกำหนดทิศทางทั้งแนวนอนและแนวตั้งที่กระจายอยู่ในภาพ ซึ่งการทดสอบความสามารถนี้ต้องใช้การวาดเส้นระดับน้ำในขวดใสที่เอียง ส่วนอีกการทดสอบหนึ่งต้องการให้รูปแบบ (แนวนอน หรือ แนวตั้ง) ถูกล้อมรอบด้วยกรอบ

Strong and Smith (2001) กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ด้านการมองเห็น (Spatial Visualization) เป็นความสามารถทางความคิดที่ซับซ้อนในการจัดการกับวัตถุ ได้รับการยอมรับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถทำนายความสำเร็จในด้านเทคโนโลยีหลายสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีนับจากอดีตจนถึงปัจจุบันล้วนแต่มีความสัมพันธ์กับมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization Ability) ได้แก่ อายุ เพศ ความแตกต่างของแต่ละบุคคล และประสบการณ์

Hegarty and Waller (2005, pp. 159-160) กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไม่ได้เป็นความสามารถที่มีโครงสร้างเดี่ยว แต่เป็นความสามารถที่แยกได้หลายองค์ประกอบตามโครงสร้างของมิติสัมพันธ์ เช่น Spatial Visualization, Flexibility of Closure, Spatial Memory และ Perceptual Speed ความแตกต่างเหล่านี้ได้มีงานวิจัยที่พัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นทางทฤษฎี และความแตกต่างในแต่ละด้านของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ยังไม่ได้มีการศึกษามากนัก เช่น Processing of Dynamic Spatial Displays และ Navigation in Large-Scale Space ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเร็วของการประมวลผลอาจมาก หรือ น้อย กลยุทธ์ ความสามารถในการจินตภาพ การเก็บข้อมูลทางมิติสัมพันธ์ และกระบวนการ ประมวลผลส่วนกลาง (Central Executive Processes) ความจำขณะคิด (Working Memory) และการจินตภาพ (Imagery) เป็นโครงสร้างที่สำคัญสำหรับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โครงสร้างเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องในการกำหนดกรอบทฤษฎีสำหรับการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เน้นการทดสอบที่ต้องมีการจัดการทางจิตกับวัตถุขนาดเล็กที่สามารถ ทำได้ในการทดสอบที่ใช้กระดาษและดินสอ (Paper and Pencil Tests) ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีข้อเสนอในบางมิติ หรือบางมุมมอง เช่น

1. ความสามารถที่แตกต่างกันระหว่างการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมใหม่ กับการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่ประสบมาแล้ว

2. ความแตกต่างระหว่างเครื่องมือที่ใช้ในกาวัดความรู้เกี่ยวกับสถานที่และการใช้เส้นทาง

3. กระบวนการในการสื่อให้เห็นมีความเกี่ยวข้องกับรูปแบบของการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

Martín-Dorta, Saorin, and Contero (2008) ได้ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ด้วยการใช้แบบทดสอบที่เป็นการหมุนทางจิต (Mental Rotation Test: MRT) และแบบทดสอบความถนัดของแต่ละบุคคล (Differential Aptitude Test–Spatial Relations Subset (DAT:SR)) และได้ให้ความหมายของคำว่า “Spatial Visualization” เป็นความสามารถในการจินตนาการหมุนของวัตถุ หรือ แค่บางส่วนของวัตถุที่เป็น 3 มิติ ด้วยการพับและคลี่ และคำว่า “Spatial Relations” เป็นความสามารถในการจินตนาการหมุนของวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งรวมถึงการหมุนทางจิต (Mental Rotation) และมิติสัมพันธ์เชิงการรับรู้ (Spatial Perception) ซึ่งความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เหล่านี้สามารถพัฒนาได้ทั้งเพศหญิงและเพศชายด้วยการฝึก

Yilmaz (2009) กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีผลต่อชีวิตประจำวัน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการประสบความสำเร็จในอาชีพการงาน ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สามารถพัฒนาได้ทั้งเพศหญิงและเพศชาย ถึงอย่างไรก็ตามความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของเพศหญิงจะไม่เท่ากับเพศชาย โดยเฉพาะปัจจัยด้านการหมุนทางจิต (Mental Rotation) และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relations)

Pittalis and Christou (2010) ได้ศึกษาโครงสร้างของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่าเป็นความสามารถทางความคิด มีความแตกต่างกับเชาวน์ปัญญาเชิงลื่นไหล (Fluid intelligence) แตกต่างจาก spatial imagery และสรุปความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่ามี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) เป็นความสามารถทางการมองเห็นเป็นการทดสอบด้วยการใช้แบบทดสอบที่เป็นลำดับของการเปลี่ยนแปลง และมีความสลับซับซ้อน ซึ่งจะต้องใช้การพับหรือการคลี่กระดาษ เมื่อพับแล้วก็ทำการเจาะรูอาจจะหนึ่ง หรือ มากกว่าหนึ่งครั้ง

2. มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) เป็นความสามารถของนักเรียนที่จะยังคงความไม่สับสนต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือ ทิศทางของรูปภาพ หรือ วัตถุ เช่น วัตถุหนึ่งเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือ ทิศทางไปทางขวา หรือ ซ้าย สูงกว่า หรือ ต่ำกว่า ใกล้กว่า หรือ ไกลกว่า เป็นต้น คือลักษณะสำคัญของปัจจัยนี้

3. มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relation) เป็นความสามารถทางความคิด ในการรับรู้การหมุนของวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ ด้วยการตอบกลับอย่างรวดเร็วและถูกต้อง

Lubinski (2010) กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) เป็นสิ่งที่มีประสิทธิภาพในการจัดการทางความคิด ซึ่งแต่ละคนจะมีในระดับที่แตกต่างกัน มีความสำคัญเป็นอย่างมากในโลกเทคโนโลยีที่เติบโตในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นทางด้านการเรียน หรือ การทำงาน โดยเฉพาะการให้เหตุผลเกี่ยวกับรูป (Figures) รูปแบบ (Patterns) และรูปร่าง (Shapes) ที่มีความซับซ้อน ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อพัฒนาการทางด้านมิติสัมพันธ์ และการคัดเลือกนักเรียนเข้าเรียนกลุ่ม STEM ในระดับสูงโดยไม่คำนึงถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การเรียนของนักเรียนอาจมีปัญหาในภายหลังได้

Wai et al. (2010) กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) เป็นคุณลักษณะทางจิตวิทยาที่มีความสำคัญในการพัฒนาคน เพื่อให้ประสบความสำเร็จในกลุ่ม STEM

Hill, Corbett, and St. Rose (2010, p. 56) ยังได้แนะนำว่า

1. ควรอธิบายให้เด็ก ๆ เข้าใจว่าทักษะด้านมิติสัมพันธ์ไม่ได้มีมาแต่กำเนิดแต่เป็นสิ่งที่สามารถพัฒนาได้

2. สนับสนุนให้เด็ก ๆ และนักเรียนในการเล่นของเล่นก่อสร้าง ถอด และประกอบเข้าไปใหม่ ให้เขาวาดรูป หรือ เล่นเกมที่เกี่ยวกับวัตถุในสถานที่ที่แตกต่างกันด้วยตัวของเขาเอง

3. ใช้แบบจำลองที่เป็นเชิงประจักษ์ (มากกว่าการใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์) เพื่อช่วยในการมองภาพที่มีมิติมากขึ้นของนักเรียน

Kattou, Kontoyianni, Pitta-Pantazi, and Christou (2011, pp. 1056-1065) กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นองค์ประกอบหนึ่งของความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ (Mathematic Ability) ซึ่งความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ มี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความสามารถเชิงปริมาณ (Quantitative Ability) 2) ความสามารถด้านการให้เหตุผล (Causal Ability) 3) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) 4) ความสามารถเชิงคุณภาพ (Qualitative Ability) และ 5) ความสามารถการให้เหตุผลเชิงอุปนัยและนิรนัย (Inductive/ Deductive Reasoning Ability)

Metz et al. (2012, p. 1) กล่าวว่า ทักษะทางด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial-Visualization Skills) โดยเฉพาะความสามารถในการมองเห็นภาพ 3 มิติ เป็นทักษะทางปัญญา (Cognitive) ที่มีความเชื่อมโยงกับความสำเร็จในสาขาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) หรือ STEM พัฒนาการทางด้านคณิตศาสตร์ และทักษะทางภาษา (Verbal Skills) เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับความสำเร็จในกลุ่ม STEM ทักษะด้านมิติสัมพันธ์ก็เหมือนกับทักษะทางปัญญา (Cognitive Skills) อื่น ๆ สามารถที่จะเรียนรู้และฝึกฝนได้ แต่สภาพแวดล้อมก็เป็นสิ่งที่สำคัญที่มีอิทธิพลทางตรงต่อทักษะด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Skills) ซึ่งเป็นทักษะที่สามารถทำนายความสำเร็จทางด้านวิศวกรรม โดยเฉพาะ คณิตศาสตร์และทักษะทางภาษา ประสิทธิภาพต่ำในการทำแบบทดสอบมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial-Visualization tasks) มีผลโดยตรงต่อการรับรู้ (Perceptions) โดยเฉพาะเพศหญิง

Yang, Conners, and Merrill (2014) กล่าวสรุปว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Abilities) มี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ Visuo-Spatial memory, Visuo-Spatial construction, Closure, การหมุนทางจิต (Mental Rotation) และ Wayfinding ในเด็กอายุประมาณ 15 ปี

Dehn (2014, p. 54) กล่าวว่ากระบวนการทางการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (Visual-Spatial processing) เป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในการฝึกทักษะทางด้านคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐานจนถึงคณิตศาสตร์ขั้นสูง โดยเฉพาะเรขาคณิต

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถที่จะสรุปได้ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีผลต่อชีวิตประจำวัน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการประสบความสำเร็จในอาชีพการงาน โดยเฉพาะความสำเร็จในกลุ่ม STEM มีความสำคัญต่อทักษะทางด้านคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐานจนถึงคณิตศาสตร์ขั้นสูง โดยเฉพาะด้านเรขาคณิต ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไม่ได้เป็นความสามารถที่มีโครงสร้างเดี่ยว แต่เป็นความสามารถที่แยกได้หลายองค์ประกอบตามโครงสร้างของมิติสัมพันธ์ ซึ่งมี 3 องค์ประกอบ

คือ 1) มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) เป็นความสามารถทางการมองเห็น เป็นการทดสอบด้วยการใช้แบบทดสอบที่เป็นลำดับของการเปลี่ยนแปลง และมีความสลับซับซ้อน 2) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) เป็นความสามารถของนักเรียนที่จะยังคงความไม่สับสนต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือ ทิศทางของรูปภาพ หรือ วัตถุ และ 3) มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relation) เป็นความสามารถทางความคิดในการรับรู้การหมุนของวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ ด้วยการตอบกลับอย่างรวดเร็วและถูกต้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

สน วัฒนสิน (2551) ได้ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองเบื้องต้นด้านมิติสัมพันธ์ ด้านเหตุผลเชิงนามธรรมกับความถนัดทางศิลปะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดปัตตานี งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ความสัมพันธ์ ระหว่างความสามารถทางสมองเบื้องต้นด้านมิติสัมพันธ์กับความถนัดทางศิลปะ 2) ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองเบื้องต้นด้านเหตุผลเชิงนามธรรมกับความถนัดทางศิลปะ 3) ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองเบื้องต้นด้านมิติสัมพันธ์กับความถนัดทางศิลปะของกลุ่มนักเรียนชายและหญิง 4) ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองเบื้องต้นด้านเหตุผลเชิงนามธรรมกับความถนัดทางศิลปะของกลุ่มนักเรียนชายและหญิง และ 5) เปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างชายและหญิง ทางด้านมิติสัมพันธ์ ด้านเหตุผลเชิงนามธรรม และความถนัดทางศิลปะ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมตอนต้น จำนวน 120 คน เป็นนักเรียนชาย 60 คน นักเรียนหญิง 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบความสามารถด้านเหตุผลเชิงนามธรรม และแบบทดสอบความถนัดทางศิลปะ สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่าง คือ t-test ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ความสามารถทางสมองเบื้องต้นด้านมิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์ในทางบวกระดับต่ำกับความถนัดทางศิลปะ 2) ความสามารถทางสมองเบื้องต้นด้านเหตุผลเชิงนามธรรม มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำกับความถนัดทางศิลปะ 3) กลุ่มนักเรียนชายและกลุ่มนักเรียนหญิง มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กับความถนัดทางศิลปะใกล้เคียงกัน 4) กลุ่มนักเรียนชายและกลุ่มนักเรียนหญิง มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสามารถด้านเหตุผลเชิงนามธรรม กับความถนัดทางศิลปะใกล้เคียงกัน และ 5) นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์เหตุผลเชิงนามธรรม และความถนัดทางศิลปะไม่แตกต่างกัน

เยาวภา ผูกสมัคร, เสกสรรค์ ทองคำบรรจง และวัญญา วิศาลาภรณ์ (2554) ได้ศึกษาเรื่องผลการใช้ชุดการสอน โดยใช้โปรแกรม GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแปลงทางเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อปรับอิทธิพลของสมรรถภาพทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP (The Geometer’s Sketchpad 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องm การแปลงทางเรขาคณิต ระหว่างกลุ่มที่สอนด้วยชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP กับกลุ่มที่สอนแบบปกติ และ 3) เปรียบเทียบ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่สอนด้วยชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP โดยการเปรียบเทียบก่อนและหลังการสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองโดยใช้แบบแผนการทดลอง Nonrandomized pre-test post-test control group design กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง คือ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ห้องเรียน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม (กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม) กลุ่มละ 45 คน เครื่องมือทดลองที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดการสอนโปรแกรม GSP 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแปลง ทางเรขาคณิต 3) แบบทดสอบ วัดสมรรถภาพทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ และ 4) แบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ E1 / E2 ค่าเฉลี่ย การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA) และ t-test Dependent ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75 / 75 2) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนจำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มที่สอนด้วยชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่สอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อปรับอิทธิพลของสมรรถภาพทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ (Xadj.E = 24.44, Xadj.C = 21.36, F = 815) 3) ผลการเปรียบเทียบเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่สอนด้วยชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP

Wai, Lubinski, and Benbow (2009) ได้ศึกษาความสำคัญของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในการเรียนกลุ่ม STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์) มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความเชื่อมโยงระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) และ STEM กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เกรด 9 ถึง 12 จำนวน 400,000 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) ติดตามผลการศึกษาระยะเวลา 11 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นการศึกษาระยะยาว พร้อมทั้งการศึกษาก่อนปี 1957 และเก็บข้อมูลจาก Graduate Record Examination และ Study of Mathematically Precocious Youth ผลจากการวิจัยพบว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ในช่วงวัยรุ่นมีความโดดเด่นเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่จะทำให้บรรลุถึงการศึกษาในระดับที่สูงได้ และการประกอบอาชีพในกลุ่ม STEM มีความสำคัญต่อพัฒนาการทางด้าน STEM และยังแสดงให้เห็นว่าทักษะทางด้านมิติสัมพันธ์ที่ดีนั้นจะสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสำเร็จในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ได้

Pittalis and Christou (2010) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ชนิดของการใช้เหตุผลในการคิดเชิงเรขาคณิต 3 มิติ และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่ออธิบายโครงสร้างของการคิดเชิงเรขาคณิตแบบ 3 มิติ 2) เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างของการคิดเชิงเรขาคณิตแบบ 3 มิติ และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และ 3) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่นักเรียนเกรด 5 ถึง 9 จำนวน 269 คน (ชาย 136 คน หญิง 133 คน) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แบบทดสอบการคิดเชิงเรขาคณิตแบบ 3 มิติสำหรับนักเรียน มี 27 ข้อ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน และแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มี 28 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (SV) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (SO) และมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (SR) โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงเรขาคณิตแบบ 3 มิติ และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) การคิดเชิงเรขาคณิตแบบ 3 มิติ สามารถที่จะอธิบายได้โดยองค์ประกอบทั้ง 4 ด้าน 2) องค์ประกอบของการให้เหตุผลการคิดเชิงเรขาคณิตแบบ 3 มิติ และองค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นโมเดลที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน 3) องค์ประกอบทั้ง 3 ของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นปัจจัยในการทำนายการให้เหตุผลการคิดเชิงเรขาคณิตแบบ 3 มิติได้ดี

David (2012) ได้ศึกษาเรื่อง ผลจากการฝึกการหมุนทางจิต (Mental Rotation) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) และมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลจากการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีอายุ ประมาณ 18 ปี จำนวน 178 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (สูง กลาง ต่ำ) ใช้ 4 การทดสอบ ได้แก่ Mental Rotation, Spatial Orientation Task, Image Generation Test, Block Test สถิติที่ใช้คือ ANOVA ผลการวิจัยปรากฏว่า ทุกการทดสอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะนักเรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ซึ่งก็หมายความว่าการฝึกที่จะเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับระดับความสามารถทางมิติสัมพันธ์ของเขาเองด้วย

Uttal, Miller, and Newcombe (2013) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะด้านมิติสัมพันธ์ที่ดีของนักเรียนสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่ม STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) ซึ่งการพัฒนาทักษะด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนมีความจำเป็นทั้งภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าการฝึกและการจัดประสบการณ์สามารถพัฒนาทักษะนี้ได้ จึงได้สังเคราะห์งานวิจัยทั้งหมด 217 เรื่อง ศึกษาขนาดอิทธิพล (Effect Size) ความน่าเชื่อถือของการดำเนินการ และความสามารถในการแปลผลของการฝึกทักษะด้านมิติสัมพันธ์ ผลที่ได้ปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีความสัมพันธ์กับกลุ่มควบคุมมีค่าขนาดอิทธิพลโดยเฉลี่ยเท่ากับ .47 (SE= .04) ผลของการฝึกมีความเสถียร ดังนั้นจึงได้วิเคราะห์ผลของการดำเนินการทั้ง เพศ อายุ ประเภทของกลุ่มควบคุม และประเภทของการฝึก ผลการวิจัยปรากฏว่า ทักษะด้านมิติสัมพันธ์สามารถพัฒนาได้ และเป็นส่วนที่สำคัญต่อการเรียนทั้งสาขา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สรุปได้ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถทางความคิด การรับรู้ และการจินตภาพ มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวัน มีผลต่อการประกอบอาชีพหลาย ๆ อาชีพ และยังมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหลายวิชา โดยเฉพาะด้านเรขาคณิต

ตอนที่ 2 การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต (Intuitive Geometry)

การหยั่งรู้ (Intuition)

วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม (2549, หน้า 618) Intuitive แปลว่า โดยสัญชาตญาณ การรู้โดยความรู้สึกที่เกิดขึ้นเองในใจ การหยั่งรู้ ความสามารถในการเข้าใจโดยสัญชาตญาณ สหัชญาณ

ราชบัณฑิตยสถาน (2553, หน้า 142) Intuition แปลว่า การรู้เอง หมายถึง การเกิดความเข้าใจ หรือ เกิดการตัดสินใจขึ้นในทันทีทันใดโดยไม่มีการเตรียมมาก่อน

Suwannapet (2002, p. 163) ให้ความหมายคำว่า “Intuition” เป็นการเกิดความเข้าใจหรือ การตัดสินใจขึ้นในทันทีทันใดโดยไม่มีการเตรียมการตามขั้นตอนทางความคิดใด ๆ ตามปกติมักเจืออารมณ์

The Free Dictionary (2015) ได้ให้ความหมายคำว่า “Intuition” เป็นความเข้าใจบางสิ่งบางอย่างได้โดยไม่ต้องใช้เหตุผล หรือ การพิสูจน์

VandenBos (2015, p. 561) ได้ให้ความหมายคำว่า “Intuition” เป็นความเข้าใจหรือการรับรู้ในการให้เหตุผลหรือการตอบสนองในทันทีทันใด

Colman (2015, pp. 389-390) ได้ให้ความหมายคำว่า “Intuition” มาจากภาษาละติน คำว่า “intueri” แปลว่า “พิจารณา” เป็นความรู้สึกโดยสัญชาตญาณในการเข้าใจ การรู้ และการพิจารณาในทันทีทันใด เกิดจากการรับรู้ในการเรียนรู้มากกว่าการมีเหตุผล เป็นสิ่งที่เราสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง ถึงเราจะไม่รู้หลักการที่แท้จริงของมัน

Jones (1993, pp. 15-19) กล่าวว่า Intuition เป็นกกระบวนการทางปัญญาที่เกิดมาจากการได้เห็นภาพ และประสบการณ์ที่ผ่านมา เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ โดยเฉพาะการทำความเข้าใจเกี่ยวกับเรขาคณิต มีความสำคัญต่อการมองภาพในมิติต่าง ๆ การทดสอบทางเรขาคณิตเป็นสิ่งหนึ่งที่จะทำให้เข้าใจบทบาทของการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต (Geometrical Intuition) ได้มากขึ้น โดยเฉพาะในกระบวนการในการแก้ไขปัญหา และในการแก้ไขปัญหาที่ต้องมีการตัดสินใจ

Fujita, Jones, and Yamamoto (2004a, pp. 1-7) กล่าวว่าการหยั่งรู้เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นในการเรียนรู้ทางเรขาคณิต ความคิดที่ว่ารูปภาพทางเรขาคณิตเป็นตัวแทนของโครงสร้างทางจิต เป็นคุณลักษณะที่เชื่อมโยงกับกระบวนการคิด และการแก้ไขปัญหาทางเรขาคณิต เป็นทักษะในการสร้างและจัดการกับรูปภาพทางเรขาคณิตในใจ เพื่อที่จะเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงสมบัติต่าง ๆ ทางเรขาคณิต การสร้างความสัมพันธ์ภาพกับแนวคิดและทฤษฎีทางเรขาคณิต และการตัดสินใจที่จะเริ่มการแก้ปัญหาทางเรขาคณิต ซึ่งการแก้ไขปัญหาทางเรขาคณิตนักเรียนควรพัฒนาทักษะในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. การสร้างและการจัดการกับรูปภาพทางเรขาคณิตในใจ
2. การรับรู้สมบัติต่าง ๆ ทางเรขาคณิต
3. จินตนาการความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิด และทฤษฎีทางเรขาคณิต
4. การตัดสินใจที่จะเริ่มการแก้ปัญหาทางเรขาคณิตจากจุดใด และจะทำอย่างไร

Fujita, Jones, and Yamamoto (2004b, pp. 1-15) การหยั่งรู้มีความสำคัญต่อทักษะการจินตนาการด้านมิติสัมพันธ์ทางเรขาคณิต เป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาทักษะในการสร้างสรรค์และจัดการกับภาพทางเรขาคณิตในใจ และนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาทางเรขาคณิต

Dehaene (2011, p. 187) กล่าวว่าการหยั่งรู้ เป็นไปอย่างรวดเร็ว ง่ายดาย ลึกซึ้ง และไม่มีการใคร่ครวญ การหยั่งรู้ทางเรขาคณิตและคณิตศาสตร์เป็นการเก็บของสมอง ความรู้พื้นฐานหลายล้านปีของวิวัฒนาการทางกายภาพบนโลก ซึ่งในชีวิตประจำวันของเรานั้นก็คือ โครงสร้างทางมิติสัมพันธ์ โครงสร้างชั่วคราว และโครงสร้างทางตัวเลข การหยั่งรู้สามารถฝึกได้ นักคณิตศาสตร์สามารถที่จะได้รับองค์ความรู้เกี่ยวกับการหยั่งรู้ในระดับสูง เช่น จำนวนเชิงซ้อน พื้นที่ที่ไม่มีที่สิ้นสุด (Infinite Spaces) หรือ ทฤษฎีกลุ่ม แต่โครงสร้างพื้นฐานทางคณิตศาสตร์เหล่านี้อาจมีหลักการบางอย่างที่เป็นข้อจำกัด เหตุผลของการมีปฏิสัมพันธ์กับโครงสร้างทางสภาพแวดล้อม และความสอดคล้องภายในผ่านการเลือกโดยหลักธรรมชาติ กลไกเบื้องต้นทางมิติสัมพันธ์ การคำนวณระยะเวลาสั้น ๆ และการคำนวณเชิงตัวเลขในสมอง

Spelke (2011, p. 288) กล่าวว่า ระบบทางปัญญา (Cognitive Systems) เป็นที่มาของการหยั่งรู้เชิงตัวเลขและเรขาคณิต (Numerical and Geometrical Intuitions) องค์ประกอบ 4 ประการของระบบทางปัญญา คือ ระบบสำหรับการเปรียบเทียบและการรวมชุด ระบบสำหรับการเลือกและติดตามตัวเลขขนาดเล็กที่มีความแตกต่างกัน ระบบสำหรับการเป็นตัวแทนของรูปทรง รูปแบบขนาดใหญ่เพื่อกำหนดตำแหน่งของตัวเอง และระบบสำหรับบอกลักษณะรูปทรงของวัตถุขนาดเล็ก

และรูปภาพ เพื่อระบุวัตถุทุกชนิดที่มีลักษณะจำเพาะแต่ละระบบก็ยังอยู่ในช่วงต้นของการพัฒนา แต่ละระบบมีความเกี่ยวข้องกับตัวเลขและมิติสัมพันธ์ เมื่อเรามีการเรียนรู้สัญลักษณ์และดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เพราะเป็นระบบที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับคณิตศาสตร์ เลยเรียกว่า ระบบแกนกลางของตัวเลขและเรขาคณิต (Core Systems of Number and Geometry)

Gallate and Keen (2011, pp. 683-688) กล่าวว่าการหยั่งรู้ เป็นลักษณะการแสดงออกมากที่สุด เกิดขึ้นเมื่อคนเราเข้าใจแนวทางการปฏิบัติ วิธีการแก้ปัญหา แนวความคิด หรือ ความรู้สึกในทันทีทันใด โดยไม่จำเป็นต้องทราบว่ามาจากไหน หรือ ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร เป็นตรรกะที่เป็นไปได้ว่าความรู้ที่มีอาจใช้ได้กับคนทั่ว ๆ ไป แต่ส่วนมากจะเป็นคนที่มีความกระตือรือร้น บางครั้งคนเรามักจะตัดสินใจโดยไม่ต้องคิด เนื่องจากประสบการณ์ที่ผ่านมาทำให้เราสามารถที่จะตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว การหยั่งรู้เป็นสิ่งที่มาจากประสบการณ์โดยไม่ต้องมีการเรียน-การสอน และเป็นสิ่งที่เรียนรู้ได้จากสภาพแวดล้อม ภายใต้แนวคิดนี้ความสามารถจึงต้องมีทั้งการหยั่งรู้และกระบวนการคิดเชิงตรรกะ ซึ่งกระบวนการคิดเชิงตรรกะเป็นความสามารถในการเรียนรู้ ดังนั้นคนเราสามารถเพิ่มการหยั่งรู้ได้ด้วยการเรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์และสภาพแวดล้อมอย่างมีส่วนร่วม

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถที่จะสรุปได้ว่า การหยั่งรู้เป็นไปอย่างรวดเร็ว ง่ายดาย ลึกซึ้ง และไม่มีการใคร่ครวญ ไม่จำเป็นต้องมีเหตุผล หรือ การพิสูจน์ เป็นการเกิดความเข้าใจ หรือ เกิดการตัดสินใจขึ้นในทันทีทันใดโดยไม่มีการเตรียมการตามขั้นตอนทางความคิดใด ๆ เป็นความสามารถที่จะเข้าใจสิ่งต่าง ๆ โดยสัญชาตญาณ เป็นกระบวนการทางปัญญาที่เกิดมาจากการได้เห็นภาพ และประสบการณ์ที่ผ่านมา มีความเกี่ยวข้องกับตัวเลขและมิติสัมพันธ์ มีความสำคัญต่อการเรียนรู้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการทำความเข้าใจและการเรียนรู้ทางเรขาคณิต เป็นคุณลักษณะที่เชื่อมโยงกับกระบวนการคิด และการแก้ไขปัญหาทางเรขาคณิต การหยั่งรู้ เป็นสิ่งที่มาจากประสบการณ์โดยไม่ต้องมีการเรียนการสอน และเป็นสิ่งที่เรียนรู้ได้จากสภาพแวดล้อม คนเราสามารถเพิ่มการหยั่งรู้ได้ด้วยการเรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์และสภาพแวดล้อมอย่างมีส่วนร่วม

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรขาคณิต (Introduction to Geometry)

สสวท (2551, หน้า 44-62) ได้สรุปว่า เรขาคณิตเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการนึกภาพ การใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต ในการแก้ปัญหา เนื้อหาที่นักเรียนต้องได้เรียนรู้ในวิชาเรขาคณิต ได้แก่ สมบัติของความเท่ากัน ทุกประการของรูปสามเหลี่ยม และสมบัติของเส้นขนานช่วยในการให้เหตุผลและแก้ปัญหาทางเรขาคณิต ทฤษฎีบทพีทาโกรัส และบทกลับเป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ของความยาวของด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากและสามารถใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสหาความยาวของด้านใดด้านหนึ่งของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก การแปลงทางเรขาคณิตประกอบด้วยการเลื่อนขนาน การสะท้อน และการหมุน โดยรูปที่เกิดจากการแปลงจะเท่ากันทุกประการกับรูปต้นแบบเสมอและการแปลงทางเรขาคณิตบนระนาบในระบบพิกัดฉาก เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของรูปเรขาคณิตบนระนาบ โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างจุดสองจุดใด ๆ ของรูปเรขาคณิตนั้นไม่เปลี่ยนแปลง ภาพที่เกิดจากการแปลงทางเรขาคณิตจะได้ภาพที่มีรูปร่างเหมือนกันและขนาดเดียวกันกับรูปต้นแบบเสมอ

Turner, Blackledge, and Andrews (1998, p. 1) กล่าวว่า เรขาคณิต (Geometry) มาจากภาษากรีกโบราณสองคำ คือ “Geo” แปลว่า โลก (Earth) และคำว่า “Metron” แปลว่า การวัด (Measurement) เรขาคณิตเป็นแขนงหนึ่งของคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับ รูปร่าง (Shape) ขนาด (Size) ตำแหน่งสัมพัทธ์ของตัวเลข (Position of Figures) คุณสมบัติเชิงมิติ (Properties of Space) ความยาว (Lengths) พื้นที่ (Areas) และปริมาตร (Volumes) เรขาคณิตเป็นองค์ความรู้ที่เกิดเกิดขึ้นอย่างอิสระจากภาคปฏิบัติ และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงต้นศตวรรษที่ 6 ก่อนคริสตการ

Jones (2002, pp. 121-139) กล่าวว่า เรขาคณิตมาจากภาษากรีกโบราณสองคำ คือ “Geo” แปลว่า โลก (Earth) และคำว่า “Metron” แปลว่า การวัด เรขาคณิตเกี่ยวข้องกับความยาว พื้นที่ และปริมาณของวัตถุ เรขาคณิตเป็นเนื้อหาที่สำคัญของคณิตศาสตร์ที่ใช้การหยั่งรู้เชิงการมองภาพ (Visual Intuition) ในการจดจำทฤษฎี การทำความเข้าใจการพิสูจน์ การรับรู้และการเข้าใจโลกแห่งความเป็นจริง เรขาคณิตมีความสำคัญอย่างมากต่อสาขาอื่น ๆ ของคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เรขาคณิตมีความสำคัญในการพัฒนาทักษะในด้านต่าง ๆ ของนักเรียน เช่น

1. พัฒนามิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและความสามารถในการมองภาพ
2. พัฒนาทักษะการมองภาพทางเรขาคณิตแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ
3. พัฒนาความรู้ และความสามารถในการใช้คุณสมบัติและทฤษฎีทางเรขาคณิต
4. พัฒนาการให้เหตุผลแบบนิรนัยและการพิสูจน์
5. พัฒนาทักษะการประยุกต์ใช้เรขาคณิตโดยส่งผ่านการสร้างแบบจำลอง และการแก้ปัญหาในบริบทโลกแห่งความจริง

De Klerk (2009, p. 55) ได้ให้นิยามเรขาคณิต (Geometry) ว่า เรขาคณิตเป็นส่วนหนึ่งของคณิตศาสตร์ เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติ (Properties) และการวัด (measurement) เช่น ภาพ 3 มิติ (Solid) พื้นผิว (Surfaces) เส้น (Line) มุม (Angles) และรูปทรงเชิงมิติ (Space)

Spelke, Lee, and Izard (2010) องค์ความรู้หลักเกี่ยวกับเรขาคณิตแบ่งได้ 2 ประเภท คือ รูปทรงเรขาคณิตที่มีขนาดใหญ่ และรูปทรงเรขาคณิตที่มีขนาดเล็กในรูปแบบวัตถุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ซึ่งจะประกอบไปด้วยเรขาคณิดแบบยูคลิด 3 ประเภทพื้นฐานที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ ระยะห่าง (หรือ ความยาว) มุม และทิศทาง

Smith (2013, pp. 204-237) ได้สรุปว่า เรขาคณิตเกี่ยวข้องกับ จุด (Points) และกลุ่มของจุด เช่น เส้น (Lines) ระนาบ (Planes) และพื้นผิว (Surfaces) บางแนวคิดในเรขาคณิตเรียกว่า อนิยาม (Undefined Terms) เช่น จุด (Point) เส้น (Lines) และระนาบ (Planes) เรขาคณิตสามารถแยกออกเป็นสองประเภทกว้าง ๆ ได้แก่

1. แบบดั้งเดิม (Traditional) เป็นเรขาคณิตของยูคลิด
2. แบบการเปลี่ยนแปลง (Transformational) หรือ เรขาคณิตนอกยูคลิด เป็นวิธีการทางพีชคณิตที่มากกว่าวิธีการแบบยูคลิด

1. เรขาคณิตแบบดั้งเดิม (Traditional Geometry)

สัจพจน์ของยูคลิด (Euclid's Postulates) มี 5 สัจพจน์ ดังนี้

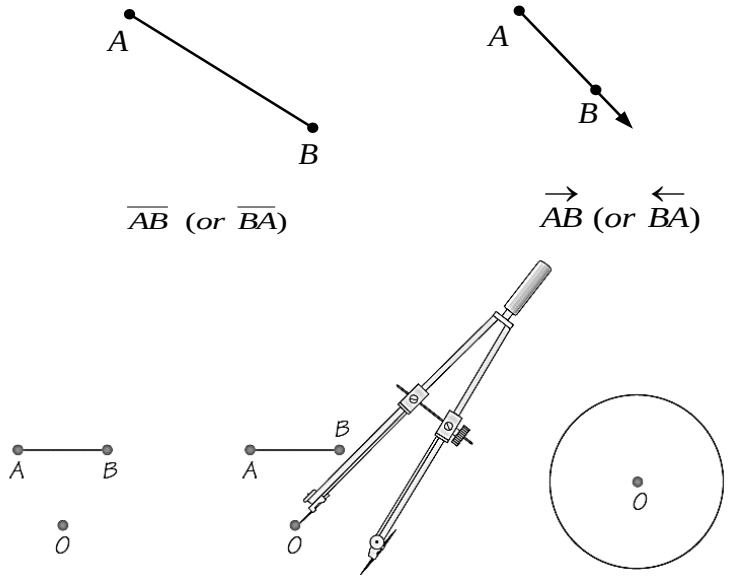
1.1 เส้นตรงสามารถวาดได้โดยวาดเส้นจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

1.2 เส้นตรงขยายอนันต์ห่างไกลในทิศทางใดทิศทางหนึ่งมีความยาวไม่จำกัด

1.3 วงกลมสามารถอธิบายด้วยจุดศูนย์กลางและรัศมี

1.4 มุมฉากทุกมุมจะมีค่าเท่ากัน

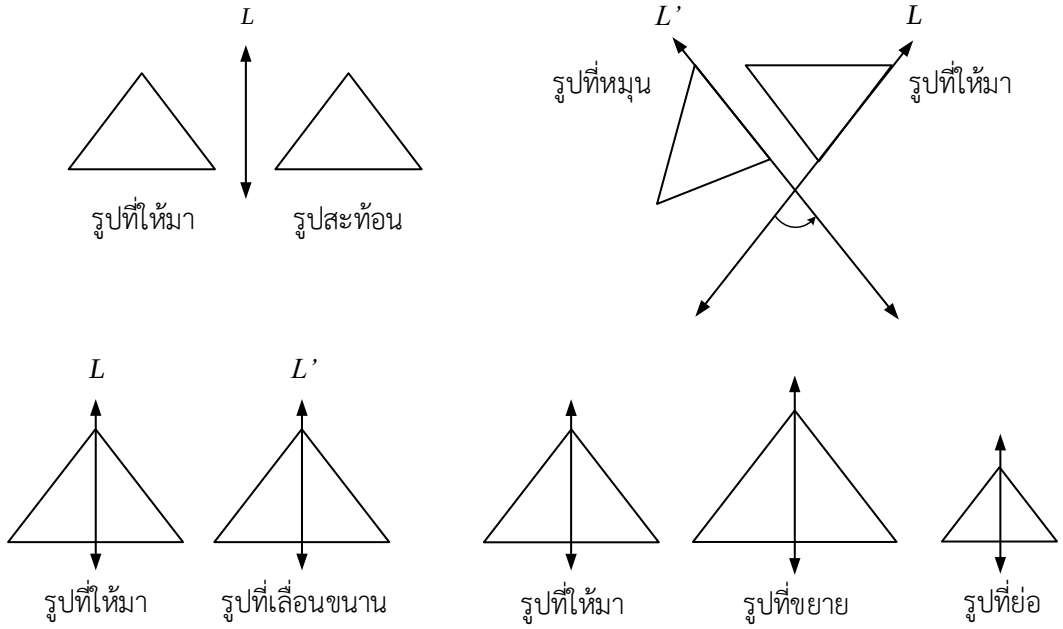
1.5 กำหนดให้จุดหนึ่ง ซึ่งอยู่บนเส้นตรง จะมีเพียงเส้นหนึ่งและเส้นเดียวเท่านั้นที่สามารถลากผ่านจุดดังกล่าว โดยขนานกับเส้นที่ให้มา



ภาพที่ 8 โครงสร้างของเส้น และวงกลม (Smith, 2013, pp. 218-219)

2. เรขาคณิตแบบการแปลง (Transformational Geometry)

เรขาคณิตแบบการเปลี่ยนแปลงเป็นวิธีการที่จะเปลี่ยนรูปทรงทางเรขาคณิตจากรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง ด้วยวิธีการสะท้อน (Reflection) การหมุน (Rotation) การเลื่อนขนาน (Translations) การขยาย (Dilations) และการย่อ (Contractions)

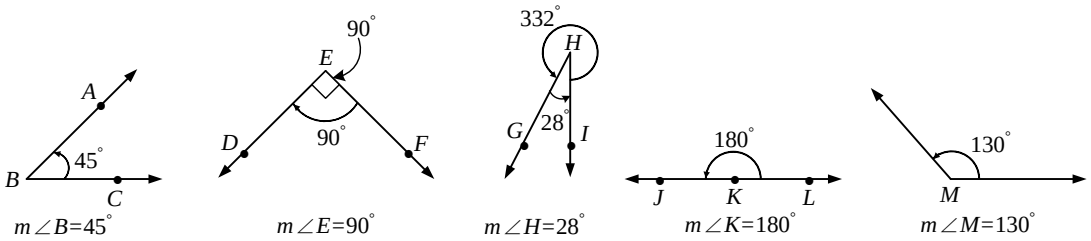


ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงรูปทรงทางเรขาคณิต (Smith, 2013, p. 220)

3. มุม และรูปหลายเหลี่ยม (Angles and Polygons)

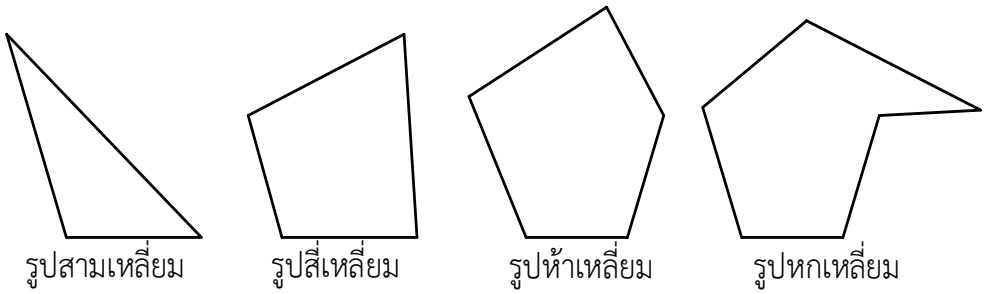
มุม คือ รังสีของเส้นที่มีจุดเริ่มต้นเป็นจุดเดียวกัน เรียกจุดนี้ว่า จุดยอดมุม เราวัดมุมด้วยหน่วยที่เรียกว่า องศา (Degree) สามารถวัดได้ด้วยการใช้ไม้วัดมุม (Protractor) การเรียกชื่อของมุมมีวิธีการเรียกดังนี้

น้อยกว่า 90° เรียกว่า มุมแหลม (Acute Angle)
เท่ากับ 90° เรียกว่า มุมฉาก (Right Angle)
มากกว่า 90° เรียกว่า มุมป้าน (Obtuse Angle)
เท่ากับ 180° เรียกว่า เส้นตรง (Straight Line)



ภาพที่ 10 มุมประเภทต่าง ๆ (Smith, 2013, p. 227)

รูปหลายเหลี่ยม เป็นรูปทรงทางเรขาคณิตที่มี 3 ด้าน หรือ มากกว่านั้น จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดคือจุดเดียวกัน การเรียกชื่อของรูปหลายคือเรียกตามจำนวนด้าน หรือ เหลี่ยม ดังนี้

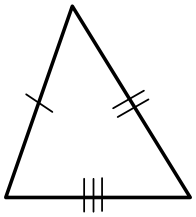


ภาพที่ 11 รูปหลายเหลี่ยม (Smith, 2013, p. 225)

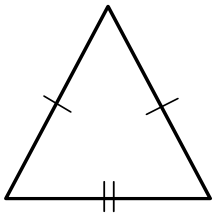
4. รูปสามเหลี่ยม (Triangles)

รูปสามเหลี่ยมเป็นประเภทหนึ่งของรูปหลายเหลี่ยม ประกอบด้วย 6 ส่วน ได้แก่ 3 ด้าน และ 3 มุม ชนิดของรูปสามเหลี่ยมแบ่งตามลักษณะของด้าน และลักษณะของมุม ดังนี้

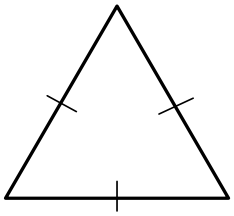
แบ่งตามลักษณะของด้าน



รูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า (Scalene Triangle) คือ รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านทั้งสามด้านยาวไม่เท่ากัน

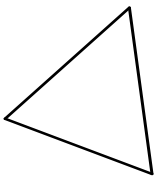


รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว (Isosceles Triangle) คือ รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านยาวเท่ากันเพียงสองด้าน

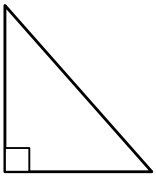


รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า (Equilateral Triangle) คือ รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านยาวเท่ากันทั้งสามด้าน

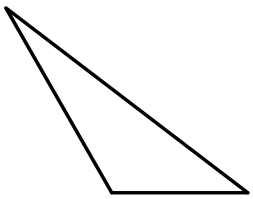
แบ่งตามลักษณะมุม



สามเหลี่ยมมุมแหลม (Acute Triangle) คือ รูปสามเหลี่ยมที่ทุกมุมมีขนาดน้อยกว่า 90 องศา



สามเหลี่ยมมุมฉาก (Right Triangle) คือ รูปสามเหลี่ยมที่มุมหนึ่งมีขนาด 90 องศา

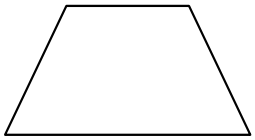


สามเหลี่ยมมุมป้าน (Obtuse Triangle) คือ รูปสามเหลี่ยมที่มุมหนึ่งมีขนาดมากกว่า 90 องศา

ภาพที่ 12 ประเภทของรูปสามเหลี่ยม (Smith, 2013, p. 234)

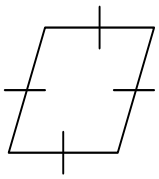
5. รูปสี่เหลี่ยม (Quadrilateral)

รูปสี่เหลี่ยมเป็นประเภทหนึ่งของรูปหลายเหลี่ยม ประกอบด้วย 4 ด้าน ดังนี้

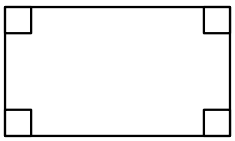


รูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoid) เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านขนานกัน 1 คู่

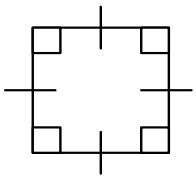
รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน (Parallelogram) เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านตรงข้ามขนานกัน 2 คู่



รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (Rhombus) เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านตรงข้ามขนานกัน และทุกด้านยาวเท่ากัน



รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangle) เป็นสี่เหลี่ยมด้านตรงข้ามขนาน และทุกมุมเป็นมุมฉาก



รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square) เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านตรงข้ามขนานกัน ทุกมุมเป็นมุมฉาก และทุกด้านยาวเท่ากัน

ภาพที่ 13 ประเภทของรูปสี่เหลี่ยม (Smith, 2013, p. 228)

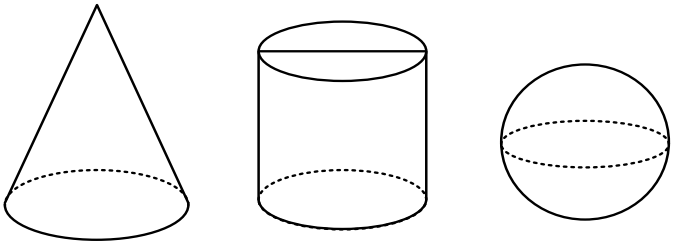
ชมรมบ้านวิทยาศาสตร์ (2553, หน้า 96-97) ได้ให้ความหมายของรูปเรขาคณิต 3 มิติ คือ รูปที่มีความกว้าง ความยาว และความสูง สำหรับทรง 3 มิติ พื้นฐานมี 5 แบบ ได้แก่ กรวย ทรงกระบอก ทรงกลม ปริซึม และพีระมิด ซึ่งสามารถแบ่งออกตามลักษณะของพื้นผิวได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. ทรง 3 มิติ ที่มีพื้นผิวโค้ง

1.1 กรวย เป็นทรง 3 มิติ ที่มีฐานเป็นรูปวงกลม ซึ่งจะมีรูปร่างเหมือนไอศกรีมโคน

1.2 ทรงกระบอก เป็นทรง 3 มิติ ที่มีฐานทั้งสองด้าน คือ ด้านบนและด้านล่างเป็นรูปวงกลมที่เท่ากัน ซึ่งจะมีรูปร่างเหมือนกระบอก

1.3 ทรงกลม เป็นทรง 3 มิติ ที่ไม่มีฐาน แต่ทุก ๆ จุดที่อยู่บนพื้นผิวห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะทางเท่า ๆ กัน ซึ่งจะมีรูปร่างเหมือนลูกบอล

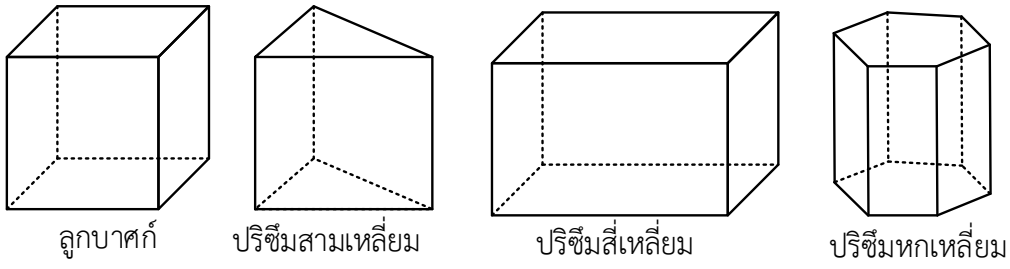


ภาพที่ 14 ทรง 3 มิติ ที่มีพื้นผิวโค้ง (ชมรมบ้านวิทยาศาสตร์, 2553, หน้า 96)

2. ทรง 3 มิติ ที่มีพื้นผิวเป็นรูปหลายเหลี่ยม

2.1 ปริซึม เป็นทรง 3 มิติ ที่มีด้านข้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านขนานกันและมีฐานที่เท่ากันทั้งสองด้าน เช่น ลูกบาศก์ เป็นปริซึมที่มีหน้าทั้งหกหน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เท่ากัน

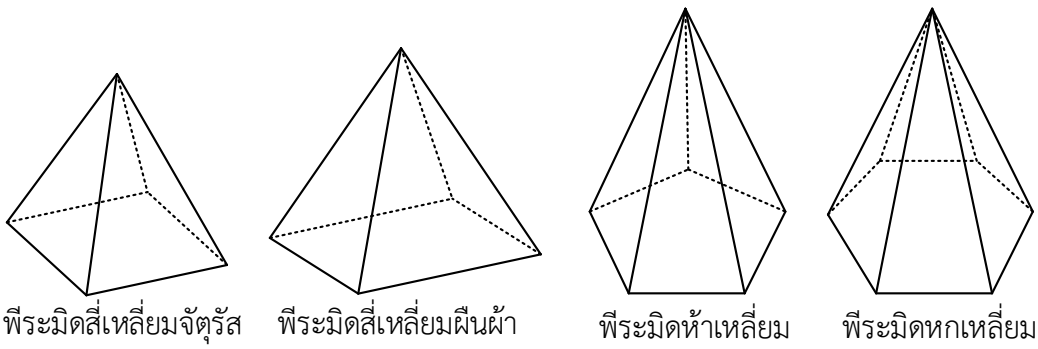
การเรียกชื่อของปริซึมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ลูกบาศก์จะใช้รูปร่างของฐานในการกำหนดชื่อ เช่น ปริซึมสามเหลี่ยม ปริซึมสี่เหลี่ยม ปริซึมหกเหลี่ยม เป็นต้น



ภาพที่ 15 ปริซึมที่มีพื้นผิวเป็นรูปหลายเหลี่ยม (ชมรมบ้านวิทยาศาสตร์, 2553, หน้า 96)

2.2 พีระมิด เป็นทรง 3 มิติ ที่มีด้านข้างเป็นรูปสามเหลี่ยมและมีฐานเพียงด้านเดียว โดยเป็นรูปหลายเหลี่ยม

การเรียกชื่อของพีระมิด จะใช้รูปร่างของฐานในการกำหนดชื่อ เช่น พีระมิดสี่เหลี่ยมจัตุรัส พีระมิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า พีระมิดห้าเหลี่ยม พีระมิดหกเหลี่ยม เป็นต้น



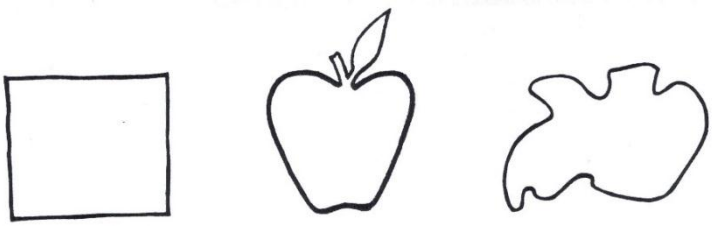
ภาพที่ 16 พีระมิดที่มีพื้นผิวเป็นรูปหลายเหลี่ยม (ชมรมบ้านวิทยาศาสตร์, 2553, หน้า 97)

6. การเปลี่ยนแปลงรูปทรง (Transformation of From)

สมชาย พรหมสุวรรณ (2548, หน้า 66-88) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงรูปทรงเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปทรงในงานศิลปะที่สร้างสรรค์การออกแบบ ที่มีหลักในการสร้างที่เหมือนกันหรือ ต่างกันขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายที่จะนำผลงานนั้นไปใช้ ดังนั้นการถ่ายทอดจึงแสดงออกเป็นรูปลักษณ์ตามแนวความคิดนั้น เมื่อพิจารณาวัตถุต่าง ๆ จะพบว่าวัตถุเหล่านั้นมี เส้น สี รูปร่าง และรูปทรง พื้นผิว พื้นที่ว่าง แสง และเงา ซึ่งเป็นเสมือนเครื่องมือที่จะนำมาสร้างงานศิลปะที่สามารถรับรู้ได้ด้วยการมองเห็น ซึ่งจะได้นำเสนอในประเด็นที่สำคัญ ดังนี้

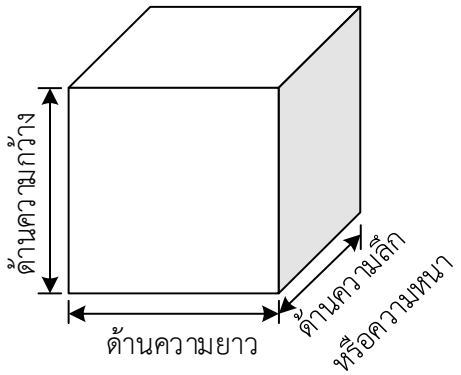
รูปร่างและรูปทรง (Shape and Form) รูปร่างและรูปทรงมีความหมายและลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้

6.1 รูปร่าง (Shape) ที่เรียกบริเวณที่มีลักษณะ 2 มิติ (Two Dimention Areas) ซึ่งเป็นบริเวณที่แบนราบโดยมีเส้นรอบนอกบ่งบอกรูปร่างชัดเจน อาจเป็นรูปของเนื้อที่ว่าง หรือรูปของเนื้อที่ที่เป็นรูปใดก็ได้ รูปร่างจะประกอบด้วยด้านเพียง 2 ด้านเท่านั้น คือ ด้านกว้าง และด้านยาว จะไม่ปรากฏด้านลึก หรือ ความหนา ลักษณะ 2 มิติจะไม่พบในวัตถุสิ่งของรอบตัวเรา



ภาพที่ 17 รูปร่าง 2 มิติ (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 66)

6.2 รูปทรง (From) ใช้เรียกบริเวณ หรือ รูปร่างวัตถุสิ่งของที่มีลักษณะ 3 มิติ (Tree Dimention Areas) หรือ มีด้านครบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านกว้าง ด้านยาว และด้านลึก รูปทรง 3 มิติ ถ้าแสดงด้วยเส้นจะมีเส้นเพียง 2 ลักษณะ เกิดขึ้นเสมอ คือ เส้นรอบนอก และเส้นภายในรูป เส้นรอบนอกของวัตถุบางชนิดอาจเหมือนกันได้ แต่เส้นภายในแตกต่างกัน

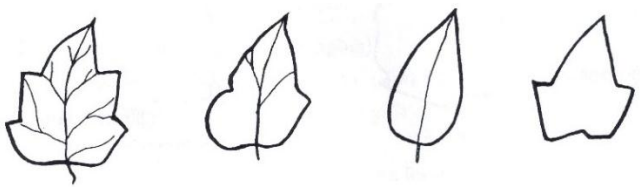


ภาพที่ 18 ลักษณะ 3 มิติ (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 69)

7. ประเภทของรูปร่างและรูปทรง (Type of Shape and Form)

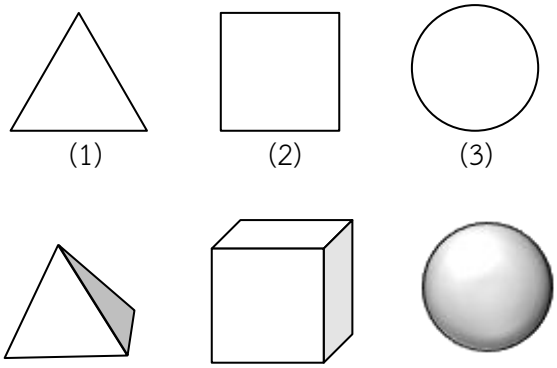
รูปร่างและรูปทรงในงานศิลปะประเภททัศนศิลป์ แบ่งออกได้ 3 ประเภทใหญ่ ได้แก่

7.1 รูปร่างและรูปทรงธรรมชาติ (Natural Form) ได้แก่ รูปร่างและรูปทรงที่มองเห็นแล้วทำให้นึกถึง หรือ เชื่อมโยงถึงสิ่งของที่มีอยู่ตามธรรมชาติ รูปร่างและรูปทรงดังกล่าวนั้นอาจเหมือน หรือ คล้ายคลึงของจริงก็ได้



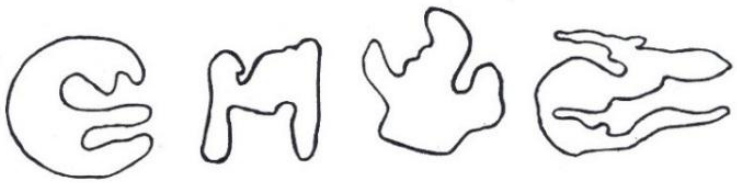
ภาพที่ 19 รูปทรงธรรมชาติ (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 72)

7.2 รูปทรงเรขาคณิต (Geometric Form) ซึ่งเป็นรูปร่าง หรือ รูปทรงที่สร้างขึ้นโดยใช้เครื่องมือทางเรขาคณิต เช่น วงเวียน ไม้บรรทัด ไม้ฉาก ฯลฯ โดยมีรูปร่างพื้นฐาน 3 ลักษณะ คือ รูปวงกลม สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม รูปทรงเรขาคณิตเป็นรูปทรงที่แน่นอน ตายตัว ไม่ซับซ้อน รูปทรงเหล่านี้มิได้สื่อ ความ หมายถึง วัตถุสิ่งของใด ๆ ในธรรมชาติ จึงถือว่า รูปทรงเรขาคณิตเป็นรูปทรงนามธรรม (Abstract Form) ก็สามารถให้ความรู้สึกได้ เช่น 1) ภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า ให้ความรู้สึกมั่นคงมาก เมื่อรูปสามเหลี่ยมวางในลักษณะด้านใดด้านหนึ่งลงแนบกับพื้นราบ 2) รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสแสดงถึงความซื่อสัตย์ตรงไปตรงมา คงที่ หมายถึง ผู้ทำงานเอาจริงเอาจัง เป็นกลาง มั่นคง อยู่นิ่ง 3) ภาพวงกลมให้ความรู้สึกอบอุ่น การป้องกันตัว การห่อหุ้ม เป็นต้น



ภาพที่ 20 รูปร่างและรูปทรงเรขาคณิต (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 73)

7.3 รูปทรงอิสระ (Freedom Form) ได้แก่ รูปทรงที่มีลักษณะเคลื่อนไหวไม่แน่นอน ไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะมีรูปร่างโค้งงอไปทางใด ตรงกันข้ามกับรูปทรงเรขาคณิต ฉะนั้นจึงถือเป็นรูปทรงนามธรรมด้วยเช่นกัน

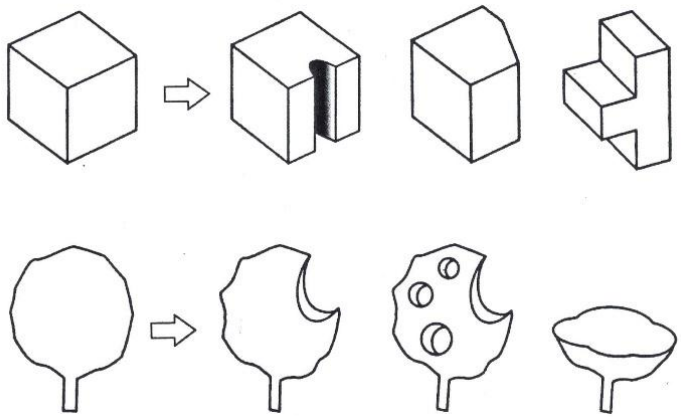


ภาพที่ 21 รูปทรงอิสระ (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 74)

8. การเปลี่ยนแปลงรูปทรง (Transformation of Form)

การเปลี่ยนแปลงรูปทรง หมายถึง การทำให้รูปทรงใดรูปทรงหนึ่งเปลี่ยนรูปไป การเปลี่ยนรูปมีหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่

8.1 การตัดออก (Subtractive Transformation) เป็นวิธีการตัดบางส่วนของรูปทรงออกไป จะตัดออกในลักษณะใด มากน้อยเพียงใด จะมีผลทำให้รูปทรงเดิมเปลี่ยนไป หากตัดออกมากลักษณะรูปทรงเดิมจะถูกทำลายมากตามไปด้วย แต่ยังมีวิธีการตัดอีกวิธีหนึ่ง คือ การตัดออกแต่ยังคงใช้ส่วนที่ตัดออกไปประกอบเข้าเป็นส่วนหนึ่งของรูปทรงใหม่ วิธีการนี้เรียกว่าการตัดแยกออก (Divided Form)

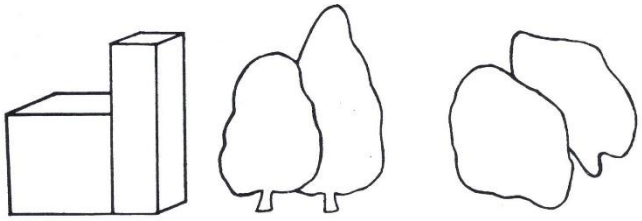


ภาพที่ 22 การตัดบางส่วนของรูปทรงออก (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 81)

8.2 การเพิ่มเข้า (Addictive Transformation) เป็นการเพิ่มรูปทรงใดรูปทรงหนึ่งผนวกเข้ากับรูปทรงเดิม จะกระทำโดยการเกาะติด วางเรียงชิด หรือ หลอมเป็นเนื้อเดียวกันก็ตาม ผลก็คือ ทำให้รูปทรงเดิมเปลี่ยนไป สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

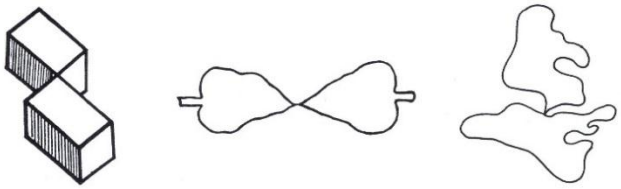
8.2.1 วางด้านสัมผัสด้าน (Juxtaposing) เป็นวิธีการนำรูปทรงชิดติดกัน เพื่อสร้างรูปทรงใหม่ ดังนี้

1. ด้านต่อด้าน (Side to Side) ได้แก่ การนำด้านของรูปทรงแนบชิดติดกัน



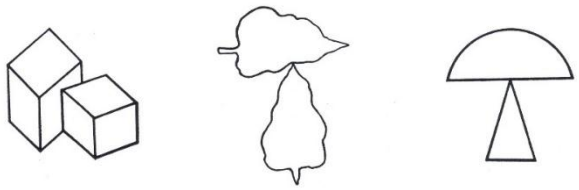
ภาพที่ 23 ด้านต่อด้าน (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 82)

2. มุมต่อมุม (Corner to Corner) ได้แก่ การนำเอาเหลี่ยม หรือ มุมแหลมของรูปทรงแนบชิดติดกัน



ภาพที่ 24 มุมต่อมุม (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 82)

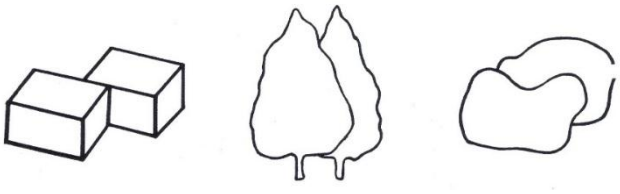
3. ด้านต่อมุม (Side to Corner) ได้แก่ การนำเอาส่วนที่แหลม หรือ มุมของรูปทรงแนบชิดติดกับส่วนด้านของอีกรูปทรงหนึ่ง



ภาพที่ 25 ด้านต่อมุม (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 82)

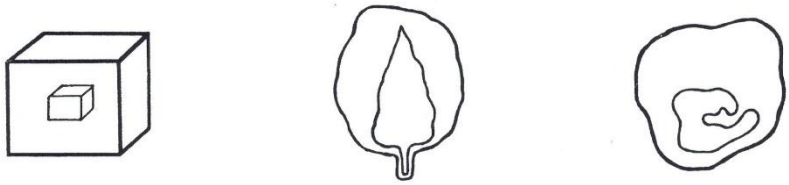
8.2.2 การวางซ้อนกัน (Overiapping) เป็นวิธีการวางรูปทรงซ้อนกันเพื่อให้ได้รูปทรงใหม่ ทำได้หลายวิธีดังนี้

1. วางบางส่วนซ้อนกัน (Patially) ได้แก่ การวางรูปทรงให้มีบางส่วนซ้อนกัน จะซ้อนกันมาก หรือ น้อยก็ได้ แต่จะต้องไม่ซ้อนกันทั้งหมด วิธีนี้ทำให้เกิดรูปทรงใหม่ได้



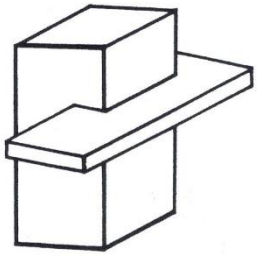
ภาพที่ 26 การวางซ้อนกัน (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 83)

2. การวางซ้อนกันอย่างสมบูรณ์ (Completely) ได้แก่การวางรูปทรงบังกันโดยสมบูรณ์ ไม่มีส่วนใดของรูปยื่นโผล่ออกมาให้เห็น จะเกิดรูปทรงใหม่ได้ต้องแสดงเส้นของรูปทรงที่ถูกบังให้ปรากฏเสมือนรูปทรงที่โปร่งใสบังกัน



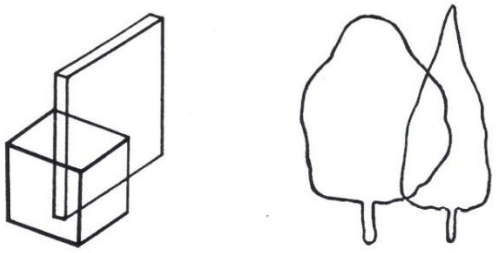
ภาพที่ 27 การวางซ้อนกันอย่างสมบูรณ์ (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 83)

8.2.3 คาบเกี่ยวกัน (Interpenertrading) เป็นวิธีการผนึกส่วนใดส่วนหนึ่งของรูปทรงเข้าด้วยกันในลักษณะสอดปราสาน



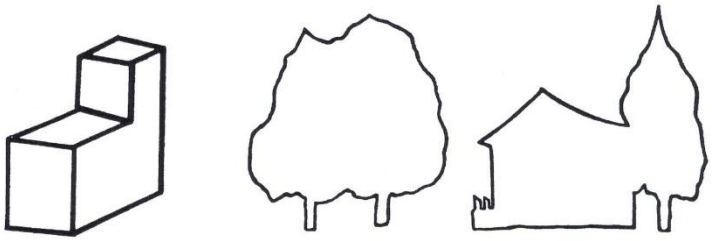
ภาพที่ 28 รูปทรงคาบเกี่ยวกัน (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 83)

8.2.4 รูปทรงร่วม (Penertration) เป็นวิธีการใช้รูปทรงซ้อนกัน แสดงส่วนที่บังก่อนอย่างชัดเจน



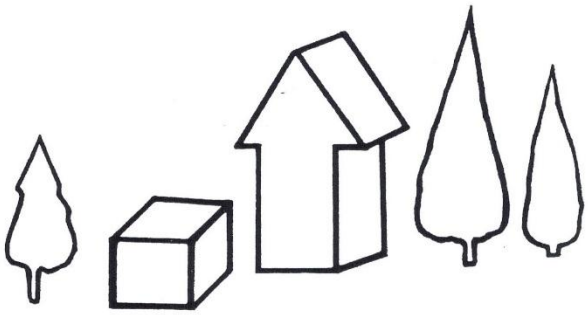
ภาพที่ 29 รูปทรงร่วม (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 84)

8.2.5 ผสมผสานกัน (Union) เป็นวิธีการใช้รูปทรงบางส่วนหลอมรวมเข้าด้วยกันเป็นเนื้อเดียวกัน



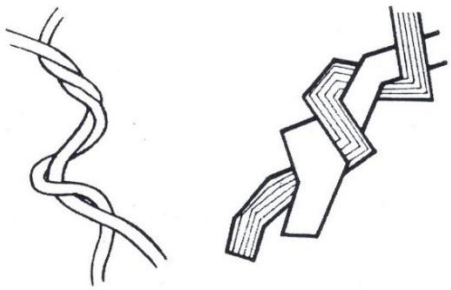
ภาพที่ 30 รูปทรงผสมผสานกัน (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 84)

8.2.6 จัดวางใกล้กัน (Juxtaposing Forms) เป็นวิธีการนำรูปทรงวางใกล้กัน มองเห็นช่องว่างระหว่างกัน จะได้ลักษณะร่วม เป็นรูปทรงใหม่ได้



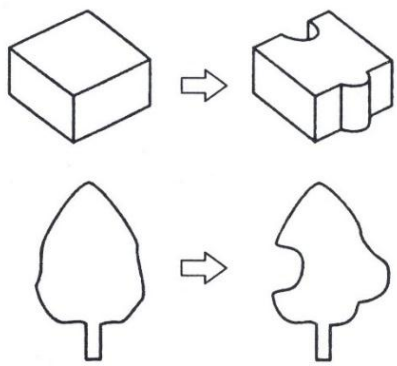
ภาพที่ 31 รูปทรงวางใกล้กัน (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 84)

8.2.7 รูปทรงบิดพันกัน (Twisting Forms) เป็นวิธีการนำรูปทรงผูกมัดรัดต่อเนื่อง กลายเป็นรูปทรงใหม่



ภาพที่ 32 รูปทรงบิดพันกัน (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 85)

8.3 การขยายออก (Extention Transformations) เป็นวิธีการดึงบริเวณใดบริเวณหนึ่งของรูปทรงให้ยื่นออก ทำให้บริเวณตรงข้ามยุบตัวลง เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในเนื้อของรูปทรงนั้น ๆ โดยไม่นำรูปทรงอื่นมาผสมด้วย ซึ่งแตกต่างไปจากวิธีเพิ่มเข้าและตัดออก

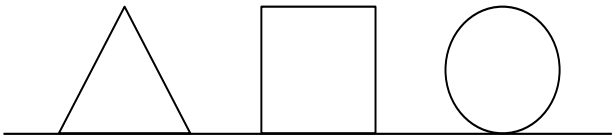


ภาพที่ 33 รูปทรงที่ถูกตัดดึงออก (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 85)

9. การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Motion in Shapes)

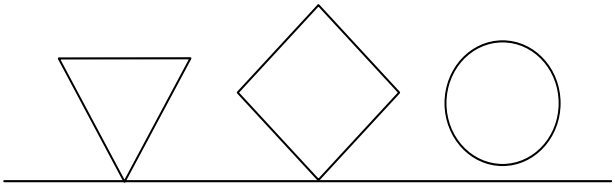
รูปร่างบางรูปจะดูสงบ แต่บางรูปจะดูเคลื่อนไหวไม่หยุดนิ่ง ภาวะเช่นนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะความสมดุลในตัวเองของรูปร่างนั้น ๆ ตลอดจนตำแหน่งการจัดวางเป็นสำคัญ ดังนี้

9.1 รูปร่างให้ความรู้สึกสงบนิ่ง (Formal Shape) ได้แก่ รูปร่างที่มีความสมดุลในตัวเองและสมดุลกับสภาพแวดล้อม เช่น รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า รูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า รูปวงกลม

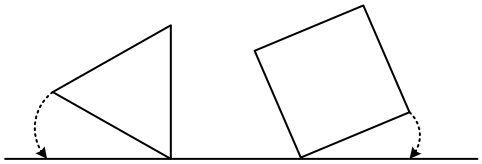


ภาพที่ 34 รูปทรงที่สงบนิ่ง (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 86)

9.2 รูปร่าง มุมของศามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมวางบนเส้นระนาบ ความรู้สึกเคลื่อนไหวจะเกิดขึ้นเช่นเดียวกับรูปวงกลมหากวางเหนือเส้นระนาบเล็กน้อย จะมีความเคลื่อนไหวเกิดขึ้นเช่นกัน หากนำรูปร่างสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมจัดวางใหม่ โดยให้มุมยังคงวางบนเส้นระนาบแต่รูปเอียงไปทางด้านใดด้านหนึ่ง การวางรูปร่างในลักษณะ ทำให้รูปร่างมีความเคลื่อนไหวมากขึ้น เกิดแรงดึงลงเส้นฐาน รูปทรงทั้งสองจึงดูไม่มั่นคง

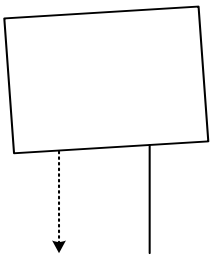


ภาพที่ 35 การวางมุมของรูปร่างที่สมดุลบนเส้นระนาบ (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 86)



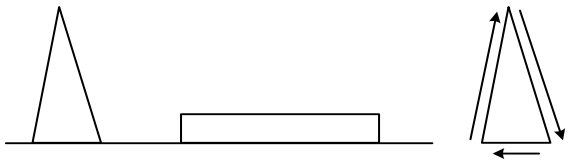
ภาพที่ 36 รูปทรงสงบที่วางเอียงบนเส้นระนาบ (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 87)

9.3 รูปร่างสี่เหลี่ยมเมื่อวางบนเส้นตั้ง โดยวางเอียงไปทางใดทางหนึ่ง จะมีความรู้สึกเคลื่อนไหว ซึ่งจะดูเหมือนจะมีแรงดึงลงทางด้านซ้ายมือทำให้ดูไม่สงบนิ่ง



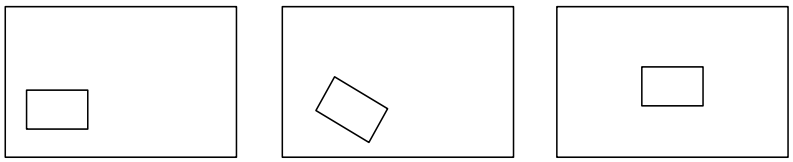
ภาพที่ 37 รูปร่างสี่เหลี่ยมวางบนเส้นตั้ง (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 87)

9.4 รูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่ากัน มีความเคลื่อนไหวมากกว่ารูปที่มีด้านเท่ากัน ทั้งนี้ เพราะว่า เมื่อสายตามองรูปสามเหลี่ยมมุมแหลม สายตาจะติดตามความยาวของด้านทั้งสามจากด้านฐานทางขวามือการรับรู้เรื่องความสั้น-ยาวไม่เท่ากันนี้ทำให้รู้สึกเคลื่อนไหวไม่สม่ำเสมอไม่คงที่ รูปสี่เหลี่ยมด้านขนานทำให้เกิดความรู้สึกเช่นเดียวกับสามเหลี่ยมด้านไม่เท่ากัน ทั้งสองรูปหากเปรียบเทียบด้านการทรงตัวแล้วรูปสี่เหลี่ยมที่วางด้านยาวบนเส้นระนาบจะมีความทรงตัวมั่นคงกว่ารูปสามเหลี่ยมทำให้รู้สึกว่าจะล้ม



ภาพที่ 38 ความเคลื่อนไหวของรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 88)

9.5 รูปร่างที่มีความสมดุลจะดูสงบ แต่เมื่อนำไปจัดวางในลักษณะขัดแย้งกับบรรยากาศภายนอก หรือ ขัดแย้งกับรูปร่างของพื้น จะเกิดความเคลื่อนไหวเสียสมดุลได้



(1) (2) (3)

ภาพที่ 39 การวางรูปร่างสมดุลกับบรรยากาศโดยรอบ (สมชาย พรหมสุวรรณ, 2548, หน้า 88)

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถที่จะสรุปได้ว่าเรขาคณิตเป็นส่วนหนึ่งของคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับ จุด (Points) เส้น (Lines) ระนาบ (Planes) พื้นผิว (Surfaces) ภาพ 3 มิติ (Solid) มุม (Angles) รูปทรงเชิงมิติ (Space) เรขาคณิตสามารถแยกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) แบบดั้งเดิม (Traditional) เป็นรูปทรงเรขาคณิตยูคลิด และ 2) การแปลงทางเรขาคณิต เป็นวิธีการทางพีชคณิตที่นอกเหนือจากวิธีการแบบยูคลิด เป็นวิธีการที่จะเปลี่ยนรูปทรงทางเรขคณิตรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง ด้วย 5 วิธี คือ การสะท้อนกลับ (Reflection) การหมุน (Rotation) การเลื่อนขนาน (Translations) การขยาย (Dilations) และการย่อ (Contractions) นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Shape) และรูปทรง (From) ทางด้านศิลปะเป็นงานที่สร้างสรรค์สามารถรับรู้ได้ด้วยการมองเห็น เป็นวิธีการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้รูปร่าง หรือ รูปทรงเปลี่ยนรูปไป ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การตัดออก การเพิ่มเข้า การขยายออก รูปร่างรูปทรงที่เปลี่ยนไปนั้นยังทำให้ความรู้สึกเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

ความสำคัญของเรขาคณิต

Clements and Battista (1992) กล่าวว่า เรขาคณิตเป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างมากในการที่จะเข้าใจโลกของความเป็นจริง เนื่องจากว่าเราสามารถที่จะเห็นแนวคิดทางเรขาคณิต (Geometrical Concept) อยู่ทุกที่บนโลก และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) เป็นองค์ประกอบที่มีความเชื่อมโยงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

Baenninger and Newcombe (1995) กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้รับการพิจารณาว่าเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการทำงานในชีวิตประจำวัน และการเรียนในหลายวิชาที่ต้องใช้กราฟ ตัวเลข ภาพร่าง และความเข้าใจสิ่งเร้าทางการมองเห็น (Visual Stimuli) และยังกล่าวอีกว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สามารถที่จะพัฒนาได้ด้วยการฝึก

National Research Council (2001, p. 281) กล่าวว่า เรขาคณิตเป็นเส้นทางที่จะนำไปสู่พัฒนาการความเข้าใจทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับหลักสูตรคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในอนาคต นักเรียนทุกคนควรจะได้เรียนรู้รูปทรงทางเรขาคณิตและความสัมพันธ์เชิงมิติสัมพันธ์ ใช้หลักการมองเห็น ใช้การให้เหตุผลเชิงมิติสัมพันธ์ และใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาทางเรขาคณิต

Geary (2003, pp. 199-212) กล่าวว่า นักเรียนที่มีปัญหาทางการมองเห็นจะมีความยากลำบากในการที่พยายามเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการเรียนรู้รูปทรงเรขาคณิต ทักษะเรขาคณิตจำนวนมาก ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เชิงมิติสัมพันธ์ และนักเรียนที่มีปัญหาดังกล่าวจะมีความผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ที่สูงในการทำความเข้าใจกับข้อมูลเชิงมิติสัมพันธ์

Ontario Ministry of Education (2005, p. 4) กล่าวว่า ความรู้สึกเชิงมิติสัมพันธ์ (Spatial Sense) เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับความเข้าใจและเห็นคุณค่าในแง่มุมต่าง ๆ ทางเรขาคณิตบนโลก ข้อมูลเชิงลึกและสัญชาตญาณเกี่ยวกับคุณลักษณะของรูปทรง 2 มิติ และ 3 มิติ ความสัมพันธ์ของรูปทรงและผลของการเปลี่ยนแปลงรูปทรงมีความสำคัญต่อความรู้สึกเชิงมิติสัมพันธ์ เรขาคณิตและความรู้สึกเชิงมิติสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์สำหรับเด็กที่มีความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับโลก ประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียนสามารถสร้างให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับเรขาคณิตได้ดี ดังนี้

1. รับรู้และเห็นคุณค่าของเรขาคณิตบนโลก
2. พัฒนาทักษะการใช้เหตุผลและการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความคิดทางเรขาคณิต
3. ปรับใช้ความคิดทางเรขาคณิตในศาสตร์อื่น ๆ ทางคณิตศาสตร์ เช่น การวัดความยาว ปริมณฑลและพื้นที่ของรูปทรง เป็นต้น
4. ปรับใช้ความคิดทางเรขาคณิตในวิชา หรือ ศาสตร์อื่น ๆ เช่น สร้างสรรค์ผลงาน 2 มิติ และ 3 มิติ ในงานศิลปะการพัฒนาทักษะทางสังคมศึกษา โครงสร้างในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นต้น

Hill, Corbett, and St. Rose (2010, p. 3) กล่าวว่าทักษะคณิตศาสตร์ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นที่จะประสบความสำเร็จในกลุ่ม STEM (Science, Technology, Engineering และ Mathematics)

Tommasi et al. (2012) ได้ศึกษาเรื่อง รูปทรงตามธรรมชาติทางเรขาคณิตที่มีผลต่อมิติสัมพันธ์ ได้กล่าวว่า มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) ขึ้นอยู่กับ รูปร่างที่มีความเชื่อมโยงกับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ เนื่องจากคนเราเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัว สิ่งใดที่เราเคยทำได้จะทำให้เราเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นได้ดีในภาวะฉุกเฉิน ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความจำเพาะทางปัญญา (Cognitive)

Yüksel and Bülbül (2014) กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับ ศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ (Scientific) โดยเฉพาะคณิตศาสตร์ (Mathematics) ยิ่งมีความสำคัญ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถที่จะสรุปได้ว่าเรขาคณิตเป็นสิ่งที่สำคัญต่อชีวิตประจำวัน เป็นเส้นทางที่จะนำไปสู่พัฒนาการความเข้าใจทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับหลักสูตรคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในอนาคตนักเรียนทุกคนควรจะได้เรียนรู้รูปทรงเรขาคณิตและความสัมพันธ์เชิงมิติสัมพันธ์ ใช้หลักการมองเห็น ใช้การให้เหตุผลเชิงมิติสัมพันธ์และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิตในการแก้ปัญหา นอกจากนั้นความรู้สึกเชิงมิติสัมพันธ์ (Spatial Sense) ก็เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับความเข้าใจและเห็นคุณค่าในแง่มุมต่าง ๆ ทางเรขาคณิต บนโลก ข้อมูลเชิงลึกและสัญชาติญาณเกี่ยวกับคุณลักษณะของรูปทรง 2 มิติ และ 3 มิติ ความสัมพันธ์ของรูปทรง และผลของการเปลี่ยนแปลงรูปทรงมีความสำคัญต่อความรู้สึก เชิงมิติสัมพันธ์ เรขาคณิต และความรู้สึกเชิงมิติสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์สำหรับเด็กที่มี ความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับโลก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

Kaufmann, Steinbügl, Dünser, and Glück (2005) ได้ศึกษาการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์โดยการศึกษาเรขาคณิตด้วยการจำลองรูปทรงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (General Training of Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาการทางด้านเรขาคณิต การพูดและการให้เหตุผล ด้วยการฝึกความสามารถด้านมิติ

สัมพันธ์ที่เป็นแบบจำลองรูปทรงเรขาคณิตทางคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาเกรด 11 ถึง 12 ที่มีอายุระหว่าง 16-19 ปี จำนวน 121 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) ชุดแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Mental Rotations Test: MRT, Purdue Spatial Visualization Test: PSVT: R, Mental Cutting Test: MCT, Differential Aptitude Test: DAT, SR: Spatial Orientation Test: SOT และ Judgement of Line Orientation Test: JLO) 2) แบบทดสอบความสามารถทางด้านการพูดและการให้เหตุผล (Letter Sequence: WIT, Verbal Analogies: BIS และ Vocabulary: WST) และ 3) แบบสอบถามเพื่อประเมินด้านต่าง ๆ ของการฝึก ผลการวิจัยปรากฏว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่สูงมีความสัมพันธ์กับทักษะการให้เหตุผลและการคิดเชิงตรรกะที่ดีตามไปด้วย

Dehaene, Izard, Pica, and Spelke (2006) ได้ศึกษาการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าเรขาคณิตก่อให้เกิดการหยั่งรู้ (Intuition) ในทุก ๆ คน โดยไม่คำนึงถึงภาษา หรือ ระดับการศึกษาได้ หรือ ไม่ กลุ่มตัวอย่าง เป็นชาว Amazon Indians และ North Americans ได้ทำการทดสอบ และวิเคราะห์การหยั่งรู้ (Intuition) ที่เป็นแนวคิดพื้นฐานของรูปทรงเรขาคณิต มีทั้งหมดมี 43 ข้อ ในแต่ละข้อ ใช้รูปเรขาคณิต 6 รูป ที่สื่อถึงแนวคิดการหยั่งรู้ทางเรขาคณิต ซึ่งจะมี 5 ภาพที่ถูก และมี 1 ภาพที่ผิด ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า 1) Core Intuitions of geometry สามารถแยกความสำเร็จจากการทดสอบกับกลุ่มชาว Amazon Indian ได้ กับแนวคิดที่เป็นโทโพโลยี (Topology) เรขาคณิตแบบยูคลิด (Euclidean Geometry) และ รูปเรขาคณิตพื้นฐาน (Basic Geometrical Figures) ถือได้ว่าแนวคิดนี้เป็นแนวคิดหลัก (Core Principles: CP) ของเรขาคณิต 2) ผู้ใหญ่ที่ไม่มีความรู้ทางด้านเรขาคณิต และเด็กที่ได้เรียนเรขาคณิตแสดงให้ถึงความคล้ายคลึงกันในด้านแนวคิดหลัก (Core Principles: CP) ของเรขาคณิต เช่น จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า เด็ก Amazonian ไม่ได้มีความแตกต่างจากเด็ก American แต่ผู้ใหญ่ American จะทำได้ดีกว่าในเกือบทุก ๆ การทดสอบ อย่างไรก็ตามของกลุ่มผู้ใหญ่ Amazon Indian ทำได้ไม่ค่อยดี (เป็นกลุ่มที่มีวัฒนธรรมที่แตกต่างจากชาว American) ดังนั้นวิถีชีวิต หรือ ประสบการณ์ชีวิตทางด้านเรขาคณิตก็เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้เกิดการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตได้

Papageorgiou, Monoyiou, and Pitta-Pantazi (2006, pp. 329-336) ได้ศึกษาเรื่องการหยั่งรู้โดยการใช้ซอฟต์แวร์ทางเรขาคณิต มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าการหยั่งรู้ที่มีผลต่อการเรียนของนักเรียนไซพรัส (Cypriot Students) และเพื่อตรวจสอบการหยั่งรู้ที่มีผลต่อการเรียนการสอนที่มีการใช้ซอฟต์แวร์ทางเรขาคณิต (Dynamic Geometry software: DGs ที่มีชื่อว่า Euclidraw Jr.) ได้ศึกษากับนักเรียนเกรด 6 จำนวน 77 คน และเกรด 5 จำนวน 39 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 19 คน (สอนด้วยใช้ DGs) และกลุ่มควบคุม 20 คน (สอนด้วยวิธีแบบดั้งเดิม) ด้วยแบบทดสอบทางเรขาคณิต ผลการวิจัยปรากฏว่า การหยั่งรู้ที่มีผลต่อการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนไซปรัสทั้งเกรด 5 และเกรด 6 และหลังจากการเรียน-การสอนที่ใช้ซอฟต์แวร์ทางเรขาคณิต พบว่าการหยั่งรู้ที่มีผลต่อนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลอง ทำให้นักเรียนเข้าใจเรขาคณิตได้ดีกว่าและใช้เวลาน้อยกว่ากลุ่มควบคุม

Babaei, Chaiichi-Mellatshahi, and Najafi (2012) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการหยั่งรู้ต่อการเรียนคณิตศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการหยั่งรู้ที่มีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ได้ศึกษากับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 68 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จำนวน 32 คน ใช้วิธีการเรียน-การสอนตามปกติที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับแคลคูลัส (Taught Through Usual Methods for Calculus) และกลุ่มที่ 2 จำนวน 36 คน ใช้วิธีการเรียน-การสอนที่เกี่ยวกับการหยั่งรู้ (Taught Under Intuitive Methods) ผลการวิจัยปรากฏว่า การหยั่งรู้มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต สรุปได้ว่า การหยั่งรู้เป็นกระบวนการทางปัญญาที่เกิดมาจากการได้เห็นภาพ และประสบการณ์ที่ผ่านมา เป็นการเกิดความเข้าใจ หรือ เกิดการตัดสินใจขึ้นในทันทีทันใด เป็นคุณลักษณะที่เชื่อมโยงกับกระบวนการคิดและการแก้ไขปัญหาทางเรขาคณิต มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ โดยเฉพาะด้านเรขาคณิต และยังมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

ตอนที่ 3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Geometrical Achievement)

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

Good and Merkel (1973, p. 7) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ (Achievement) หมายถึง ความสำเร็จ ความคล่องแคล่ว ความชำนาญในการใช้ทักษะ หรือ การประยุกต์ใช้ความรู้ต่าง ๆ ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) หมายถึง ความรู้ หรือ ทักษะอันเกิดจากการเรียนรู้ในวิชาต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว ซึ่งได้จากการทดสอบของครูผู้สอน หรือ ผู้รับผิดชอบในการสอน หรือ ทั้งสองอย่างร่วมกัน

Schacter, Gilbert, and Wegner (2011, p. 264) กล่าวว่าการเรียน (Learning) เป็นการได้รับความรู้ใหม่ (New Knowledge) การสร้าง พฤติกรรมใหม่ (New Behaviors) การมีทักษะใหม่ (New Skills) การสร้างคุณค่าใหม่ (New Value) การสร้างความเข้าใจ รวมทั้งการสร้างแนวคิดจากการสังเคราะห์ (Synthesizing) ข้อมูลต่าง ๆ

The American Heritage (2015) ได้ให้นิยามผลสัมฤทธิ์ (Achievement) ว่าเป็นความสำเร็จที่เกิดขึ้นตามวัตถุประสงค์ ซึ่งต้องใช้ความทุ่มเท (Exertion) ทักษะ (Skill) การฝึกปฏิบัติ (Practice) หรือ ความอุตสาหะ (Perseverance)

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถที่จะสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต หมายถึง ความสำเร็จของการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นตามวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ พฤติกรรมใหม่ ทักษะใหม่ คุณค่าใหม่ ความเข้าใจ รวมทั้งแนวคิดจากการสังเคราะห์ข้อมูล หรือ การประยุกต์ใช้ความรู้ต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ที่เนื้อหาเกี่ยวกับเรขาคณิตที่ได้เรียนมาแล้ว ซึ่งได้จากการทดสอบของครูผู้สอน

ความสำคัญของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

Poliny Ung, สุชาดา กรเพชรปาณี และพูลพงศ์ สุขสว่าง (2554) ได้สรุปว่าความรู้ทางด้านคณิตศาสตรมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันไม่ว่าจะเป็นการเรียน หรือ การทำงาน คณิตศาสตรเป็นวิชาที่ช่วยเสริมสรางความมีเหตุผล ความเปนคนชางคิด ชางริเริ่ม สรางสรรค มีระบบระเบียบใน

กระบวนการคิด เพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน และยังกว่าวว่า การรับรูความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีการคิดอภิมาน วิธีการทางปัญญา และวิธีการกำกับความพยายาม มีอิทธิพลทางตรงเชิงลบต่อความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์

เสน่หา ชมภูวง, ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน และไพศาล วรคำ (2554) ได้อธิบายว่าแรงจูงใจ และความตั้งใจในการเรียนคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยหลักที่สำคัญ ดังนั้นครูคณิตศาสตร์ควรหาวิธีการที่จะทำให้นักเรียนเกิดความตั้งใจเรียน การจัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่เอื้อต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

Battista (1990) ได้อธิบายว่า เพศชายและหญิง ถึงจะมีความแตกต่างกันทางด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ และประสิทธิภาพทางด้านเรขาคณิตก็ตาม แต่ยังสามารถทำได้ในส่วนที่เป็นการให้เหตุผลเชิงตรรกะ หรือ กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางเรขาคณิต หลักฐานจากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างเพศหญิงกับเพศชายทางด้านความสามารถทางความคิด (Mental Abilities) มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

Verstijnen et al. (1998) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยเฉพาะในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในแขนงต่าง ๆ ของคณิตศาสตร์ เนื่องจากว่ามันมีความเชื่อมโยงกับการประกอบอาชีพ และความสำเร็จในการทำงานของนักเรียนในอนาคตอีกด้วย

Hannafin et al. (2008) กล่าวว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ และคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

Wai et al. (2010) กล่าวว่านักเรียนที่มีแรงจูงใจและความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่สูงจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่ม STEM ที่สูงเช่นเดียวกัน และได้แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่ม STEM มีความสำคัญอย่างมากทั้งในเพศหญิงและเพศชาย

Dake, Yi, Joanna, and Lei, (2012) กล่าวว่านักเรียนที่จะสามารถเรียนเรขาคณิตขั้นสูงได้ต้องมีทักษะทางการจินตนาการ (Visual Imagery Skills) ที่สูงเช่นเดียวกัน

Veloo, Ali, and Krishnasamy (2014) กล่าวว่าตัวแปรทางปัญญา (Cognitive) เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และยังกล่าวอีกว่าความสามารถของนักเรียนและตัวแปรทางอารมณ์ในการเรียนของนักเรียนเป็นสิ่งที่ไม่ควรถูกปิดกั้นอย่างยิ่ง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถที่จะสรุปได้ว่า เรขาคณิตเป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างมากในการที่จะเข้าใจโลกของความเป็นจริง เนื่องจากว่าเราสามารถที่จะเห็นแนวคิดทางเรขาคณิต (Geometrical Concept) อยู่ทุกที่ และตัวแปรทางปัญญา (Cognitive) โดยเฉพาะความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) เป็นองค์ประกอบที่มีความเชื่อมโยงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียนที่จะสามารถเรียนเรขาคณิตขั้นสูงได้ต้องมีทักษะการจินตนาการ (Visual Imagery Skills) ที่สูงเช่นเดียวกันและมีความสำคัญอย่างมากทั้งในเพศหญิงและเพศชาย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

Hannafin et al. (2008) ได้ศึกษาผลของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และโปรแกรมการเรียนการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Effects of Spatial Ability and Instructional Program on Geometry Achievement) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของความสามารถ

ด้านมิติสัมพันธ์ (สูงและต่ำ) และชนิดของวิธีการเรียนการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 6 จำนวน 66 คน (ชาย 27 คน และหญิง 39 คน) เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ 1) Raven's Progressive Colored Matrices เพื่อแบ่งกลุ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และ 2) วิธีการเรียนการสอนเรขาคณิตมี 2 วิธี คือ แบบออนไลน์ และแบบออฟไลน์ ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรขาคณิตที่สูงทั้งสองวิธีการสอน

Kalogirou and Gagatsis (2011, pp. 27-39) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการด้านมิติสัมพันธ์กับความเข้าใจรูปทรงทางเรขาคณิตของนักเรียน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายและแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนกับพัฒนาการความเข้าใจในเรขาคณิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มี อายุ 10-13 ปี เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่วัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ มีทั้งหมด 11 แบบทดสอบ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Visualization: VZ) ใช้แบบทดสอบการประกอบรูป (Paper Form Board) การพับกระดาษ (Paper Folding) พัฒนาการเชิงพื้นผิว (Surface Development) การระบุตำแหน่งวัตถุ (Perspective Taking/Spatial Orientation) มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relations: SR) ใช้แบบทดสอบการหมุนบัตร (Card Rotations) การเปรียบเทียบลูกบาศก์ (Cube Comparisons) ภาพมือ (Hands) ความยืดหยุ่น (Flexibility of Closure: CF) ใช้แบบทดสอบ Hidden Figures, Hidden Patterns, Overlapping figures และการรับรู้ (Spatial Perception: P) ใช้แบบทดสอบ Water Level และแบบทดสอบความเข้าใจในรูปภาพทางเรขาคณิต มีทั้งหมด 13 แบบทดสอบ ผลการวิจัยปรากฏว่าพัฒนาการความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีผลต่อความเข้าใจรูปทางเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

Giofrè et al. (2013) ได้ศึกษาเรื่อง ความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าองค์ประกอบทั้ง 6 ตัว ที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (VSWM) มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตอย่างไร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน เกรด 12 และ 13 จำนวน 166 คน (ชาย 125 คน หญิง 41 คน) เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ ส่วนที่ 1) วัด VSWM ใช้ Italian Standardized VSWM Test Battery ของ Mammarella et al., 2008 มี 6 Task ได้แก่ (1) Simultaneous Dotmatrix Task, (2) Dot Matrix Task, (3) Nonsense Shapes Task, (4) Visual Pattern Test (Active Version), (5) Sequential Dot Matrix Task, and (6) Jigsaw Puzzle Task. ส่วนที่ 2) วัดการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ด้วยแบบทดสอบของ Dehaene et al., 2006 ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ CP (Core Principles of Geometry) และ CMP (Cultural-Mediated Principles of Geometry) ส่วนที่ 3) วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตด้วย MT Advanced Battery ของ Cornoldi et al., 2010 ซึ่งพัฒนามาจาก OECD, 2007 ผลการวิจัยปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เกรด 12 และ 13 สามารถทำนายได้จาก 1) VSWM มีอิทธิพลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตผ่าน CMP 2) Complex VSWM Task (The Jigsaw Puzzle Task) มีอิทธิพลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต และ 3) CP และ CMP มีความสัมพันธ์กันในการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

Mammarella, Giofrè, Ferrara, and Cornoldi (2013) ได้ศึกษาเรื่อง การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และความจำขณะคิดเชิงการมองภาพของเด็กที่มีความบกพร่องทางอวัจนภาษา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อตรวจสอบว่าความยากทางคณิตศาสตร์ของเด็กที่มีความบกพร่องทางอวัจนภาษา (Nonverbal Learning Disabilities: NLD) สามารถที่จะขยาย หรือ เพิ่มเติมได้ในเรื่องการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต 2) เพื่อที่จะมองหาว่ามีสิ่งใดที่จะสนับสนุนที่แสดงให้เห็นว่าส่วนที่ขาดหายไปด้าน VSWM (Visuospatial Working Memory) ของที่มีความบกพร่องทางอวัจนภาษา โดยเฉพาะ Complex-Span Tasks 3) เพื่อที่จะตรวจสอบว่า VSWM สามารถที่จะอธิบายความแตกต่างระหว่างกลุ่มในเรื่อง การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีอายุระหว่าง 11-13 ปี จำนวน 32 คน แบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มเด็ก NLD จำนวน 16 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 16 คน (เกรด 6 ถึง 8) เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ 1) simple storage tasks (Nonsense Shapes, Sequential Dot Matrix, Simultaneous Dot Matrix) 2) Complex-Span Tasks (Jigsaw Puzzle, Dot Matrix, VPTA (Visual Pattern Test, Active Version)) ที่วัด VSWM และการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตด้วยแบบทดสอบของ Dehaene et al. (2006) ผลการวิจัยปรากฏว่าทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต โดยเฉพาะเรขาคณิตแบบยูคลิด (Euclidean Geometry) และการแปลงทางเรขาคณิต (Geometrical Transformations) ยิ่งไปกว่านั้นในการทดสอบด้วย VSWM Task ก็มีความแตกต่างกันโดยเฉพาะ Complex-Span Tasks ยิ่งมีความแตกต่างกันมาก และจากการใช้ Discriminant Function Analysis แสดงให้เห็นว่า กลุ่มเด็ก NLD และกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหมายความว่า VSWM และระดับความยากของคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันในการเรียนของเด็กที่มีความบกพร่องทางอวัจนภาษา

Weckbacher and Okamoto (2014) ได้ศึกษาความสามารถในการหมุนทางจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถการหมุนทางจิต (Mental Rotation Ability) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และการรับรู้ตนเองทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เกรด 10 ถึง 12 จำนวน 113 คน (ชาย 57 คน หญิง 56 คน) ที่มีอายุเฉลี่ย 16.98 ปี (SD=.74) เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ 1) แบบทดสอบการหมุนทางจิต (Mental Rotations Test: MRT) ของ Vandenberg and Kuse's (1978) จำนวน 10 ข้อ 2) แบบสอบถามรูปแบบการเรียน Mayer and Massa (2003) จำนวน 23 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ที่พัฒนาโดย U. S. Department of Education (2006) จำนวน 20 ข้อ ผลการวิจัยปรากฏว่า MRT มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต นอกจากนี้ยังค้นพบอีกว่าผลจากการทดสอบ MRT และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตมีความแตกต่างกันระหว่างเพศหญิงและเพศชาย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพัฒนาการทางด้านการคิดเชิงมิติสัมพันธ์มีความสำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์โดยเฉพาะเรขาคณิต

Giofrè, Mammarella, and Cornoldi (2014) ได้ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างเรขาคณิต, ความจำขณะคิด และเชาวน์ปัญญาของเด็ก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา1) ความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะคิด เชาวน์ปัญญา (g factor) และเรขาคณิต (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตและการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต) 2) ปัจจัยทางปัญญา (Cognitive) สามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตได้ หรือ ไม่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 176 คน (เกรด 4 และเกรด 5) ใช้โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ในการวิเคราะห์ ผลการวิจัย

ปรากฏว่า ความจำขณะคิด เชาวน์ปัญญา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตมีความสัมพันธ์กัน และความจำขณะคิด เชาวน์ปัญญา สามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตได้โดยเฉพาะความจำขณะคิด

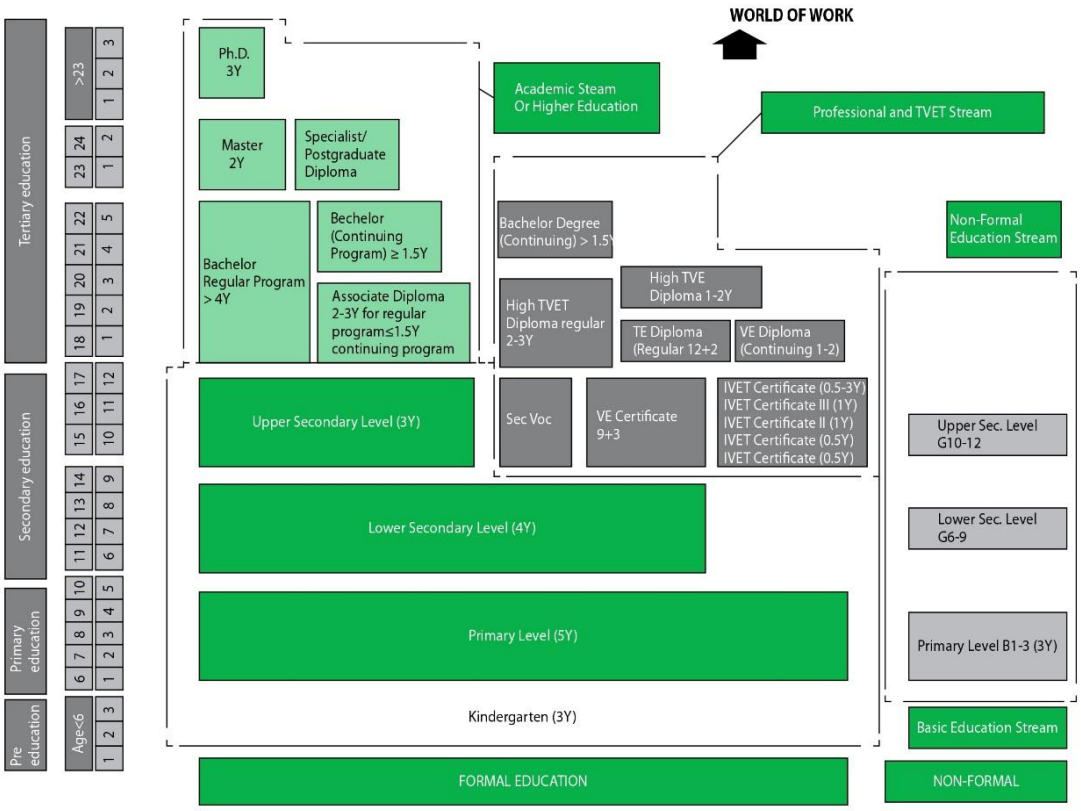
Liao, Yu, and Wu (2015, pp. 221-222) ได้ศึกษาเรื่อง การเรียนเรขาคณิตด้วยการใช้โลกเสมือนผสานโลกจริงเพื่อเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบโลกเสมือนผสานโลกจริง (Augmented Reality System: AR) ในการแก้ปัญหาลูกบาศก์ของรูบิค (Rubik's Cube) และเรียนรู้แนวคิดรูปทรงเรขาคณิตเกี่ยวกับปริมาณและพื้นที่ผิว และศึกษาผลของการใช้ระบบโลกเสมือนผสานโลกจริงในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทัศนคติที่มีต่อการเรียนรู้ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 7 แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้ระบบโลกเสมือนผสานโลกจริง และกลุ่มควบคุมเรียนแบบดั้งเดิม ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทัศนคติต่อการเรียน มากกว่ากลุ่มควบคุม

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตเป็นความสำเร็จของนักเรียนในการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ที่เนื้อหาเกี่ยวกับเรขาคณิต ซึ่งได้จากการทดสอบของครูผู้สอน เป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญในการที่จะเข้าใจโลกของความเป็นจริง เนื่องจากว่าเราสามารถที่จะเห็นแนวคิดทางเรขาคณิตอยู่ทุกที่ นักเรียนที่จะสามารถเรียนเรขาคณิตได้ดีต้องมีทักษะการจินตนาการ และตัวแปรทางปัญญาโดยเฉพาะความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต เป็นปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

ตอนที่ 4 ระบบการศึกษาของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (Education System of Lao PDR)

กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ได้ระบุไว้ชัดเจนว่า แผนพัฒนาการศึกษาต้องมีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาแห่งชาติ เป็นแผนที่เน้นการเพิ่มจำนวนนักเรียนที่จะเข้าเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและคุณภาพการศึกษามากขึ้น เนื่องจากว่าการเชื่อมโยงระหว่างการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ชุมชน และตลาดแรงงาน ถือเป็นภารกิจที่สำคัญในลำดับต้น ๆ (กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2013, หน้า 88-89)

ระบบการศึกษาของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ฉบับนี้ได้ประกาศใช้เมื่อวันที่ 17 / 7 / 2007 ได้ระบุ 4 องค์ประกอบหลักของระบบการศึกษา คือ การศึกษาปฐมวัย (Early Childhood Education) การศึกษาขั้นพื้นฐาน (General Education) อาชีวศึกษา (Vocational Education) และอุดมศึกษา (Higher Education) ระบบการศึกษานี้ยังรวมถึงการศึกษานอกระบบด้วย ดังภาพที่ 40



ภาพที่ 40 ระบบการศึกษาของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (Lao PDR Education System) (UNESCO, 2013, p. 18)

องค์ประกอบที่สำคัญของระบบการศึกษาในระบบมีดังนี้:

1. การศึกษาปฐมวัย (Early Childhood Education) ประกอบไปด้วยสถานรับเลี้ยงเด็ก (3 เดือน ถึง 3 ปี) และโรงเรียนอนุบาล (3 ปี ถึง 6 ปี)

2. การศึกษาขั้นพื้นฐาน (General Education) จะประกอบไปด้วย ระดับประถมศึกษา (Primary Education) (ใช้เวลาเรียน 5 ปี เริ่มแต่ เกรด 1 ถึง 5) ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (Lower Secondary Education) (ใช้เวลาเรียน 4 ปี เริ่มแต่ เกรด 6 ถึง 9) และการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Upper Secondary Education) (ใช้เวลาเรียน 3 ปี เริ่มแต่ เกรด 10 ถึง 12)

3. อุดมศึกษา (Higher Education) จะประกอบไปด้วย ระดับอนุปริญญา (Undergraduate) (ใช้เวลาเรียน 3 ปี), ระดับปริญญาตรี (Bachelor) (ใช้เวลาเรียน 4 ปี) ระดับปริญญาโท (Master) (ระดับปริญญาตรี +2 ปี) และปริญญาเอก (PhD) (ระดับปริญญาโท +3 ปี)

4. อาชีวศึกษา หรือ อบรมวิชาชีพ (TVET) ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ ระดับชั้นต้น (Primary or First Level), ระดับชั้นกลาง (Middle Level) และระดับชั้นสูง (High Level) (UNESCO, 2013, pp. 18-19)

หลักสูตรการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสร้างขึ้นตามข้อตกลงของนายกรัฐมนตรีของกระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ฉบับเลขที่ 325/สส.สวส/011 ลงวันที่ 8/2/2011 ว่าด้วยการรับรองและประกาศนำใช้หลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นหลักสูตรที่เพิ่มระดับความยากและขยายเนื้อหาที่ได้เรียนในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น นอกจากนี้ยังมีบางวิชาที่ต้องได้เรียน ให้ลึกซึ้งขึ้นเพื่อพัฒนาความรู้ ความสามารถ และทักษะพิเศษให้กับผู้เรียน เป็นหลักสูตรที่สร้างขึ้นตามแผนการปฏิรูปการศึกษาแห่งชาติ ค.ศ. 2006-2015 เพื่อให้นักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.5 - 7) มีคุณสมบัติ มีเจตคติที่ดี มีความรู้ และมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต ในสังคมที่มีการแข่งขันสูง และแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตัวเองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งโครงสร้างหลักสูตรการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ประกอบด้วย 14 วิชา ได้แก่ วิชาพื้นฐาน (วิชาบังคับ) 11 วิชา (ภาษาลาวและวรรณคดี คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ประวัติศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ศึกษาพลเมือง ICT พละศึกษา และภาษาต่างประเทศที่หนึ่ง (อังกฤษ)) และวิชาเลือก 3 วิชา (พื้นฐานวิชาชีพ ศิลปะ และภาษาต่างประเทศที่สอง (ฝรั่งเศส เวียดนาม จีน ญี่ปุ่น และอังกฤษ)) วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีจำนวนชั่วโมงเรียนมากที่สุด คือ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ หรือ 136 ชั่วโมงต่อปีการศึกษา (เท่ากับวิชาภาษาลาวและวรรณคดี) จะเห็นว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่สำคัญอย่างมากในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

สำหรับวิชาคณิตศาสตร์มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความรู้ ความเข้าใจและทักษะพื้นฐานที่ได้เรียนในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถที่จะปรับใช้ความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน และวิชาคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นทั้งใน และต่างประเทศ ซึ่งเนื้อหาทางด้านเรขาคณิตที่นักเรียนจะได้เรียนรู้มีทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ คือ สมการพาราโบลา (Parabola) สมการวงกลม (Circle) สมการวงรี (Ellipse) และสมการไฮเปอร์โบลา (Hyperbola) คำนวณเกี่ยวกับ มุม ระยะห่างระหว่างเส้นกับเส้น เส้นกับระนาบ การหาพื้นที่และปริมาตรของรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม คางหมู รูปหลายเหลี่ยม วงกลม ทรงกระบอก ทรงกรวย ปริซึม ทรงกลม ลูกบาศก์ เป็นต้น (กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2011, หน้า 1-31; 2013, หน้า 61)

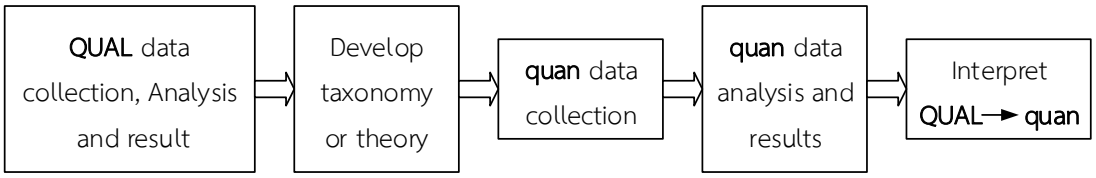
เกณฑ์การให้คะแนนเป็น 1 ถึง 10 และมีเกณฑ์การประเมิน (กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2011, หน้า 235) ดังนี้

9 ถึง 10 หมายถึง กลุ่มเก่ง
7 ถึง 8 หมายถึง กลุ่มปานกลาง
5 ถึง 6 หมายถึง กลุ่มอ่อน
0 ถึง 4 หมายถึง ไม่ผ่าน

กระทรวงศึกษาธิการและกีฬามีแผนพัฒนาการศึกษาต้องมีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาแห่งชาติที่ชัดเจนในการยกระดับคุณภาพการศึกษาโดยเฉพาะชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้มีความเชื่อมโยงกับชุมชน และตลาดแรงงานมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคุณสมบัติ มีเจตคติที่ดี มีความรู้ และมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต ในสังคมที่มีการแข่งขันสูง และแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตัวเองอย่างต่อเนื่อง วิชาที่กระทรวงศึกษาธิการและกีฬาให้ความสำคัญ คือ วิชาคณิตศาสตร์ เพราะเป็นวิชาที่มีความความสำคัญต่อการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นทั้งใน และต่างประเทศ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

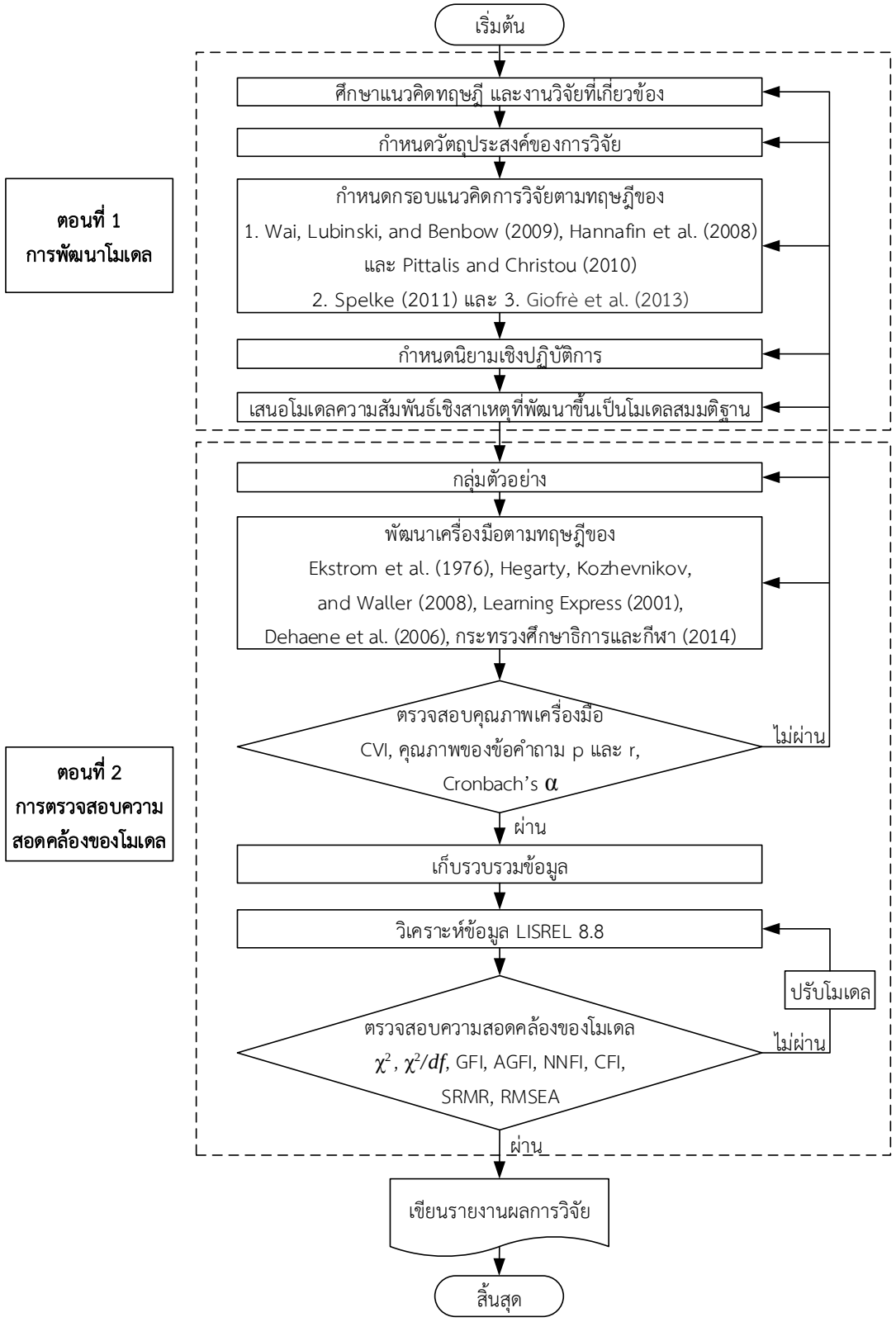
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา และตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว มีวิธีดำเนินการวิจัยโดยใช้ทฤษฎีการออกแบบงานวิจัย (Theory Development Design) ของ Edmonds and Kenedy (2013, p. 170) ซึ่งดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้



ตอนที่ 1 การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ตอนที่ 2 การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต มีขั้นตอนการพัฒนา ตามภาพที่ 41



ภาพที่ 41 ขั้นตอนการพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

ตอนที่ 1 การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว พัฒนาตามขั้นตอนดังนี้

การวิจัยนี้ได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ทฤษฎีของ Wai, Lubinski, and Benbow (2009) ได้อธิบายถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในช่วงวัยรุ่น (วัยรุ่นมีอายุ 13-18 ปี, Havighurst, 1972) มีความโดดเด่น เป็นคุณลักษณะที่สำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสำเร็จในสาขา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) เรขาคณิตเป็นส่วนที่สำคัญของคณิตศาสตร์ (De Klerk, 2009, p. 55) ประกอบกับทฤษฎีของ Hannafin et al. (2008) ที่ได้อธิบายว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์โดยเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ซึ่งเนื้อหาเรขาคณิตชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรของกระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว มี 4 เนื้อหา ได้แก่ พาราโบลา วงกลม วงรี และไฮเปอร์โบลา (กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2011, หน้า 22) และทฤษฎีของ Pittalis and Christou (2010) ที่ได้กล่าวว่าความสามารถ ด้านมิติสัมพันธ์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) เป็นความสามารถทาง การมองเห็น เป็นการทดสอบด้วยการใช้แบบทดสอบที่เป็นลำดับของ การเปลี่ยนแปลง และมีความสลับซับซ้อน ซึ่งจะต้องใช้การพับหรือการคลี่กระดาษ เมื่อพับแล้วทำการเจาะรูอาจจะหนึ่ง หรือ มากกว่าหนึ่งครั้ง 2) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) เป็นความสามารถของนักเรียนที่จะยังคงความไม่สับสนต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือ ทิศทางของรูปภาพ หรือ วัตถุ เช่น วัตถุหนึ่งเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือทิศทางไปทางขวา หรือ ซ้าย สูงกว่า หรือ ต่ำกว่า ใกล้กว่า หรือ ไกลกว่า เป็นต้น คือลักษณะสำคัญของปัจจัยนี้ 3) มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relation) เป็นความสามารถ ทางจิตในการรับรู้การหมุนของวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ ด้วยการตอบกลับอย่างรวดเร็วและถูกต้อง

มิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับ และการจินตภาพได้เป็นอย่างดี (Lohman, 1988, pp. 181–248) เป็นองค์ประกอบย่อยที่สำคัญของความจำขณะคิด (Working Memory) (Baddeley & Hitch, 1974 cited in Goldstein, 2011, pp. 130-136) และอธิบายมิติสัมพันธ์ที่มีผลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต โดยใช้ทฤษฎีของ Spelke (2011, p. 288) ที่กล่าวว่า ระบบทางปัญญา (Cognitive Systems) มีความเกี่ยวข้องกับมิติสัมพันธ์ และเป็นที่มาของการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตเป็นความเข้าใจความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิตจากประสบการณ์ที่ผ่านมา (Dehaene et al., 2006) การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีความเชื่อมโยงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Giofrè et al., 2013)

ดังนั้นจึงสรุปได้โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ดังแสดงในภาพที่ 1 หน้า 4

ตอนที่ 2 การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

วิธีการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล ดำเนินการดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การพัฒนาเครื่องมือ
4. ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2015-2016 จำนวน 400 คน โดยมีวิธีการพิจารณาเลือกกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ภาค เรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2015-2016 โดยใช้การประมาณขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Hair et al. (2010, p. 102) หน่วยตัวอย่างควรมีอัตราส่วน 10-20 เท่าต่อ 1 ตัวแปรสังเกตได้ ในการวิจัยนี้มีตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมด 19 ตัวแปร จะมีขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 190-380 คน ขณะที่ Schumacker and Lomax (2010, p. 232) ได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) โดยโปรแกรม LISREL นั้นจะต้องมีกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำ 400 คน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน ตามทฤษฎีของ Hair et al. (2010) และ Schumacker and Lomax (2010)

2. การได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Random Sampling) มีโรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม (Sampling Unit) รายละเอียดของกลุ่มตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งมีขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง ดังนี้

2.1 ใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย โดยการสุ่มรายชื่อโรงเรียน จำแนกตามขนาดสถานศึกษาตามเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2554 คือ โรงเรียนขนาดเล็กมีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 499 คนคนลงมา โรงเรียนขนาดกลางมีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 500 - 1,499 คน และโรงเรียนขนาดใหญ่มีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 1,500 - 2,499 คน สุ่มมาขนาดละ 3 โรงเรียน ได้ 7 โรงเรียน

2.2 ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย สุ่มนักเรียนตามขนาดโรงเรียน ได้ จำนวน 400 คน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างจำแนกตามขนาดสถานศึกษา

ขนาดสถานศึกษา	โรงเรียน	จำนวนตัวอย่าง	ร้อยละของตัวอย่าง
เล็ก	1. โรงเรียนพรสะหวัน	40	
	2. โรงเรียนงัวแดง	40	
	3. โรงเรียนหัวแซ	40	
	รวม	120	30
กลาง	4. โรงเรียนเก่าเกิง	54	
	5. โรงเรียนปากช่อง	53	
	6. โรงเรียนสะผ่าย	53	
	รวม	160	40
ใหญ่	7. โรงเรียนโพนไช	120	
	รวม	120	30
	รวมทั้งหมด	400	100

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแบบทดสอบหลายตัวเลือก ประกอบด้วย

1. แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์
2. แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

แบบทดสอบแต่ละชุดมีรายละเอียด ดังนี้

1. แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability)

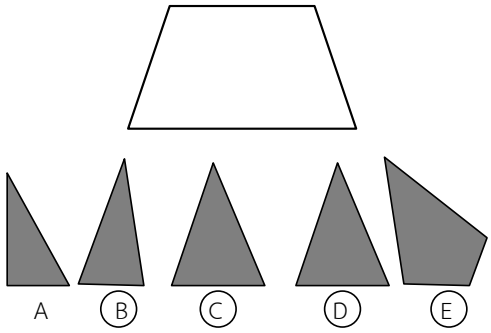
เป็นการทดสอบความสามารถทางสติปัญญาที่อาศัยหลักการมองเห็น การจินตนาการ หรือการจินตภาพเกี่ยวกับรูปร่าง รูปทรงในมิติต่าง ๆ ทั้งที่มีและไม่มีความหมาย ผู้ตอบแบบทดสอบจะต้องมีจินตภาพว่ารูปร่าง หรือ รูปทรงจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรจากรูปที่กำหนดให้ นอกจากนั้นผู้ตอบจะต้องสามารถมองเห็นและเชื่อมโยงความสัมพันธ์รูปทรงต่าง ๆ ได้ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มี 3 ประเภท ได้แก่

1.1 มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization)

1.1.1 แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การประกอบรูป (Form Board)

การประกอบรูป แบบทดสอบนี้พัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Ekstrom et al. (1976) เป็นแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ให้นักเรียนเลือกจำนวน 4 รูป จากทั้งหมด 5 รูป โดยการทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ที่ช่อง A B C D E ซึ่งรูปที่เลือกต้องเป็นรูปที่สามารถประกอบรวมกันเป็นรูปที่กำหนดให้ได้อย่างสมบูรณ์ รูปที่จะเลือกบางรูปอาจต้องมีการหมุนจึงสามารถประกอบรวมกันได้ ดังภาพที่ 42

คำถาม ข้อที่ 00:

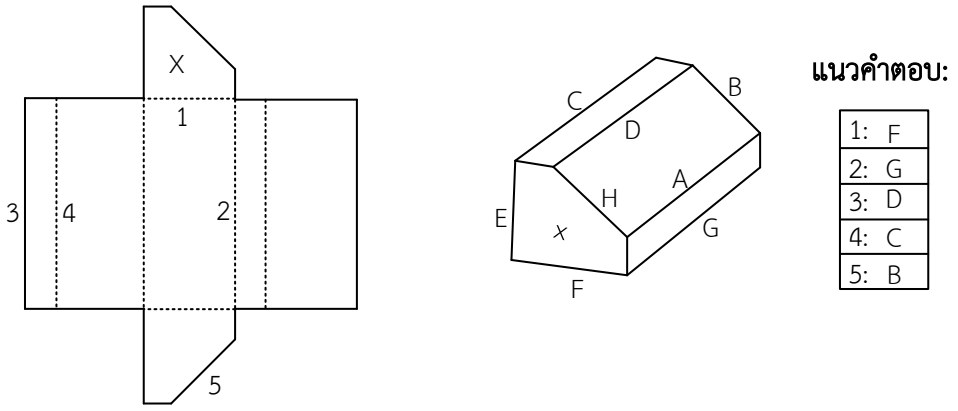


ภาพที่ 42 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การประกอบรูป

1.1.2 แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์พัฒนาการเชิงพื้นผิว (Surface Development)

พัฒนาการเชิงพื้นผิว แบบทดสอบนี้พัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Ekstrom et al. (1976) เป็นแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบว่าตัวเลขใดที่อยู่บนด้านของรูป 2 มิติ ตรงกับตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใดที่อยู่บนด้านของรูป 3 มิติ แล้วเลือกตัวอักษร A B C D... ที่อยู่บนด้านของรูป 3 มิติ ลงในช่องคำตอบหมายเลข 1 ถึง 5 กำหนดให้เครื่องหมาย X เป็นสัญลักษณ์ที่บ่งบอกว่าทั้งสองรูปเป็นด้านเดียวกัน ดังภาพที่ 43

คำถาม ข้อที่ 00:



แนวคำตอบ:

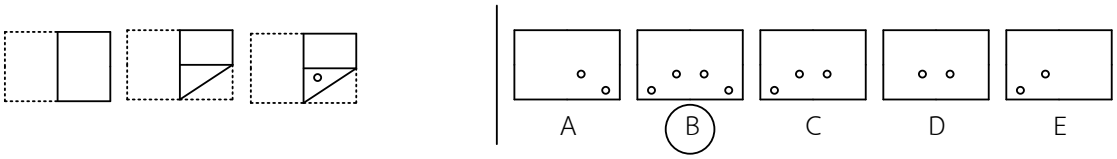
1:	F
2:	G
3:	D
4:	C
5:	B

ภาพที่ 43 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์พัฒนาการเชิงพื้นผิว

1.1.3 แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การพับกระดาษ (Paper Folding)

การพับกระดาษ แบบทดสอบนี้พัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Ekstrom et al. (1976) เป็นแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว โดยการพิจารณาจากรูปที่ได้จากการคลี่ออกของการพับและเจาะรูกระดาษของรูปที่อยู่ซ้ายมือ แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ในช่อง A B C D หรือ E ดังภาพที่ 44

คำถาม ข้อที่ 00:



ภาพที่ 44 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การพับกระดาษ

1.2 มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation)

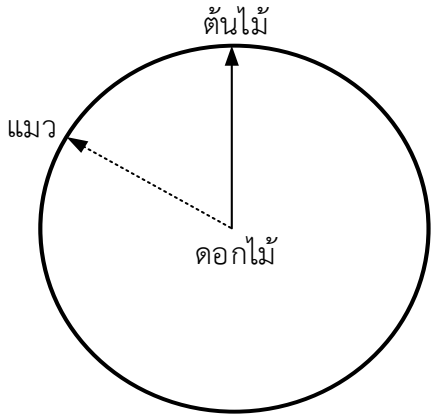
1.2.1 แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การระบุตำแหน่งวัตถุ (Object Perspective)

การระบุตำแหน่งวัตถุ แบบทดสอบนี้ใช้ของ Hegarty, Kozhevnikov, and Waller (2008) เป็นแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ให้นักเรียนจินตนาการว่าเรากำลังยืนอยู่ ณ วัตถุที่ 1 ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม กำลังมองไปยังวัตถุที่ 2 ซึ่งเป็นจุดที่อยู่บนสุดของเส้นรอบวงกลม แล้วให้ระบุตำแหน่งและทิศทางของวัตถุที่ 3 โดยการทำเส้นประที่มีหัวลูกศรจากจุดศูนย์กลางชี้ไปยังเส้นรอบวงกลม แล้วเขียนชื่อบริเวณปลายหัวลูกศรเส้นประเพื่อบอกชื่อของวัตถุนั้น ดังภาพที่ 45

คำถาม ข้อที่ 00:

ให้นักเรียนจินตนาการว่ากำลังยืนอยู่ตำแหน่ง **ดอกไม้** และกำลังมองไปที่ตำแหน่ง **ต้นไม้** จงชี้ไปยังตำแหน่ง **แมว**

แนวคำตอบ:

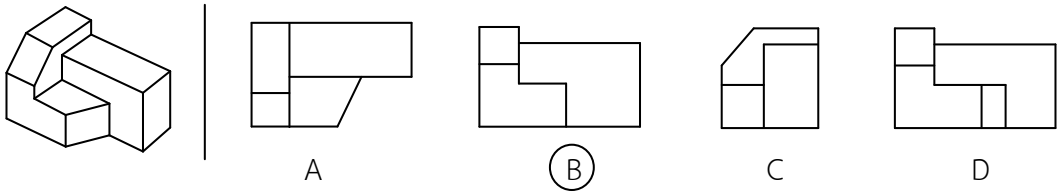


ภาพที่ 45 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การระบุตำแหน่งวัตถุ

1.2.2 แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การมองภาพ (Image Perspective)

การมองภาพ แบบทดสอบนี้ใช้ของ Learning Express (2001) เป็นแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบรูปที่ได้จากการมองรูป 3 มิติ ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านบน ด้านข้าง และด้านหน้า แล้วเลือกคำตอบเพียงคำตอบเดียวที่ไม่ใช่รูปที่ได้จากการมองทั้ง 3 ด้าน โดยทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ในช่อง A B C หรือ D ดังภาพที่ 46

คำถาม ข้อที่ 00:



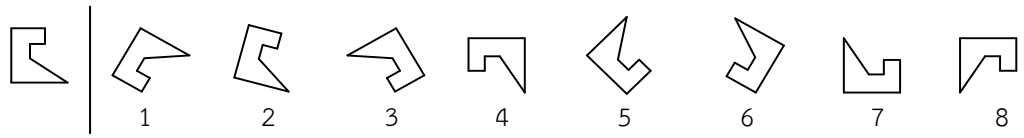
ภาพที่ 46 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การมองภาพ

1.3 มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relations)

1.3.1 แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การหมุนบัตร (Card Rotation)

การหมุนบัตร แบบทดสอบนี้พัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Ekstrom et al. (1976) เป็นแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวในแต่ละรูป โดยเปรียบเทียบกับรูปที่อยู่ด้านซ้ายมือ แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (✕) บนช่อง “เหมือน” ที่เห็นว่าเป็นรูปที่เหมือนกัน หรือ เครื่องหมายกากบาท (✕) บนช่อง “ต่าง” ที่เห็นว่าเป็นรูปที่ต่างกัน บนกระดาษ คำตอบให้ครบทุกรูป ดังภาพที่ 47

คำถาม ข้อที่ 00:

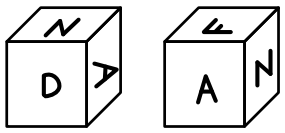


ภาพที่ 47 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การหมุนบัตร

1.3.2 แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การเปรียบเทียบลูกบาศก์ (Cube Comparison)

การเปรียบเทียบลูกบาศก์ แบบทดสอบนี้พัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Ekstrom et al. (1976) เป็นแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว โดยเปรียบเทียบรูปลูกบาศก์ทั้งสองรูปที่หมุนในทิศทางที่แตกต่างกัน ซึ่งตัวอักษร ตัวเลข หรือสัญลักษณ์บางตัวอาจถูกบทบังไว้ข้างหลังแต่จะเห็นได้หลังจากที่หมุนลูกบาศก์ แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (✕) บนช่อง “เหมือน” ที่เห็นว่าลูกบาศก์ทั้งสองรูปเหมือนกัน หรือ ทำเครื่องหมายกากบาท (✕) บนช่อง “ต่าง” ที่เห็นว่าลูกบาศก์ทั้งสองรูปต่างกัน ดังภาพที่ 48

คำถาม ข้อที่ 00:



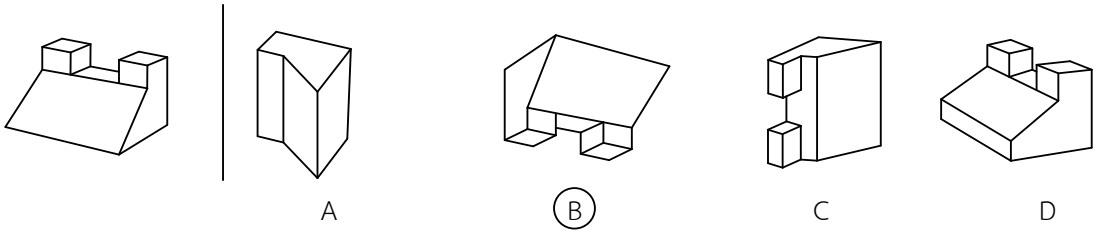
❑เหมือน ☒ต่าง

ภาพที่ 48 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การเปรียบเทียบลูกบาศก์

1.3.3 แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การหมุนวัตถุ (Object Rotation)

การหมุนวัตถุ แบบทดสอบนี้ใช้ของ Learning Express (2001) เป็นแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบรูปที่ได้จากการหมุน แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวซึ่งเป็นรูปที่เหมือนกับรูปที่อยู่ด้านซ้ายมือ โดยทำเครื่องหมายกากบาท (✕) บนตัวเลือกที่ช่อง A B C หรือ D ดังภาพที่ 49

คำถาม ข้อที่ 00:

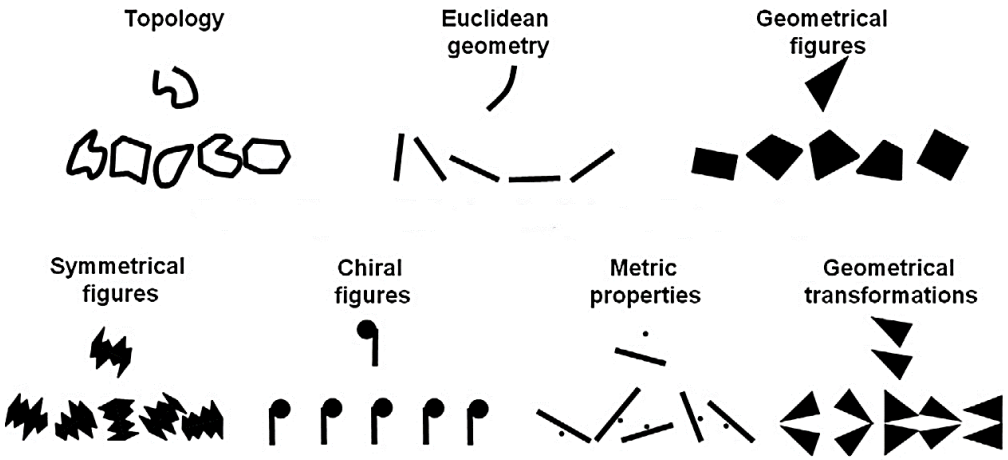


ภาพที่ 49 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์การหมุนวัตถุ

2. แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

เป็นแบบทดสอบความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิต แบบทดสอบนี้ใช้ของ Dehaene et al. (2006) เป็นแบบทดสอบที่มีเนื้อหาทั้งแบบยุคลิด (Euclidian Geometry) เช่น จุด (Points) เส้น (Lines) ระนาบ (Planes) และพื้นผิว (surfaces) และแบบการเปลี่ยนแปลง (Transformation Geometry) ที่เป็นการเปลี่ยนรูปทรงทางเรขคณิตจากรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง ด้วยวิธีการสะท้อนกลับ (Reflection) การหมุน (Rotation) การเลื่อนขนาน (Translations) การขยาย (Dilations) และการย่อ (Contractions) โดยแต่ละข้อจะให้มาทั้งหมด 6 รูป ให้นักเรียนเลือกหนึ่งรูปที่แตกต่างจากกลุ่ม โดยทำเครื่องหมาย กากบาท (✕) ลงในช่องคำตอบ A B C D E หรือ F ดังภาพที่ 50

คำถาม ข้อที่ 00:



ภาพที่ 50 ตัวอย่างแบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต เป็นแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นตามตำราเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ปีที่ 5 ภาคตัดกรวย ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเรขาคณิต ได้แก่ สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี และสมการไฮเปอร์โบลา (กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2014) ซึ่งแบบทดสอบมี 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกเพียงคำตอบเดียวที่เป็นคำตอบที่ถูกต้อง ดังภาพที่ 51

คำถาม ข้อที่ 00:

กำหนดให้สมการวงรี $9x^2+25y^2=225$ จงหาผลรวมของระยะห่างจากจุดหนึ่งของวงรีหาจุดโฟกัสทั้งสองจุด $|MF'|+|MF|=?$

แนวคำตอบ:

คำตอบใดต่อไปนี้เป็นตำตอบที่ถูก?

ก. $|MF'|+|MF|=4$ ข. $|MF'|+|MF|=6$

ค. $|MF'|+|MF|=8$ (ง.) $|MF'|+|MF|=10$

ภาพที่ 51 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

การพัฒนาเครื่องมือ

ผู้วิจัยพัฒนาแบบทดสอบทั้ง 3 ชุด คือ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยดำเนินการดังนี้

แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ศึกษาเอกสาร แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ของ Ekstrom et al. (1976) มีเนื้อหาเกี่ยวกับการประกอบรูป (Form Board) พัฒนาการเชิงพื้นผิว (Surface Development) การพับกระดาษ (Paper Folding) การหมุนบัตร (Card Rotation) การเปรียบเทียบลูกบาศก์ (Cube Comparison) Hegarty, Kozhevnikov, and Waller (2008) มีเนื้อหาเกี่ยวกับการระบุตำแหน่งวัตถุ (Object Perspective) และ Learning Express (2001) มีเนื้อหาเกี่ยวกับการมองภาพ (Image Perspective) การหมุนวัตถุ (Object Rotation) มาพัฒนาแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

ศึกษาเอกสาร แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต โดยเฉพาะ Dehaene et al. (2006) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบทดสอบ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

ศึกษาเอกสาร แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยการศึกษาหลักสูตร และตำราเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเรขาคณิตชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, (2014) ซึ่งเนื้อหาทางด้านเรขาคณิตที่นักเรียนจะได้เรียนรู้มีทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ ที่เป็นการตัดกรวย (Conic Sections) ได้แก่ สมการพาราโบลา (Parabola) สมการวงกลม (Circle) สมการวงรี (Ellipse) และสมการไฮเปอร์โบลา (Hyperbola) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

นำแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นเป็นภาษาไทยไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 6 คน โดยแบ่งเป็น 3 คน เป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และแบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ได้แก่

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานดา นาคะเวช
   อาจารย์ประจำมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
2. ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง
   อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ดร.ปิยะทิพย์ ตินวร
   อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

และ 3 คน เป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ได้แก่

1. นายบุญสืบ มะปรางหวาน
   ครูชำนาญการพิเศษ (คศ. 3) กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ โรงเรียนแสนสุข
2. นางดารารัตน สายดาราสมุทร
   ครูชำนาญการพิเศษ (คศ. 3) กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ โรงเรียนพนัสพิทยาคาร
3. นางวิลาวรรณ เนื่องจำนงค์
   ครูชำนาญการพิเศษ (คศ. 3) กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ โรงเรียนพนัสพิทยาคาร

เมื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาแล้ว ผู้วิจัยนำผลการพิจารณาของแต่ละคนมาคำนวณหาค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) ผลการพิจารณา มีดังนี้

ข้อคำถามเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ทั้งสามด้าน คือ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ มีจำนวน 56 ข้อ ผลการพิจารณา ปรากฏว่า แต่ละข้อมีค่าความสอดคล้องที่ระดับ 3-4 และดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา CVI แต่ละข้อมีค่าเท่ากับ 1.00 แสดงว่า ข้อคำถามนั้นมีความตรงเชิงเนื้อหา แปลความได้ว่า แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 56 ข้อ มีความตรงเชิงเนื้อหา

ข้อคำถามเกี่ยวกับการหยั่งรู้ทางเรขาคณิต มีจำนวน 43 ข้อ ผลการพิจารณา ปรากฏว่า แต่ละข้อมีค่าความสอดคล้องที่ระดับ 3-4 และดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา CVI แต่ละข้อมีค่าเท่ากับ 1.00 แสดงว่า ข้อคำถามนั้นมีความตรงเชิงเนื้อหา แปลความได้ว่า แบบทดสอบการหยั่งรู้ทางเรขาคณิต จำนวน 43 ข้อ มีความตรงเชิงเนื้อหา

ข้อคำถามเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต มีจำนวน 60 ข้อ ผลการพิจารณา ปรากฏว่า แต่ละข้อมีค่าความสอดคล้องที่ระดับ 3-4 และดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา CVI แต่ละข้อมีค่าเท่ากับ 1.00 แสดงว่า ข้อคำถามนั้นมีความตรงเชิงเนื้อหา แปลความได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต จำนวน 60 ข้อ มีความตรงเชิงเนื้อหา

ผลการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา ได้ข้อคำถามที่มีความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบทั้งสามฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีสามด้าน คือ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ มีจำนวน 56 ข้อ แบบทดสอบการหยั่งรู้ทางเรขาคณิต มีจำนวน 43 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต มีจำนวน 60 ข้อ แต่ละข้อมีค่าความสอดคล้องที่ระดับ 3-4 และดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา CVI แต่ละข้อมีค่าเท่ากับ 1.00 มากกว่า .80 แปลความได้ว่า แบบทดสอบทั้งหมดผ่านเกณฑ์ (Polit & Beck, 2006)

2. การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้านภาษาลาว

นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตที่เป็นภาษาลาว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ด้านเรขาคณิต และภาษาลาว จำนวน 3 คน เป็นผู้ตรวจสอบความสอดคล้องของแบบทดสอบแต่ละข้อกับนิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ ความชัดเจนของภาษา และความครอบคลุมของเนื้อหาด้านเรขาคณิตที่เป็นภาษาลาว ได้แก่

1. Mr. Bounlay Khamkeo (Master of Mathematics)
   Vice – dean of Faculty of Education, Champasack University
2. Mr. Kilaysone Asai (Master of Mathematics)
   Vice – dean of Faculty of Education, Champasack University
3. Mr. Thipphavanh Khanthaphone (Master of Curriculum and Instruction)
   Teacher of Faculty of Education, Champasack University

ผลการพิจารณาข้อคำถามเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต มีจำนวน 60 ข้อ ปรากฏว่า แต่ละข้อมีค่าความสอดคล้องที่ระดับ 3-4 และดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา CVI แต่ละข้อมีค่าเท่ากับ 1.00 แสดงว่า ข้อคำถามนั้นมีความตรงเชิงเนื้อหา แปลความได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต จำนวน 60 ข้อ มีความตรงเชิงเนื้อหา

3. การตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถาม (Inspection of Items Quality)

นำแบบทดสอบที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาแล้ว ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 56 ข้อ แบบทดสอบการหยั่งรู้ทางเรขาคณิต มีจำนวน 43 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต จำนวน 60 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประทุมพร จังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว จำนวน 50 คน เมื่อวันที่ 6 ตุลา 2558 แล้วนำผลการตอบแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าเป็นรายข้อ ได้แก่ ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป TAP เพื่อคัดเลือกข้อคำถามที่ดีที่สุดตามจำนวนที่ผู้วิจัยต้องการ คือ ค่าความยาก (p) ควรมีค่าตั้งแต่ .20 ถึง .80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ควรมีค่าตั้งแต่ .20 ขึ้นไป (Janssens, Meier & Trace, 2014)

เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยาก (p)

.81 ถึง 1.00	ง่ายมาก
.60 ถึง .80	ค่อนข้างง่าย
.40 ถึง .59	ยากพอเหมาะ
.20 ถึง .39	ค่อนข้างยาก
.00 ถึง .19	ยากมาก

เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r)

มากกว่า .40	อำนาจจำแนกดีมาก
.30 ถึง .39	อำนาจจำแนกดี
.20 ถึง .29	อำนาจจำแนกพอใช้
น้อยกว่า .19	อำนาจจำแนกต่ำ

ข้อคำถามที่มีคุณภาพที่ผู้วิจัยต้องการ คือ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 28 ข้อ แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต จำนวน 43 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต จำนวน 30 ข้อ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบจำแนกตามตัวแปรแฝง

ตัวแปรสังเกตได้	จำนวนข้อคำถาม	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อคำถามที่คัดเลือก
มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ	11			
การประกอบรูป	4	.42 - .60	.30 - .43	2, 4, 6, 8
พัฒนาการเชิงพื้นผิว	4	.54 - .60	.36 - .47	1, 3, 5, 7
การพับกระดาษ	3	.32 - .58	.25 - .50	1, 4, 5
มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง	7			
การระบุตำแหน่งวัตถุ	3	.32 - .60	.20 - .32	2, 3, 6
การมองภาพ	4	.56 - .62	.27 - .50	1, 4, 6, 7
มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์	10			
การหมุนบัตร	4	.50 - .58	.25 - .43	1, 4, 6, 8
การเปรียบเทียบลูกบาศก์	3	.32 - .60	.20 - .38	4, 5, 6
การหมุนวัตถุ	3	.32 - .60	.20 - .32	1, 4, 5
การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต	43			
โทโพโลยี	4	.42 - .70	.50 - .56	1, 2, 3, 4
เรขาคณิตแบบยูคลิด	8	.34 - .76	.22 - .50	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
รูปภาพเรขาคณิตทั่วไป	9	.58 - .78	.36 - .58	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
รูปภาพเชิงสมมารถ	3	.40 - .66	.25 - .35	22, 23, 24
รูปภาพเชิงสมมารถแบบสะท้อน	4	.36 - .76	.21 - .27	25, 26, 27, 28
คุณสมบัติทางการวัด	7	.32 - .76	.38 - .47	29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
การแปลงทางเรขาคณิต	8	.46 - .72	.20 - .58	36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต	30			
พาราโบลา	7	.50 - .68	.27 - .48	2, 3, 19, 20, 22, 40, 41
วงกลม	7	.40 - .68	.29 - .66	4, 7, 26, 27, 29, 47, 48
วงรี	8	.38 - .60	.27 - .62	8, 12, 13, 30, 31, 33, 52, 54
ไฮเปอร์โบลา	8	.40 - .58	.28 - .73	14, 16, 17, 35, 36, 38, 56, 59

4) การตรวจสอบความเที่ยงเชิงความสอดคล้องถายใน (Internal Consistency ReliAbility)

นำแบบทดสอบที่ผ่านกานคัดเลือกมาหาค่าความเที่ยง (ReliAbility) ของแบบทดสอบจำแนกตามตัวแปรแฝงด้วยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ซึ่ง Cronbach's - α ควรมีค่า .70 ขึ้นไป (Pallant, 2013, p. 104) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบจำแนกตามตัวแปรแฝง

ตัวแปรสังเกตได้	จำนวนข้อ	ค่าความเที่ยง
มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ	11	.84
มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง	7	.74
มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์	10	.77
การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต	43	.78
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต	30	.81

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. นำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ถึงแผนกศึกษาธิการและกีฬาของจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เพื่อเป็นหลักฐานในการขอหนังสือความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

2. นำหนังสือความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ออกให้โดยแผนกศึกษาธิการและกีฬาของจังหวัดจำปาสัก ถึงโรงเรียนที่เป็นโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อติดต่อประสานงานกับโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการกำหนด วัน เวลา และสถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. ผู้วิจัยลงไปเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 20 ตุลาคม ถึง วันที่ 7 พฤศจิกายน 2558 โดยการนำแบบทดสอบจำนวน 400 ฉบับไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในโรงเรียนแต่ละแห่งที่ได้นัดหมายไว้ ก่อนที่นักเรียนจะทำแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย และอธิบายวิธีการทำแบบทดสอบแต่ละตอน แต่ละฉบับให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบก่อน เพื่อให้การทำแบบทดสอบได้ผลที่สมบูรณ์

4. นำแบบทดสอบที่รวบรวมได้ทั้งหมด 400 ฉบับ มาลงรหัส เพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อข้อมูลมีความพร้อมสำหรับการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจะดำเนินการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติ ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ทราบลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง และตัวแปรด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย โดยผลรวมของคแนน วิเคราะข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

2. ตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถาม ได้แก่ ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป TAP ซึ่ง ค่าความยาก (p) ควรมีค่าตั้งแต่ .20 ถึง .80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ควรมีค่าตั้งแต่ .20 ขึ้นไป (Janssens, Meier, & Trace, 2014)

3. วิเคราะห์ข้อมูลของตัวแปรสังเกตได้ เพื่อตรวจสอบการแจกแจงเป็นโค้งปกติ (Normality Distribution) ของข้อมูลโดยใช้คะแนนมาตรฐาน (Z Score) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม LISREL 8.8 for Windows (Jöreskog & Sörbom, 2006) โดยพิจารณาค่าความเบ้ (Skewness Index: SI) และค่าความโด่ง (Kurtosis Index: KI) ซึ่งค่าสมบูรณ์ของค่าความเบ้ (SI) ควรมีค่าไม่มากกว่า 3 และค่าสมบูรณ์ของค่าความโด่ง (KI) ควรมีค่า ไม่มากกว่า 8 แสดงว่าตัวแปรเหล่านั้นมีการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Kline, 2011, pp. 62-63)

4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) ให้ได้เมตริกสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้โดยใช้คะแนนมาตรฐาน (z score) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่อตรวจสอบข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) และการวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล (Path Analysis) โดยพิจารณาว่าตัวแปรสังเกตได้ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันควรมีค่าไม่เกิน .90 (Hair et al., 2010, p. 200)

5. วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) โมเดลการวัด (Measurement Model) ของตัวแปรแฝงในแต่ละด้าน ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation) มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relations), การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Maximum Likelihood โดยใช้คะแนนมาตรฐาน (Z Score) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม LISREL 8.8 for Windows (Jöreskog & Sörbom, 2006) และตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลสมการโครงการวัด พิจารณาได้จากค่าสถิติและดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง ได้แก่ ค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) ค่าองศาอิสระ (df) ค่าความน่าจะเป็น (p) ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง (GFI) ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องปรับแก้แล้ว (AGFI) ดัชนีความสอดคล้องไม่เป็นบรรทัดฐาน (NNFI) ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (CFI) รากค่าเฉลี่ยของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) และค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) (พูลพงศ์ สุขสว่าง, 2557)

6. วิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล (Path Analysis) โดยใช้คะแนนมาตรฐาน (Z Score) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม LISREL 8.8 for Windows (Jöreskog & Sörbom, 2006) และตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลสมการโครงสร้างตามทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาได้จากค่าสถิติและดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง ได้แก่ ค่าสถิติ ไค-สแควร์ (χ^2) ค่าองศาอิสระ (df) ค่าความน่าจะเป็น (p) ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง (GFI) ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องปรับแก้แล้ว (AGFI) ดัชนีความสอดคล้องไม่เป็นบรรทัดฐาน (NNFI) ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (CFI) รากค่าเฉลี่ยของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) และค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) (พูลพงศ์ สุขสว่าง, 2557)

ตารางที่ 4 เกณฑ์การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลสมการโครงสร้างตามทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ดัชนีความสอดคล้อง		เกณฑ์การตรวจสอบความสอดคล้อง	ค่าความเป็นไปได้
1.	χ^2	p >.05	มีค่ามากกว่า หรือ เท่ากับ 0
2.	χ^2/df	≤ 2	มีค่ามากกว่า หรือ เท่ากับ 0
3.	GFI	≥.95	มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
4.	AGFI	≥.95	มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
5.	NNFI	≥.95	มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
6.	CFI	≥.95	มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
7.	SRMR	<.05	มีค่ามากกว่า 0
8.	RMSEA	<.05	มีค่ามากกว่า 0

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงอธิบาย (Explanatory Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ดังกล่าว โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ

4.1 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ตามสมมติฐาน

4.2 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ปรับแก้แล้ว

ความหมายและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ มีดังนี้

SA	หมายถึง	ตัวแปรความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability)
SV	หมายถึง	ตัวแปรแฝงมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization)
SO	หมายถึง	ตัวแปรแฝงมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation)
SR	หมายถึง	ตัวแปรแฝงมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relations)
IG	หมายถึง	ตัวแปรแฝงการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต (Intuitive Geometry)
GA	หมายถึง	ตัวแปรแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Geometrical Achievement)
X1	หมายถึง	การประกอบรูป (Form Board)
X2	หมายถึง	พัฒนาการเชิงพื้นผิว (Surface Development)
X3	หมายถึง	การพับกระดาษ (Paper Folding)
X4	หมายถึง	การระบุตำแหน่งวัตถุ (Object Perspective)
X5	หมายถึง	การมองภาพ (Image Perspective)
X6	หมายถึง	การหมุนบัตร (Card Rotation)
X7	หมายถึง	การเปรียบเทียบลูกบาศก์ (Cube Comparison)
X8	หมายถึง	การหมุนวัตถุ (Object Rotation)
Y1	หมายถึง	โทโพโลยี (Topology)
Y2	หมายถึง	เรขาคณิตแบบยูคลิด (Euclidean Geometry)

Y3	หมายถึง	รูปภาพเรขาคณิตทั่วไป (Geometry Figures)
Y4	หมายถึง	รูปภาพเชิงสมมารถ (Symmetrical Figures)
Y5	หมายถึง	รูปภาพเชิงสมมารถแบบสะท้อน (Chiral Figures)
Y6	หมายถึง	คุณสมบัติทางการวัด (Metric Properties)
Y7	หมายถึง	การแปลงทางเรขาคณิต (Geometrical Transformation)
Y8	หมายถึง	สมการพาราโบลา (Parabola)
Y9	หมายถึง	สมการวงกลม (Circle)
Y10	หมายถึง	สมการวงรี (Ellipse)
Y11	หมายถึง	สมการไฮเปอร์โบลา (Hyperbola)
SEM	หมายถึง	โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling)
CFA	หมายถึง	การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)
CVI	หมายถึง	ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index)
n	หมายถึง	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
M	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean)
SD	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
R^2	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (Squared Multiple Correlation: R-square)
CV	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of Variation)
SI	หมายถึง	ความเบ้ (Skewness Index)
KI	หมายถึง	ความโด่ง (Kurtosis Index)
p	หมายถึง	ค่าความยาก (Classical Item Difficulty)
r	หมายถึง	ค่าอำนาจจำแนก (Classical Item Discrimination)
SE	หมายถึง	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error)
TE	หมายถึง	อิทธิพลรวม (Total Effect)
DE	หมายถึง	อิทธิพลทางตรง (Direct Effect)
IE	หมายถึง	อิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effect)
p	หมายถึง	ความน่าจะเป็นทางสถิติ (p-Value)
χ^2	หมายถึง	ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square)
df	หมายถึง	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)
GFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Indices)
AGFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Indices)
CFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ (Comparative Fit Indices)
NNFI	หมายถึง	ดัชนีความสอดคล้องไม่เป็นบรรทัดฐาน (Tucker - Lewis Index)

SRMR หมายถึง ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (Standardized Root Mean Squared Residual)

RMSEA หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (Root Mean Squared Error of Approximation)

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเพื่อศึกษาลักษณะการแจกแจงของตัวแปรที่เกี่ยวกับส่วนบุคคลของนักเรียน และค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสังเกตได้เกี่ยวกับ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) ค่าความเบ้ (SI) ค่าความโด่ง (KI) แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำเสนอจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคล ส่วนที่สองนำเสนอผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสังเกตได้

1. จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตาม เพศ อายุ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามลักษณะของตัวแปร

ลักษณะของตัวแปร	จำนวนนักเรียน (n=400)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	190	47.50
หญิง	210	52.50
ลักษณะของตัวแปร	จำนวนนักเรียน (n=400)	ร้อยละ
2. อายุ (อายุเฉลี่ย 16.56 ปี)		
15	39	9.75
16	166	41.50
17	137	34.25
18	48	12.00
19	10	2.50

จากตารางที่ 5 การวิจัยนี้มีผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมด จำนวน 400 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย จำนวน 190 คน คิดเป็นร้อยละ 47.50 เพศหญิง จำนวน 210 คน คิดเป็นร้อยละ 52.50 กลุ่มตัวอย่างมีอายุ 15 ปี จำนวน 39 คน คิดเป็นร้อยละ 9.75 อายุ 16 ปี จำนวน 166 คน คิดเป็นร้อยละ 41.50 อายุ 17 ปี จำนวน 137 คน คิดเป็นร้อยละ 34.25 อายุ 18 ปี จำนวน 48 คน คิดเป็นร้อยละ 12.00 อายุ 19 ปี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 2.50 โดยเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างมีอายุ 16.56 ปี

2. ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสังเกตได้ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าความเบ้ และความโด่ง ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสังเกตได้

ตัวแปรสังเกตได้	จำนวนข้อ	M	SD	CV (%)	SI	KI
มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ						
การประกอบรูป	4	1.583	0.628	39.672	1.520	-0.515
พัฒนาการเชิงพื้นผิว	4	1.670	0.622	37.246	-0.074	0.257
การพับกระดาษ	3	2.080	0.735	35.337	-1.217	-6.989
มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง						
การระบุตำแหน่งวัตถุ	3	1.655	0.572	34.562	0.509	-0.322
การมองภาพ	4	1.785	0.570	31.933	-0.390	0.996
มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์						
การหมุนบัตร	4	1.767	0.569	32.201	0.154	0.236
การเปรียบเทียบลูกบาศก์	3	2.040	0.632	30.980	-0.205	-3.061
การหมุนวัตถุ	3	2.008	0.651	32.420	0.038	-4.102
การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต						
โทโพโลยี	4	2.562	1.149	44.848	-1.326	-3.032
เรขาคณิตแบบยูคลิด	8	5.250	1.820	34.667	-0.643	-0.810
รูปภาพเรขาคณิตทั่วไป	9	6.087	2.019	33.169	-0.848	-1.234
รูปภาพเชิงสมมารถ	3	1.840	0.915	49.728	-1.657	-4.739
รูปภาพเชิงสมมารถแบบสะท้อน	4	2.453	1.091	44.476	-1.182	-2.622
คุณสมบัติทางการวัด	7	4.392	1.616	36.794	-0.689	-1.268
การแปลงทางเรขาคณิต	8	4.690	1.678	35.778	-0.036	-0.105
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต						
สมการพาราโบลา	7	2.822	1.058	37.491	2.037	-0.072
สมการวงกลม	7	2.820	0.938	33.262	1.605	0.481
สมการวงรี	8	3.557	1.065	29.941	0.133	0.345
สมการไฮเปอร์โบลา	8	3.518	1.014	28.823	0.341	0.368

จากตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ตัวแปรทั้ง 19 ตัว พบว่า ข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ โดยพิจารณาได้จากค่าความเบ้ (SI) และค่าความโด่ง (KI) ของตัวแปร ซึ่ง Kline (2011) ได้แนะนำว่า ค่าความเบ้ (SI) ของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวควรมีค่าสมบูรณ์ไม่มากกว่า 3 และค่าสมบูรณ์ของค่าความโด่ง (KI) ไม่มากกว่า 8 แสดงว่าตัวแปรเหล่านั้น มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยต่อไป

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 19 ตัวของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสักสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้

ตัวแปร	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Y1	1.000																		
Y2	.499**	1.000																	
Y3	.606**	.478**	1.000																
Y4	.448**	.615**	.468**	1.000															
Y5	.427**	.489**	.417**	.561**	1.000														
Y6	.407**	.462**	.422**	.558**	.579**	1.000													
Y7	.352**	.344**	.374**	.420**	.449**	.398**	1.000												
Y8	.314**	.291**	.382**	.374**	.378**	.364**	.308**	1.000											
Y9	.314**	.299**	.399**	.410**	.418**	.454**	.326**	.619**	1.000										
Y10	.380**	.392**	.453**	.442**	.416**	.452**	.374**	.511**	.505**	1.000									
Y11	.379**	.380**	.451**	.436**	.404**	.395**	.395**	.493**	.538**	.624**	1.000								
X1	.189**	.094	.154**	.095	.203**	.171**	.112*	.151**	.127*	.113*	.144**	1.000							
X2	.261**	.248**	.234**	.245**	.244**	.239**	.109*	.156**	.196**	.182**	.206**	.658**	1.000						
X3	.212**	.302**	.205**	.287**	.330**	.285**	.159**	.165**	.208**	.234**	.229**	.431**	.457**	1.000					
X4	.180**	.179**	.143**	.152**	.235**	.163**	.121*	.082	.105*	.109*	.116*	.436**	.454**	.485**	1.000				
X5	.238**	.291**	.211**	.215**	.314**	.219**	.171**	.145**	.177**	.143**	.157**	.503**	.578**	.510**	.477**	1.000			
X6	.231**	.273**	.230**	.226**	.298**	.273**	.185**	.186**	.214**	.166**	.227**	.504**	.557**	.478**	.482**	.638**	1.000		
X7	.216**	.241**	.192**	.249**	.257**	.316**	.227**	.134**	.143**	.126*	.161**	.486**	.481**	.536**	.425**	.486**	.432**	1.000	
X8	.200**	.230**	.228**	.233**	.252**	.262**	.132**	.139**	.190**	.147**	.139**	.470**	.514**	.563**	.501**	.441**	.446**	.483**	1.000

หมายเหตุ: ** $p < .01$, * $p < .05$

จากตารางที่ 7 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ 19 ตัวแปร มี 171 คู่ ปรากฏว่า มี 159 คู่ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 มี 9 คู่ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และ มี 3 คู่ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงแต่ละตัว ปรากฏว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกอยู่ในช่วง .132 ถึง .658 ที่มีนัยสำคัญที่ทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกอยู่ในช่วง .105 ถึง .127 ที่มีนัยสำคัญที่ทางสถิติที่ระดับ .05 และ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกอยู่ในช่วง .082 ถึง .095 ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวแปรคู่ที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดได้แก่ ตัวแปรสังเกตได้ด้านการประกอบรูป (X1) กับ พัฒนาการเชิงพื้นผิว (X2) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .658 และตัวแปรสังเกตได้ที่มีความสัมพันธ์กันน้อยที่สุดได้แก่ พาราโบลา (Y8) กับ การมองภาพ (X4) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .082

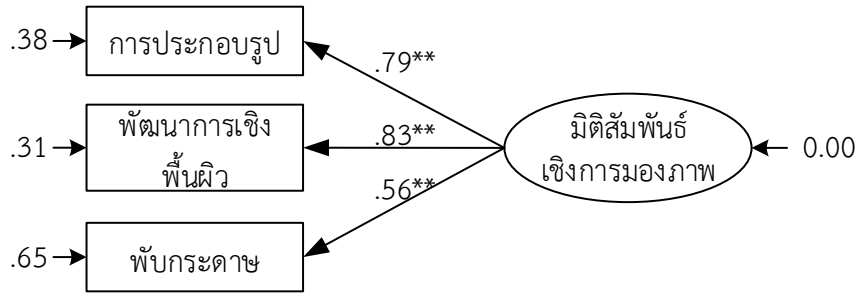
เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ที่อยู่ภายในตัวแปรแฝงเดียวกัน ปรากฏว่า ในกลุ่มตัวแปรแฝงมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ ตัวแปรสังเกตได้ด้านการประกอบรูป (X1) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับตัวแปรสังเกตได้ด้านพัฒนาการเชิงพื้นผิว (X2) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .658 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในกลุ่มตัวแปรแฝงมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง ตัวแปรสังเกตได้ด้านการระบุตำแหน่งวัตถุ (X4) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับตัวแปรสังเกตได้ด้านการมองภาพ (X5) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .477 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในกลุ่มตัวแปรแฝงมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ ตัวแปรสังเกตได้ด้านการเปรียบเทียบลูกบาศก์ (X7) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับตัวแปรสังเกตได้ด้านการหมุนวัตถุ (X8) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .483 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในกลุ่มตัวแปรแฝงการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ตัวแปรสังเกตได้ด้านเรขาคณิตแบบยูคลิด (Y2) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับตัวแปรสังเกตได้ด้านรูปภาพเชิงสมมารถ (Y4) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .615 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และในกลุ่มตัวแปรแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ตัวแปรสังเกตได้ด้านสมการวงรี (Y10) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับตัวแปรสังเกตได้ด้านสมการไฮเปอร์โบลา (Y11) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .615 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตกับตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ปรากฏว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรมีความสัมพันธ์กันทางบวก และส่วนมากมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีความสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .082 ถึง .454 โดยตัวแปรคู่ที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด คือ ตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตด้าน คุณสมบัติทางการวัด (Y6) กับตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตด้านสมการวงกลม (Y9) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .454 รองลงมาได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตด้านคุณสมบัติทางการวัด (Y6) กับ ตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตด้านด้านสมการวงรี (Y10) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .425

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ของโมเดลการวัด เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ขององค์ประกอบในแต่ละตัวแปรที่อยู่ในโมเดลว่าเป็นองค์ประกอบที่แท้จริงตามทฤษฎีและแนวคิดที่ได้ตรวจสอบมา โดยทำการวิเคราะห์โมเดลการวัดด้วยโปรแกรม LISREL 8.8 for Windows (Jöreskog & Sörbom, 2006) ได้แก่ โมเดลการวัดของตัวแปรแฝง มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ผู้วิจัยนำเสนอการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลการวัด ดังนี้

1. โมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ ประกอบด้วย ตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ การประกอบรูป พัฒนาการเชิงพื้นผิว และพับกระดาษ ดังภาพที่ 52



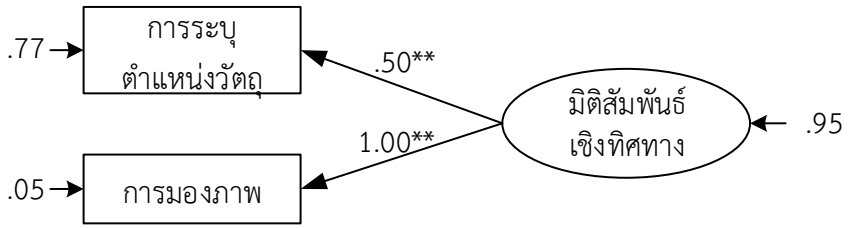
ค่าสถิติ χ^2 = .94, df =1, p = .33, GFI=1.00, AGFI= .99, CFI=1.00 , NFI=1.00, NNFI= 1.00, SRMR= .02, RMSEA= .00

หมายเหตุ: ** $p < .01$

ภาพที่ 52 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ

จากภาพที่ 52 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ ปรากฏว่า มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งพิจารณาได้จากค่า χ^2 เท่ากับ .94 ค่า df เท่ากับ 1 ค่า p เท่ากับ .33 น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .79 .83 และ .56 ตามลำดับ แสดงว่า ตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 3 ตัวแปร เป็นองค์ประกอบของตัวแปรแฝงมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ

2. โมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง ประกอบด้วย ตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัวแปร ได้แก่ การระบุตำแหน่งวัตถุ และการมองภาพ ดังภาพที่ 53

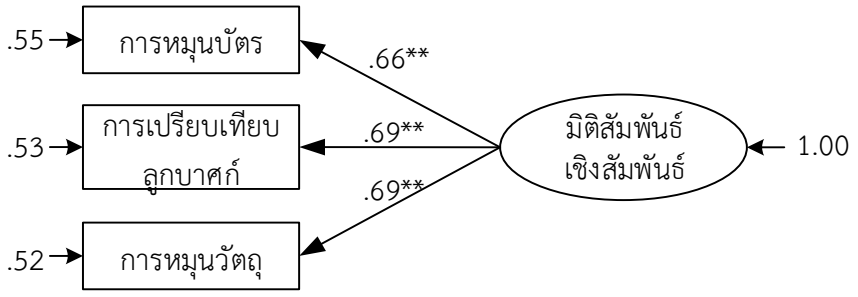


ค่าสถิติ χ^2 = .03, df =1, p = .86, GFI=1.00, AGFI=1.00, CFI=1.00 , NFI=1.00, NNFI= 1.00, SRMR= .01, RMSEA= .00
หมายเหตุ: ** $p < .01$

ภาพที่ 53 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง

จากภาพที่ 53 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง ปรากฏว่า มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งพิจารณาได้จากค่า χ^2 เท่ากับ .03 ค่า df เท่ากับ 1 ค่า p เท่ากับ .86 น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .50 และ 1.00 ตามลำดับ แสดงว่า ตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 2 ตัวแปร เป็นองค์ประกอบของตัวแปรแฝงมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง

3. โมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ ประกอบด้วย ตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ การหมุนบัตร การเปรียบเทียบลูกบาศก์ และการหมุนวัตถุดังภาพที่ 54

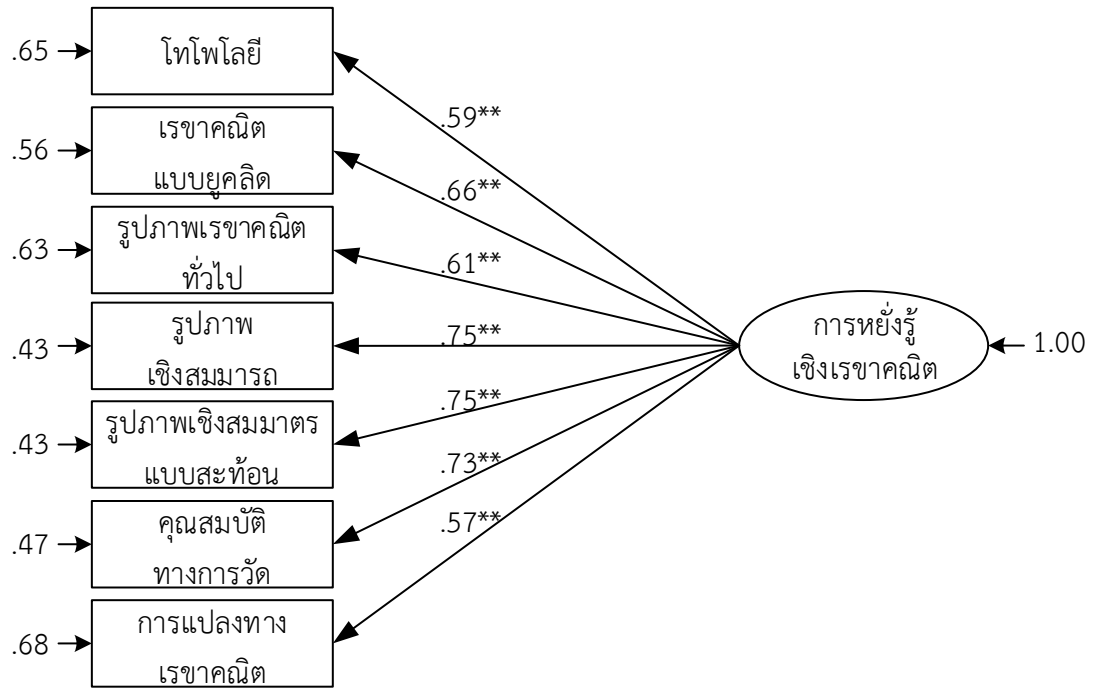


ค่าสถิติ χ^2 = .45, df =1, p = .50, GFI=1.00, AGFI= .99, CFI=1.00 , NFI=1.00, NNFI= 1.00, SRMR= .01, RMSEA= .00
หมายเหตุ: ** $p < .01$

ภาพที่ 54 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์

จากภาพที่ 54 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ปรากฏว่า มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งพิจารณาได้จากค่า χ^2 เท่ากับ .45 ค่า df เท่ากับ 1 ค่า p เท่ากับ .50 น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .66 .69 และ .69 ตามลำดับ แสดงว่า ตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 3 ตัวแปร เป็นองค์ประกอบของตัวแปรแฝงมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์

4. โมเดลการวัดการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ประกอบด้วย ตัวแปรสังเกตได้ 7 ตัวแปร ได้แก่ โทโพโลยี เรขาคณิตแบบยูคลิด รูปภาพเรขาคณิตทั่วไป รูปภาพเชิงสมมาตร รูปภาพเชิงสมมาตรแบบสะท้อน คุณสมบัติทางการวัด และการแปลงทางเรขาคณิต ดังภาพที่ 55



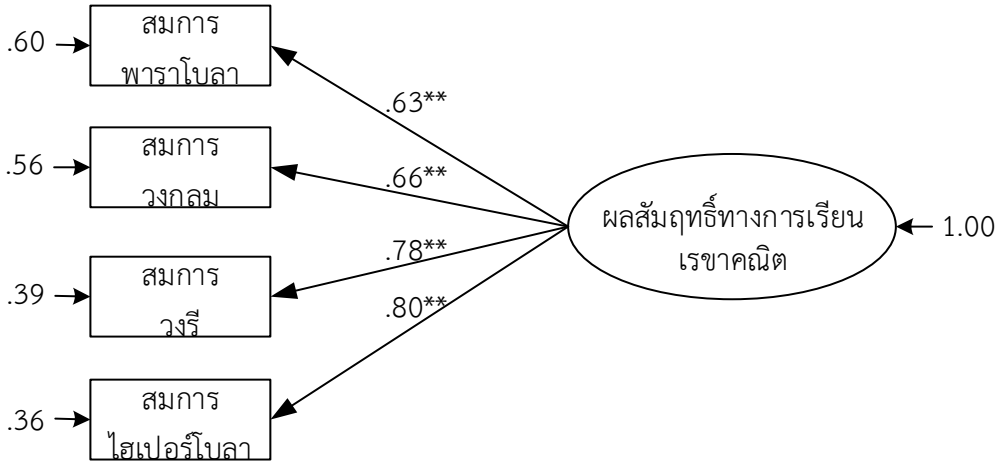
ค่าสถิติ χ^2 =15.40, df =11, p = .16, GFI=.99, AGFI=.97, CFI=1.00 , NFI=.99, NNFI= 1.00, SRMR= .02, RMSEA= .03

หมายเหตุ: ** $p < .01$

ภาพที่ 55 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

จากภาพที่ 55 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตปรากฏว่า มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งพิจารณาได้จากค่า χ^2 เท่ากับ 15.40 ค่า df เท่ากับ 11 ค่า p เท่ากับ .16 น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .59 .66 .61 .75 .75 .73 และ .57 ตามลำดับ แสดงว่า ตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 7 ตัวแปร เป็นองค์ประกอบของตัวแปรแฝงการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

5. โมเดลการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ประกอบด้วย ตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ได้แก่ สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี และสมการไฮเปอร์โบลา ดังภาพที่ 56



ค่าสถิติ χ^2 = 1.85, df = 1, p = .17, GFI=1.00, AGFI= .98, CFI=1.00, NFI=1.00, NNFI= .99, SRMR= .01, RMSEA= .04

หมายเหตุ: ** $p < .01$

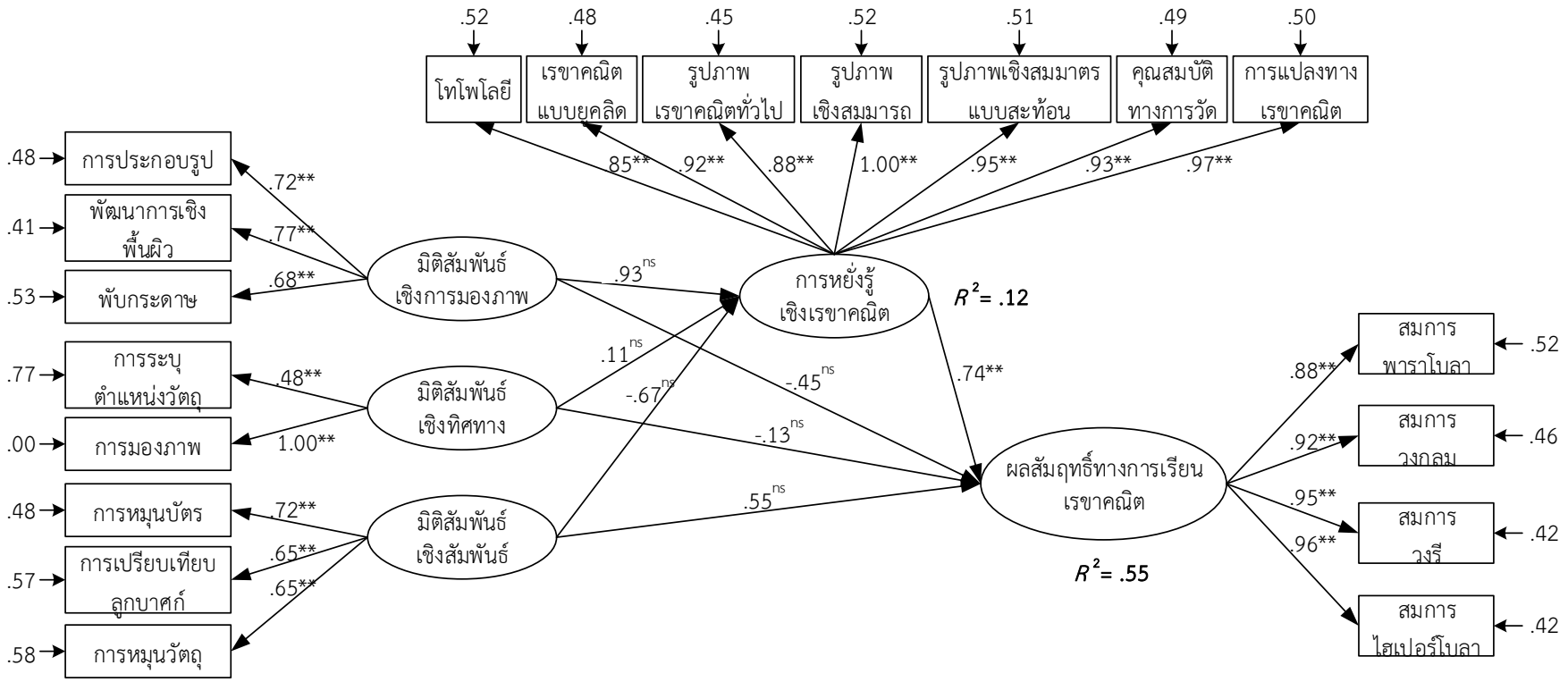
ภาพที่ 56 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

จากภาพที่ 56 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ปรากฏว่า มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งพิจารณาได้จากค่า χ^2 เท่ากับ 1.85 ค่า df เท่ากับ 1 ค่า p เท่ากับ .17 น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .63 .66 .78 และ .80 ตามลำดับ แสดงว่า ตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 4 ตัวแปร เป็นองค์ประกอบของตัวแปรแฝงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ

ผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้ เป็นการนำเสนอแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวตามสมมติฐาน พร้อมทั้งเสนอค่าสถิติแสดงขนาดอิทธิพล และตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

1. ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ตามสมมติฐาน แสดงดังภาพที่ 57



ค่าสถิติ χ^2 =436.25, df =143, p = .00, GFI= .90, AGFI= .86, CFI= .97, NFI= .95, NNFI= .96, SRMR= .06, RMSEA= .07

หมายเหตุ: ** p < .01, * p < .05, ns คือ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาพที่ 57 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวตามสมมติฐาน

การวิเคราะห์ความสอดคล้องของรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่าโมเดลสมมติฐานไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยการพิจารณาค่า χ^2/df , ρ-Value, GFI, AGFI, CFI, NFI, NNFI, SRMR, RMSEA ซึ่งค่าสถิติตรวจสอบความสอดคล้องแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลตามสมมติฐาน

การตรวจสอบค่าดัชนีความตรงของโมเดลตามสมมติฐาน				
	ดัชนีตรวจสอบ	เกณฑ์การตรวจสอบ	ค่าที่ได้	ผลการตรวจสอบ
1.	χ^2	-	436.25	-
2.	df	-	143	-
3.	P-value for Test of Close Fit	$\rho > .05$	.00	ไม่ผ่านเกณฑ์
4.	χ^2/df	< 2	4.16	ไม่ผ่านเกณฑ์
5.	GFI	$\geq .95$	.90	ไม่ผ่านเกณฑ์
6.	AGFI	$\geq .95$	.86	ไม่ผ่านเกณฑ์
7.	NFI	$\geq .95$	.97	ผ่านเกณฑ์
8.	NNFI	$\geq .95$	.95	ผ่านเกณฑ์
9.	CFI	$\geq .95$	.96	ผ่านเกณฑ์
10.	SRMR	$< .05$	.06	ไม่ผ่านเกณฑ์
11.	RMSEA	$< .05$	.07	ไม่ผ่านเกณฑ์

ตารางที่ 9 ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลรวมทางตรงและทางอ้อมของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุตามสมมติฐาน

ตัวแปรผล / ตัวแปรสาเหตุ	การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต			ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต		
	TE	IE	DE	TE	IE	DE
มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ	$.93^{ns}$ (.64)	-	$.93^{ns}$ (.64)	$.24^{ns}$ (.41)	$.69^{ns}$ (.43)	$-.44^{ns}$ (.42)
มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง	$.11^{ns}$ (.12)	-	$.11^{ns}$ (.12)	$-.05^{ns}$ (.09)	$.08^{ns}$ (.08)	$-.13^{ns}$ (.08)
มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์	$-.67^{ns}$ (.70)	-	$-.67^{ns}$ (.70)	$.05^{ns}$ (.45)	$-.50^{ns}$ (.48)	$.55^{ns}$ (.47)
การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต	-	-	-	.74** (.10)	-	.74** (.10)

หมายเหตุ: ** $\rho < .01$, ns คือ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
TE คือ อิทธิพลรวม IE คือ อิทธิพลทางอ้อม DE คือ อิทธิพลทางตรง
ตัวเลขในวงเล็บ คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ตารางที่ 10 ค่าสถิติและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลตามสมมติฐาน

ค่าสถิติ

χ^2 =436.25, df =143, p = .00, GFI= .90, AGFI= .86, CFI= .97, NFI= .95, NNFI= .96, SRMR= .06, RMSEA= .07

ตัวแปร	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11
ความเที่ยง	.58	.51	.55	.42	.48	.50	.68	.51	.46	.42	.42
ตัวแปร	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8			
ความเที่ยง	.48	.41	.53	.77	- -	.48	.57	.58			

สมการโครงสร้างตัวแปร	การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต
สัมประสิทธิ์การพยากร (R^2)	.12	.55

	IG	GA	SV	SO	SR
IG	1.00				
GA	.79	1.00			
SV	.42	.33	1.00		
SO	.35	.21	.73	1.00	
SR	.50	.33	.74	.70	1.00

จากภาพที่ 57 ตารางที่ 9 และตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุตามสมมติฐาน โดยพิจารณาจากผลการตรวจสอบค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 436.25 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 143 ค่าความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ .00 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .90 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .86 ดัชนีวัดความกลมกลืนเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ .97 ดัชนีความสอดคล้องบรรทัดฐาน (NFI) เท่ากับ .95 ดัชนีความสอดคล้องไม่เป็นบรรทัดฐาน (NNFI) เท่ากับ .96 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ .06 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ .07 ปรากฏว่า ผลการตรวจความสอดคล้องยังไม่ผ่านเกณฑ์หมดทุกตัว

ค่าความเที่ยงของตัวแปรสังเกตได้อยู่ในระดับปานกลางและค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของตัวแปรตาม คือ ตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต เท่ากับ .55 แสดงว่าตัวแปรทั้งหมดในโมเดลตามสมมติฐานสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตได้ร้อยละ 55

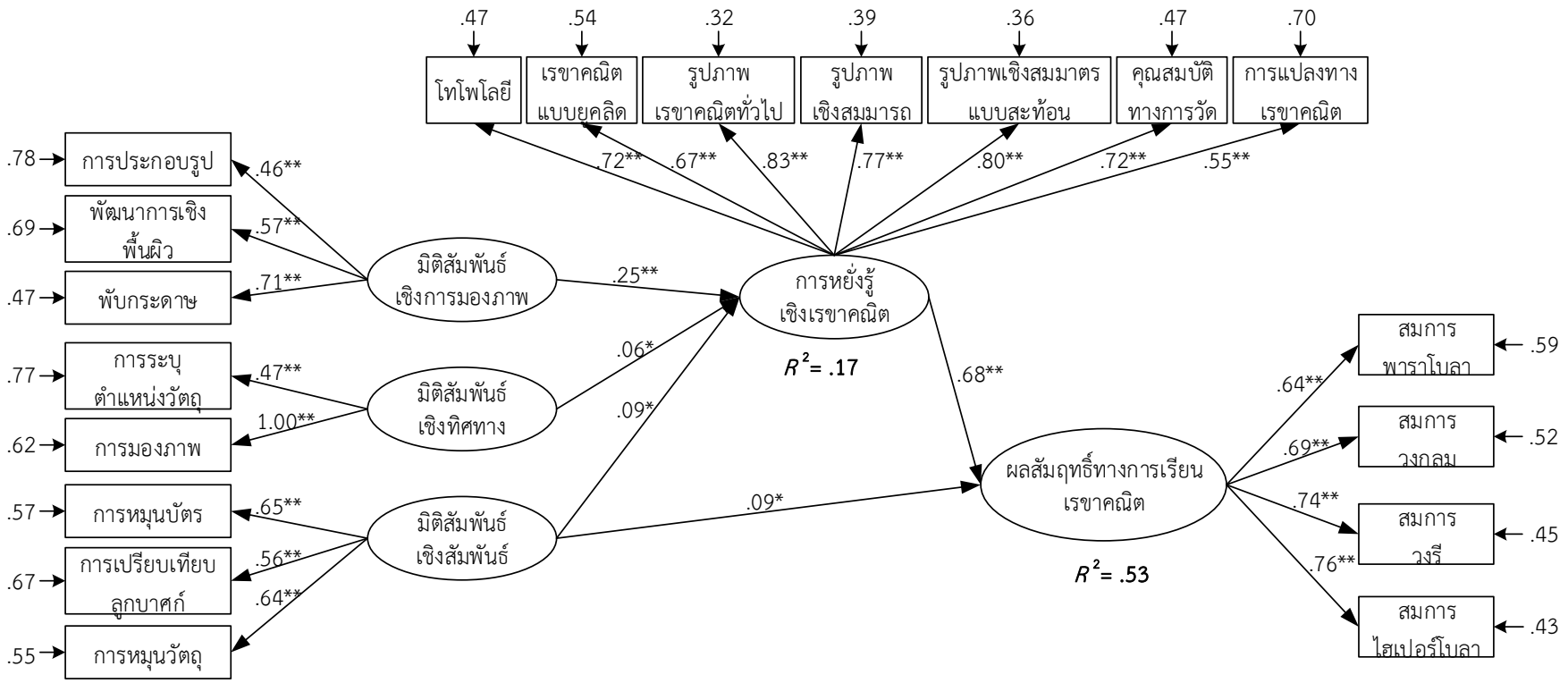
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง ปรากฏว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงที่มีค่าสูงสุดมีค่า .79 คือ ตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต (IG) กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (GA) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงที่มีค่าน้อยที่สุดมีค่า .21 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (GA) กับมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (SO)

เมื่อพิจารณาเส้นทางอิทธิพลที่ส่งผลต่อตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ปรากฏว่า ตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากภาพโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุตามสมติฐาน จะเห็นว่ายังมีเส้นทางอิทธิพลในโมเดลสมมติฐานที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ 6 เส้นทาง ได้แก่ 1) เส้นทางอิทธิพลจากตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพไปยังตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต 2) เส้นทางอิทธิพลจากตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพไปยังตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต 3) เส้นทางอิทธิพลจากตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงทิศทางไปยังตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต 4) เส้นทางอิทธิพลจากตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงทิศทางไปยังตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต 5) เส้นทางอิทธิพลจากตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงทิศทางไปยังตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และ 6) เส้นทางอิทธิพลจากตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงทิศทางไปยังตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต จึงควรปรับโมเดลตามสมมติฐานเป็นโมเดลแบบประหยัดโดยการพิจารณาตัดเส้นทางอิทธิพลที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติออกจากโมเดลสมมติฐานทีละเส้น และเมื่อมีการปรับโมเดลไปแล้วผู้วิจัยจึงได้ตัดสั้นทางอิทธิพลที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติออก คือ เส้นทางอิทธิพลจากตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพไปยังตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต และเส้นทางอิทธิพลจากตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงทิศทางไปยังตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต หลังจากการตัดเส้นทางอิทธิพลทั้งสองเส้นออกแล้ว ปรากฏว่า เส้นทางอิทธิพลที่เหลือเป็นเส้นทางอิทธิพลที่มีนัยสำคัญทางสถิติทุกเส้น ดังภาพที่ 58 จึงใช้โมเดลที่ปรับแก้เป็นโมเดลความสัมพันธ์เชิงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

2. ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ปรับแก้

ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ปรับแก้ แสดงดังภาพที่ 58



ค่าสถิติ χ^2 =97.98, df =88, p = .22, GFI= .97, AGFI= .95, CFI=1.00, NFI= .99, NNFI=1.00, SRMR= .03, RMSEA= .02

หมายเหตุ: ** $p < .01$, * $p < .05$

ภาพที่ 58 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ปรับแก้

การวิเคราะห์ความสอดคล้องของรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่าโมเดลสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยการพิจารณาค่า χ^2/df, p-Value, GFI, AGFI, CFI, NFI, NNFI, SRMR, RMSEA ซึ่งค่าสถิติตรวจสอบความสอดคล้อง แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลที่ปรับแก้

การตรวจสอบค่าดัชนีความตรงของโมเดลที่ปรับแก้				
	ดัชนีตรวจสอบ	เกณฑ์การตรวจสอบ	ค่าที่ได้	ผลการตรวจสอบ
1.	χ^2	-	97.98	-
2.	df	-	88	-
3.	P-value for Test of Close Fit	$p > .05$	.22	ผ่านเกณฑ์
4.	χ^2/df	< 2	1.00	ผ่านเกณฑ์
5.	GFI	$\geq .95$	.97	ผ่านเกณฑ์
6.	AGFI	$\geq .95$	.95	ผ่านเกณฑ์
7.	NFI	$\geq .95$	.99	ผ่านเกณฑ์
8.	NNFI	$\geq .95$	1.00	ผ่านเกณฑ์
9.	CFI	$\geq .95$	1.00	ผ่านเกณฑ์
10.	SRMR	$< .05$	.03	ผ่านเกณฑ์
11.	RMSEA	$< .05$	.02	ผ่านเกณฑ์

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบค่าสถิติวิเคราะห์ความกลมกลืนก่อนและหลังการปรับแก้โมเดล

	ดัชนีตรวจสอบ	เกณฑ์การตรวจสอบ	ค่าก่อนปรับ	ค่าหลังปรับ
1.	χ^2	-	436.25	97.98
2.	df	-	143	88
3.	P-value for Test of Close Fit	$p > .05$	.00	.22
4.	χ^2/df	< 2	4.16	1.11
5.	GFI	$\geq .95$	.90	.97
6.	AGFI	$\geq .95$	.86	.95
7.	NFI	$\geq .95$	.97	.99
8.	NNFI	$\geq .95$	.95	1.00
9.	CFI	$\geq .95$	.96	1.00
10.	SRMR	$< .05$	.06	.03
11.	RMSEA	$< .05$	.07	.02

ตารางที่ 13 ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลรวมทางตรงและทางอ้อมของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ปรับแก้

ตัวแปรผล / ตัวแปรสาเหตุ	การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต			ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต		
	TE	IE	DE	TE	IE	DE
มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ	.25** (.06)	-	.25** (.06)	.17** (.05)	.17** (.05)	-
มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง	.06* (.03)	-	.06* (.03)	.04* (.02)	.04* (.02)	-
มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์	.09* (.04)	-	.09* (.04)	.15* (.06)	.06* (.03)	.09* (.04)
การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต	-	-	-	.68** (.08)	-	.68** (.08)

หมายเหตุ: ** $p < .01$, * $p < .05$

TE คือ อิทธิพลรวม IE คือ อิทธิพลทางอ้อม DE คือ อิทธิพลทางตรง

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ตารางที่ 14 ค่าสถิติและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลที่ปรับแก้

ค่าสถิติ

χ^2 =97.98, df =88, p = .22, GFI= .97, AGFI= .95, CFI=1.00, NFI= .99, NNFI=1.00, SRMR= .03, RMSEA= .02

ตัวแปร	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11
ความเที่ยง	.53	.46	.68	.60	.64	.52	.30	.41	.48	.55	.58
ตัวแปร	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8			
ความเที่ยง	.21	.32	.52	.22	1.00	.42	.32	.43			

สมการโครงสร้างตัวแปร	การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต
สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2)	.17	.53

	IG	GA	SV	SO	SR
IG	1.00				
GA	.64	1.00			
SV	.34	.26	1.00		
SO	.32	.19	.70	1.00	
SR	.40	.25	.78	.72	1.00

จากภาพที่ 58 ตารางที่ 13 และตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ปรับแก้ ปรากฏว่า โมเดลสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยพิจารณาจากผลการตรวจสอบค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 97.98 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 88 ค่าความน่าจะเป็น (ρ) เท่ากับ .22 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .97 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .95 ดัชนีวัดความกลมกลืน เปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 1.00 ดัชนีความสอดคล้องบรรทัดฐาน (NFI) เท่ากับ .99 ดัชนีความสอดคล้องไม่เป็นบรรทัดฐาน (NNFI) เท่ากับ 1.00 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ .03 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ .02 และค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของตัว แปรตามคือตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตมีค่าเท่ากับ .53 แสดงว่าตัวแปรทั้งหมดในโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ได้ร้อยละ 53

เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ปรากฏว่า ตัวแปรสังเกตได้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเป็นบวก โดยมีค่าอยู่ในช่วง .46 ถึง 1.00 ตัวแปรสังเกตได้ในแต่ละตัวแปรแฝงมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในช่วง .32 ถึง .78 ตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดคือ การมองภาพ (X5) มีค่าเท่ากับ 1.00 รองลงมาคือ รูปภาพเรขาคณิตทั่วไป (Y3) มีค่าเท่ากับ .83 และตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบน้อยที่สุดคือ การประกอบรูป (X1) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .46

ความเที่ยงของตัวแปรสังเกตได้ ตัวแปรสังเกตได้ที่มีค่าความเที่ยงมากที่สุดคือ การมองภาพ (X5) มีค่าเท่ากับ 1.00 รองลงมาคือ รูปภาพเรขาคณิตทั่วไป (Y3) มีค่าเท่ากับ .68 และตัวแปรที่มีค่าความเที่ยงน้อยที่สุดคือ การประกอบรูป (X1) มีค่าเท่ากับ .21 และค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของตัวแปรตามคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต มีค่าเท่ากับ .53 แสดงว่า ตัวแปรทั้งหมดในโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตได้ร้อยละ 53

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลรวมของตัวแปรแฝงในโมเดลที่พัฒนาขึ้น ปรากฏว่า ตัวแปรแฝงที่มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลรวมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตมากที่สุดคือ ตัวแปรแฝงการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต (IG) มีค่าเท่ากับ .68 รองลงมาคือ ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (SV) มีค่าเท่ากับ .17 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (SR) มีค่าเท่ากับ .15 และตัวแปรแฝงมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง มีค่าเท่ากับ .04 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สำหรับการพิจารณาเส้นทางอิทธิพลของแต่ละตัวแปรแฝงที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ผู้วิจัยได้พิจารณาตามลำดับของสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ คือ ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (SR) มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลโดยรวมเท่ากับ .09 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (SO) และมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (SR) ไม่มีอิทธิพลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

2. องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ทั้งสามองค์ประกอบ คือ ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (SV) มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลโดยรวมเท่ากับ .17 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ขณะที่ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (SO) และมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (SR) มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลโดยรวมเท่ากับ .04 .06 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต (IG) มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลโดยรวมเท่ากับ .68 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ปรากฏว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของโมเดล ปรากฏว่า โมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ได้ร้อยละ 53 ผู้วิจัยจึงเสนอโมเดลที่พัฒนาขึ้นเป็นข้อค้นพบของงานวิจัย ซึ่งจากผลการวิจัยปรากฏว่า

1. โมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยพิจารณาจากค่าสถิติที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล ได้แก่ ค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 97.98 df เท่ากับ 88 p-Value เท่ากับ .22 GFI เท่ากับ .97 AGFI เท่ากับ .95 CFI เท่ากับ 1.00 NFI เท่ากับ .99 NNFI เท่ากับ 1.00 SRMR เท่ากับ .03 RMSEA เท่ากับ .02

2. โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (SR) เป็นสาเหตุทั้งทางตรง และสาเหตุทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ขณะที่ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (SV) และตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (SO) เป็นสาเหตุทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตโดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต (IG) เป็นสาเหตุทางตรงเชิงบวกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 5
สรุปผลและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต และเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2015-2016 จำนวน 5,843 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 400 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Random Sampling) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแบบทดสอบหลายตัวเลือก ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 2) แบบทดสอบ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการหาค่าสถิติพื้นฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป TAP ในการหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแต่ละฉบับเป็นรายข้อ และใช้โปรแกรม LISREL 8.8 ในการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุองค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีอิทธิพลเชิงบวกต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุองค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีอิทธิพลเชิงบวกต่อ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยใช้ ตัวแปรองค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ และตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 97.98 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 88 ค่าความน่าจะเป็น (ρ) เท่ากับ .22 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .97 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .95 ดัชนีวัดความกลมกลืนเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 1.00 ดัชนีความสอดคล้องบรรทัดฐาน (NFI) เท่ากับ .99 ดัชนีความสอดคล้องไม่เป็นบรรทัดฐาน (NNFI) เท่ากับ 1.00 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ .03 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ .02 ตัวแปรทั้งหมดในโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตได้ร้อยละ 53 ตามสมมติฐาน ดังนี้

1. ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ เป็นสาเหตุทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

2. ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงทิศทางเป็นสาเหตุทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

3. ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ เป็นสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

4. ตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตเป็นสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

สรุปว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ เป็นสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ขณะที่ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทางเป็นสาเหตุทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตเป็นสาเหตุทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีความสอดคล้องกับ ข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ เป็นสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ขณะที่ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทางเป็นสาเหตุทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตเป็นสาเหตุทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับทฤษฎีของ Wai, Lubinski, and Benbow (2009) และ ทฤษฎีของ Uttal, Miller, and Newcombe (2013) ได้อธิบายถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในช่วงวัยรุ่น ว่าเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่ม STEM และทฤษฎีของ Hannafin et al. (2008) ที่ได้อธิบายว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์ทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต สอดคล้องกับทฤษฎีของ Spelke (2011, p. 288) ที่ได้อธิบายว่า ระบบทางปัญญา (Cognitive Systems) มีความเกี่ยวข้องกับมิติสัมพันธ์ และมิติสัมพันธ์เป็นที่มาของการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และทฤษฎีของ Giofrè et al. (2013) ที่ได้อธิบายว่าการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีความเชื่อมโยงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ดังนั้นจึงอภิปรายผลการวิจัยตามสมมติฐาน ดังนี้

องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีอิทธิพล คือ มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์เป็นสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ขณะที่มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพและมิติสัมพันธ์เชิงทิศทางไม่เป็นสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว แสดงว่า นักเรียนที่จะสามารถแก้ปัญหาเรขาคณิตได้ต้องมีความสามารถทางความคิดที่เป็นการรับรู้รูปแบบความสัมพันธ์ของวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการหมุนทางจิต ซึ่งเนื้อหาเรขาคณิตที่มี 4 องคีประกอบ ได้แก่ สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี สมการไฮเปอร์โบลา หรือ เรียกว่า ภาคตัดกรวย (Conic Section) เป็นเนื้อหาที่มีความสัมพันธ์ระหว่างเรขาคณิต 2 มิติ และ 3 มิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Weckbacher and Okamoto (2014) ได้ศึกษาความสามารถในการหมุนทางจิตในนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาตอนปลาย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถการหมุนทางจิต (Mental Rotation Ability) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และการรับรู้ตนเองทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เกรด 10 ถึง 12 จำนวน 113 คน (ชาย 57 คน หญิง 56 คน) ที่มีอายุเฉลี่ย 16.98 ปี (SD=.74) เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ 1) แบบทดสอบการหมุนทางจิต (Mental Rotations Test: MRT) ของ Vandenberg and Kuse's (1978) จำนวน 10 ข้อ 2) แบบสอบถามรูปแบบการเรียน Mayer and Massa (2003) จำนวน 23 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ที่พัฒนาโดย U. S. Department of Education (2006) จำนวน 20 ข้อ ผลการวิจัยปรากฏว่า MRT มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต นอกจากนี้ผลจากการทดสอบ MRT และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตมีความแตกต่างกันระหว่างเพศหญิงและเพศชาย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพัฒนาการทางด้านการคิดเชิงมิติสัมพันธ์มีความสำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์โดยเฉพาะเรขาคณิต ขณะที่มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง ไม่เป็นสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว เพราะว่า นักเรียนจะแก้ไขปัญหาทางเรขาคณิตได้ต้องมีความรู้ ความเข้าใจทางด้านหลักการ หรือวิธีการในแก้ปัญหาทางเรขาคณิต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Giofrè et al. (2013) ได้ศึกษาเรื่อง ความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าองค์ประกอบทั้ง 6 ที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (VSWM) มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตอย่างไร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 12 และ 13 จำนวน 166 คน (ชาย 125 คน หญิง 41 คน) เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ ส่วนที่ 1) วัด VSWM ใช้ Italian standardized VSWM Test Battery ของ Mammarella et al., 2008 มี 6 Task ได้แก่ (1) Simultaneous Dotmatrix Task, (2) Dot Matrix Task, (3) Nonsense Shapes Task, (4) Visual Pattern Test, (5) Sequential Dot Matrix Task, and (6) Jigsaw Puzzle Task ส่วนที่ 2) วัดการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ด้วยแบบทดสอบของ Dehaene et al., 2006 ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ CP (core principles of geometry) และ CMP (Cultural-Mediated Principles of Geometry) ส่วนที่ 3) วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตด้วย MT Advanced Battery ของ Cornoldi et al., 2010 ซึ่งพัฒนามาจาก OECD, 2007 ผลการวิจัยปรากฏว่าองค์ประกอบของความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (VSWM) มีอิทธิพลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตมากกว่าทางตรง

องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีอิทธิพล ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง เป็นสาเหตุทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต แสดงว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ที่มีมิติสัมพันธ์ที่ดีจะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนดีขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wai, Lubinski, and Benbow (2009) ได้ศึกษาความสำคัญของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในการเรียนกลุ่ม STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์) มีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบความเชื่อมโยงระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) และ STEM กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เกรด 9 ถึง 12 จำนวน

400,000 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) ผลจากการวิจัยปรากฏว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในช่วงวัยรุ่นมีความโดดเด่นเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่จะทำให้บรรลุถึงการศึกษาในระดับที่สูงได้ และการประกอบอาชีพในกลุ่ม STEM มีความสำคัญต่อพัฒนาการทางด้าน STEM และยังแสดงให้เห็นว่าทักษะทางด้านมิติสัมพันธ์ที่ดีนั้นจะสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสำเร็จในสาขา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lubinski (2010) กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) เป็นสิ่งที่มีประสิทธิภาพในการจัดการทางความคิด ซึ่งแต่ละคนจะมีในระดับที่แตกต่างกัน มีความสำคัญเป็นอย่างมากในโลกเทคโนโลยีที่เติบโตในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นทางด้านการเรียน หรือ การทำงาน โดยเฉพาะการให้เหตุผลเกี่ยวกับรูป (Figures) รูปแบบ (Patterns) และรูปร่าง (Shapes) ที่มีความซับซ้อน ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อพัฒนาการทางด้านมิติสัมพันธ์ สอดคล้องกับทฤษฎีของ Olkun (2003) ได้กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) เป็นความสามารถทางความคิดในการจัดการกับวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ พัฒนาการของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อกิจกรรมทางเรขาคณิต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pittalis and Christou (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบาย วิเคราะห์โครงสร้างของการคิดเชิงเรขาคณิตแบบ 3 มิติ และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่นักเรียนเกรด 5 ถึง 9 จำนวน 269 คน (ชาย 136 คน หญิง 133 คน) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ แบบทดสอบการคิดเชิงเรขาคณิตแบบ 3 มิติ สำหรับนักเรียน มี 27 ข้อ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน และแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มี 28 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (SV) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (SO) และมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (SR) ผลการวิจัยปรากฏว่าองค์ประกอบทั้ง 3 ของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นปัจจัยในการทำนายการให้เหตุผลการคิดเชิงเรขาคณิต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kalogirou and Gagatsis (2011, pp. 27-39) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการด้านมิติสัมพันธ์กับความเข้าใจรูปทรงทางเรขาคณิตของนักเรียน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายและแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนกับพัฒนาการความเข้าใจในเรขาคณิต เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่วัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ มีทั้งหมด 11 แบบทดสอบ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Visualization: VZ) ใช้แบบทดสอบการประกอบรูป (Paper Form Board) การพับกระดาษ (Paper Folding) พัฒนาการเชิงพื้นผิว (Surface Development) การระบุตำแหน่งวัตถุ (Perspective Taking/ Spatial Orientation) มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relations: SR) ใช้แบบทดสอบการหมุนบัตร (Card Rotations) การเปรียบเทียบลูกบาศก์ (Cube Comparisons) ภาพมือ (Hands) ความยืดหยุ่น (Flexibility of Closure: CF) ใช้แบบทดสอบ Hidden Figures, Hidden Patterns, Overlapping Figures และการรับรู้ (Spatial Perception: P) ใช้แบบทดสอบ Water Level และแบบทดสอบความเข้าใจในรูปภาพทางเรขาคณิต มีทั้งหมด 13 แบบทดสอบ ผลการวิจัยปรากฏว่าพัฒนาการความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีผลต่อความเข้าใจรูปทางเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yilmaz (2009) กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีผลต่อชีวิตประจำวัน

การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตเป็นสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต แสดงว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว สามารแก้ปัญหาทางเรขาคณิตได้เนื่องจากว่านักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดพื้นฐาน (Basic Concept) ทางเรขาคณิต สอดคล้องกับทฤษฎีของ Dehaene, et. al (2006) ได้ศึกษาการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ที่เป็นแนวคิดพื้นฐานของรูปทรงเรขาคณิต ได้อธิบายว่า ประสบการณ์ชีวิตทางด้านเรขาคณิตก็เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้เกิดการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Papageorgiou, Monoyiou, and Pitta-Pantazi (2006, pp. 329-336) ได้ศึกษาเรื่อง การหยั่งรู้โดยการใช้ซอฟต์แวร์ทางเรขาคณิต มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าการหยั่งรู้ที่มีผลต่อการเรียนของนักเรียนไซพรัส (Cypriot Students) และเพื่อตรวจสอบการหยั่งรู้ที่มีผลต่อการเรียน-การสอนที่มีการใช้ซอฟต์แวร์ทางเรขาคณิต ด้วยแบบทดสอบทางเรขาคณิต ผลการวิจัยปรากฏว่า การหยั่งรู้ที่มีผลต่อการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนไซพรัส และหลังจากการเรียน-การสอนที่ใช้ซอฟต์แวร์ทางเรขาคณิตพบว่าการหยั่งรู้ที่มีผลต่อนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลอง ทำให้นักเรียนเข้าใจเรขาคณิตได้ดีกว่าและใช้เวลาน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Babaei, Chaiichi-Mellatshahi, and Najafi (2012) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการหยั่งรู้ต่อการเรียนคณิตศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการหยั่งรู้ที่มีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ได้ศึกษากับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 68 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จำนวน 32 คน ใช้วิธีการเรียน-การสอนตามปกติที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับแคลคูลัส (Taught Through Usual Methods for Calculus) และกลุ่มที่ 2 จำนวน 36 คน ใช้วิธีการเรียน-การสอน ที่เกี่ยวกับการหยั่งรู้ (Taught Under Intuitive Methods) ผลการวิจัยปรากฏว่า การหยั่งรู้มีอิทธิพล เชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

จากผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตมากที่สุด คือ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต รองลงมา ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง เป็นสาเหตุทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ส่วนมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ เป็นสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต เป็นสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทางการศึกษาของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ไม่ว่าจะเป็นระดับจังหวัด ระดับอำเภอ หรือผู้อำนวยการโรงเรียนควรให้ความสำคัญเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต โดยการนำไปประยุกต์ในการกำหนดนโยบายทางการศึกษา การสร้างคู่มือการสอน การออกแบบโครงสร้างหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาเรขาคณิต เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ให้ดีขึ้น

2. ครูผู้สอนเรขาคณิต ควรเน้นให้นักเรียนใช้จินตนาการถึงความสัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวในมุมมองที่แตกต่าง หรือความสัมพันธ์ของภาพที่ทับซ้อนกัน ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ เพื่อให้นักเรียนสามารถมโนภาพความเชื่อมโยงให้เกิดขึ้นภายในใจ สามารรับรู้และเข้าใจภาพที่มองเห็นได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะภาพทางด้านเรขาคณิตให้มาก เพื่อพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ให้ดีขึ้น

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตสามารถใช้นำไปใช้วัดความสามารถของนักเรียน ระดับ ม.6 ได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ซึ่งได้ศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ระดับชั้นและจังหวัดเดียวเท่านั้น ควรนำเอาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ไปศึกษากับนักเรียนจังหวัดอื่น ๆ หรือ ระดับชั้นอื่น ๆ เช่น ม.1 ม.2 ม.3 ม.4 ม.5 หรือ ม.7 เพื่อยืนยันความถูกต้องของโมเดลที่พัฒนาขึ้น

2. ควรมีการวิจัยโดยใช้โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ด้วยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (Multiple Group Analysis) ระหว่าง เพศชายกับเพศหญิง

3. ตัวแปรที่นำมาศึกษา สามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ได้ร้อยละ 53 ยังมีส่วนที่ทำนายไม่ได้อีกร้อยละ 47 ซึ่งตัวแปรส่วนใหญ่มีความสอดคล้องและเป็นไปตามทฤษฎี ควรมีการศึกษาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่อยู่ในการศึกษาวิจัยนี้ทั้งตัวแปรภายนอกและภายใน เช่น สิ่งแวดล้อมในการเรียน การบริหารจัดการโรงเรียน แรงจูงใจด้านผู้เรียน เป็นต้น

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว. (2011). *หลักสูตรการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา.

กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว. (2013). *การประเมินและปรับปรุงแผนพัฒนาแขนงการศึกษา 2011-2015.* กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา.

กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว. (2014). *แบบเรียนคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* กรุงเทพฯ: Eastern Printing Public Co. Ltd.

กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว. (2015). *สถิตินักเรียนประจำปี 2015.* กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา.

ชมรมบ้านวิทยาศาสตร์. (2553). *หนังสือคณิตศาสตร์การปฏิบัติ: รูปทรงมหัศจรรย์* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: บริษัทไทยร่มเกล้า จำกัด.

นนทิชา ถาวรไพบูลย์บุตร. (2555). กรอบอ้างอิงการรับรู้ทางสายตา. *บทความฟื้นวิชา, 17*(3), 25-29.

นพรัตน์ นามบุญมี และปริญญ์ ทนันชัยบุตร. (2557). การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของเด็กปฐมวัยโดยใช้กิจกรรม สร้างสรรค์แบบร่วมมือเทคนิคกลุ่มสืบสอบ. *วารสารศึกษาศาสตร์ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 8*(4), 73-80.

ปริญญา เรืองทิพย์ และเดชา วรรณพาหุล. (2557). การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการเล่นเกมชุโดะกุ. *วารสารราชนครินทร์, 11*(25), 35-41.

พัชรี คุณค้ำชู. (2555). *ประสาทวิทยาศาสตร์ประยุกต์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พูลพงศ์ สุขสว่าง. (2557). หลักการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 6*(2), 136-145.

เยาวภา ผูกสมัคร เสกสรรค์ ทองคำบรรจง และวัญญา วิศาลาภรณ์. (2554). ผลการใช้ชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแปลงทางเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 2 เมื่อปรับอิทธิพลของสมรรถภาพทางสมองด้านมิติสัมพันธ์. *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา, 5*(1), 66-73.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2553). *พจนานุกรมศัพท์จิตวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.* กรุงเทพฯ: ไอเดียสแควร์.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2556). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. ๒๕๕๔* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.

วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม. (2549). *พจนานุกรม อังกฤษ-ไทย.* กรุงเทพฯ: รวมสาส์น.

สน วัฒนสิน. (2551). ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองเบื้องต้นด้านมิติสัมพันธ์ด้านเหตุผลเชิงนามธรรมกับความถนัดทางศิลปะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในจังหวัดปัตตานี. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 19*(1), 17-31.

สมชาย พรหมสุวรรณ. (2548). *หลักการทัศนศิลป์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย.

สสวท. (2551). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

เสน่หา ชมภูวง ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน และไพศาล วรคำ. (2554). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดหนองคาย. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 17*(2), 249-263.

อัญชนา จุลศิริ และเสรี ชัดแช้ม. (2556). ผลของการฟังดนตรีไทยเดิมที่พึงพอใจต่อการเพิ่มศักยภาพความจำขณะคิดในผู้สูงอายุ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง. *วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 11*(1), 1-18.

Poliny Ung, สุชาดา กรเพชรปาณี และพูลพงศ์ สุขสว่าง. (2554). อิทธิพลของการกำกับตนเองและการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในราชอาณาจักรกัมพูชา. *วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 9*(1), 99-111.

Babaei, A., Chaiichi-Mellatshahi, M., & Najafi, M. (2012). Intuition and its effects on mathematical learning. *Indian Journal of Science and Technology, 5*(7), 3069-3072.

Baenninger, M., & Newcombe, N. (1995). Environmental input to the development of sex-related differences in spatial and mathematical Ability. *Learning and Individual Differences, 7*(4), 363-379.

Battista, M. T. (1990). Spatial visualization and gender differences in high school geometry. *Journal for Research in Mathematics Education, 21*(1), 47–60.

Ben-Chaim, D., Lappan, G., & Houang, R. T. (1988). The Effect of Instruction on Spatial Visualization Skills of Middle School Boys and Girls. *American Educational Research Journal, 25*(1), 51-71.

Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies.* New York: Cambridge University Press.

Clements, D. H., & Battista, M. T. (1992). Geometry and Spatial Reasoning. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York: Macmillan Publishing Co, Inc.

Colman, A. M. (2015). *A Dictionary of Psychology* (6th ed.). U. K.: Oxford University Press.

Cooper, L. A., & Regan, D. T. (1982). *Attention, Perception, and Intelligence.* In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of human intelligence*. London: Cambridge University Press.

Dake, Z., Yi, D., Joanna, S., & Lei, M. (2012). The Effect of Visual-Chunking-Representation Accommodation on Geometry Testing for Students with Math Disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice, 27*(4), 167-177.

David, L. T. (2012). Training effects on Mental Rotation, spatial orientation, and spatial Visualization depending on the initial level of Spatial Abilities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 33*, 328-332.

De Klerk, J. (2009). *Illustrated Maths Dictionary* (4th ed.). Australia: Pearson Australia Group Pty Ltd.

Dehaene, S. (2011). Section IV - Origins of Proto-Mathematical Intuitions. In S. Dehaene, & E. M. Brannon (Eds.), *Space, Time, and Number in the Brain* (p. 187). San Diego: Academic Press.

Dehaene, S., Izard, V.r., Pica, P., & Spelke, E. (2006). Core Knowledge of Geometry in an Amazonian Indigene Group. *Science, 311*(1), 381-384.

Dehn, M. J. (2014). *Essentials of Processing Assessment* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

The Free Dictionary. (2015). *Intuition*. [Retrieved on July 10, 2015]. from: http://www.thefreedictionary.com/intuition.

Edmonds, W. A., & Kennedy, T. D. (2013). *An applied reference guide to research designs: Quantitative, qualitative, and mixed methods*. SAGE Publications.

Fujita, T., Jones, K., & Yamamoto, S. (2004a). Geometrical Intuition and the Learning and Teaching of Geometry. In *10th International Congress on Mathematical Education (ICME-10) 4-11 July 2004*, (pp. 1-7). Denmark: Copenhagen.

Fujita, T., Jones, K., & Yamamoto, S. (2004b). The Role of Intuition in Geometry Education: Learning from the Teaching Practice in the early 20th Century. In *10th International Congress on Mathematical Education (ICME-10) 4-11 July 2004*, (pp. 1-15). Denmark: Copenhagen.

Gallate, J., & Keen, S. (2011). *Intuition* (2nd ed.). Australia: Elsevier Inc.

Geary, D. C. (2003). Learning disabilities in arithmetic: Problem solving differences and cognitive deficits. In H. L. Swanson, K. Harris, & S. Graham (Eds.), *Handbook of learning disabilities* (pp. 199–212). New York: Guilford Press.

Giofrè, D., Mammarella, I. C., & Cornoldi, C. (2014). The relationship among geometry, Working Memory and intelligence in children. *J Exp Child Psychol, 123*, 112-128.

Giofrè, D., Mammarella, I.C., Ronconi, L., & Cornoldi, C. (2013). Visuospatial Working Memory in intuitive geometry, and in academic achievement in geometry. *Learning and Individual Differences, 23*, 114-122.

Goldstein, E. B. (2010). *Sensation and Perception* (8th ed.). Wadsworth: Nelson Education, Ltd.

Goldstein, E. B. (2011). *Cognitive Psychology: Connecting mind, Research, and Everyday experience* (3rd ed.). USA: Wadsworth, Cengage Learning.

Good, C. V., & Merkel, W. R. (1973). *Dictionary of education* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill Book.

Hair Jr, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective* (7th ed.). United State: Pearson Education. Inc.

Hannafin, R. D., Truxaw, M. P., Vermillion, J. R., & Liu, Y. (2008). Effects of Spatial Ability and Instructional Program on Geometry Achievement. *The Journal of Educational Research, 101*(3), 148-156.

Havighurst, R. J. (1972). *Developmental Tasks and Education* (3rd ed.). New York: David McKay Company, Inc.

Hegarty, M., & Waller, D. A. (2005). Individual differences in Spatial Abilities. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge handbook of visuospatial thinking* (pp. 121–169). New York: Cambridge University Press.

Hegarty, M., Kozhevnikov, M., & Waller D. (2008). *Perspective Taking/Spatial Orientation Test.* U.S.A: University of California, Santa Barbara

Hill, C., Corbett, C., & St Rose, A. (2010). *Why so few? Women in science, engineering technology, and mathematics.* Washington, DC: AAUW.

Janssen, G., Meier, V., & Trace, J. (2014). Classical test theory and item response theory: Two understandings of one high-stakes performance exam. *Colombian Applied Linguistics Journal, 16*(2), 167-184.

Jones, K. (1993). Researching Geometrical Intuition. In *BSRLM Conference, Manchester 20.11.93*, (pp. 15-19). UK: University of Southampton.

Jones, K. (2002). Issues in the Teaching and Learning of Geometry. In L. Haggarty (Ed.), *Aspects of Teaching Secondary Mathematics: perspectives on practice* (pp. 121-139). London: RoutledgeFalmer.

Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (2006). *LISREL 8.8 for Windows* [Computer Software]. Lincolnwood, IL: Scientific Software International, Inc.

Kalogirou, P., & Gagatsis, A. (2011). A First insight of the relationship between Students' Spatial Ability and Geometrical figure apprehension. *Acta Didactica Universitatis Comenianae Mathematics, 11*, 27-39.

Kattou, M., Kontoyianni, K., Pitta-Pantazi, D., & Christou, C. (2011). Does mathematical creativity differentiate mathematical Ability. In *Proceedings of the Seventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1056-1065).

Kaufmann, H., Steinbügl, K., Dünser, A., & Glück, J. (2005). General training of spatial abilities by geometry education in augmented reality. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine: A Decade of VR*, *3*, 65-76.

Kimura, D. (1999). *Sex and Cognition* (1st ed.). Cambridge, MA: MIT Press.

Kline, R. B. (2011). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling* (3th ed.). New York: Guilford Press.

Learning Express. (2001). *Mechanical and Spatial Aptitude.* New York: LearningExpress, LLC.

Liao, Y. T., Yu, C. H., & Wu, C. C. (2015). Learning Geometry with Augmented Reality to Enhance Spatial Ability. In *Learning and Teaching in Computing and Engineering (LaTiCE), 2015 International Conference on* (pp. 221-222). IEEE Computer Society.

Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-analysis. *Chill Development, 56*(6), 1479-1498.

Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial Working Memory.* UK: Lawrence Brlbaum Associates Ltd.

Lohman, D. F. (1988). Spatial abilities as traits, processes, and knowledge. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (pp. 181-248). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Lohman, D. F. (1996). Spatial Ability and G. In I. Dennis & P. Tapsfield (Eds.). *Human abilities: Their nature and assessment* (pp. 97-116). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Lubinski, D. (2010). Spatial Ability and STEM: A sleeping giant for talent identification and development. *Personality, and Individual Differences, 49*(4), 344-351.

Mammarella, I. C., Giofrè, D., Ferrara, R., & Cornoldi, C. (2013). Intuitive geometry and visuospatial Working Memory in children showing symptoms of nonverbal learning disabilities. *Child Neuropsychol, 19*(3), 235-249.

Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., & Contero, M. (2008). Development of a Fast Remedial Course to Improve the Spatial Abilities of Engineering Students. *Journal of Engineering Education, 97*(4), 505-513.

McGee, M. G. (1979). Human Spatial Abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin, 86*(5), 889-918.

McGrew, K. S. (2005). The Cattell-Horn-Carroll theory of cognitive abilities: Past, present, and future. In D. P. Flanagan, & P. L. Harrison (Eds.) *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* (pp. 152-153). New York: Guilford Press.

Metz, S. S., Donohue, S., & Moore, C. (2012). *Spatial Skills: A Focus on Gender, and Engineering.* Pennsylvania: In B. Bogue & E. Cady (Eds.). Apply Research to Practice (ARP) Resources.

National Research Council. (2001). Adding it up: Helping children learn mathematics. In J. Kilpatrick, J. Swafford, & B. Findell (Eds.). *Mathematics Learning Study Committee, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education.* Washington, DC: National Academy Press.

Olkun, S. (2003). Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities. *International Journal of Mathematics Teaching, and Learning*, *3*(1), 1-10.

Pallant, J. (2013). *SPSS Survival Manual: A Step by Step Guide to Data Analysis Using the SPSS Program* (5th ed.). Maidenhead, Berkshire, England: McGraw-Hill.

Papageorgiou, P., Monoyiou, A., & Pitta-Pantazi, D. (2006). The Intuitive Rule More A-More B: The Impact of a Dynamic Geometry Software. J. Novotná, H. Moraová, M. Krátká, & N. Stehlíková, (Eds.). In *Proceedings 30th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 329-336). Prague: PME.

Pittalis, M., & Christou, C. (2010). Types of reasoning in 3D geometry thinking and their relation with spatial Ability. *Educational Studies in Mathematics, 75*(2), 191-212.

Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing & Health, 29*, 489-497.

Robert, A. W. & Frank C. K. (1999). *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*. London: MIT Press.

Schacter, D. L., Gilbert, D. T., & Wegner, D. M. (2011). *Psychology* (2nd ed.). New York: Worth Publishers.

Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2010). A *Beginer's Guide to Structural Equation Modeling* (3rd ed.). New York: Taylor & Francis Group, LLC.

Smith, K. J. (2013). *Mathematics: Its Power, and Utility* (10th ed.). USA: Charles Van Wagner.

Spelke, E. S. (2011). Chapter 18 - Natural Number, and Natural Geometry. In S. Dehaene & E. M. Brannon (Eds.), *Space, Time, and Number in the Brain* (p. 288). San Diego: Academic Press.

Spelke, E., Lee, S. A., & Izard, V. (2010). Beyond core knowledge: Natural geometry. *Cogn Sci, 34*(5), 863-884.

Strong, S., & Smith, R. (2001). Spatial Visualization: Fundamentals, and Trends in Engineering Graphics. *Journal of Industrial Technology, 18*(1), 1-6.

Suwannapet, B. (2002). *The English-Thai Dictionary of Psychology* (2nd ed.). Bangkok: S & K Books.

The American Heritage. (2015). *Achievement*. [Retrieved on August 20, 2015], from: http://www.wordnik.com/words/achievement

Tommasi, L., Chiandetti, C., Pecchia, T., Sovrano, V. A., & Vallortigara, G. (2012). From natural geometry to spatial cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 36*(2), 799-824.

Turner, M. J., Blackledge, J. M., & Andrews, P. R. (1998). *Fractal geometry in digital imaging.* USA: Academic Press.

UNESCO. (2013). *Policy Review of TVET in Lao PDR*. Paris: UNESCO

Uttal, D. H., Miller, D. I., & Newcombe, N. S. (2013). Exploring, and Enhancing Spatial Thinking: Links to Achievement in Science, Technology, Engineering, and Mathematics? *Current Directions in Psychological Science, 22*(5), 367-373.

VandenBos, G. R. (2015). *APA Dictionary of Psychology* (2nd ed.). Washington, DC: American Psychological Association

Veloo, A., Ali, R. M., & Krishnasamy, H. N. (2014). Affective Determinants of Additional Mathematics Achievement in Malaysian Technical Secondary Schools. *Procedia - Social, and Behavioral Sciences, 112*, 613-620.

Verstijnen, I. M., Leeuwen, C. V., Goldschimdt, G., Haeml, R., & Hennessey, J. M. (1998). Creative discovery in imagery, and perception: combining is relatively easy, restructuring takes a sketch. *Acta Psychologica, 99*(2), 177–200.

Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial Ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology, 101*(4), 817–835.

Wai, J., Lubinski, D., Benbow, C. P., & Steiger, J. H. (2010). Accomplishment in science, technology, engineering, and mathematics (STEM), and its relation to STEM educational dose: A 25-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, *102(4)*, 860-871.

Weckbacher, L. M., & Okamoto, Y. (2014). Mental Rotation Ability in relation to self-perceptions of high school geometry. *Learning, and Individual Differences, 30*, 58-63.

Yang, Y., Conners, F. A., & Merrill, E. C. (2014). Visuo-Spatial Ability in individuals with Down syndrome: Is it really a strength?. *Res Dev Disabil, 35*(7), 1473-1500.

Yilmaz, H. B. (2009). On the development and measurement of spatial Ability. *International Electronic Journal of Elementary Education, 1* (2), 83-96.

Yüksel, N. S., & Bülbül, A. (2014). Test Development Study on the Spatial Visualization. *Journal of Science, and Mathematics Education, 8*(2), 124-142.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

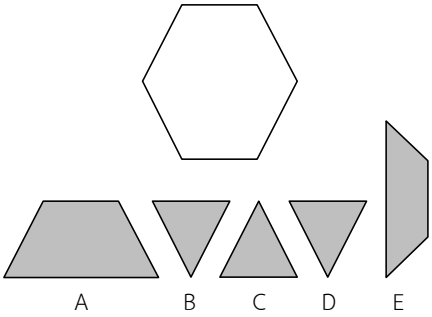
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ແບບທົດສອບຄວາມສາມາດດ້ານມິຕິສຳພັນ

ຄຳແນະນຳ: ແບບທົດສອບຄວາມສາມາດດ້ານມິຕິສຳພັນ ແບ່ງອອກເປັນ 8 ຕອນ ຈຳນວນ 28 ຂໍ້ ໃຊ້ເວລາໃນການເຮັດແບບທົດສອບ 40 ນາທີ

<u>ຕອນທີ 1</u> ໃຫ້ນັກຮຽນເລືອກຈຳນວນ 4 ຮູບ ຈາກທັງໝົດ 5 ຮູບ ໂດຍໃຊ້ເຄື່ອງໝາຍ × ໃສ່ຫ້ອງຄຳຕອບ A B C D E ຢູ່ເຈ້ຍຄຳຕອບ ເຊິ່ງຮູບທີ່ເລືອກຕ້ອງເປັນຮູບທີ່ສາມາດປະກອບລວມກັນ ເປັນຮູບທີ່ກຳນົດໃຫ້ໄດ້ຢ່າງສົມບູນ ຮູບທີ່ເລືອກບາງຮູບອາດຈະຕ້ອງໝຸນຈຶ່ງສາມມາດປະກອບໄດ້

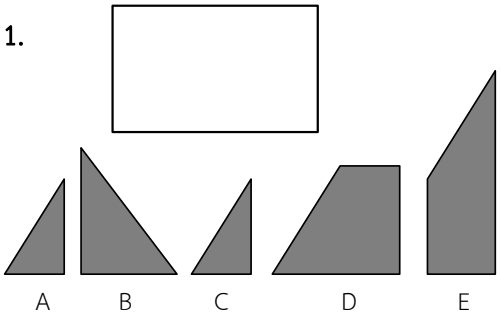
ຕົວຢ່າງຄຳຖາມ



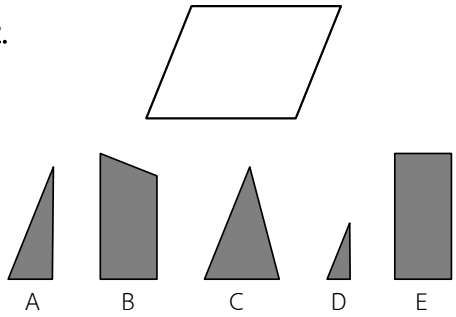
ຕົວຢ່າງຄຳຕອບ

ຂໍ້ທີ	A	B	C	D	E
00	×	×	×	×	

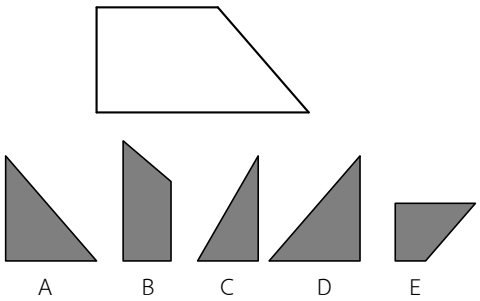
1.



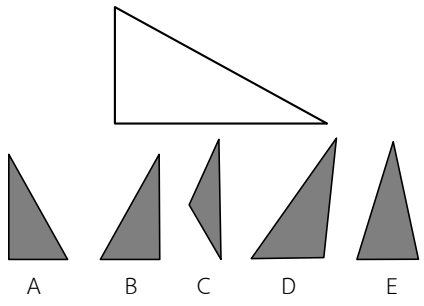
2.



3.

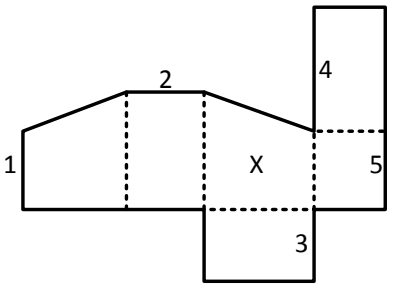


4.

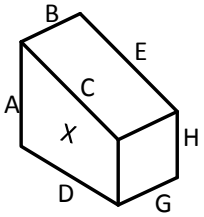


<u>ຕອນທີ 2</u> ໃຫ້ນັກຮຽນປຽບທຽບວ່າຕົວເລກໃດທີ່ເປັນຕົວເລກບອກລ່ຽມຂ້າງຂອງຮູບ 2 ມິຕິ ກົງກັບຕົວອັກສອນພາສາອັງກິດຕົວໃດທີ່ເປັນຕົວເລກບອກລ່ຽມຂ້າງຂອງຮູບ 3 ມິຕິ ແລ້ວເລືອກເອົາຕົວອັກສອນ A B C D… ທີ່ເປັນຕົວເລກບອກລ່ຽມຂ້າງຂອງຮູບ 3 ມິຕິ ໄປຂຽນໃສ່ຫ້ອງຄຳຕອບ 1 ເຖິງ 5 ຢູ່ເຈ້ຍຄຳຕອບ ກຳນົດໃຫ້ X ເປັນເຄື່ອງໝາຍບອກວ່າທັງສອງຮູບເປັນດ້ານດຽວກັນ

ຕົວຢ່າງຄຳຖາມ

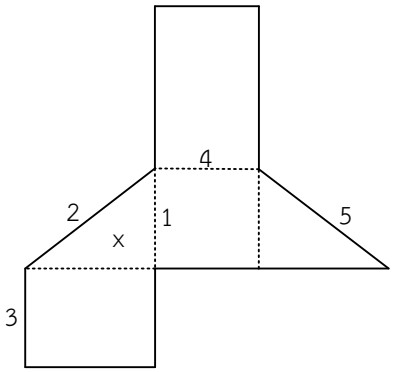


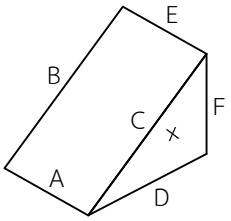
ຕົວຢ່າງຄຳຕອບ



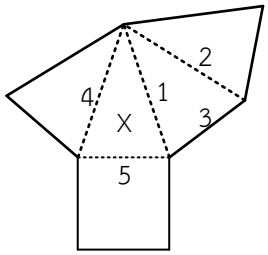
ຂໍ້ທີ	1	2	3	4	5
00	H	B	G	C	H

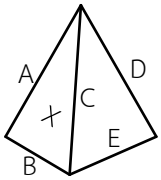
1.



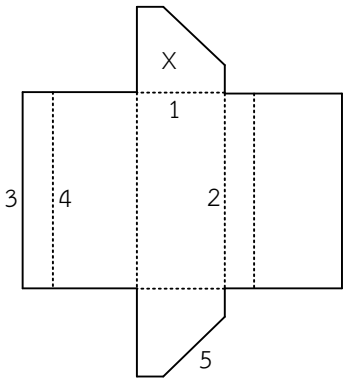


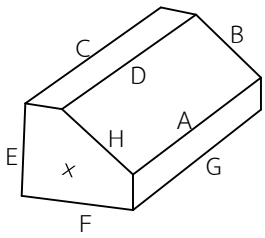
2.



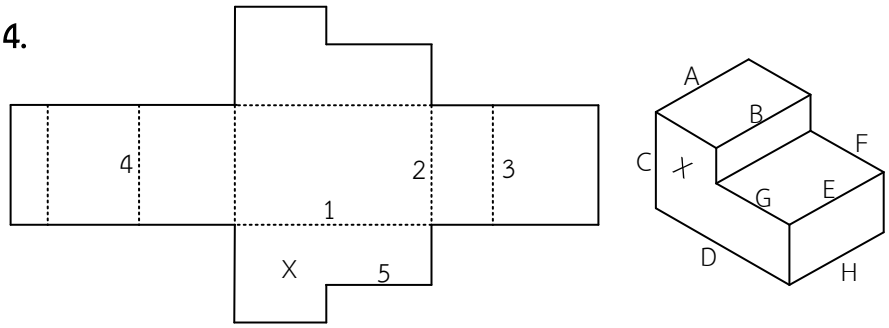


3.



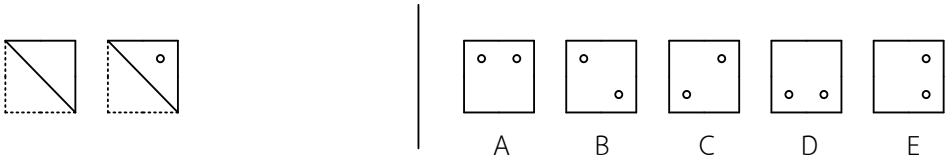


4.



<u>ຕອນທີ 3</u> ໃຫ້ນັກຮຽນເລືອກຄຳຕອບທີ່ຖືກຕ້ອງທີ່ສຸດພຽງຄຳຕອບດຽວ ໂດຍພິຈາລະນາຮູບທີ່ໄດ້ຈາກການພັບ, ເຈາະຮູ ແລະແບອອກ ແລ້ວໃຊ້ເຄື່ອງໝາຍ × ໃສ່ຫ້ອງຄຳຕອບ A B C D ຫຼື E ຢູ່ເຈ້ຍຄຳຕອບ

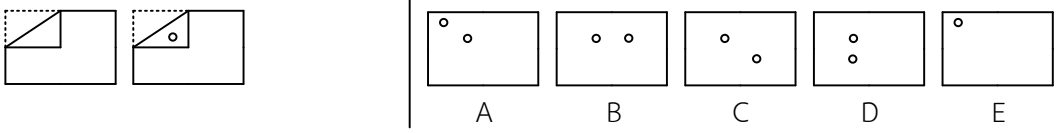
ຕົວຢ່າງຄຳຖາມ



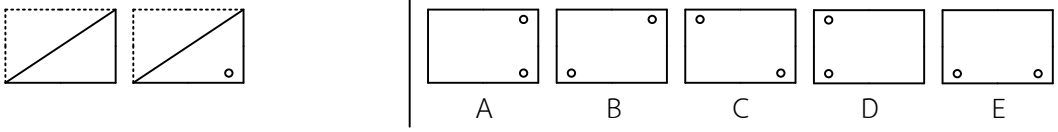
ຕົວຢ່າງຄຳຕອບ

ຂໍ້ທີ	A	B	C	D	E
00			×		

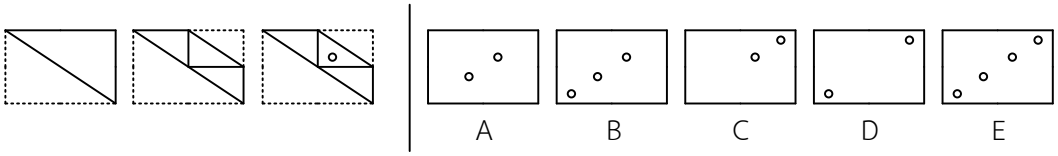
1.



2.



3.

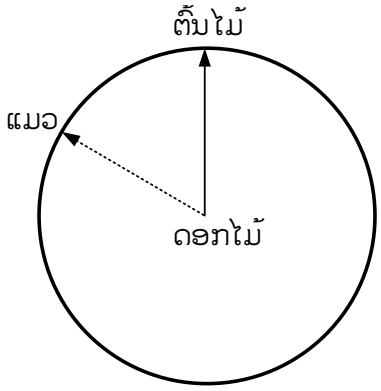


<u>ຕອນທີ 4</u> ໃຫ້ນັກຮຽນຈິນຕະນາການວ່າກຳລັງຢືນຢູ່ວັດຖຸທີ 1 (ດັ່ງຮູບ) ເຊິ່ງຈະເປັນຈຸດໃຈກາງຂອງວົງມົນ ກຳລັງຫັນໜ້າໄປເບິ່ງວັດຖຸທີ 2 ເຊິ່ງຈະເປັນຈຸດທີ່ຢູ່ຂອບເທິງສຸດຂອງວົງມົນ ແລ້ວໃຫ້ກຳນົດຕຳ ແໜ່ງແລະທິດທາງຂອງວັດຖຸທີ 3 ໂດຍຂີດເສັ້ນຂາດທີ່ມີຫົວລູກສອນໄປຫາຂອບຂອງວົງມົນ ພ້ອມທັງຂຽນຊື່ວັດຖຸນັ້ນຢູ່ເຈ້ຍຄຳຕອບ

ຕົວຢ່າງຄຳຖາມ

00. ໃຫ້ນັກຮຽນຈິນຕະນາການວ່າກຳລັງຢືນຢູ່ຈຸດ **ດອກໄມ້** ກຳລັງຫັນໜ້າໄປເບິ່ງ **ຕົ້ນໄມ້** ຈົ່ງບອກຈຸດ **ແມວ** ໂດຍຂີດເສັ້ນຂາດທີ່ມີຫົວລູກສອນຈາກຈຸດໃຈກາງຂອງວົງມົນໄປຫາຂອບຂອງວົງມົນ ພ້ອມທັງຂຽນຊື່ວັດຖຸນັ້ນໃຫ້ຖືກຕ້ອງ

ຕົວຢ່າງຄຳຕອບ



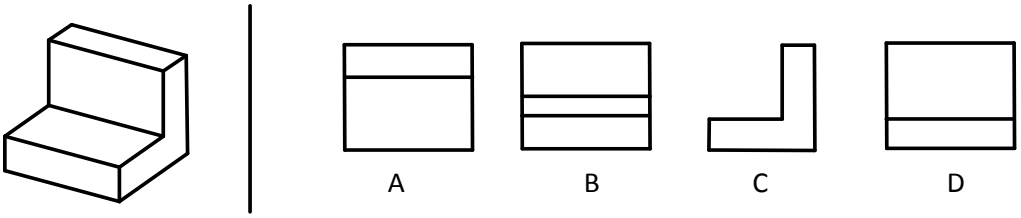
1. ໃຫ້ນັກຮຽນຈິນຕະນາການວ່າກຳລັງຢືນຢູ່ຈຸດ **ແມວ** ກຳລັງຫັນໜ້າໄປເບິ່ງ **ຕົ້ນໄມ້** ຈົ່ງບອກຈຸດ **ລົດ** ໂດຍຂີດເສັ້ນຂາດທີ່ມີຫົວລູກສອນຈາກຈຸດໃຈກາງຂອງວົງມົນໄປຫາຂອບຂອງວົງມົນພ້ອມທັງຂຽນຊື່ວັດຖຸນັ້ນໃຫ້ຖືກຕ້ອງ

2. ໃຫ້ນັກຮຽນຈິນຕະນາການວ່າກຳລັງຢືນຢູ່ຈຸດ **ປ້າຍຢຸດ** ກຳລັງຫັນໜ້າໄປເບິ່ງ **ແມວ** ຈົ່ງບອກຈຸດ **ເຮືອນ** ໂດຍຂີດເສັ້ນຂາດທີ່ມີຫົວລູກສອນຈາກຈຸດໃຈກາງຂອງວົງມົນໄປຫາຂອບຂອງວົງມົນ ພ້ອມທັງຂຽນຊື່ວັດຖຸນັ້ນໃຫ້ຖືກຕ້ອງ

3. ໃຫ້ນັກຮຽນຈິນຕະນາການວ່າກຳລັງຢືນຢູ່ຈຸດ **ປ້າຍຢຸດ** ກຳລັງຫັນໜ້າໄປເບິ່ງ **ດອກໄມ້** ຈົ່ງບອກຈຸດ **ລົດ** ໂດຍຂີດເສັ້ນຂາດທີ່ມີຫົວລູກສອນຈາກຈຸດໃຈກາງຂອງວົງມົນໄປຫາຂອບຂອງວົງມົນ ພ້ອມທັງຂຽນຊື່ວັດຖຸນັ້ນໃຫ້ຖືກຕ້ອງ

<u>ຕອນທີ 5</u> ໃຫ້ນັກຮຽນປຽບທຽບຮູບທີ່ໄດ້ຈາກການເບິ່ງຮູບ 3 ມິຕິ ທັງສາມດ້ານ ຄື: ດ້ານເທິງ ດ້ານຂ້າງ ແລະ ດ້ານໜ້າ ແລ້ວເລືອກພຽງຄຳຕອບດຽວທີ່ເຫັນວ່າບໍ່ແມ່ນຮູບທີ່ໄດ້ຈາກການເບິ່ງທິງສາມດ້ານນັ້ນ ໂດຍໃຊ້ເຕື່ອງໝາຍ × ໃສ່ຫ້ອງຄຳຕອບ A B C ຫຼື D ຢູ່ເຈ້ຍຄຳຕອບ

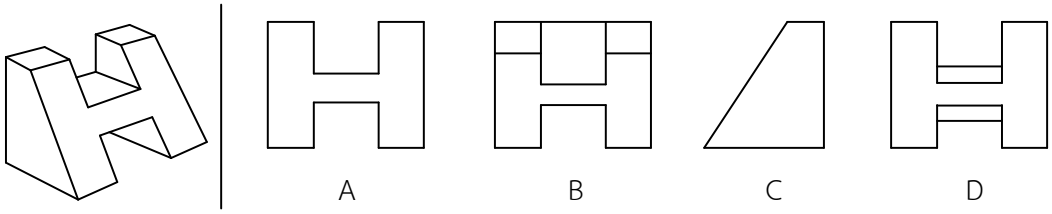
ຕົວຢ່າງຄຳຖາມ



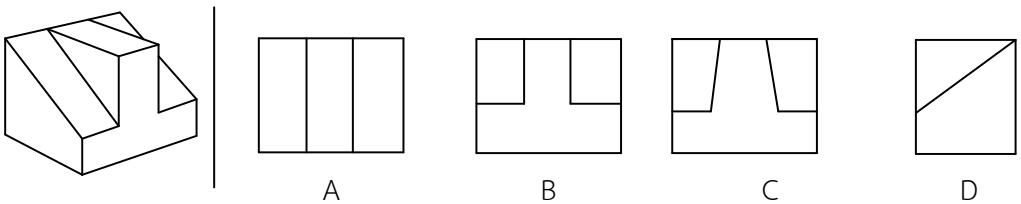
ຕົວຢ່າງຄຳຕອບ

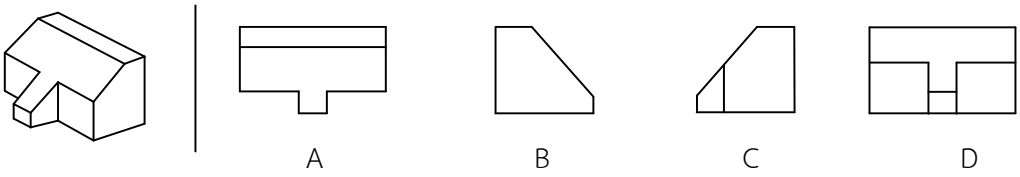
ຂໍ້ທີ	A	B	C	D
00		×		

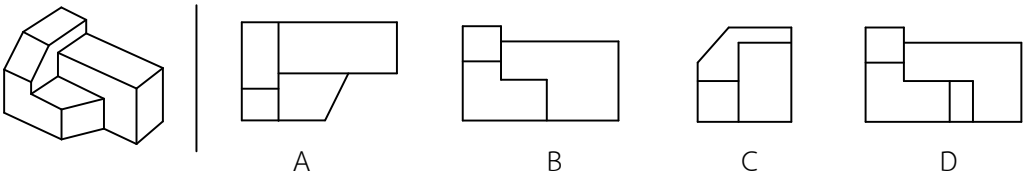
1.



2.

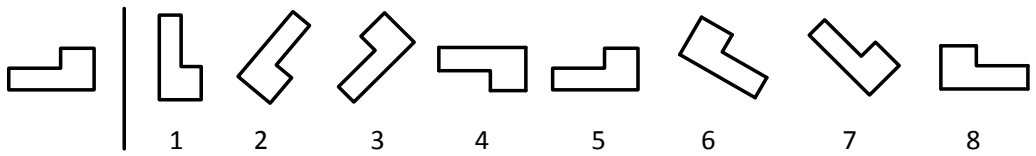


3. 

4. 

<u>ຕອນທີ 6</u> ໃຫ້ນັກຮຽນປຽບທຽບຮູບທີ່ໃຫ້ມາທີ່ຢູ່ຊ້າຍມືກັບຮູບ 1 ເຖິງ 8 ເລືອກຄຳຕອບທີ່ຖືກຕ້ອງທີ່ສຸດພຽງຄຳຕອບດຽວໃນແຕ່ລະຮູບ ໂດຍໃຊ້ເຄື່ອງໝາຍ × ໃສ່ຫ້ອງຄຳຕອບ “ຄື” ທີ່ເຫັນວ່າເປັນຮູບທີ່ຄືກັບຮູບທີ່ໃຫ້ມາ ຫຼື ໃຊ້ເຄື່ອງໝາຍ × ໃສ່ຫ້ອງຄຳຕອບ “ຕ່າງ” ທີ່ເຫັນວ່າເປັນຮູບທີ່ຕ່າງກັບຮູບທີ່ໃຫ້ມາ ຢູ່ເຈ້ຍຄຳຕອບໃຫ້ຄົບທຸກຮູບ

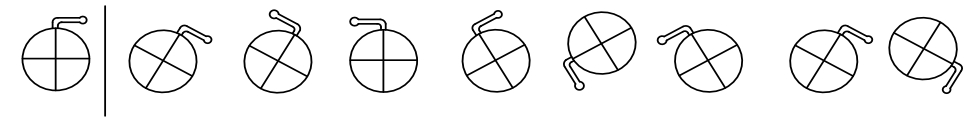
ຕົວຢ່າງຄຳຖາມ



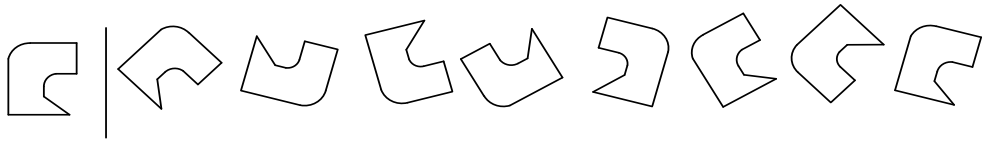
ຕົວຢ່າງຄຳຕອບ

ຮູບທີ / ຂໍ້ທີ	1		2		3		4		5		6		7		8	
	ຄື	ຕ່າງ	ຄື	ຕ່າງ	ຄື	ຕ່າງ	ຄື	ຕ່າງ	ຄື	ຕ່າງ	ຄື	ຕ່າງ	ຄື	ຕ່າງ	ຄື	ຕ່າງ
00	×		×		×			×	×			×	×			×

1.

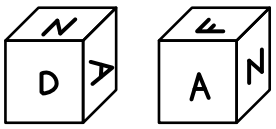
2. 

3.

4. 

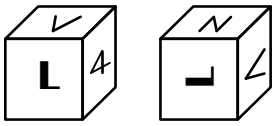
<u>ຕອນທີ 7</u> ໃຫ້ນັກຮຽນປຽບທຽບຮູບກ້ອນທັງສອງຮູບ ເຊິ່ງຮູບກ້ອນດັ່ງກ່າວອາດຈະໝຸນໄປໃນທິດທາງທີ່ແຕກຕ່າງກັນ; ຕົວເລກ, ຕົວອັກສອນ ຫຼື ສັນຍາລັກບາງຕົວ ອາດຈະຖືກບັງໄວ້ ແຕ່ຈະເຫັນຫຼັງຈາກທີ່ມີການໝຸນ. ແລ້ວໃຫ້ນັກຮຽນເລືອກຄຳຕອບທີ່ຖືກຕ້ອງທີ່ສຸດພຽງຄຳຕອບດຽວ ໂດຍໃຊ້ເຄື່ອງໝາຍ × ໃສ່ຫ້ອງຄຳຕອບ “ຄື” ທີ່ເຫັນວ່າຮູບກ້ອນທັງສອງຄືກັນ ຫຼື ໃຊ້ເຄື່ອງໝາຍ × ໃສ່ຫ້ອງຄຳຕອບ “ຕ່າງ” ທີ່ເຫັນວ່າຮູບກ້ອນທັງສອງຕ່າງກັນ ຢູ່ເຈ້ຍຄຳຕອບ

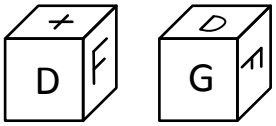
ຕົວຢ່າງຄຳຖາມ

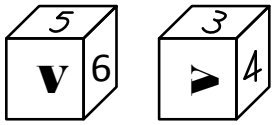


ຕົວຢ່າງຄຳຕອບ

ຂໍ້ທີ	ຄື	ຕ່າງ
00		×

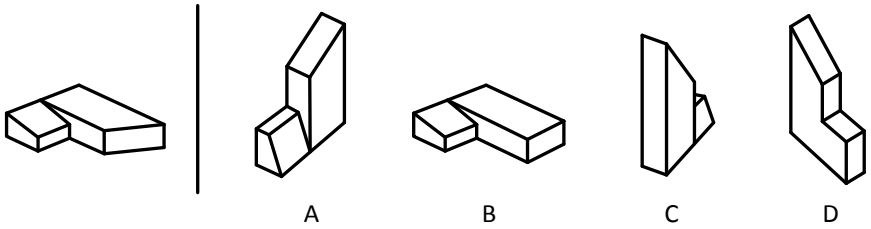
1. 

2. 

3. 

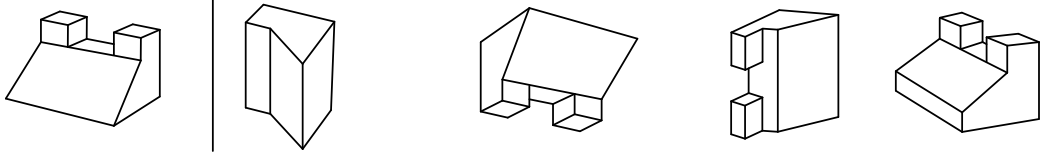
<u>ຕອນທີ 8</u> ໃຫ້ນັກຮຽນປຽບທຽບຮູບທີ່ຢູ່ຊ້າຍມືກັບຮູບທີ່ຢູ່ຂວາມື ເຊິ່ງເປັນຮູບທີ່ໄດ້ຈາກການໝຸນ ແລ້ວເລືອກຄຳຕອບທີ່ຖືກຕ້ອງທີ່ສຸດພຽງຄຳຕອບດຽວທີ່ເຫັນວ່າເປັນຮູບດຽວກັນກັບຮູບທີ່ໃຫ້ມາ ໂດຍໃຊ້ເຕື່ອງໝາຍ × ໃສ່ຫ້ອງຄຳຕອບ A B C ຫຼື D ຢູ່ເຈ້ຍຄຳຕອບ

ຕົວຢ່າງຄຳຖາມ

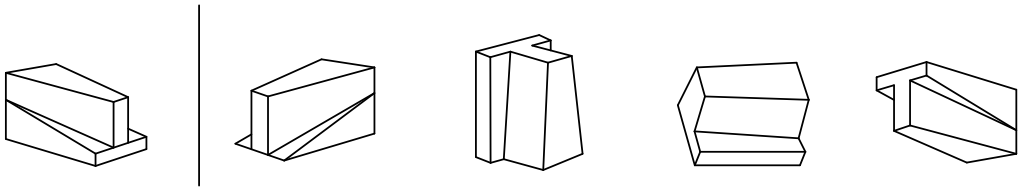


ຕົວຢ່າງຄຳຕອບ

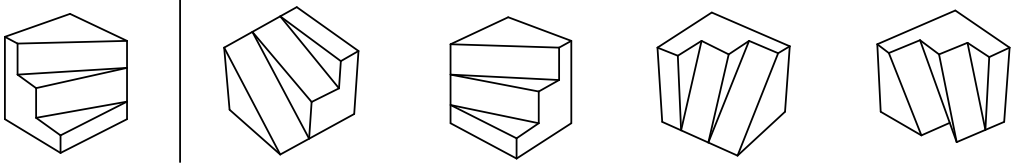
ຂໍ້ທີ	A	B	C	D
00	×			

1. 

A B C D

2. 

A B C D

3. 

A B C D

ຜູ້ວິໄຈຂໍສະແດງຄວາມຂອບໃຈນັກຮຽນທຸກຄົນທີ່ເສຍສະຫຼະເວລາອັນມີຄຸນຄ່າໃນການເຮັດແບບທົດສອບ ເຊິ່ງເປັນສ່ວນທີ່ສຳຄັນທີ່ຈະເຮັດໃຫ້ການວິໄຈໃນຄັ້ງນີ້ປະສົບຜົນສຳເລັດ ຂໍ້ມູນທັງໝົດຈະຮັກສາເປັນຄວາມລັບແລະນຳໃຊ້ໃນການວິໄຈ ເພື່ອເປັນປະໂຫຍດທາງການສຶກສາເທົ່ານັ້ນ.

ຜູ້ວິໄຈ

ທ້າວ ສີສະໄໝ ດວງມະນີ

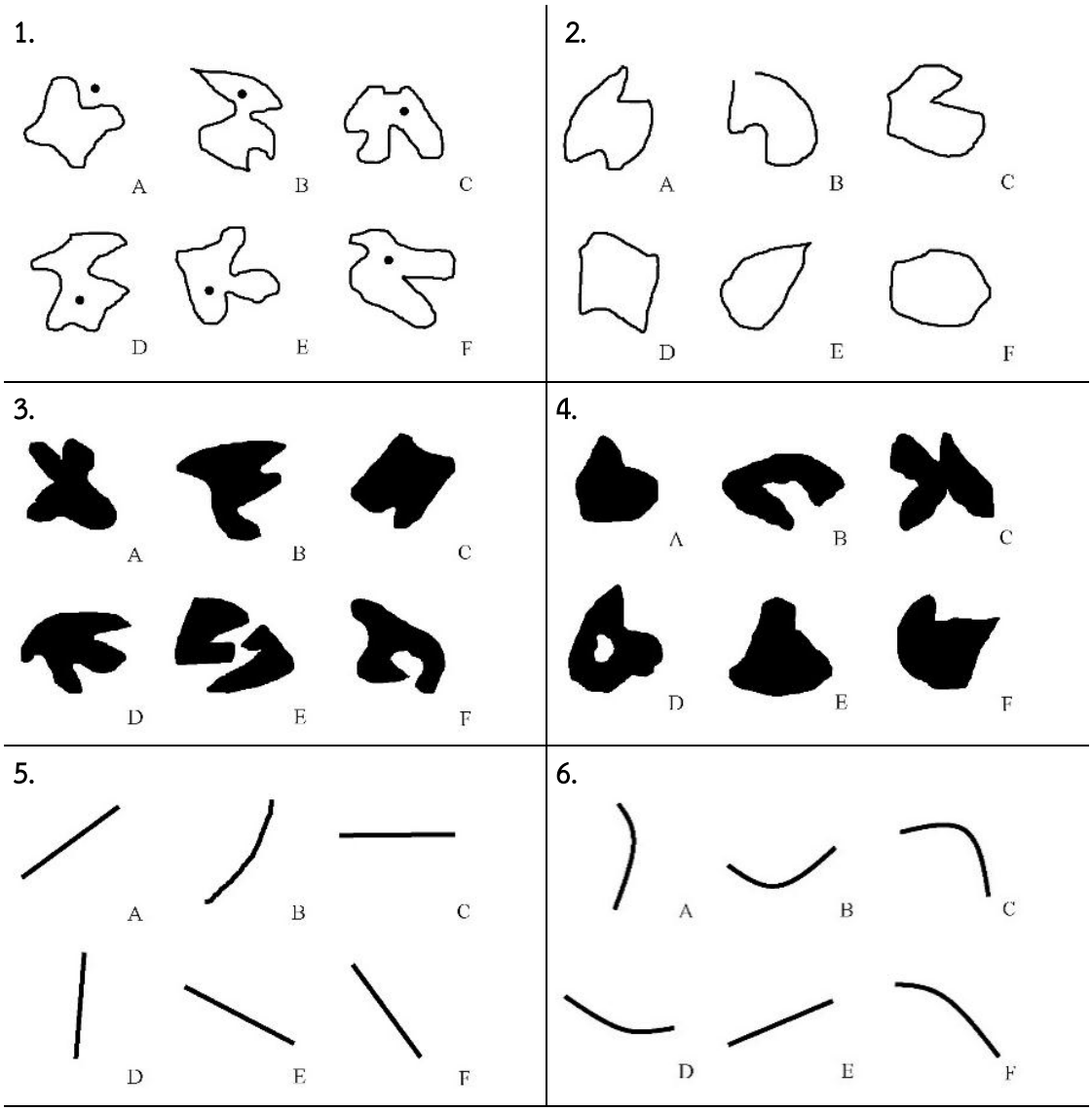
ນັກສຶກສາປະລິນຍາໂທຫຼັກສູດວິທະຍາສາດມະຫາບັນດິດ
ສາຂາການວິໄຈແລະສະຖິຕິທາງວິທະຍາການປັນຍາ
ວິທະຍາໄລການວິໄຈແລະວິທະຍາການປັນຍາ ມະຫາວິທະຍາໄລບູຣະພາ

ແບບທົດສອບການຢັ່ງຮູ້ທາງເລຂາຄະນິດ

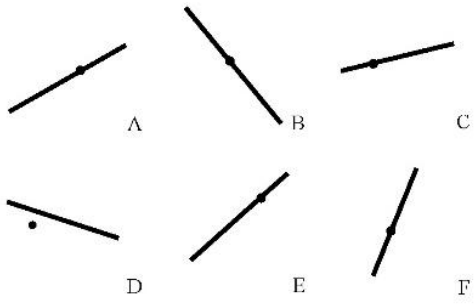
ຄຳແນະນຳ

1. ແບບທົດສອບການຢັ່ງຮູ້ທາງເລຂາຄະນິດເປັນແບບເລືອກຕອບ ຈຳນວນ 43 ຂໍ້ ໃຊ້ເວລາໃນການເຮັດແບບທົດສອບ 20 ນາທີ

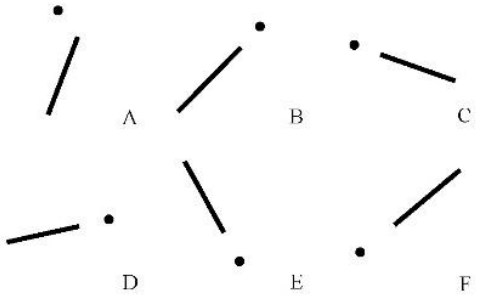
2. ກຳນົດໃຫ້ 6 ຮູບ ໃຫ້ນັກຮຽນເລືອກຫນຶ່ງຮູບທີ່ແຕກຕ່າງຈາກກຸ່ມ ໂດຍໃຊ້ເຄື່ອງໝາຍ × ໃສ່ຫ້ອງຄຳຕອບ A B C D E ຫຼື F ຢູ່ເຈ້ຍຄຳຕອບ



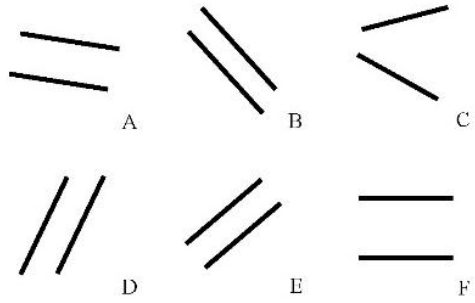
7.



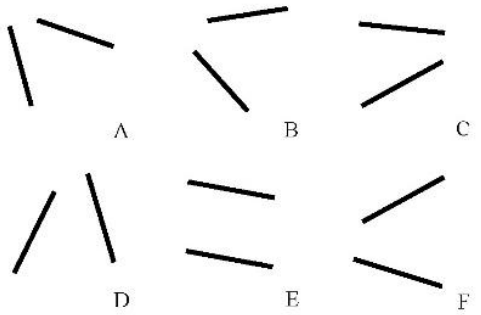
8.



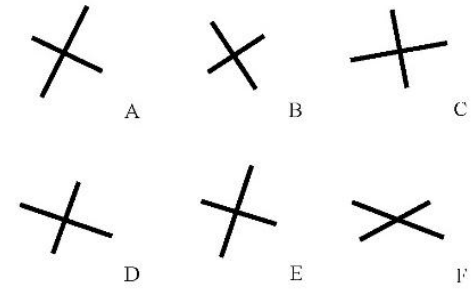
9.



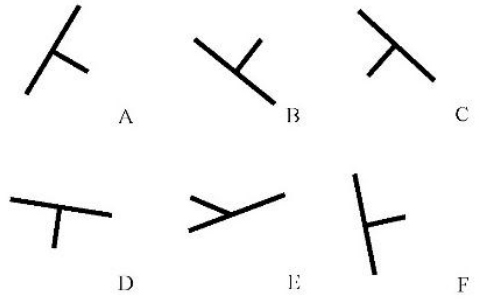
10.



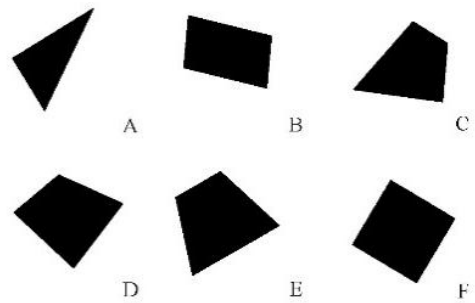
11.



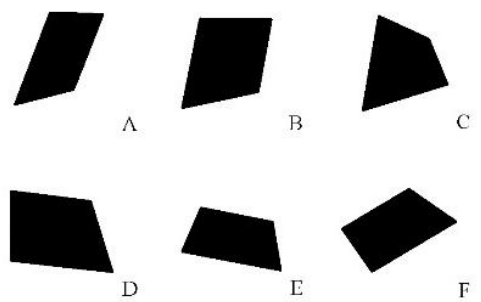
12.



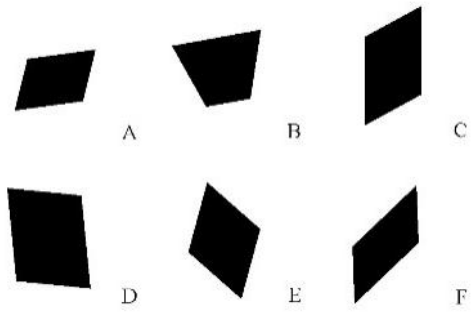
13.



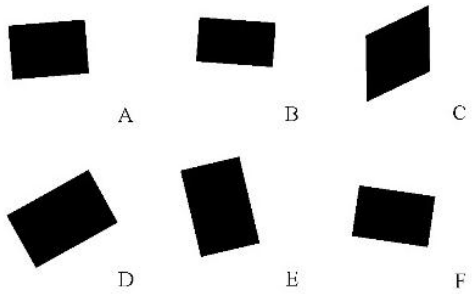
14.



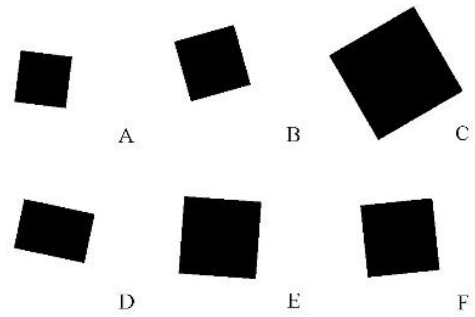
15.



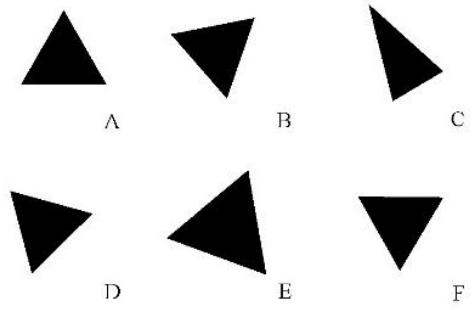
16.



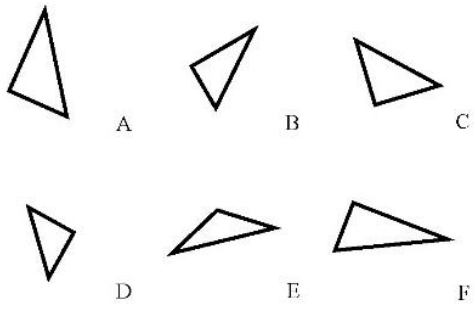
17.



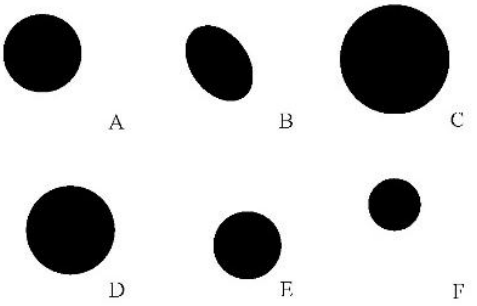
18.



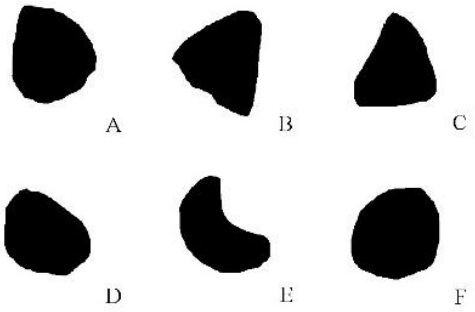
19.



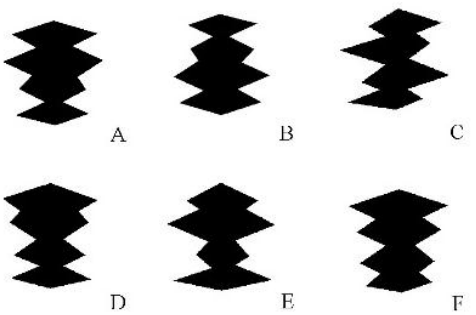
20.



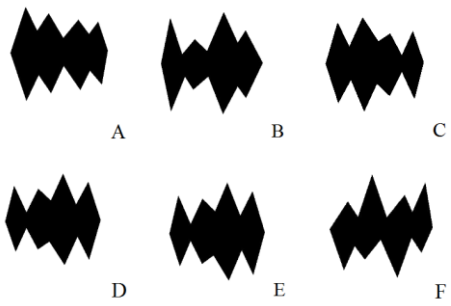
21.



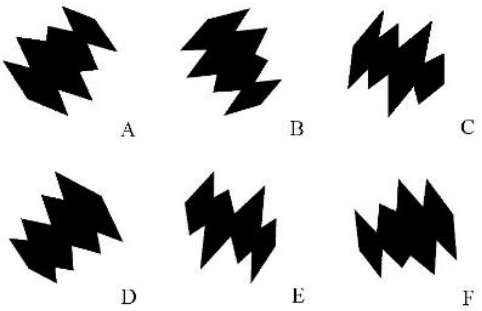
22.



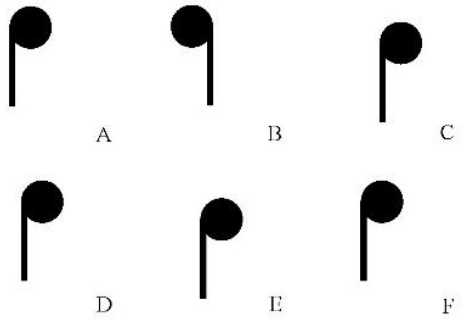
23.



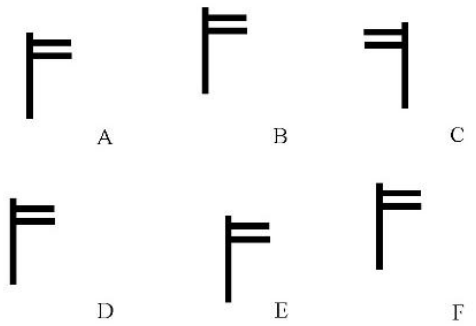
24.



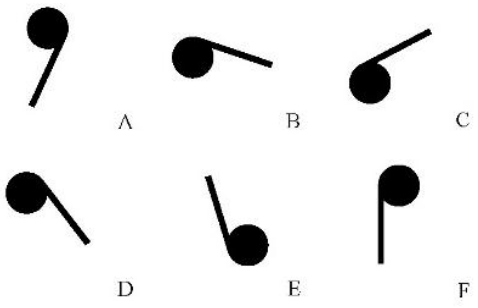
25.



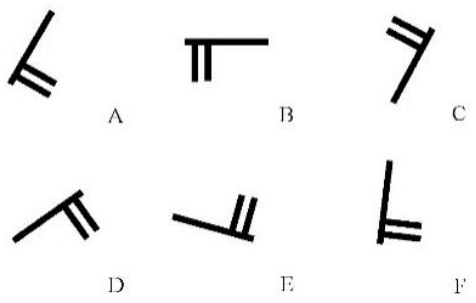
26.



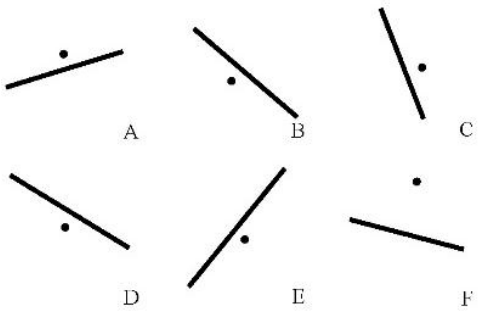
27.



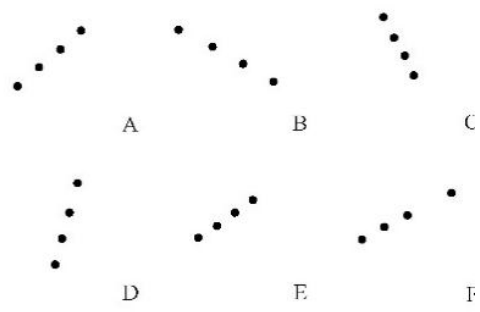
28.



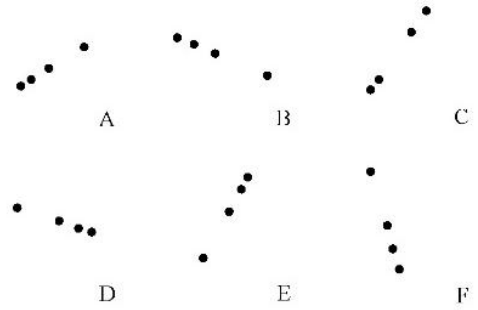
29.



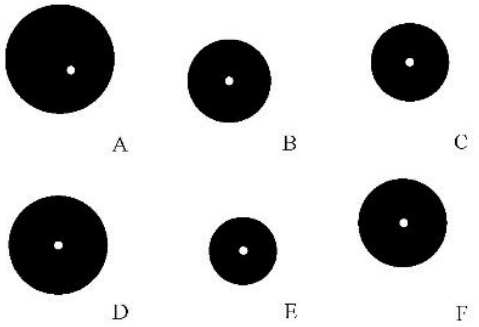
30.



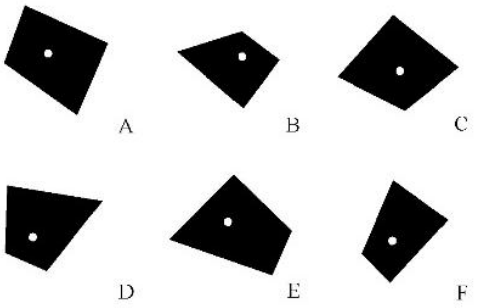
31.



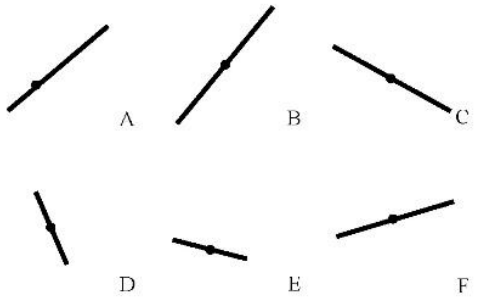
32.



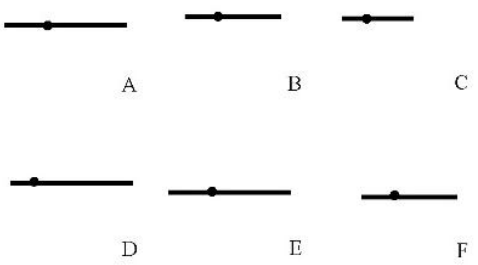
33.



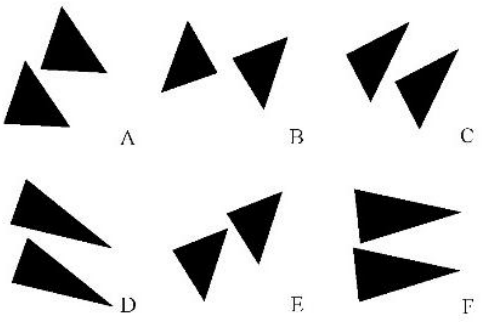
34.



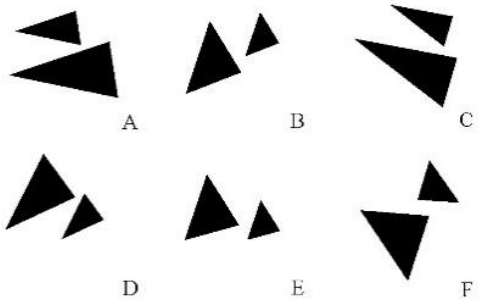
35.



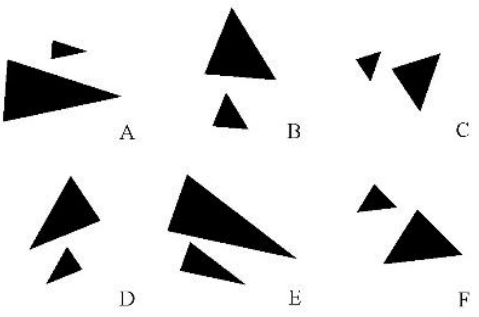
36.



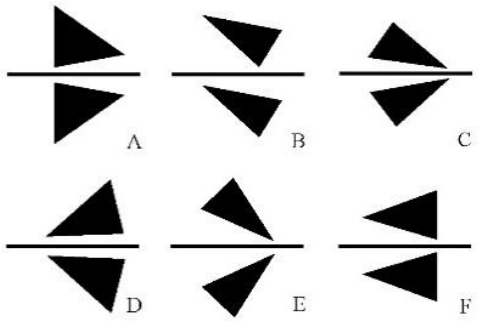
37.



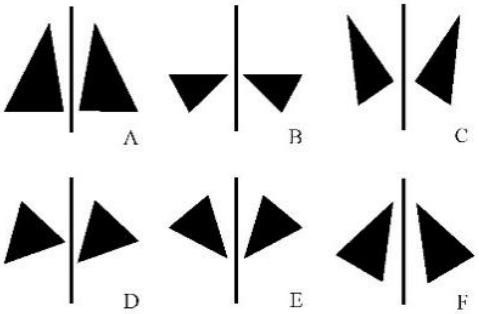
38.



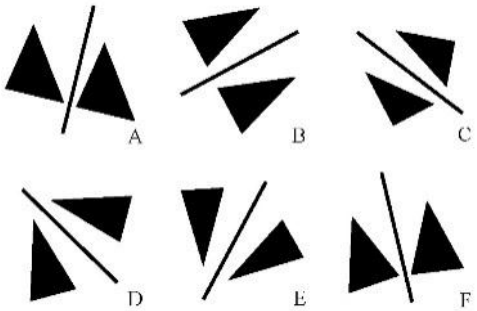
39.



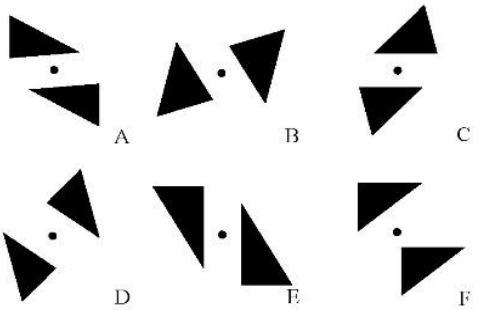
40.



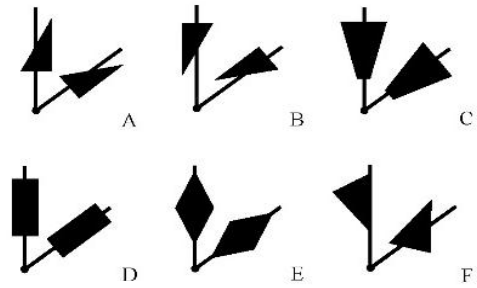
41.



42.



43.



ผู้อิไจขໍสะแดงถอามขอบใจนักาธงมทุกถินที่เสยสะหงะเอลาอันมิคุมถ่าในกามเธัดแบบทิดสอบ เชิ่งเป้นส่อมที่สำถันที่จะเธัดให้กามอิไจในถั้งนี้ปะสิบผิมสำเลัด ข้ๆมูมทังฒิดจะธักสาเป้นถอามลับและนำใช้ในกามอิไจ เพื่อเป้นปะโหยดทางกามสึกสาเท่านั้น.

ผู้อิไจ

ท้าว สิสะไฒ ดองมะนิ

นักสึกสาปะลิมยาโหทัฐกาสูดอิทะยาสาดมะหาบันดิด
สาขากามอิไจและสะถิติทางอิทะยากามปันยา
อิทะยาไลกามอิไจและอิทะยากามปันยา มะหาอิทะยาไลบูธะพา

ແບບທົດສອບອັດຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນເລຂາຄະນິດ

ຄຳແນະນຳ

1. ແບບທົດສອບເລຂາຄະນິດສະບັບນີ້ເປັນແບບເລືອກຕອບ ຈຳນວນ 30 ຂໍ້ ໃຊ້ເວລາ 60 ນາທີ

2. ໃຫ້ນັກຮຽນເລືອກຄຳຕອບພຽງຄຳຕອບດຽວທີ່ເຫັນວ່າຖືກທີ່ສຸດ ໂດຍໃຊ້ເຄື່ອງໝາຍ × ໃສ່ຫ້ອງຄຳຕອບ ກ ຂ ຄ ງ ໃສ່ເຈ້ຍຄຳຕອບ

1. ຈາກສົມຜົນປາຣາໂບລ $(y-3)^2=8(x+3)$ ຈຸດສຸມແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $(-1,3)$ ຂ. $(-3,3)$ ຄ. $(-3,7)$ ງ. $(-3,-2)$

2. ສົມຜົນເສັ້ນນຳຂອງປາຣາໂບລ $x^2+4x-16y+52=0$ ແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $4y+15=0$ ຂ. $4x+15=0$ ຄ. $4y+9=0$ ງ. $4x+9=0$

3. ກຳນົດໃຫ້ສົມຜົນວົງມົນ $x^2+y^2=5$ ຈົ່ງຊອກຫາຈຸດສູນກາງວົງມົນ $I(x,y)$ ແລະລັດສະໝີຂອງວົງມົນ (r)

ກ. $I(0,0)$ ແລະ $r=\sqrt{5}$ ຂ. $I(5,5)$ ແລະ $r=\sqrt{5}$
ຄ. $I(0,0)$ ແລະ $r=5$ ງ. $I(5,5)$ ແລະ $r=5$

4. ກຳນົດໃຫ້ສົມຜົນວົງມົນ $x^2+y^2+2x+6y=0$ ຈົ່ງຊອກຫາຈຸດສູນກາງວົງມົນ $I(x,y)$ ແລະລັດສະໝີຂອງວົງມົນ (r)

ກ. $I(1,3)$ ແລະ $r=\sqrt{10}$ ຂ. $I(1,3)$ ແລະ $r=10$
ຄ. $I(-1,-3)$ ແລະ $r=\sqrt{10}$ ງ. $I(-1,-3)$ ແລະ $r=10$

5. ກຳນົດໃຫ້ສົມຜົນວົງຮີ $\frac{y^2}{81}+\frac{x^2}{36}=1$ ຈົ່ງຊອກຫາຈຸດສຸມ $F(x,y)$

ກ. $F(0,\pm4)$ ຂ. $F(0,\pm5)$ ຄ. $F(0,\pm6)$ ງ. $F(0,\pm7)$

6. ກຳນົດໃຫ້ສົມຜົນວົງຮີ $x^2+2y^2-2x+4y-13=0$ ຈົ່ງຊອກຫາຈຸດສູນກາງວົງຮີ $\omega(x;y)$ ແລະຈຸດສຸມ $F(x,y)$?

ກ. $\omega(0;0)$ ແລະ $F(\pm2\sqrt{2},0)$ ຂ. $\omega(0;0)$ ແລະ $F(\pm(2\sqrt{2}+1),0)$
ຄ. $\omega(1;-1)$ ແລະ $F(\pm2\sqrt{2},-1)$ ງ. $\omega(1;-1)$ ແລະ $F(\pm(2\sqrt{2}+1),-1)$

7. ກຳນົດໃຫ້ສົມຜົນວົງຮີ $2x^2+y^2+8x+4y+6=0$ ຈົ່ງຊອກຫາຈຸດສູນກາງວົງຮີ $\omega(x;y)$ ແລະ ຈຸດສຸມ $F(x,y)$?

ກ. $\omega(2;2)$ ແລະ $F(2,2\pm\sqrt{3})$ ຂ. $\omega(-2;-2)$ ແລະ $F(-2,-2\pm\sqrt{3})$

ຄ. $\omega(-2;-2)$ ແລະ $F(-2,2\pm\sqrt{3})$ ງ. $\omega(-2;2)$ ແລະ $F(-2,2\pm\sqrt{3})$

8. ຈຸດສຸມຂອງສົມຜົນອີແປກໂບນ $9y^2-16x^2=144$ ແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $(0,-5)$ ແລະ $(0,5)$ ຂ. $(0,-\sqrt{7})$ ແລະ $(0,\sqrt{7})$

ຄ. $(-5,0)$ ແລະ $(5,0)$ ງ. $(-\sqrt{7},0)$ ແລະ $(\sqrt{7},0)$

9. ກຳນົດໃຫ້ສົມຜົນຂອງອີແປກໂບນ $9x^2-16y^2-54x=63$ ຈົ່ງຊອກຫາຈຸດຈອມ $V(x,y)$ ແລະ ຈຸດສຸມ $F(x,y)$?

ກ. $V'(-4,0),V(4,0)$ ແລະ $F'(-6,0),F(6,0)$ ຂ. $V'(-1,0),V(7,0)$ ແລະ $F'(-2,0),F(8,0)$

ຄ. $V'(-3,0),V(3,0)$ ແລະ $F'(-5,0),F(5,0)$ ງ. $V'(-1,0),V(3,0)$ ແລະ $F'(-2,0),F(4,0)$

10. ຂໍ້ໃດຕໍ່ໄປນີ້ຖືກຕ້ອງກ່ຽວກັບສ່ວນປະກອບຂອງອີແປກໂບນ $2x^2-3y^2-20x-24y-16=0$?

ກ. ຈຸດສູນກາງຢູ່ຈຸດ $(5,-4)$ ຂ. ຈຸດສຸມຈຸດໜຶ່ງຢູ່ຈຸດ $(8,-4)$

ຄ. ແກນນອນຍາວ 26 ງ. ແກນຕັ້ງຍາວ 6

11. ຂໍ້ໃດແມ່ນສົມຜົນປາຣາໂບນທີ່ມີຈຸດສຸມແມ່ນ $(5,0)$ ແລະຈຸດຈອມໜຶ່ງແມ່ນ $(0,0)$?

ກ. $y^2=-20x$ ຂ. $y^2=20x$ ຄ. $x^2=-20y$ ງ. $x^2=20y$

12. ປາຣາໂບນທີ່ມີຈຸດສຸມ $(-4,0)$ ແລະມີເສັ້ນນຳ $x=4$ ຈະມີສົມຜົນແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $y^2=-16x$ ຂ. $x^2=-16y$ ຄ. $y^2=16x$ ງ. $x^2=16y$

13. ສົມຜົນປາຣາໂບນທີ່ມີເສັ້ນນຳແມ່ນ $y=-4$ ແລະຈຸດສຸມແມ່ນ $F(2,2)$ ແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $y^2=8x$ ຂ. $x^2=12y$ ຄ. $(x-2)^2=12(y+1)$ ງ. $(y-2)^2=-12(x+1)$

14. ວົງມົນທີ່ມີຈຸດສູນກາງ $(0,1)$ ແລະລັດສະໝີຂອງວົງມົນ $r=2$ ແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $x^2+y^2-2y+1=0$ ຂ. $x^2+y^2-2y+3=0$

ຄ. $x^2+y^2-2y-1=0$ ງ. $x^2+y^2-2y-3=0$

15. ວົງມົນທີ່ມີຈຸດ $(0,0)$ ເປັນຈຸດສູນກາງ ແລະຜ່ານຈຸດ $(-3,2)$ ແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $x^2+y^2=\sqrt{13}$ ຂ. $x^2+y^2=3$ ຄ. $x^2+y^2=13$ ງ. $x^2+y^2=9$

16. ວົງມົນທີ່ມີຈຸດ $(4,-1)$ ເປັນຈຸດສູນກາງ ແລະສຳຜັດກັບແກນ y ແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $x^2+y^2-8x+2y+1=0$ ຂ. $x^2+y^2-6x+10y+1=0$

ຄ. $x^2+y^2+8x-2y-1=0$ ງ. $x^2+y^2+6x-10y-1=0$

17. ຈົ່ງສ້າງສົມຜົນວົງຮີທີ່ມີຈຸດຈອມແມ່ນ $(\pm 4,0)$?

ກ. $7x^2+16y^2=112$ ຂ. $7x^2+14y^2=98$

ຄ. $16x^2+7y^2=112$ ງ. $14x^2+7y^2=98$

18. ຈົ່ງສ້າງສົມຜົນວົງຮີທີ່ມີຈຸດເທິງເສັ້ນແມ່ນ $(\pm 4,0)$ ແລະມີຈຸດສຸມແມ່ນ $F(\pm 3,0)$?

ກ. $\frac{x^2}{16}+\frac{y^2}{9}=1$ ຂ. $\frac{x^2}{9}+\frac{y^2}{16}=1$ ຄ. $\frac{x^2}{4}+\frac{y^2}{3}=1$ ງ. $\frac{x^2}{16}+\frac{y^2}{4}=1$

19. ກຳນົດໃຫ້ຈຸດ $M(x,y)$ ເຊິ່ງເປັນຈຸດທີ່ຢູ່ເທິງເສັ້ນສົມຜົນວົງຮີ ທີ່ມີຈຸດສຸມ $F(0,2)$, $F'(0,-2)$ ແລະ $d(M,F)+d(M,F')=6$ ຈົ່ງສ້າງສົມຜົນວົງຮີ?

ກ. $\frac{x^2}{16}+\frac{y^2}{7}=1$ ຂ. $\frac{x^2}{36}+\frac{y^2}{20}=1$ ຄ. $\frac{x^2}{5}+\frac{y^2}{9}=1$ ງ. $\frac{x^2}{16}+\frac{y^2}{9}=1$

20. ຈົ່ງສ້າງສົມຜົນຂອງອິແປກໂບນທີ່ມີຈຸດສຸມ $F(3,0), F'(-3,0)$ ແລະຈຸດ $P(x,y)$ ເປັນຈຸດທີ່ຢູ່ເທິງເສັ້ນອິແປກໂບນ ເຊິ່ງວ່າ $d(P,F')-d(P,F)=4$?

ກ. $\frac{x^2}{3}-\frac{y^2}{4}=1$ ຂ. $\frac{x^2}{5}-\frac{y^2}{4}=1$ ຄ. $\frac{x^2}{4}-\frac{y^2}{5}=1$ ງ. $\frac{x^2}{4}-\frac{y^2}{\sqrt{5}}=1$

21. ສົມຜົນອິແປກໂບນທີ່ມີຈຸດສຸມຢູ່ຈຸດ $(\pm 5,0)$ ແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $9x^2-25y^2=225$ ຂ. $9x^2-16y^2=144$

ຄ. $25x^2-9y^2=225$ ງ. $16x^2-9y^2=144$

22. ສົມຜົນອີແປກໂບນທີ່ມີຈຸດສູນກາງແມ່ນ (0,0) ຈຸດສຸມໜຶ່ງ (5,0) ແລະມີຈຸດຈອມໜຶ່ງແມ່ນ (3,0) ແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $\frac{x^2}{16}-\frac{y^2}{9}=1$ ຂ. $\frac{y^2}{16}-\frac{x^2}{9}=1$ ຄ. $\frac{x^2}{9}-\frac{y^2}{16}=1$ ງ. $\frac{y^2}{9}-\frac{x^2}{16}=1$

23. ຖ້າວ່າເສັ້ນຊື່ໜຶ່ງຜ່ານຈຸດ (0,0) ແລະຈຸດຈອມຂອງປາຣາໂບນ $y^2-4y+4x=0$ ແລະຕັດເສັ້ນນຳທີ່ຈຸດ (a,b) ແລ້ວ $|a+b|$ ມີຄ່າເທົ່າກັບຂໍ້ໃດ?

ກ. 4 ຂ. 5 ຄ. 6 ງ. 7

24. ຈົ່ງຊອກຫາຈຸດຕັດ $M(x,y)$ ຂອງສົມຜົນປາຣາໂບນ $x^2=4y$ ແລະສົມຜົນເສັ້ນຊື່ $x+y-3=0$ ແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $M_1(0,\sqrt{12})$ ແລະ $M_2(0,-\sqrt{12})$ ຂ. $M_1(-6,9)$ ແລະ $M_2(2,1)$
ຄ. $M_1(6,\sqrt{3})$ ແລະ $M_2(6,-\sqrt{3})$ ງ. $M_1(6,9)$ ແລະ $M_2(2,1)$

25. ຖ້າວ່າວົງມົນໜຶ່ງມີຈຸດສູນກາງຢູ່ຈຸດ $(-3,2)$ ແລະວົງມົນນີ້ສຳຜັດແກນ y ວົງມົນນີ້ຈະຕັດແກນ x ຢູ່ຈຸດໃດ?

ກ. $(-1\pm\sqrt{5},0)$ ຂ. $(-2\pm\sqrt{5},0)$ ຄ. $(-3\pm\sqrt{5},0)$ ງ. $(-4\pm\sqrt{5},0)$

26. ວົງມົນໜຶ່ງມີຈຸດສູນກາງຢູ່ຈຸດສູນກາງຂອງວົງຮີທີ່ມີສົມຜົນ $9x^2+4y^2-36x-24y+36=0$ ຖ້າວ່າວົງມົນນີ້ສຳຜັດກັບເສັ້ນຊື່ທີ່ຜ່ານຈຸດ (1,3) ແລະ (5,0) ແລ້ວ ລັດສະໝີຂອງວົງມົນນີ້ເທົ່າກັບຂໍ້ໃດຕໍ່ໄປນີ້?

ກ. $\frac{3}{5}$ ຂ. $\frac{4}{5}$ ຄ. $\frac{7}{8}$ ງ. $\frac{9}{13}$

27. ວົງຮີທີ່ມີແກນຍາວເທິງແກນ x ແກນສັ້ນຢູ່ເທິງແກນ y ໄລຍະລະຫວ່າງຈຸດສຸມທັງສອງເທົ່າກັບ 12 ຖ້າວ່າຄວາມຍາວຂອງເສັ້ນຊື່ທີ່ຜ່ານຈຸດສຸມໜຶ່ງແລະຕັ້ງສາກກັບແກນຍາວຂອງວົງຮີ ເທົ່າກັບ 10 ແລ້ວສົມຜົນຂອງວົງຮີ ແມ່ນຂໍ້ໃດ?

ກ. $5x^2+9y^2=405$ ຂ. $9x^2+5y^2=81$
ຄ. $5x^2+9y^2=225$ ງ. $9x^2+5y^2=20$

28. ກຳນົດໃຫ້ຈຸດ $P(x,y)$ ເຊິ່ງເປັນຈຸດທີ່ຢູ່ເທິງເສັ້ນວົງຮີທີ່ມີສົມຜົນ $9x^2+25y^2-18x+100y-166=0$ ຜົນບວກໄລຍະຫ່າງຈາກຈຸດ $P(x,y)$ ຫາຈຸດສຸມທັງສອງມີຄ່າເທົ່າກັບຂໍ້ໃດ?

ກ. 5 ຂ. 10 ຄ. 16 ງ. 25

29. ຜົນບວກຂອງໄລຍະຫ່າງຈາກຈຸດສຸມທັງສອງຂອງອີແປກໂບນ $9x^2-16y^2-18x-64y-199=0$ ຫາເສັ້ນຊື່ $3x+4y-8=0$ ມີຄ່າເທົ່າໃດ?

ກ. 6 ຂ. 7 ຄ. 8 ງ. 9

30. ຖ້າວ່າ k ຈຳນວນຖ້ວຍບວກທີ່ໃຫຍ່ທີ່ສຸດທີ່ເຮັດໃຫ້ເສັ້ນຊື່ $y=kx+1$ ຕັດກັບອີແປກໂບນ $\frac{x^2}{4}-\frac{y^2}{40}=1$ ແລ້ວ k ເປັນຈຳນວນທີ່ຢູ່ໃນຫວ່າງໃດຕໍ່ໄປນີ້?

ກ. $]2.5,5]$ ຂ. $]5,7.5]$ ຄ. $]7.5,10]$ ງ. $]10,12.5]$

ຜູ້ວິໄຈຂໍສະແດງຄວາມຂອບໃຈນັກຮຽນທຸກຄົນທີ່ເສຍສະຫຼະເວລາອັນມີຄຸນຄ່າໃນການເຮັດແບບທົດສອບ ເຊິ່ງເປັນສ່ວນທີ່ສຳຄັນທີ່ຈະເຮັດໃຫ້ການວິໄຈໃນຄັ້ງນີ້ປະສົບຜົນສຳເລັດ ຂໍ້ມູນທັງໝົດຈະຮັກສາເປັນຄວາມລັບແລະນຳໃຊ້ໃນການວິໄຈ ເພື່ອເປັນປະໂຫຍດທາງການສຶກສາເທົ່ານັ້ນ.

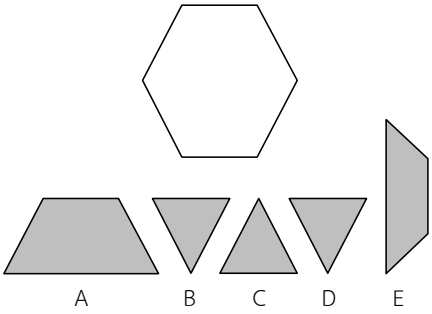
ຜູ້ວິໄຈ
ທ້າວ ສີສະໄໝ ດວງມະນີ
ນັກສຶກສາປະລິນຍາໂທຫຼັກສູດວິທະຍາສາດມະຫາບັນດິດ
ສາຂາການວິໄຈແລະສະຖິຕິທາງວິທະຍາການປັນຍາ
ວິທະຍາໄລການວິໄຈແລະວິທະຍາການປັນຍາ ມະຫາວິທະຍາໄລບູຣະພາ

แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

<u>คำชี้แจง</u> แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แบ่งออกเป็น 8 ตอน จำนวน 56 ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ 80 นาที

<u>ตอนที่ 1</u> ให้นักเรียนเลือกจำนวน 4 รูป จากทั้งหมด 5 รูป โดยการทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ที่ช่อง A B C D E บนกระดาษคำตอบ ซึ่งรูปที่เลือกต้องเป็นรูปที่สามารถประกอบรวมกันเป็นรูปที่กำหนดให้ได้อย่างสมบูรณ์ รูปที่จะเลือกบางรูปอาจต้องมีการหมุนจึงสามารถประกอบรวมกันได้

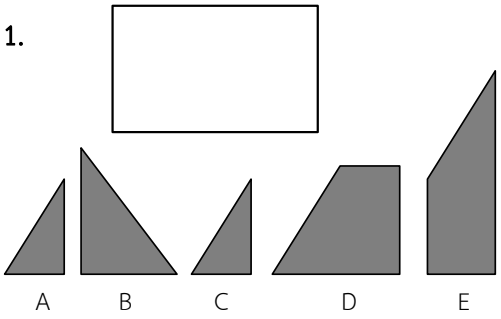
ตัวอย่างคำถาม



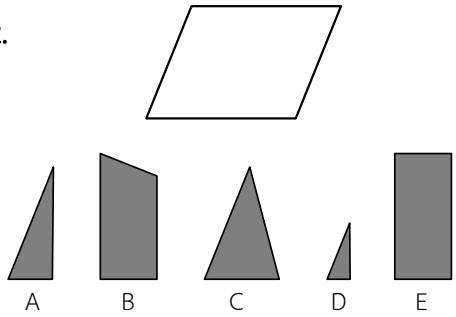
ตัวอย่างคำตอบ

ข้อที่	A	B	C	D	E
00	✕	✕	✕	✕	

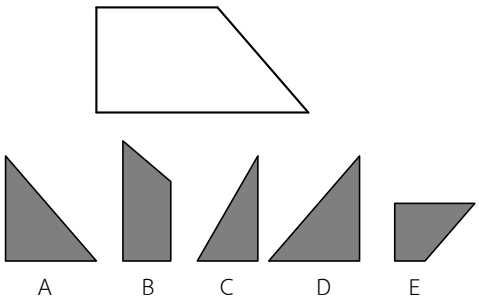
1.



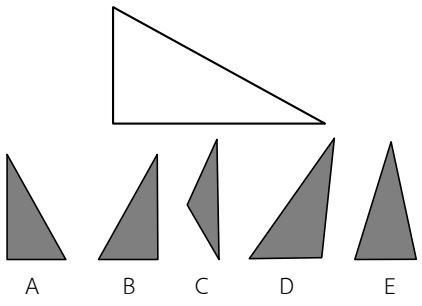
2.



3.

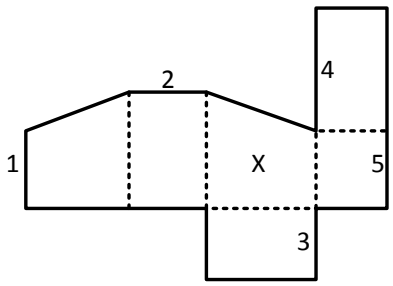


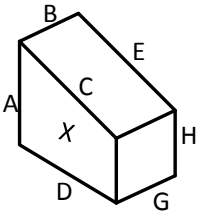
4.



<u>ตอนที่ 2</u> ให้นักเรียนเปรียบเทียบว่าตัวเลขใดที่อยู่บนด้านของรูป 2 มิติ ตรงกับตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใดที่อยู่บนด้านของรูป 3 มิติ แล้วเลือกตัวอักษร A B C D... ที่อยู่บนด้านของรูป 3 มิติลงในช่องคำตอบหมายเลข 1 ถึง 5 บนกระดาษคำตอบ กำหนดให้เครื่องหมาย X เป็นสัญลักษณ์ที่บ่งบอกว่าทั้งสองรูปเป็นด้านเดียวกัน

ตัวอย่างคำถาม

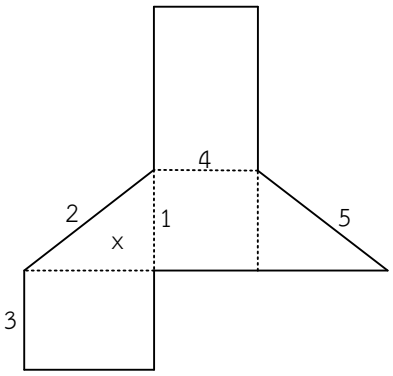


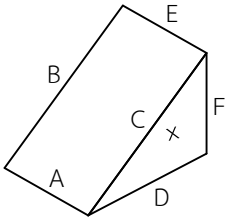


ตัวอย่างคำตอบ

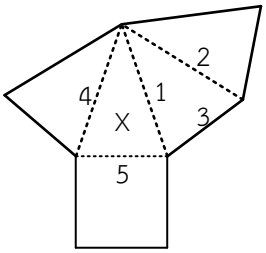
ข้อที่	1	2	3	4	5
00	H	B	G	C	H

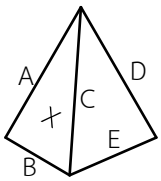
1.



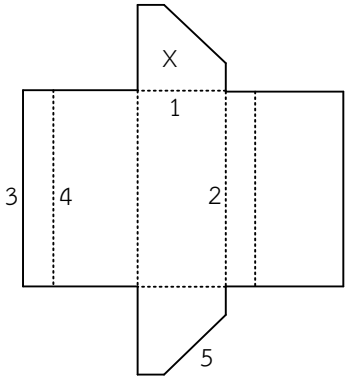


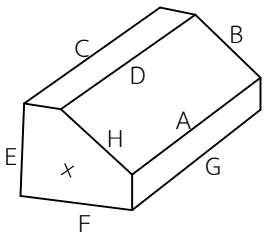
2.



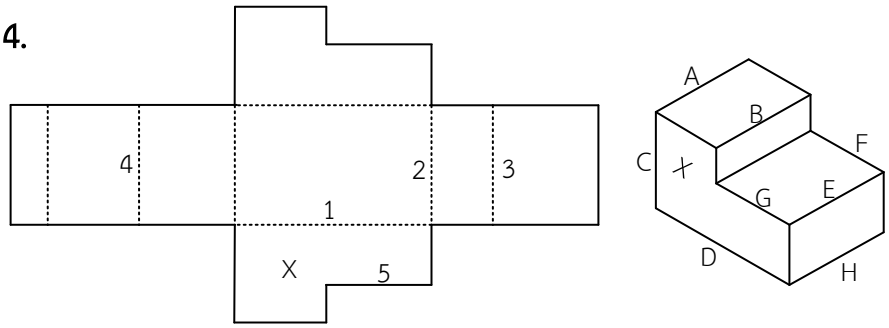


3.



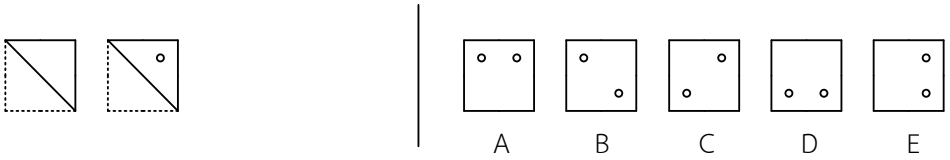


4.



<u>ตอนที่ 3</u> ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว โดยการพิจารณาจากรูปที่ได้จากการคลี่ออกของการพับและเจาะรูกระดาษของรูปที่อยู่ซ้ายมือ แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ในช่อง A B C D หรือ E บนกระดาษคำตอบ

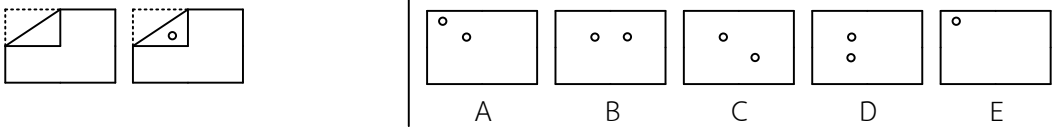
ตัวอย่างคำถาม



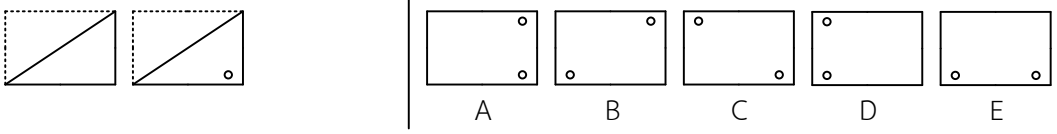
ตัวอย่างคำตอบ

ข้อที่	A	B	C	D	E
00			✕		

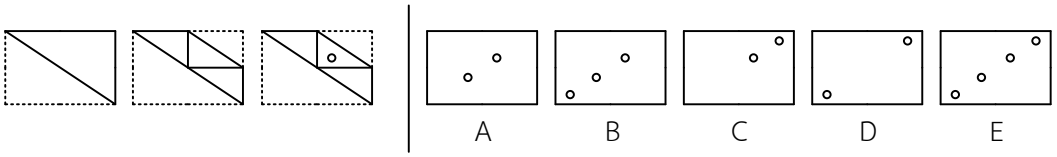
1.



2.



3.

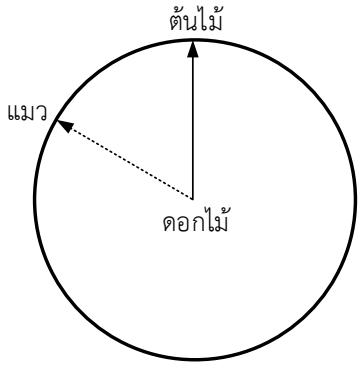


<u>ตอนที่ 4</u> ให้นักเรียนจินตนาการว่าเรากำลังยืนอยู่ ณ วัตถุที่ 1 ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม กำลังมองไปยังวัตถุที่ 2 ซึ่งเป็นจุดที่อยู่บนสุดของเส้นรอบวงกลม แล้วให้ระบุตำแหน่งและทิศทางของวัตถุที่ 3 โดยการทำเส้นประที่มีหัวลูกศรจากจุดศูนย์กลางชี้ไปยังเส้นรอบวงกลม แล้วเขียนชื่อบริเวณปลายหัวลูกษรเส้นประเพื่อบอกชื่อของวัตถุนั้น บนกระดาษคำตอบ

ตัวอย่างคำถาม

00. ให้นักเรียนจินตนาการว่ากำลังยืนอยู่ตำแหน่ง **ดอกไม้** และกำลังมองไปที่ตำแหน่ง **ต้นไม้** จงชี้ไปยังตำแหน่ง **แมว** โดยการลากเส้นประที่มีหัวลูกศรจากตรงกลางวงกลมไปยังตำแหน่งที่ถูกต้อง

ตัวอย่างคำตอบ



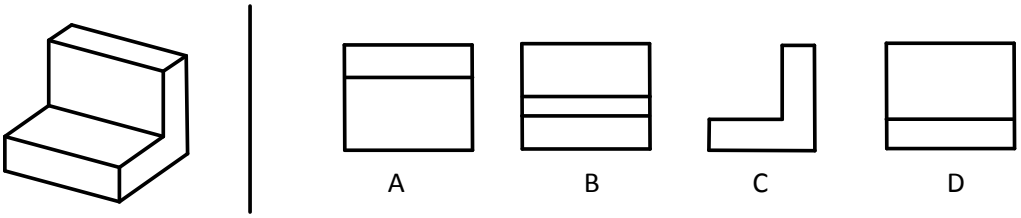
1. ให้นักเรียนจินตนาการว่ากำลังยืนอยู่ตำแหน่ง **แมว** และกำลังมองไปที่ตำแหน่ง **ต้นไม้** จงชี้ไปยังตำแหน่ง **รถยนต์** โดยการลากเส้นประที่มีหัวลูกศรจากตรงกลางวงกลมไปยังตำแหน่งที่ถูกต้อง

2. ให้นักเรียนจินตนาการว่ากำลังยืนอยู่ตำแหน่ง **ป้ายหยุด** และกำลังมองไปที่ตำแหน่ง **แมว** จงชี้ไปยังตำแหน่ง **บ้าน** โดยการลากเส้นประที่มีหัวลูกศรจากตรงกลางวงกลมไปยังตำแหน่งที่ถูกต้อง

3. ให้นักเรียนจินตนาการว่ากำลังยืนอยู่ตำแหน่ง **ป้ายหยุด** และกำลังมองไปที่ตำแหน่ง **ดอกไม้** จงชี้ไปยังตำแหน่ง **รถยนต์** โดยการเส้นประที่มีหัวลูกศรจากตรงกลางวงกลมไปยังตำแหน่งที่ถูกต้อง

<u>ตอนที่ 5</u> ให้นักเรียนเปรียบเทียบรูปที่ได้จากการมองรูป 3 มิติ ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านบน ด้านข้าง และด้านหน้า แล้วเลือกคำตอบเพียงคำตอบเดียวที่ไม่ใช้รูปที่ได้จากการมองทั้งสามด้าน โดยทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ในช่อง A B C หรือ D บนกระดาษคำตอบ

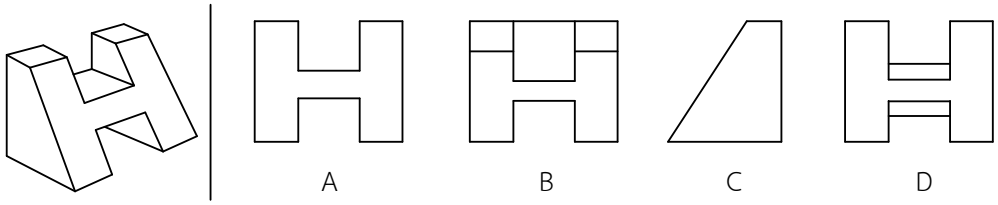
ตัวอย่างคำถาม



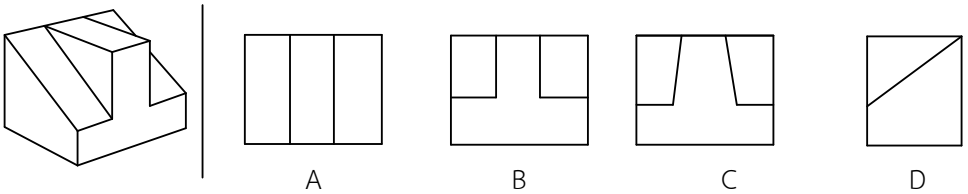
ตัวอย่างคำตอบ

ข้อที่	A	B	C	D
00		✕		

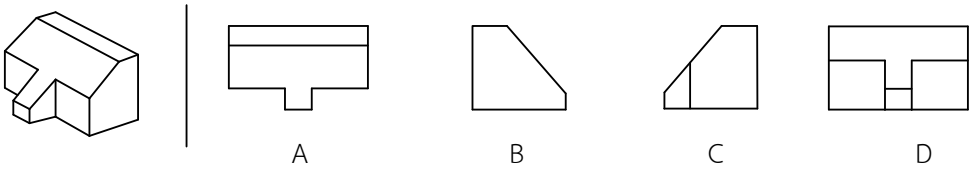
1.



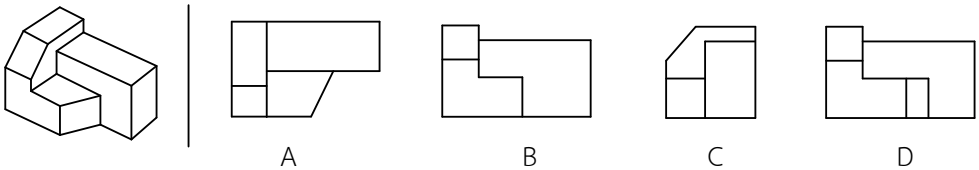
2.



3.

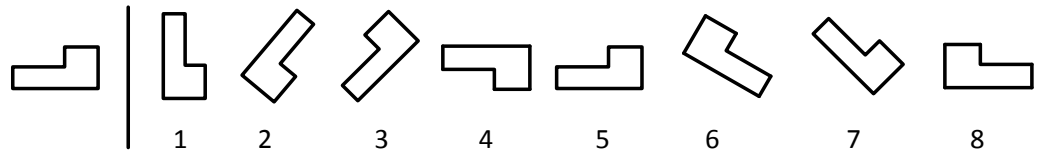


4.



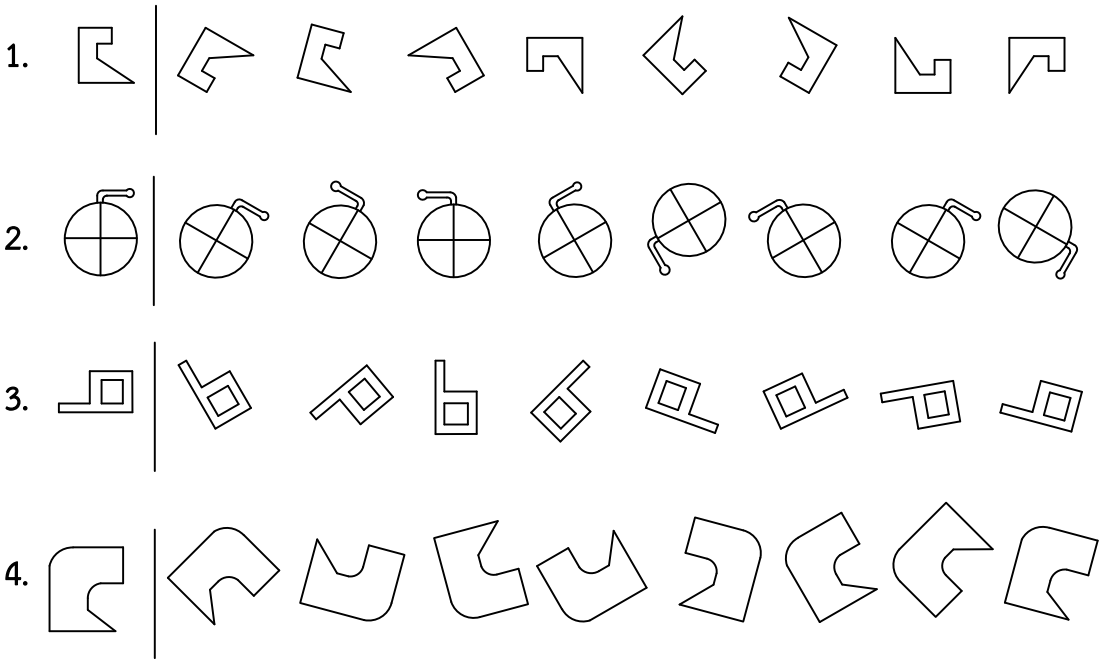
<u>ตอนที่ 6</u> ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวในแต่ละรูป โดยเปรียบเทียบกับรูปที่อยู่ด้านซ้ายมือ แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (✕) บนช่อง “เหมือน” ที่เห็นว่าเป็นรูปที่เหมือนกัน หรือเครื่องหมายกากบาท (✕) บนช่อง “ต่าง” ที่เห็นว่าเป็นรูปที่ต่างกัน บนกระดาษคำตอบให้ครบทุกรูป

ตัวอย่างคำถาม



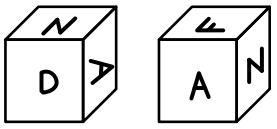
ตัวอย่างคำตอบ

รูปที่ / ข้อที่	1		2		3		4		5		6		7		8	
	เหมือน	ต่าง	เหมือน	ต่าง	เหมือน	ต่าง	เหมือน	ต่าง	เหมือน	ต่าง	เหมือน	ต่าง	เหมือน	ต่าง	เหมือน	ต่าง
00	✕		✕		✕			✕	✕			✕	✕			✕

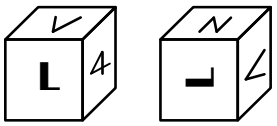


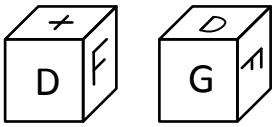
<u>ตอนที่ 7</u> ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว โดยเปรียบเทียบรูปลูกบาศก์ทั้งสองรูปที่หมุนในทิศทางที่แตกต่างกัน ซึ่งตัวอักษร ตัวเลข หรือสัญลักษณ์บางตัวอาจถูกบทบังไว้ข้างหลังแต่จะเห็นได้หลังจากที่หมุนลูกบาศก์ แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (✕) บนช่อง “เหมือน” ที่เห็นว่าลูกบาศก์ทั้งสองรูปเหมือนกัน หรือทำเครื่องหมายกากบาท (✕) บนช่อง “ต่าง” ที่เห็นว่าลูกบาศก์ทั้งสองรูปต่างกัน บนกระดาษคำตอบ

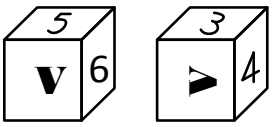
ตัวอย่างคำถาม **ตัวอย่างคำตอบ**



ข้อที่	**เหมือน**	**ต่าง**
00		×

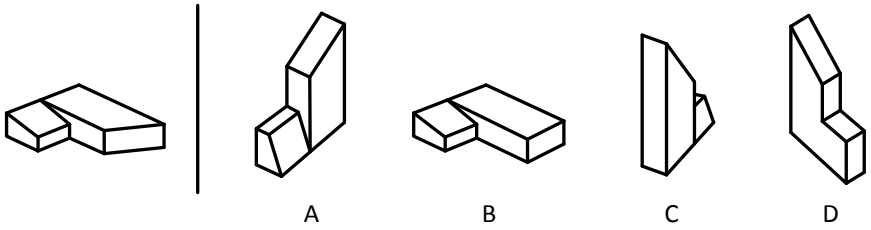
1. 

2. 

3. 

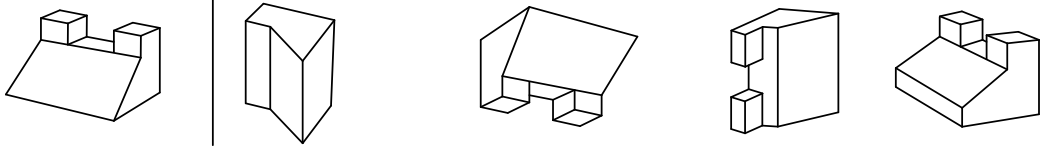
<u>ตอนที่ 8</u> ให้นักเรียนเปรียบเทียบรูปที่ได้จากการหมุน แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวซึ่งเป็นรูปที่เหมือนกับรูปที่อยู่ด้านซ้ายมือ โดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) บนตัวเลือกที่ช่อง A B C หรือ D บนกระดาษคำตอบ

ตัวอย่างคำถาม

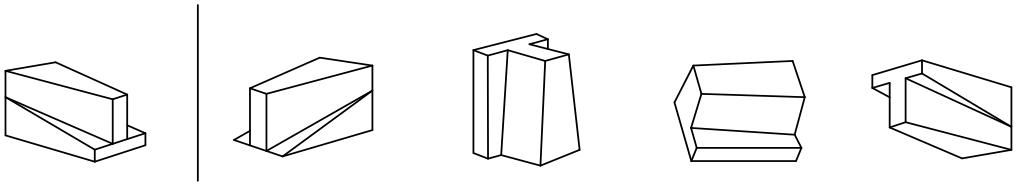


ตัวอย่างคำตอบ

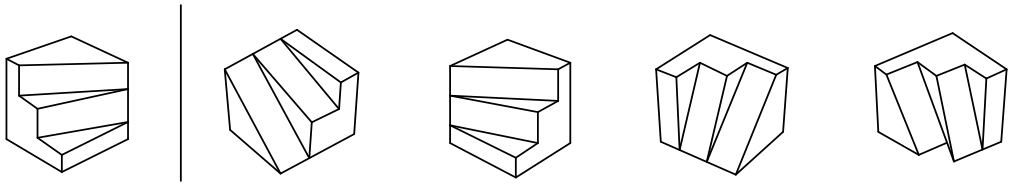
ข้อที่	A	B	C	D
00	×			

1. 

A B C D

2. 

A B C D

3. 

A B C D

ผู้วิจัยขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่เสียสละเวลาในการทำแบบทดสอบ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การวิจัยในครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ ข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับจะถือเป็นความลับ และถูกนำมาใช้ในการวิจัย เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาเท่านั้น

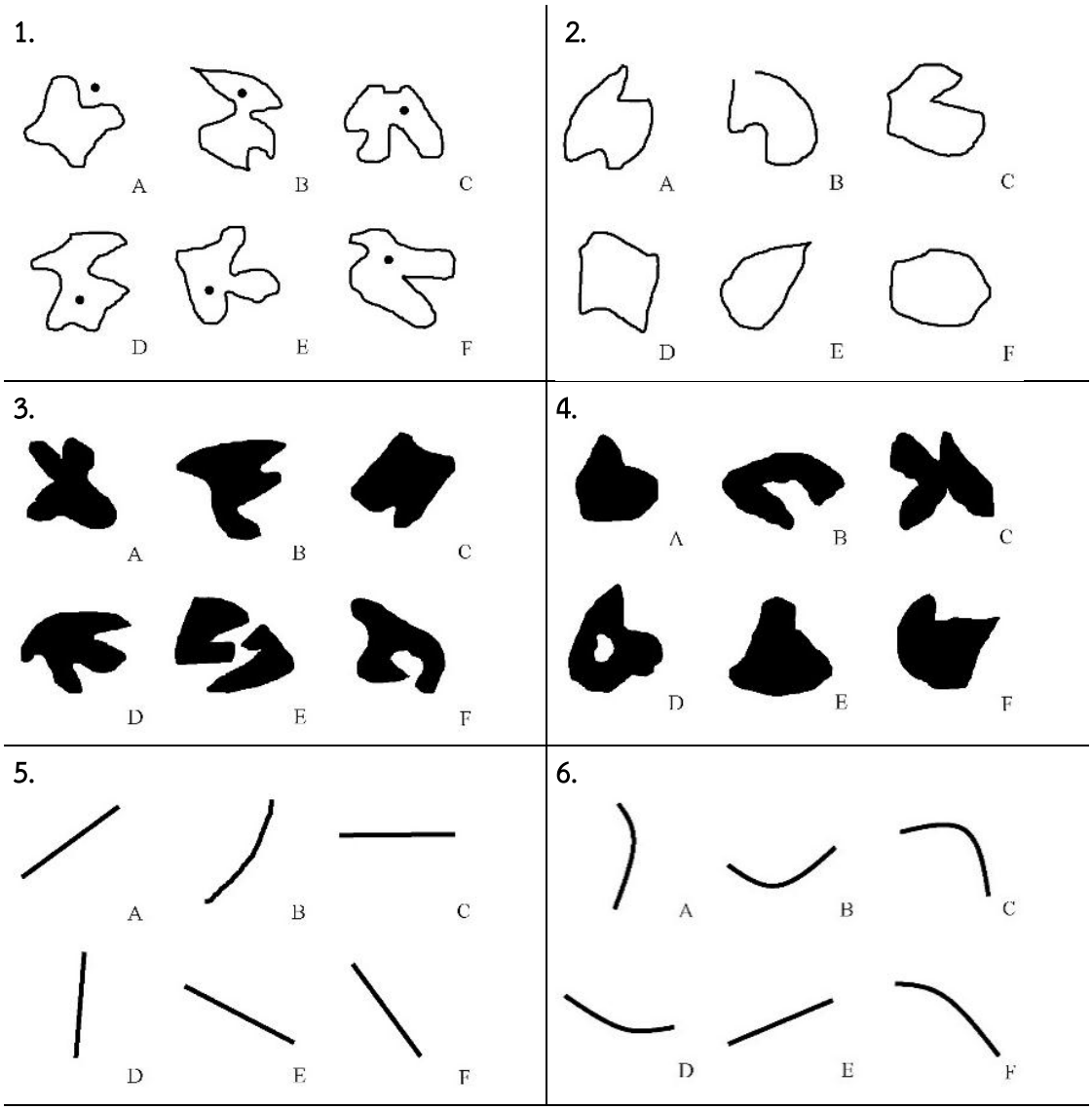
ผู้วิจัย Mr. Seesamai Douangmany
นิสิตปริญญาโทหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

แบบทดสอบการหยั่งรู้ทางเรขาคณิต

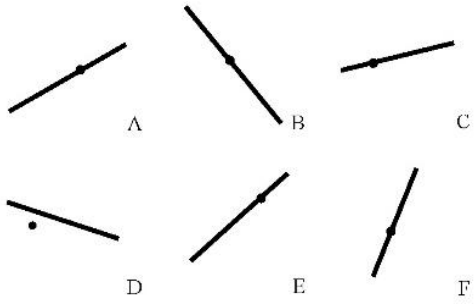
<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบทดสอบเรื่องการหยั่งรู้ทางเรขาคณิตนี้เป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 43 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 20 นาที

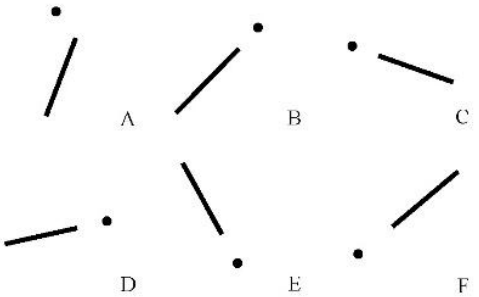
2. กำหนดให้ 6 รูป ให้นักเรียนเลือกหนึ่งรูปที่แตกต่างจากกลุ่ม โดยทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ลงในช่องคำตอบ A B C D E หรือ F บนกระดาษคำตอบ



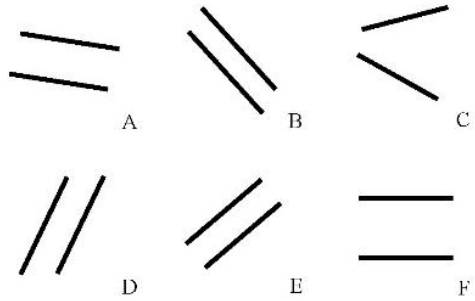
7.



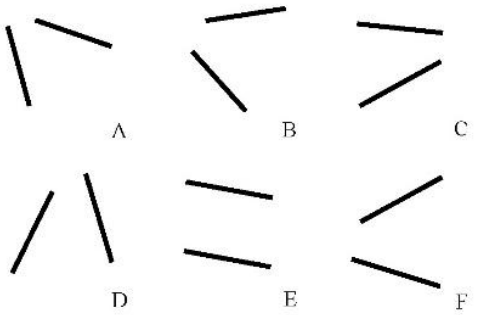
8.



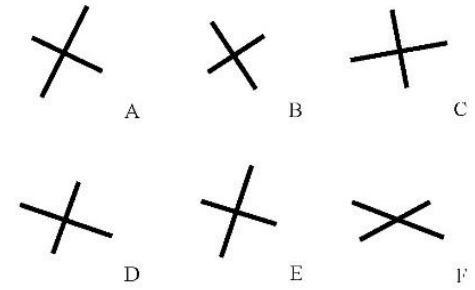
9.



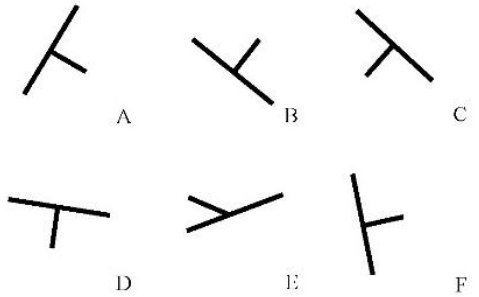
10.



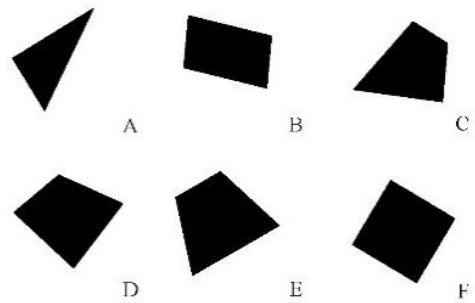
11.



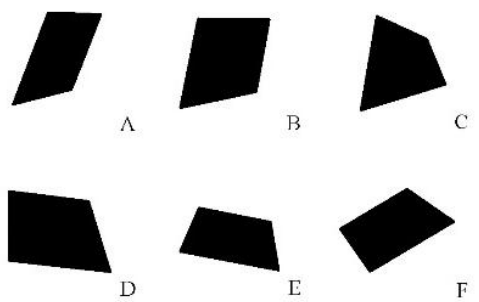
12.



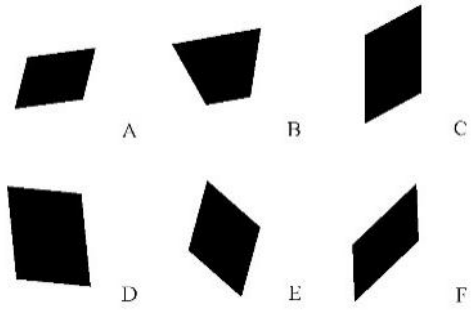
13.



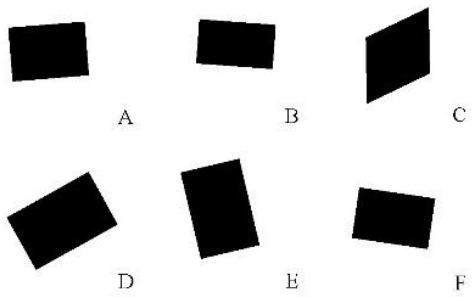
14.



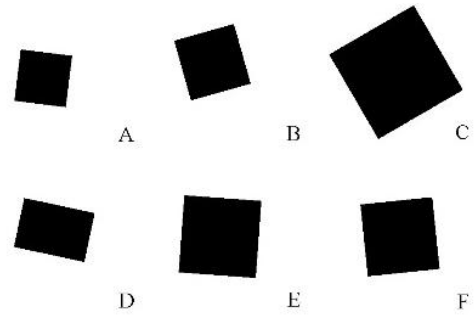
15.



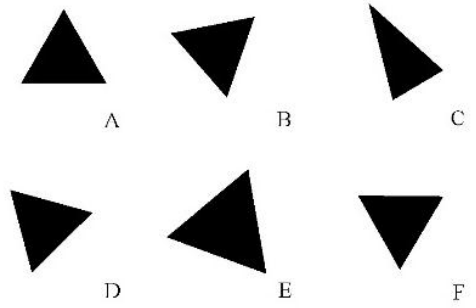
16.



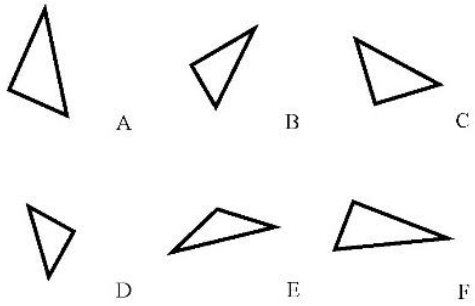
17.



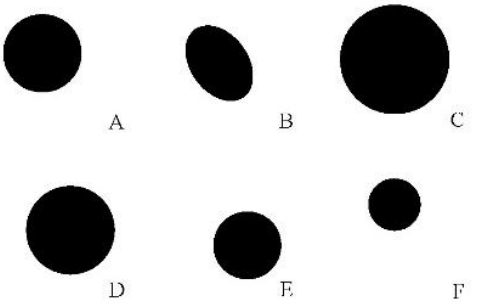
18.



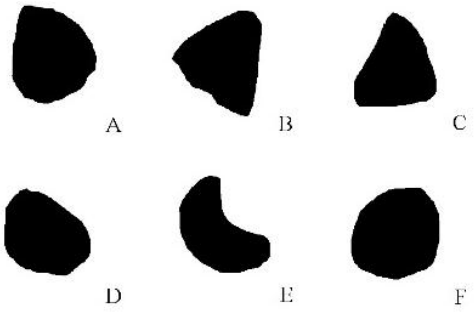
19.



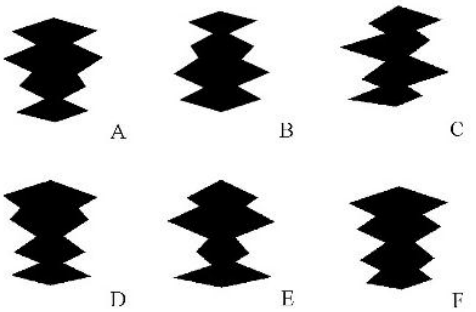
20.



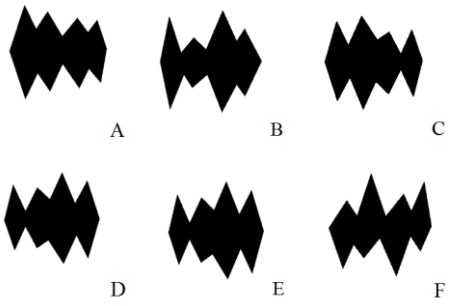
21.



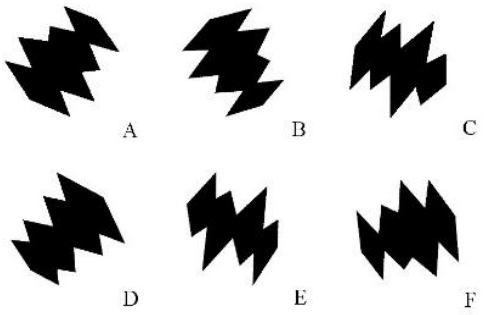
22.



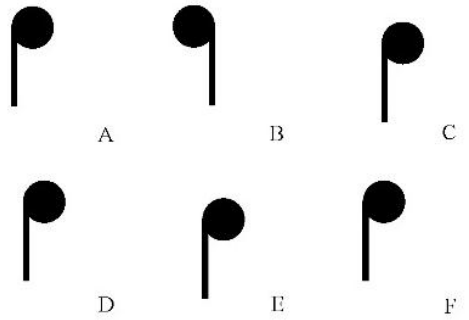
23.



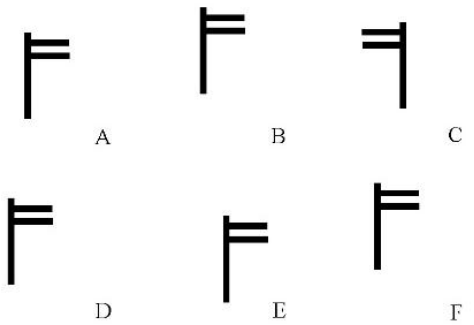
24.



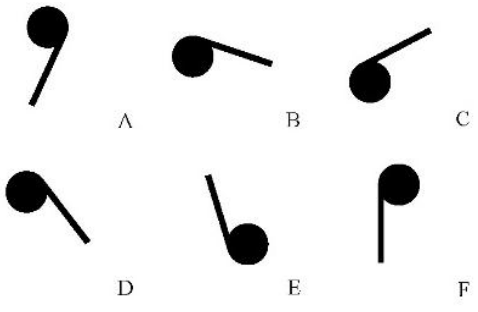
25.



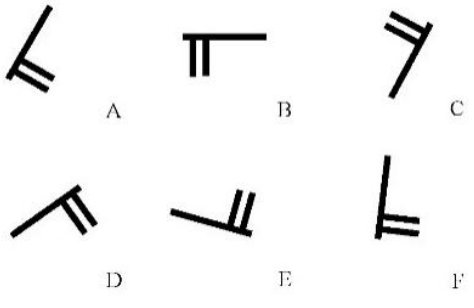
26.



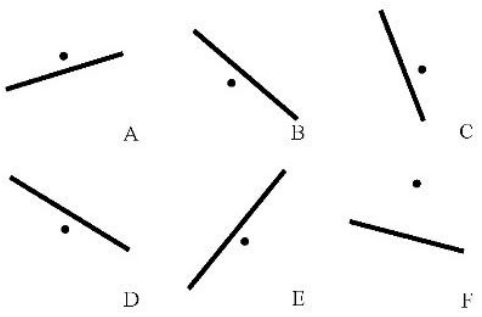
27.



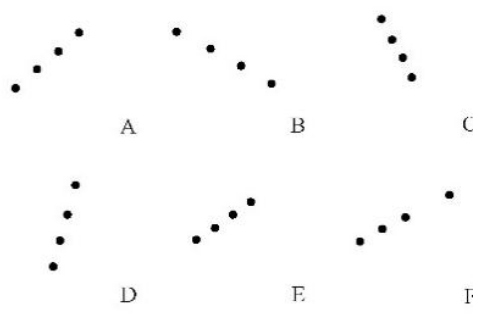
28.



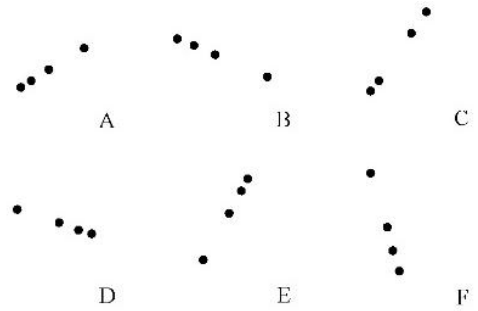
29.



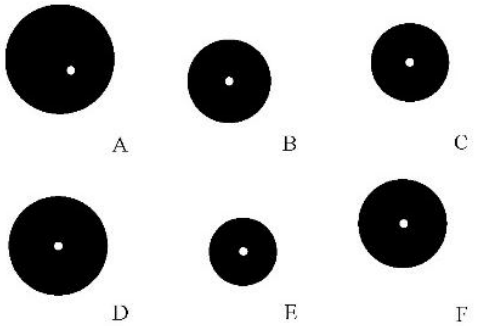
30.



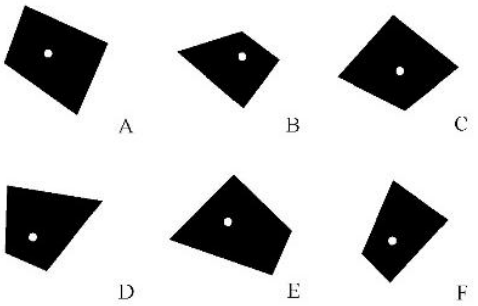
31.



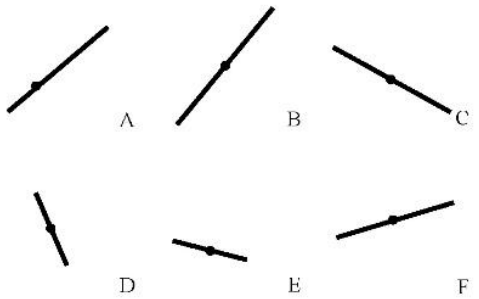
32.



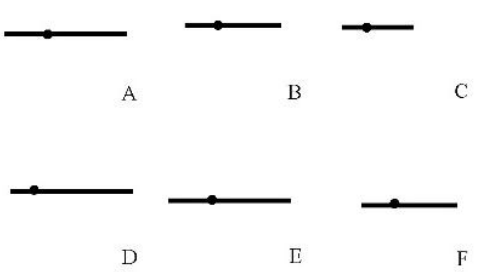
33.



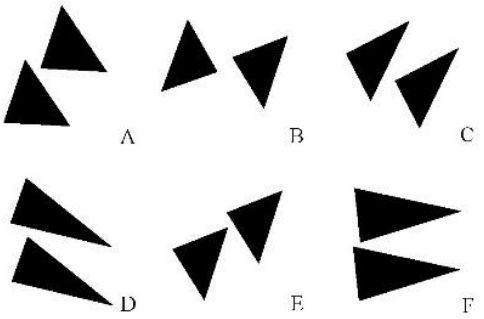
34.



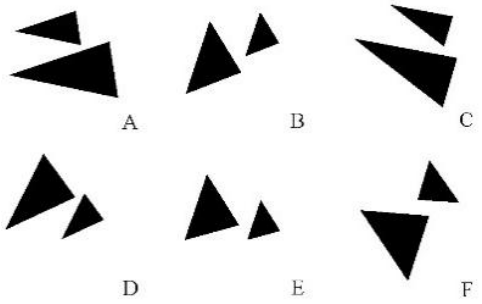
35.



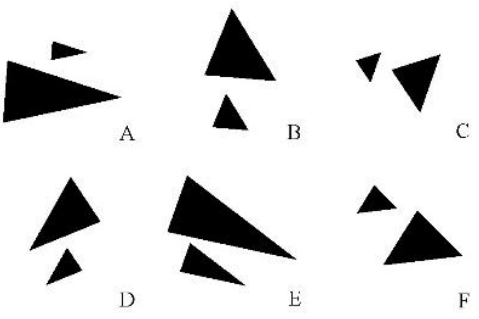
36.



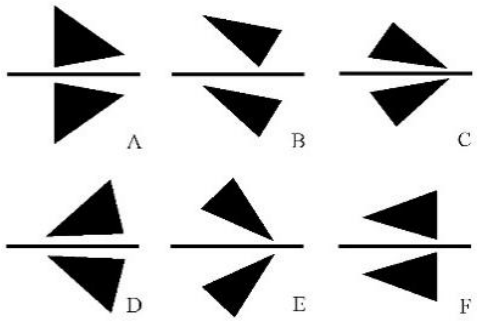
37.



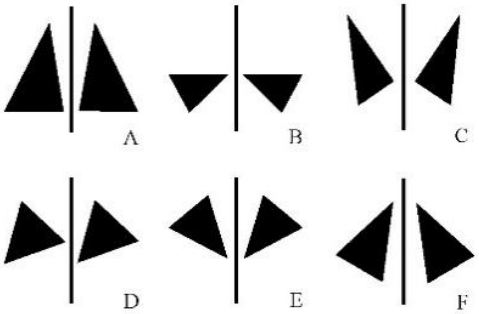
38.



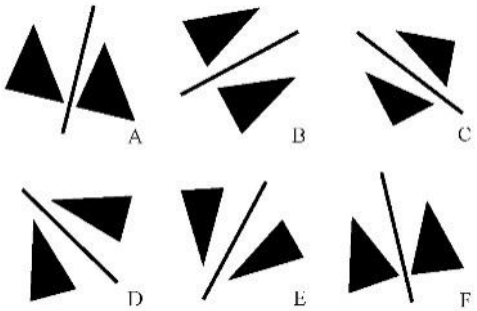
39.



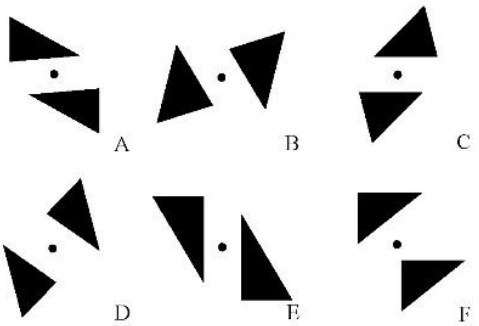
40.



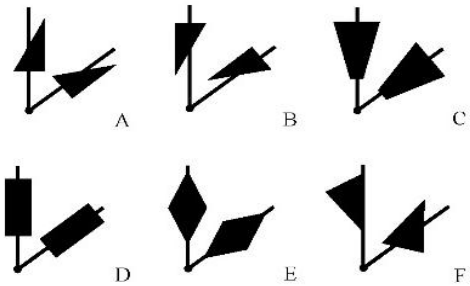
41.



42.



43.



ผู้วิจัยขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่เสียสละเวลาในการทำแบบทดสอบ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การวิจัยในครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ ข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับจะถือเป็นความลับ และถูกนำมาใช้ในการวิจัย เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาเท่านั้น

ผู้วิจัย Mr. Seesamai Douangmany
นิสิตปริญญาโทหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบทดสอบเรื่องเรขาคณิตนี้เป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 60 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 120 นาที

2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียวโดยทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ลงในช่องคำตอบ A B C D ในกระดาษคำตอบ

1. จากสมการพาราโบลา $(y-3)^2=8(x+3)$ จุดโฟกัสตรงกับข้อใด

A. $(-1,3)$ B. $(-3,3)$ C. $(-3,7)$ D. $(-3,-2)$

2. สมการไดเรคตริกซ์ของพาราโบลา $x^2+4x-16y+52=0$ ตรงกับข้อใด

A. $y=-2$ B. $y=-1$ C. $x=-2$ D. $x=-1$

3. กำหนดให้สมการวงกลม $x^2+y^2=5$ จงหาจุดศูนย์กลางวงกลม $I(x,y)$ และรัศมีของวงกลม (r)

A. $I(0,0)$ และ $r=\sqrt{5}$ B. $I(5,5)$ และ $r=\sqrt{5}$
C. $I(0,0)$ และ $r=5$ D. $I(5,5)$ และ $r=5$

4. กำหนดให้สมการวงกลม $x^2+y^2+2x+6y=0$ จงหาจุดศูนย์กลางวงกลม $I(x,y)$ และรัศมีของวงกลม (r)

A. $I(1,3)$ และ $r=\sqrt{10}$ B. $I(1,3)$ และ $r=10$
C. $I(-1,-3)$ และ $r=\sqrt{10}$ D. $I(-1,-3)$ และ $r=10$

5. กำหนดให้สมการวงรี $\frac{y^2}{81}+\frac{x^2}{36}=1$ จงคำนวณหาจุดโฟกัส $F(x,y)$

A. $F(0,\pm4)$ B. $F(0,\pm5)$ C. $F(0,\pm6)$ D. $F(0,\pm7)$

6. กำหนดให้สมการวงรี $x^2+2y^2-2x+4y-13=0$ จงคำนวณหาจุดศูนย์กลางวงรี $\omega(x;y)$ และจุดโฟกัส $F(x,y)$

A. $\omega(0;0)$ และ $F(\pm2\sqrt{2},0)$ B. $\omega(0;0)$ และ $F(\pm(2\sqrt{2}+1),0)$
C. $\omega(1;-1)$ และ $F(\pm2\sqrt{2},-1)$ D. $\omega(1;-1)$ และ $F(\pm(2\sqrt{2}+1),-1)$

7. กำหนดให้สมการวงรี $2x^2+y^2+8x+4y+6=0$ จงคำนวณหาจุดศูนย์กลางวงรี $\omega(x;y)$ และจุดโฟกัส $F(x,y)$

A. $\omega(2;2)$ และ $F(2,2\pm\sqrt{3})$ B. $\omega(-2;-2)$ และ $F(-2,-2\pm\sqrt{3})$
C. $\omega(-2;-2)$ และ $F(-2,2\pm\sqrt{3})$ D. $\omega(-2;2)$ และ $F(-2,2\pm\sqrt{3})$

8. จุดโฟกัสของสมการไฮเพอร์โบลา $9y^2-16x^2=144$ คือข้อใด

A. $(0,-5)$ และ $(0,5)$ B. $(0,-\sqrt{7})$ และ $(0,\sqrt{7})$
C. $(-5,0)$ และ $(5,0)$ D. $(-\sqrt{7},0)$ และ $(\sqrt{7},0)$

9. กำหนดให้สมการไฮเพอร์โบลา $9x^2-16y^2-54x=63$ จงคำนวณจุดยอด $V(x,y)$ และจุดโฟกัส $F(x,y)$

A. $V'(-4,0),V(4,0)$ และ $F'(-6,0),F(6,0)$ B. $V'(-1,0),V(7,0)$ และ $F'(-2,0),F(8,0)$
C. $V'(-3,0),V(3,0)$ และ $F'(-5,0),F(5,0)$ D. $V'(-1,0),V(3,0)$ และ $F'(-2,0),F(4,0)$

10. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับส่วนประกอบของไฮเพอร์โบลา $2x^2-3y^2-20x-24y-16=0$

A. จุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด $(5,-4)$ B. โฟกัสจุดหนึ่งอยู่ที่จุด $(8,-4)$
C. แกนตามขวางยาว 26 หน่วย D. แกนสังยุคยาว 6 หน่วย

11. ข้อใดคือสมการพาราโบลาที่มีจุดโฟกัสอยู่ที่ $(5,0)$ และจุดยอดหนึ่งอยู่ที่ $(0,0)$

A. $y^2=-20x$ B. $y^2=20x$ C. $x^2=-20y$ D. $x^2=20y$

12. พาราโบลาที่มีจุดโฟกัส $(-4,0)$ และมีเส้นตรง $x=4$ เป็นไดเรกตริกซ์ จะมีสมการตรงกับข้อใด

A. $y^2=-16x$ B. $x^2=-16y$ C. $y^2=16x$ D. $x^2=16y$

13. พาราโบลาที่มีสมการไดเรกตริกซ์ $y=-4$ และจุดโฟกัส $F(2,2)$ สมการของพาราโบลา คือสมการในข้อใด

A. $y^2=8x$ B. $x^2=12y$ C. $(x-2)^2=12(y+1)$ D. $(y-2)^2=-12(x+1)$

14. วงกลมที่มีจุดศูนย์กลาง $(0,1)$ และรัศมีของวงกลม $r=2$ คือข้อใด

A. $x^2+y^2-2y+1=0$ B. $x^2+y^2-2y+3=0$
C. $x^2+y^2-2y-1=0$ D. $x^2+y^2-2y-3=0$

15. วงกลมที่มีจุด $(0,0)$ เป็นจุดศูนย์กลาง และผ่านจุด $(-3,2)$ เป็นกราฟของสมการในข้อใด

A. $x^2+y^2=\sqrt{13}$ B. $x^2+y^2=3$ C. $x^2+y^2=13$ D. $x^2+y^2=9$

16. วงกลมที่มีจุด $(4,-1)$ เป็นจุดศูนย์กลาง และสัมผัสกับแกน y เป็นกราฟของสมการในข้อใด

A. $x^2+y^2-8x+2y+1=0$ B. $x^2+y^2-6x+10y+1=0$
C. $x^2+y^2+8x-2y-1=0$ D. $x^2+y^2+6x-10y-1=0$

17. วงรีที่มีจุด $(\pm 4,0)$ เป็นจุดยอด จะมีสมการตรงกับข้อใด

A. $7x^2+16y^2=112$ B. $7x^2+14y^2=98$
C. $16x^2+7y^2=112$ D. $14x^2+7y^2=98$

18. จงสร้างสมการวงรีที่มีจุดบนเส้น $(\pm 4,0)$ และ จุดโฟกัส $F(\pm 3,0)$

A. $\frac{x^2}{16}+\frac{y^2}{9}=1$ B. $\frac{x^2}{9}+\frac{y^2}{16}=1$ C. $\frac{x^2}{4}+\frac{y^2}{3}=1$ D. $\frac{x^2}{16}+\frac{y^2}{4}=1$

19. กำหนดให้จุด $M(x,y)$ ซึ่งเป็นจุดที่อยู่บนเส้นวงรี ที่มีจุดโฟกัส $F(0,2)$, $F'(0,-2)$ และ $d(M,F)+d(M,F')=6$ จงสร้างสมการวงรี

A. $\frac{x^2}{16}+\frac{y^2}{7}=1$ B. $\frac{x^2}{36}+\frac{y^2}{20}=1$ C. $\frac{x^2}{4}+\frac{y^2}{9}=1$ D. $\frac{x^2}{16}+\frac{y^2}{9}=1$

20. จงสร้างสมการของไฮเพอร์โบลาที่มีจุดโฟกัส $F(3,0), F'(-3,0)$ และจุด $P(x,y)$ ซึ่งเป็นจุดที่อยู่บนเส้นไฮเพอร์โบลา โดยที่ $d(P,F')-d(P,F)=4$

A. $\frac{x^2}{3}-\frac{y^2}{4}=1$ B. $\frac{x^2}{5}-\frac{y^2}{4}=1$ C. $\frac{x^2}{4}-\frac{y^2}{5}=1$ D. $\frac{x^2}{4}-\frac{y^2}{\sqrt{5}}=1$

21. ไฮเพอร์โบลาที่มีโฟกัสอยู่ที่จุด $(\pm 5,0)$ มีสมการตรงกับข้อใด

A. $9x^2 - 25y^2 = 225$ B. $9x^2 - 16y^2 = 144$
C. $25x^2 - 9y^2 = 225$ D. $16x^2 - 9y^2 = 144$

22. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีจุดศูนย์กลาง $(0,0)$ จุดโฟกัสจุดหนึ่ง $(5,0)$ และมีจุดยอดจุดหนึ่ง $(3,0)$ ตรงกับข้อใด

A. $\frac{x^2}{16} - \frac{y^2}{9} = 1$ B. $\frac{y^2}{16} - \frac{x^2}{9} = 1$ C. $\frac{x^2}{9} - \frac{y^2}{16} = 1$ D. $\frac{y^2}{9} - \frac{x^2}{16} = 1$

23. ถ้าเส้นตรงหนึ่งผ่านจุดกำเนิดและจุดยอดของพาราโบลา $y^2 - 4y + 4x = 0$ และตัดเส้นไดเรกตริกซ์ที่จุด (a,b) แล้ว $|a+b|$ มีค่าเท่ากับข้อใด

A. 4 B. 5 C. 6 D. 7

24. จงหาจุดตัด $M(x,y)$ ระหว่างสมการพาราโบลา $x^2 = 4y$ และสมการเส้นตรง $x + y - 3 = 0$

A. $M_1(0,\sqrt{12})$ และ $M_2(0,-\sqrt{12})$ B. $M_1(-6,9)$ และ $M_2(2,1)$
C. $M_1(6,\sqrt{3})$ และ $M_2(6,-\sqrt{3})$ D. $M_1(6,9)$ และ $M_2(2,1)$

25. ถ้าวงกลมลงหนึ่งมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด $(-3,2)$ และวงกลมนี้สัมผัสแกน y วงกลมนี้จะตัดแกน x ที่จุดใด

A. $(-1 \pm \sqrt{5},0)$ B. $(-2 \pm \sqrt{5},0)$ C. $(-3 \pm \sqrt{5},0)$ D. $(-4 \pm \sqrt{5},0)$

26. วงกลมหนึ่งมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดศูนย์กลางของวงรีที่มีสมการ $9x^2 + 4y^2 - 36x - 24y + 36 = 0$ ถ้าวงกลมนี้สัมผัสกับเส้นตรงที่ผ่านจุด $(1,3)$ และ $(5,0)$ แล้วรัศมีของวงกลมวงนี้เท่ากับข้อใดต่อไปนี้

A. $\frac{3}{5}$ B. $\frac{4}{5}$ C. $\frac{7}{8}$ D. $\frac{9}{13}$

27. วงรีที่มีแกนเอกอยู่บนแกน x แกนโทอยู่บนแกน y ระยะระหว่างจุดโฟกัสทั้งสองเท่ากับ 12 หน่วย ถ้าความยาวของคอร์ดที่ผ่านจุดโฟกัสหนึ่งและตั้งฉากกับแกนเอกของวงรี เท่ากับ 10 หน่วย แล้ว สมการของวงรี คือข้อใด

A. $5x^2+9y^2=405$ B. $9x^2+5y^2=81$
C. $5x^2+9y^2=225$ D. $9x^2+5y^2=20$

28. กำหนดให้จุด $P(x,y)$ ซึ่งเป็นจุดที่อยู่บนเส้นวงรีที่มีสมการ $9x^2+25y^2-18x+100y-166=0$ ผลรวมระยะห่างจากจุด $P(x,y)$ หาจุดโฟกัสทั้งสองมีค่าเท่ากับข้อใด

A. 5 B. 10 C. 16 D. 25

29. ผลบวกของระยะห่างจากจุดโฟกัสทั้งสองของไฮเพอร์โบลา $9x^2-16y^2-18x-64y-199=0$ ไปยังเส้นตรง $3x+4y-8=0$ มีค่าเท่าใด

A. 6 หน่วย B. 7 หน่วย C. 8 หน่วย D. 9 หน่วย

30. ถ้า k จำนวนเต็มบวกที่ใหญ่ที่สุดที่ทำให้เส้นตรง $y=kx+1$ ตัดกับไฮเพอร์โบลา $\frac{x^2}{4}-\frac{y^2}{40}=1$ แล้ว k เป็นจำนวนที่อยู่ในช่วงใดต่อไปนี้

A. $]2.5,5]$ B. $]5,7.5]$ C. $]7.5,10]$ D. $]10,12.5]$

ผู้วิจัยขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่เสียสละเวลาในการทำแบบทดสอบ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การวิจัยในครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ ข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับจะถือเป็นความลับ และถูกนำมาใช้ในการวิจัย เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาเท่านั้น

ผู้วิจัย Mr. Seesamai Douangmany
นิสิตปริญญาโทหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาคผนวก ข

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

1) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และการหยั่งรู้ทางเรขาคณิต

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานดา นาคะเวช
   อาจารย์ประจำมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
2. ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง
   อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ดร.ปิยะทิพย์ ตินวร
   อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

1. นายบุญสืบ มะปรางหวาน
   ครูชำนาญการพิเศษ (คศ. 3) กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ โรงเรียนแสนสุข
2. นางดารารัตน สายดาราสมุทร
   ครูชำนาญการพิเศษ (คศ. 3) กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ โรงเรียนพนัสพิทยาคาร
3. นางวิลาวรรณ เนื่องจำนงค์
   ครูชำนาญการพิเศษ (คศ. 3) กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ โรงเรียนพนัสพิทยาคาร

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านภาษา

1. Mr. Bounlay Khamkeo (Master of Mathematics)
   Vice – dean of Faculty of Education, Champasack University
2. Mr. Kilaysone Asai (Master of Mathematics)
   Vice – dean of Faculty of Education, Champasack University
3. Mr. Thipphavanh Khanthaphone (Master of Curriculum and Instruction)
   Teacher of Faculty of Education, Champasack University

ภาคผนวก ค

ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์
2. ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต
3. ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต
4. ผลการประเมินความเหมาะสมด้านภาษาลาวของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

ผลการประเมินความเหมาะสมด้านเนื้อหา

1. ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

รายการ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			CVI	การแปรผล
		1	2	3		
1. มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization)						
1.1 การประกอบรูป (Form Board)	1	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	2	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	3	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	4	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	5	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	6	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	7	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	8	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
1.2 พัฒนาการเชิงพื้นผิว (Surface Development)	1	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	2	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	3	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	4	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	5	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	6	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	7	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	8	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
1.3 การพับกระดาษ (Paper Folding)	1	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	2	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	3	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	4	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	5	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	6	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
2. มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation)						
2.1 การระบุตำแหน่งของวัตถุ (Object Perspective)	1	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	2	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	3	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	4	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	5	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	6	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้

รายการ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			CVI	การแปรผล
		1	2	3		
2.2 การมองภาพ (Image Perspective)						
	1	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	2	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	3	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	4	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	5	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	6	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	7	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	8	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
3. มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relations)						
3.1 การหมุนบัตร (Card Rotation)	1	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	2	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	3	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	4	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	5	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	6	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	7	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	8	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
3.2 การเปรียบเทียบลูกบาศก์ (Cube Comparison)	1	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	2	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	3	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	4	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	5	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	6	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
3.3 การหมุนวัตถุ (Object Rotation)	1	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	2	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	3	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	4	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	5	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	6	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้

หมายเหตุ ✓ หมายถึงระดับความสอดคล้องที่มีค่า 3 หรือ 4

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

รายการ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			CVI	การแปรผล
		1	2	3		
1. โทโพโลยี (Topology)	1	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	2	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	3	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	4	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
2. เรขาคณิตแบบยูคลิด (Euclidean geometry)	5	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	6	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	7	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	8	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	9	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	10	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	11	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	12	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
3. รูปภาพเรขาคณิต (Geometry figures)	13	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	14	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	15	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	16	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	17	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	18	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	19	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	20	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	21	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
4. รูปภาพเชิงสมมาตร (Symmetrical figures)	22	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	23	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	24	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
5. รูปภาพเชิงสมมาตรแบบสะท้อน (Chiral figures)	25	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	26	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	27	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	28	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
6. คุณสมบัติทางการวัด (Metric properties)	29	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	30	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	31	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้

รายการ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			CVI	การแปรผล
		1	2	3		
	32	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	33	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	34	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	35	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
7. การแปลงทางเรขาคณิต (Geometrical transformation)						
	36	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	37	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	38	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	39	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	40	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	41	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	42	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	43	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้

หมายเหตุ ✓ หมายถึงระดับความสอดคล้องที่มีค่า 3 หรือ 4

3. ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

รายการ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			CVI	การแปรผล
		1	2	3		
1. สมการพาราโบลา (Parabola)	1	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	2	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	3	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	19	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	20	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	21	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	22	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	23	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	40	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	41	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	42	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	43	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	44	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	45	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	46	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
2. สมการวงกลม (Circle)	4	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	5	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	6	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	7	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	24	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	25	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	26	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	27	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	28	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	29	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	47	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	48	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	49	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	50	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	51	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้

รายการ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			CVI	การแปรผล
		1	2	3		
3. สมการวงรี (Ellipse)	8	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	9	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	10	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	11	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	12	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	13	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	30	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	31	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	32	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	33	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	34	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	52	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	53	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	54	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	55	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
4. สมการไฮเปอร์โบลา (Hyperbola)	14	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	15	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	16	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	17	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	18	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	35	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	36	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	37	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	38	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	39	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	56	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	57	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	58	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	59	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	60	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้

หมายเหตุ ✓ หมายถึงระดับความสอดคล้องที่มีค่า 3 หรือ 4

4. ผลการประเมินความเหมาะสมด้านภาษาลาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

รายการ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			CVI	การแปรผล
		1	2	3		
1. สมการพาราโบลา (Parabola)	1	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	2	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	3	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	19	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	20	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	21	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	22	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	23	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	40	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	41	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	42	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	43	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	44	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	45	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	46	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
2. สมการวงกลม (Circle)	4	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	5	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	6	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	7	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	24	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	25	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	26	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	27	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	28	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	29	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	47	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	48	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	49	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	50	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	51	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้

รายการ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			CVI	การแปรผล
		1	2	3		
3. สมการวงรี (Ellipse)	8	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	9	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	10	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	11	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	12	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	13	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	30	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	31	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	32	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	33	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	34	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	52	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	53	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	54	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	55	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
4. สมการไฮเปอร์โบลา (Hyperbola)	14	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	15	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	16	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	17	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	18	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	35	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	36	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	37	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	38	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	39	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	56	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	57	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	58	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	59	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้
	60	✓	✓	✓	1.00	คัดเลือกไว้

หมายเหตุ ✓ หมายถึงระดับความสอดคล้องที่มีค่า 3 หรือ 4

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม
ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ และแผนผังการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

1. ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ									มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง						มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์								
การประกอบรูป			พัฒนาการเชิงพื้นผิว			การพับกระดาษ			การระบุตำแหน่งของวัตถุ			การมองภาพ			การหมุนบัตร			การเปรียบเทียบลูกบาศก์			การหมุนวัตถุ		
ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R
1	0.82	0.35	**1**	**0.60**	**0.37**	**1**	**0.54**	**0.50**	1	0.84	0.37	**1**	**0.60**	**0.36**	**1**	**0.58**	**0.25**	1	0.84	0.37	**1**	**0.32**	**0.20**
2	**0.42**	**0.43**	2	0.32	0.21	2	0.78	0.24	**2**	**0.32**	**0.20**	2	0.32	0.25	2	0.32	0.31	2	0.60	0.10	2	0.84	0.37
3	0.80	0.19	**3**	**0.60**	**0.37**	3	0.58	0.11	**3**	**0.60**	**0.32**	3	0.60	0.24	3	0.80	0.26	3	0.82	0.18	3	0.80	0.22
4	**0.60**	**0.33**	4	0.80	0.21	**4**	**0.58**	**0.39**	4	0.80	0.22	**4**	**0.62**	**0.27**	**4**	**0.50**	**0.25**	**4**	**0.58**	**0.38**	**4**	**0.60**	**0.32**
5	0.60	0.25	**5**	**0.58**	**0.36**	**5**	**0.32**	**0.25**	5	0.60	0.10	5	0.78	0.18	5	0.82	0.37	**5**	**0.32**	**0.20**	**5**	**0.60**	**0.24**
6	**0.56**	**0.30**	6	0.60	0.27	6	0.82	0.55	**6**	**0.60**	**0.24**	**6**	**0.56**	**0.50**	**6**	**0.54**	**0.43**	**6**	**0.60**	**0.24**	6	0.60	0.10
7	0.32	0.23	**7**	**0.54**	**0.47**							**7**	**0.60**	**0.36**	7	0.22	0.62						
8	**0.56**	**0.38**	8	0.84	0.37							8	0.32	0.25	**8**	**0.56**	**0.32**						

หมายเหตุ ตัวเลขสีดำเข้มหมายถึงข้อคำถามที่คัดเลือกไว้

ค่าความเที่ยงข้อคำถามที่คัดเลือก
ด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ
Cronbach's - α = .84

ค่าความเที่ยงข้อคำถามที่คัดเลือก
ด้านมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง
Cronbach's - α = .74

ค่าความเที่ยงข้อคำถามที่คัดเลือก
ด้านมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์
Cronbach's - α = .76

ค่าความเที่ยงข้อคำถามที่คัดเลือกของแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ทั้งฉบับ Cronbach's - α = .93

2. การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

โทโพโลยี			เรขาคณิตแบบยูคลิด			รูปภาพเรขาคณิต			รูปภาพเชิงสมมาตร			รูปภาพเชิงสมมาตรแบบสะท้อน			คุณสมบัติทางการวัด			การแปลงทางเรขาคณิต		
ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R
1	**0.70**	**0.50**	**5**	**0.62**	**0.29**	**13**	**0.74**	**0.58**	**22**	**0.66**	**0.25**	**25**	**0.68**	**0.21**	**29**	**0.74**	**0.44**	**36**	**0.56**	**0.28**
2	**0.44**	**0.55**	**6**	**0.76**	**0.41**	**14**	**0.78**	**0.50**	**23**	**0.40**	**0.28**	**26**	**0.76**	**0.27**	**30**	**0.74**	**0.47**	**37**	**0.72**	**0.20**
3	**0.50**	**0.53**	**7**	**0.56**	**0.22**	**15**	**0.78**	**0.55**	**24**	**0.58**	**0.35**	**27**	**0.36**	**0.25**	**31**	**0.72**	**0.44**	**38**	**0.48**	**0.33**
4	**0.42**	**0.56**	**8**	**0.58**	**0.32**	**16**	**0.74**	**0.47**				**28**	**0.42**	**0.23**	**32**	**0.76**	**0.39**	**39**	**0.60**	**0.22**
			9	**0.54**	**0.23**	**17**	**0.76**	**0.41**							**33**	**0.32**	**0.42**	**40**	**0.54**	**0.26**
			10	**0.34**	**0.29**	**18**	**0.64**	**0.54**							**34**	**0.72**	**0.38**	**41**	**0.54**	**0.26**
			11	**0.72**	**0.27**	**19**	**0.58**	**0.37**							**35**	**0.54**	**0.41**	**42**	**0.64**	**0.30**
			12	**0.74**	**0.50**	**20**	**0.66**	**0.56**										**43**	**0.46**	**0.58**
						21	**0.74**	**0.36**												

หมายเหตุ ตัวเลขสีดำเข้มหมายถึงข้อคำถามที่คัดเลือกไว้

ค่าความเที่ยงข้อคำถามที่คัดเลือกของแบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตทั้งฉบับ Cronbach's - α = .78

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

สมการพาราโบลา			สมการวงกลม			สมการวงรี			สมการไฮเปอร์โบลา		
ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R	ข้อที่	P	R
1	0.84	0.34	**4**	**0.52**	**0.49**	**8**	**0.58**	**0.27**	**14**	**0.40**	**0.57**
2	**0.68**	**0.36**	5	0.12	0.26	9	0.14	0.28	15	0.14	0.09
3	**0.60**	**0.45**	6	0.16	0.17	10	0.50	-0.04	**16**	**0.50**	**0.28**
19	**0.66**	**0.37**	**7**	**0.58**	**0.66**	11	0.10	0.05	**17**	**0.58**	**0.49**
20	**0.60**	**0.27**	24	0.10	0.27	**12**	**0.60**	**0.31**	18	0.38	0.03
21	0.72	0.34	25	0.38	0.21	**13**	**0.40**	**0.62**	**35**	**0.56**	**0.42**
22	**0.54**	**0.47**	**26**	**0.68**	**0.34**	**30**	**0.38**	**0.62**	**36**	**0.58**	**0.31**
23	0.86	0.35	**27**	**0.58**	**0.53**	**31**	**0.42**	**0.49**	37	0.26	0.07
40	**0.58**	**0.48**	28	0.72	0.51	32	0.62	0.13	**38**	**0.54**	**0.49**
41	**0.50**	**0.28**	**29**	**0.40**	**0.29**	**33**	**0.52**	**0.49**	39	0.22	0.30
42	0.74	0.35	**47**	**0.60**	**0.33**	34	0.18	0.28	**56**	**0.44**	**0.48**
43	0.80	0.20	**48**	**0.50**	**0.53**	**52**	**0.40**	**0.62**	57	0.36	0.41
44	0.60	0.21	49	0.42	-0.16	53	0.18	-0.11	58	0.18	0.08
45	0.30	-0.02	50	0.46	0.05	**54**	**0.54**	**0.32**	**59**	**0.42**	**0.73**
46	0.32	0.23	51	0.20	0.08	55	0.34	0.08	60	0.32	-0.03

หมายเหตุ ตัวเลขสีดำเข้มหมายถึงข้อคำถามที่คัดเลือกไว้

ค่าความเที่ยงข้อคำถามที่คัดเลือกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตทั้งฉบับ Cronbach's - α = .81

แผนผังการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Test Blueprint of Geometrical Achievement)

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
วิชา คณิตศาสตร์
บทที่ 25 – 28 เรื่อง สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี สมการไฮเปอร์โบลา

จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวน (ข้อ)	จำนวนข้อของแต่ละระดับพฤติกรรม						รวม	ใช้จริง
				รู้จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์		
1.1 ให้นักเรียนสามารถบอกองค์ประกอบพื้นฐานของพาราโบลา เช่น จุดโฟกัส เส้นไดเรกตริกซ์	สมการพาราโบลา	5.00	3	-	3 (1,**2,3**)	-	-	-	-	15	7
1.2 ให้นักเรียนสามารถสร้างกราฟพาราโบลาตามเงื่อนไขต่าง ๆ บนระบบแกนพิกัดฉาก ที่มีจุดยอด $(0,0)$ และมีจุดยอด (n,k)		8.33	5	-	2 (**19,20**)	2 (21,**22**)	1 (23)	-	-		
1.3 ให้นักเรียนสามารถคำนวณเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสมการพาราโบลากับสมการเส้นตรงและสมการอื่น ๆ		11.67	7	-		2 (**40,41**)	2 (42,43)	1 (44)	2 (45,46)		
2.1 ให้นักเรียนสามารถบอกองค์ประกอบพื้นฐานของวงกลม เช่น จุดศูนย์กลาง และรัศมีของวงกลม	สมการวงกลม	6.67	4	-	2 (**4**,5)	2 (6,**7**)	-	-	-	15	7
2.2 ให้นักเรียนสามารถสร้างกราฟวงกลมตามเงื่อนไขต่าง ๆ บนระบบแกนพิกัดฉากที่มีจุดศูนย์กลาง $(0,0)$ และจุดศูนย์กลาง (n,k)		10.00	6	-	-	3 (24,25, **26**)	2 (**27,28**)	1 (29)	-		

2.3 ให้นักเรียนสามารถคำนวณเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสมการวงกลม กับสมการเส้นตรงและสมการอื่น ๆ		8.33	5	-	-	-	2 (**47,48**)	-	3 (49,50, 51)		
3.1 ให้นักเรียนสามารถบอกองค์ประกอบพื้นฐานของสมการวงรี เช่น จุดโฟกัส จุดศูนย์กลาง	สมการวงรี	10.00	6	-	1 (**8**)	2 (9,10)	3 (11,**12,13**)	-	-	15	8
3.2 ให้นักเรียนสามารถสร้างกราฟวงรีตามเงื่อนไขต่าง ๆ บนระบบแกนพิกัดฉากที่มีจุดศูนย์กลาง $(0,0)$ และมีจุดศูนย์กลาง (n,k)		8.33	5	-	1 (**30**)	1 (**31**)	1 (32,**33**)	1 (34)	-		
3.3 ให้นักเรียนสามารถคำนวณเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสมการวงรี กับ จุด สมการเส้นตรงและสมการอื่น ๆ		6.67	4	-	-	1 (**52**)	1 (53)	-	2 (**54**,55)		
4.1 ให้นักเรียนสามารถบอกองค์ประกอบพื้นฐานของสมการไฮเปอร์โบลา เช่น จุดโฟกัส จุดยอด	สมการไฮเปอร์โบลา	8.33	5	-	2 (**14**,15)	1 (**16**)	2 (**17**,18)		-	15	8
4.2 ให้นักเรียนสามารถสร้างกราฟไฮเปอร์โบลาตามเงื่อนไขต่าง ๆ บนระบบแกนพิกัดฉากที่มีจุดศูนย์กลาง $(0,0)$ และจุดศูนย์กลาง (n,k)		8.33	5	-	2 (**35**,**36**)	1 (37)	2 (**38**,39)	-	-		
4.3 ให้นักเรียนสามารถคำนวณเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสมการไฮเปอร์โบลา กับ จุด สมการเส้นตรงและสมการอื่น ๆ		8.33	5	-	-	1 (**56**)	2 (57,58)	1 (**59**)	1 (60)		
รวม		100.00	60	0	13	16	19	4	8	60	30

ภาคผนวก จ

หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

College of Research Methodology and Cognitive Science
Burapha University, Bangsaen, Chunbori 20131, THAILAND
Tel. (6638) 102077, Fax. (6638) 393484, www.rmcs.buu.ac.th

Director of Department of Education and Sports,
Thasalakham Village, Pakse District,
Champasak Province,
Lao PDR

Subject: Asking permission for data collection to assess the quality of research instruments

October 3, 2015

Dear Madam,

Mr. Seesamai Douangmany is a master degree student at College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand. Presently, he is in the process of conducting his master thesis entitled: **A Causal Relationship Model of Spatial Ability, Intuitive Geometry and Geometrical Achievement in grade 11 students at Champasak Province, Lao PDR** under direct supervision of Dr. Parinya Ruangtip.

In this regard, I am writing to ask for your permission to allow Mr. Douangmany to collect data in order to assess the quality of research instruments at the school under your direct with 50 participants who are currently studying at grade 11 in Pathoumphone Secondary School. Each subject will involve in Spatial Ability Test, Intuitive geometry Test and Geometrical Achievement Test operated by paper and pencil. The data collection process will begin from October 5-10, 2015. Should you have further inquiry regarding this project, please directly contact Mr. Douangmany at mikedmn2014@gmail.com.

Your kind cooperation for this matter will be highly appreciated.

Yours sincerely,

Suchada Kornpetpanee

Asst. Prof. Dr. Suchada Kornpetpanee
Dean, College of Research Methodology and Cognitive Science
Burapha University, THAILAND
Tel: +66 3810 2077 Fax: +66 3839 3484
Website: www.rmcs.buu.ac.th

ສາທາລະນະລັດ ປະຊາທິປະໄຕ ປະຊາຊົນລາວ

ສັນຕິພາບ ເອກະລາດ ປະຊາທິປະໄຕ ເອກະພາບ ວັດທະນະຖາວອນ

****

ກະຊວງສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ

ພະແນກສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ແຂວງຈຳປາສັກ

1237

ເລກທີ...../...../2015

ປາກເຊ, ວັນທີ 6/10/2015

ແຈ້ງການ

ເຖິງ: ທ່ານຫົວໜ້າອຳນວຍການໂຮງຮຽນ ມ.ສ ປະທຸມພອນ

ເລື່ອງ: ຂໍລົງເກັບຮວບຮວມຂໍ້ມູນເພື່ອກວດສອບຄຸນນະພາບຂອງເຄື່ອງມືວິໄຈ

- ອີງຕາມ: ຂໍ້ຕົກລົງຂອງລັດຖະມົນຕີວ່າການກະຊວງສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ວ່າດ້ວຍການອະນຸມັດໃຫ້ພະນັກງານໄປຍົກລະດັບຊັ້ນປະລິນຍາໂທທີ່ປະເທດໄທ ສະບັບເລກທີ 4369/ສສກ.ກນ.ລົງວັນທີ 03/10/2013
- ອີງຕາມ: ໃບນຳສົ່ງຈາກກົມຈັດຕັ້ງ ແລະພະນັກງານ ກະຊວງສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ວ່າດ້ວຍການອະນຸມັດໃຫ້ພະນັກງານໄປຍົກລະດັບຊັ້ນປະລິນຍາໂທທີ່ປະເທດໄທ ສະບັບເລກທີ 4516/ສສກ.ຈຕ.ລົງວັນທີ 15/10/2013
- ອີງຕາມ: ໜັງສືສະເໜີຂອງນັກສຶກສາ ຂໍລົງເກັບຮວບຮວມຂໍ້ມູນເພື່ອການວິໄຈຈາກວິທະຍາໄລວິທະຍາການວິໄຈ ແລະວິທະຍາການປັນຍາ ມະຫາວິທະຍາໄລບຸຣະພາ, ປະເທດໄ, ລົງວັນທີ 03/10/ 2015

ພະແນກສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ແຂວງຈຳປາສັກ ຂໍຖືເປັນກຽດແຈ້ງມາຍັງທ່ານຊາບວ່າ: ທ້າວ ສີສະໄໝ ດວງມະນີ ສັງກັດຢູ່ຄະນະສຶກສາສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລ ຈຳປາສັກ. ປະຈຸບັນເປັນນັກສຶກສາ ປະລິນຍາໂທ ໃນສາຂາວິຊາການວິໄຈແລະສະຖິຕິທາງວິທະຍາການປັນຍາ ທີ່ວິທະຍາໄລການວິໄຈແລະວິທະຍາການປັນຍາ ມະຫາວິທະຍາໄລບຸຣະພາ, ປະເທດໄທ. ເຊິ່ງຜູ້ກ່ຽວກາລັງຂຽນບົດວິທະຍານິພົນຫົວຂໍ້ *ໂມເດວຄວາມສຳພັນສາເຫດຂອງຄວາມສາມາດດ້ານມິຕິສຳພັນທີ່ມີອິດທິພົນຕໍ່ການຢັ່ງຮູ້ດ້ານເລຂາຄະນິດແລະຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນເລຂາຄະນິດ ຂອງນັກຮຽນຊັ້ນມັດທະຍົມສຶກສາປີທີ 6 ແຂວງຈຳປາສັກ*

ດັ່ງນັ້ນ, ຈຶ່ງແຈ້ງມາຍັງທ່ານເພື່ອຊາບ ແລະໃຫ້ຄວາມຮ່ວມມືກັບຜູ້ກ່ຽວດ້ວຍ.

ຫົວໜ້າພະແນກສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ແຂວງຈຳປາສັກ

ພະແນກສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ແຂວງຈຳປາສັກ

ນ. ແສງສຸວັນ ຊຸຍພະສິດ

ภาคผนวก ฉ

หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

College of Research Methodology and Cognitive Science
Burapha University, Bangsaen, Chunbori 20131, THAILAND
Tel. (6638) 102077, Fax. (6638) 393484, www.rmcs.buu.ac.th

Director of Department of Education and Sports,
Thasalakham Village, Pakse District,
Champasak Province,
Lao PDR

Subject: Asking permission for data collection

October 18, 2015

Dear Madam,

Mr. Seesamai Douangmany is a master degree student at College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand. Presently, he is in the process of conducting his master thesis entitled: **A Causal Relationship Model of Spatial Ability, Intuitive Geometry and Geometrical Achievement in grade 11 students at Champasak Province, Lao PDR** under direct supervision of Dr. Parinya Ruangtip.

In this regard, I am writing to ask for your permission to allow Mr. Douangmany to collect data at the schools under your direct with 400 participants who are currently studying at grade 11 in Phonesavanh, Nguadaeng, Huaxae, Kaokeung, Paksong, Saphai, and Phonxay Secondary Schools. Each subject will involve in Spatial Ability Test, Intuitive geometry Test and Geometrical Achievement Test operated by paper and pencil. The data collection process will begin from October 20, 2015 to November 7, 2015. Should you have further inquiry regarding this project, please directly contact Mr. Douangmany at mikedmn2014@gmail.com.

Your kind cooperation for this matter will be highly appreciated.

Yours sincerely,

Suchada Kompetpanee

Asst. Prof. Dr. Suchada Kompetpanee
Dean, College of Research Methodology and Cognitive Science
Burapha University, THAILAND
Tel: +66 3810 2077 Fax: +66 3839 3484
Website: www.rmcs.buu.ac.th

ສາທາລະນະລັດ ປະຊາທິປະໄຕ ປະຊາຊົນລາວ

ສັນຕິພາບ ເອກະລາດ ປະຊາທິປະໄຕ ເອກະພາບ ວັດທະນະຖາວອນ

****

ກະຊວງສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ

ພະແນກສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ແຂວງຈຳປາສັກ

ເລກທີ 1293/.....2015

ປາກເຊ, ວັນທີ 19-10-2015

ແຈ້ງການ

ເຖິງ : ທ່ານຫົວໜ້າຄະນະອຳນວຍການໂຮງຮຽນ ມ.ສ ພອນສະຫວັນ, ມ.ສ ງົວແດງ, ມ.ສ ຫົວແຊ, ມ.ສ ເກົ່າເກີງ, ມ.ສ ປາກຊ່ອງ, ມ.ສ ສະຜ່ວຍ ແລະ ມ.ສ ໂພນໄຊ

ເລື່ອງ: ຂໍລົງເກັບຮວບຮວມຂໍ້ມູນເພື່ອນຳໃຊ້ໃນການຂຽນບົດວິທະຍານິພົນ

- ອີງຕາມ: ຂໍ້ຕົກລົງຂອງລັດຖະມົນຕີວ່າການກະຊວງສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ວ່າດ້ວຍການອະນຸມັດໃຫ້ພະນັກງານໄປຍົກລະດັບຊັ້ນປະລິນຍາໂທທີ່ປະເທດໄທ ສະບັບເລກທີ 4369/ສສກ.ກມ.ລົງວັນທີ 03/10/2013
- ອີງຕາມ: ໃບນຳສົ່ງຈາກກົມຈັດຕັ້ງ ແລະພະນັກງານ ກະຊວງສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ວ່າດ້ວຍການອະນຸມັດໃຫ້ພະນັກງານໄປຍົກລະດັບຊັ້ນປະລິນຍາໂທທີ່ປະເທດໄທ ສະບັບເລກທີ 4516/ສສກ.ຈຕ.ລົງວັນທີ 15/10/2013
- ອີງຕາມ: ໜັງສືສະເໜີຂອງນັກສຶກສາ ຂໍລົງເກັບຮວບຮວມຂໍ້ມູນເພື່ອການວິໃຈຈາກວິທະຍາໄລວິທະຍາການວິໃຈ ແລະວິທະຍາການປັນຍາ ມະຫາວິທະຍາໄລບູຣະພາ, ປະເທດໄທ, ລົງວັນທີ 18/10/ 2015

ພະແນກສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ແຂວງຈຳປາສັກ ຂໍຖືເປັນກຽດແຈ້ງມາຍັງທ່ານຊາບວ່າ: ທ້າວ ສີສະໄໝ ດວງມະນີ ສັງກັດຢູ່ຄະນະສຶກສາສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລ ຈຳປາສັກ. ປະຈຸບັນເປັນນັກສຶກສາ ປະລິນຍາໂທ ໃນສາຂາວິຊາການວິໃຈແລະສະຖິຕິທາງວິທະຍາການປັນຍາ ທີ່ວິທະຍາໄລການວິໃຈແລະວິທະຍາການປັນຍາ ມະຫາວິທະຍາໄລບູຣະພາ, ປະເທດໄທ. ເຊິ່ງຜູ້ກ່ຽວກຳລັງຂຽນບົດວິທະຍານິພົນຫົວຂໍ້ *ໂມເດວຄວາມສຳພັນສາເຫດຂອງຄວາມສາມາດດ້ານມິຕິສຳພັນທີ່ມີອິດທິພົນຕໍ່ການຢັ່ງຮູ້ດ້ານເລຂາຄະນິດແລະຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນເລຂາຄະນິດ ຂອງນັກຮຽນລະດັບຊັ້ນມັດທະຍົມສຶກສາປີທີ 6 ແຂວງຈຳປາສັກ*

ດັ່ງນັ້ນ, ຈຶ່ງແຈ້ງມາຍັງທ່ານເພື່ອຊາບ ແລະໃຫ້ຄວາມຮ່ວມມືກັບຜູ້ກ່ຽວດ້ວຍ.

ຫົວໜ້າພະແນກສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ແຂວງຈຳປາສັກ

ພະແນກສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ ແຂວງຈຳປາສັກ

ສີ ພັນທະວົງ

ภาคผนวก ซ

แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา

๑. ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ (ภาษาไทย) โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ (ภาษาอังกฤษ) A CAUSAL RELATIONSHIP MODEL OF SPATIAL ABILITY, INTUITIVE GEOMETRY AND GEOMETRICAL ACHIEVEMENT IN GRADE 11 AT CHAMPASAK PROVINCE, LAO PDR

๒. ชื่อนิสิต (นาย, นาง, นางสาว): Seesamai Douangmany

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (M.Sc.) สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา

☑ ภาคปกติ ☐ ภาคพิเศษ

รหัสประจำตัว ๕๖๙๑๐๔๗๘ คณะ/วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

๓. หน่วยงานที่สังกัด: วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

๔. ผลการพิจารณาของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์:

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ได้พิจารณารายละเอียดวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในประเด็นที่เกี่ยวกับ

๑) การเคารพในศักดิ์ศรี และสิทธิของมนุษย์ที่ใช้เป็นตัวอย่างการวิจัย

๒) วิธีการอย่างเหมาะสมในการได้รับความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย (Informed consent) รวมทั้งการป้องกันสิทธิประโยชน์ และรักษาความลับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

๓) การดำเนินการวิจัยอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อความเสียหายต่อสิ่งที่ศึกษาวิจัย ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่มีชีวิตหรือไม่มีชีวิต

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มีมติเห็นชอบ ดังนี้

(√) รับรองโครงการวิจัย

( ) ไม่รับรอง

๕. วันที่ที่ให้การรับรอง: ๒๙ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๘

ลงนาม.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)

ประธานกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วันที่ ๒๙ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๘

ภาคผนวก ฌ

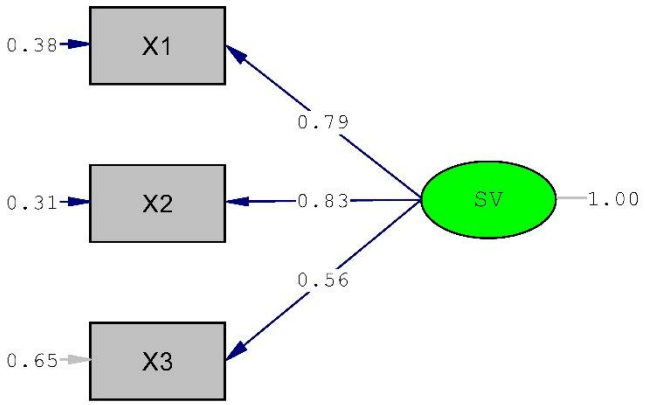
คำสั่งและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดตัวแปรแฝง ประกอบด้วย

1. ตัวแปรความสามารถด้านมิติสัมพันธ์
    1.1 มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ
    1.2 มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง
    1.3 มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์
2. ตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

1. ตัวแปรความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

1.1 มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ

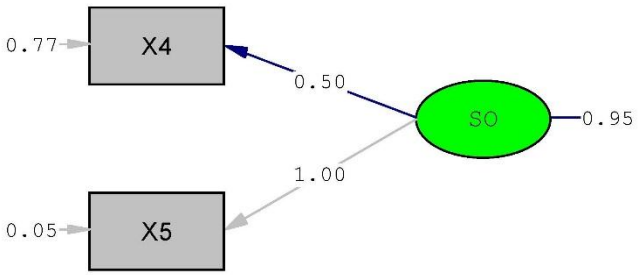
```
!Spatial ability to Achievement Model
DA NI=19 NO=400 MA=CM
LA
Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 Y11 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8
RA FI=D:\Data_Thesis_Analysis\Data_Analysis_standard.psf
MO NX=3 NK=1 LX=FI TD=SY
SE
12 13 14 /
LK
SV
FR LX(1,1) LX(2,1) LX(3,1)
FI TD(3,3)
VA 0.65 TD(3,3)
PD
OU EF AD=OFF
```



Chi-Square=0.94, df=1, P-value=0.33243, RMSEA=0.000

1.2 มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง

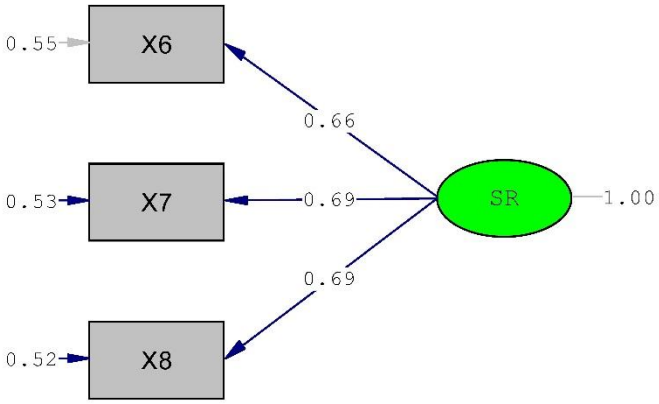
```
!Spatial ability to Achievement Model
DA NI=19 NO=400 MA=CM
LA
Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 Y11 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8
RA FI=D:\Data_Thesis_Analysis\Data_Analysis_standard.psf
MO NX=2 NK=1 LX=FI TD=SY
SE
15 16 /
LK
SO
FR LX(1,1) LX(2,1)
FI TD(1,1) TD(2,2) LX(2,1)
VA 1.00 LX(2,1)
VA 0.05 TD(2,2)
VA 0.77 TD(1,1)
PD
OU EF AD=OFF
```



Chi-Square=0.03, df=1, P-value=0.86038, RMSEA=0.000

1.3 มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์

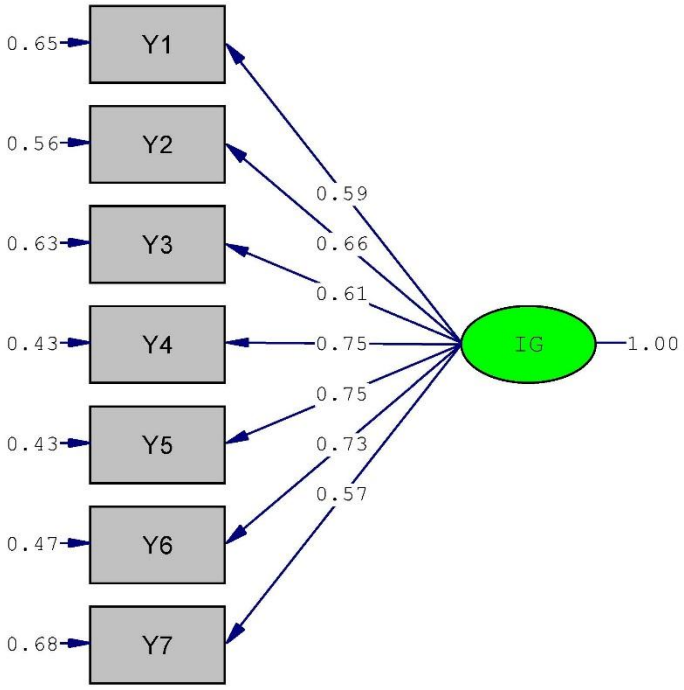
```
!Spatial ability to Achievement Model
DA NI=19 NO=400 MA=CM
LA
Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 Y11 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8
RA FI=D:\Data_Thesis_Analysis\Data_Analysis_standard.psf
MO NX=3 NK=1 LX=FI TD=SY
SE
17 18 19 /
LK
SR
FR LX(1,1) LX(2,1) LX(3,1)
FI TD(1,1)
VA 0.55 TD(1,1)
PD
OU EF AD=OFF
```



Chi-Square=0.45, df=1, P-value=0.50064, RMSEA=0.000

2. ตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

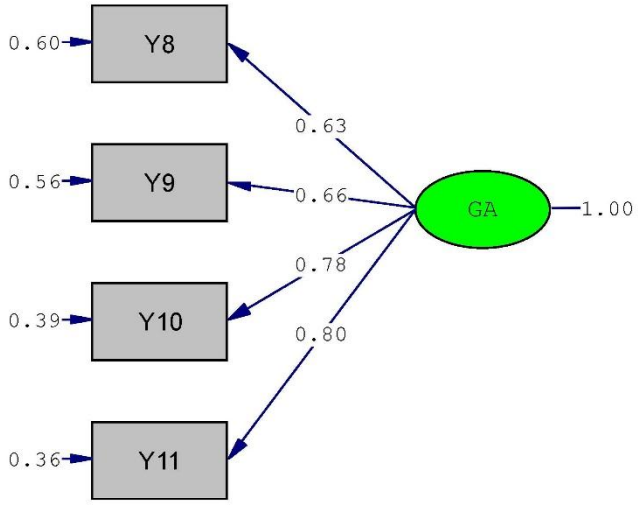
```
!Spatial ability to Achievement Model
DA NI=19 NO=400 MA=CM
LA
Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 Y11 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8
RA FI=D:\Data_Thesis_Analysis\Data_Analysis_standard.psf
MO NX=7 NK=1 LX=FI TD=SY
SE
1 2 3 4 5 6 7 /
LK
IG
FR LX(1,1) LX(2,1) LX(3,1) LX(4,1) LX(5,1) LX(6,1) LX(7,1)
FR TD(1,2) TD(1,3) TD(2,4)
PD
OU EF AD=OFF
```



Chi-Square=15.40, df=11, P-value=0.16480, RMSEA=0.032

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

```
!Spatial ability to Achievement Model
DA NI=19 NO=400 MA=CM
LA
Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 Y11 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8
RA FI=D:\Data_Thesis_Analysis\Data_Analysis_standard.psf
MO NX=4 NK=1 LX=FI TD=SY
SE
8 9 10 11 /
LK
GA
FR LX(1,1) LX(2,1) LX(3,1) LX(4,1)
FR TD(1,2)
PD
OU EF AD=OFF
```



Chi-Square=1.85, df=1, P-value=0.17333, RMSEA=0.046

ภาคผนวก ญ

คำสั่งและผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์
ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนระดับชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ปรับแก้

DATE: 12/14/2015
TIME: 23:54

L I S R E L 8.80

BY

Karl G. Jöreskog & Dag Sörbom

This program is published exclusively by
Scientific Software International, Inc.
7383 N. Lincoln Avenue, Suite 100
Lincolnwood, IL 60712, U.S.A.
Phone: (800)247-6113, (847)675-0720, Fax: (847)675-2140
Copyright by Scientific Software International, Inc., 1981-2006
Use of this program is subject to the terms specified in the
Universal Copyright Convention.
Website: www.ssicentral.com

The following lines were read from file
D:\Data_Thesis_Analysis\Spatial ability to Achievement Model_Standard.LS8:

```
!Spatial ability to Achievement Model
DA NI=19 NO=400 MA=CM
LA
Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 Y11 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8
RA FI=D:\Data_Thesis_Analysis\Data_Analysis_standard.psf
MO NX=8 NY=11 NK=3 NE=2 LX=FI LY=FI TD=SY TE=SY GA=FI BE=FI TH=FI
LE
IG GA
LK
SV SO SR
FR LY(1,1) LY(2,1) LY(3,1) LY(4,1) LY(5,1) LY(6,1) LY(7,1)
FR LY(8,2) LY(9,2) LY(10,2) LY(11,2)
FR LX(1,1) LX(2,1) LX(3,1) LX(4,2) LX(5,2) LX(6,3) LX(7,3) LX(8,3)
FR BE(2,1) GA(1,1) GA(1,3) GA(1,2) GA(2,3) !GA(2,2) GA(2,1)
FR TD(1,2) TD(1,3) TD(1,4) TD(1,5) TD(1,6) TD(1,7) TD(2,8)
FR TD(3,4) TD(3,5) TD(3,6) TD(3,7) TD(3,8) TD(4,6) TD(4,7)
FR TD(4,8) TD(5,6) TD(5,7) TD(5,8) TD(6,7) TD(7,8)
FR TE(1,4) TE(1,5) TE(1,6) TE(1,7) TE(1,9) TE(2,3) TE(2,4) TE(2,5)
FR TE(2,7) TE(2,8) TE(3,4) TE(3,5) TE(3,6) TE(3,7) TE(3,8) TE(4,5)
FR TE(4,6) TE(6,9) TE(7,8) TE(7,9) TE(7,10) TE(7,11) TE(8,9) TE(8,10)
FR TE(10,11)
FR TH(1,2) TH(2,1) TH(2,2) TH(2,3) TH(2,4) TH(2,8) TH(3,2)
FR TH(7,4) TH(7,7) TH(5,6) TH(5,9) TH(5,3)
FI TD(5,5)
PD
OU EF AD=OFF
```

!Spatial ability to Achievement Model

Number of Input Variables	19
Number of Y - Variables	11
Number of X - Variables	8
Number of ETA - Variables	2
Number of KSI - Variables	3
Number of Observations	400

!Spatial ability to Achievement Model

Covariance Matrix

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
Y1	1.00					
Y2	0.50	1.00				
Y3	0.61	0.48	1.00			
Y4	0.45	0.62	0.47	1.00		
Y5	0.43	0.49	0.42	0.56	1.00	
Y6	0.41	0.46	0.42	0.56	0.58	1.00
Y7	0.35	0.34	0.37	0.42	0.45	0.40
Y8	0.31	0.29	0.38	0.37	0.38	0.36
Y9	0.31	0.30	0.40	0.41	0.42	0.45
Y10	0.38	0.39	0.45	0.44	0.42	0.45
Y11	0.38	0.38	0.45	0.44	0.40	0.39
X1	0.19	0.09	0.15	0.09	0.20	0.17
X2	0.26	0.25	0.23	0.24	0.24	0.24
X3	0.21	0.30	0.21	0.29	0.33	0.28
X4	0.18	0.18	0.14	0.15	0.24	0.16
X5	0.24	0.29	0.21	0.22	0.31	0.22
X6	0.22	0.26	0.22	0.21	0.28	0.27
X7	0.22	0.24	0.19	0.25	0.26	0.32
X8	0.20	0.23	0.23	0.23	0.25	0.26

Covariance Matrix

	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	X1
Y7	1.00					
Y8	0.31	1.00				
Y9	0.33	0.62	1.00			
Y10	0.37	0.51	0.50	1.00		
Y11	0.40	0.49	0.54	0.62	1.00	
X1	0.11	0.15	0.13	0.11	0.14	1.00
X2	0.11	0.16	0.20	0.18	0.21	0.66
X3	0.16	0.17	0.21	0.23	0.23	0.43
X4	0.12	0.08	0.11	0.11	0.12	0.44
X5	0.17	0.15	0.18	0.14	0.16	0.50
X6	0.18	0.19	0.20	0.16	0.22	0.51
X7	0.23	0.13	0.14	0.13	0.16	0.49
X8	0.13	0.14	0.19	0.15	0.14	0.47

Covariance Matrix

	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X2	1.00					
X3	0.46	1.00				
X4	0.45	0.49	1.00			
X5	0.58	0.51	0.48	1.00		
X6	0.56	0.49	0.49	0.64	1.00	
X7	0.48	0.54	0.42	0.49	0.44	1.00
X8	0.51	0.56	0.50	0.44	0.45	0.48

Covariance Matrix

	X8
X8	1.00

!Spatial ability to Achievement Model

Parameter Specifications

LAMBDA-Y

	IG	GA
Y1	0	0
Y2	1	0
Y3	2	0
Y4	3	0
Y5	4	0
Y6	5	0
Y7	6	0
Y8	0	0
Y9	0	7
Y10	0	8
Y11	0	9

LAMBDA-X

	SV	SO	SR
X1	10	0	0
X2	11	0	0
X3	12	0	0
X4	0	13	0
X5	0	14	0
X6	0	0	15
X7	0	0	16
X8	0	0	17

BETA

	IG	GA
IG	0	0
GA	18	0

GAMMA

	SV	SO	SR
IG	19	20	21
GA	0	0	22

PHI

	SV	SO	SR
SV	0		
SO	23	0	
SR	24	25	0

PSI

IG	GA
26	27

THETA-EPS

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
Y1	28					
Y2	0	29				
Y3	0	30	31			
Y4	32	33	34	35		
Y5	36	37	38	39	40	
Y6	41	0	42	43	0	44
Y7	45	46	47	0	0	0
Y8	0	49	50	0	0	0
Y9	53	0	0	0	0	54
Y10	0	0	0	0	0	0
Y11	0	0	0	0	0	0

THETA-EPS

	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11
Y7	48				
Y8	51	52			
Y9	55	56	57		
Y10	58	59	0	60	
Y11	61	0	0	62	63

THETA-DELTA-EPS

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
X1	0	64	0	0	0	0
X2	66	67	68	69	0	0
X3	0	73	0	0	0	0
X4	0	0	0	0	0	0
X5	0	0	79	0	0	80
X6	0	0	0	0	0	0
X7	0	0	0	89	0	0
X8	0	0	0	0	0	0

THETA-DELTA-EPS

	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11
X1	0	0	0	0	0
X2	0	70	0	0	0
X3	0	0	0	0	0
X4	0	0	0	0	0
X5	0	0	81	0	0
X6	0	0	0	0	0
X7	90	0	0	0	0
X8	0	0	0	0	0

THETA-DELTA

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	65					
X2	71	72				
X3	74	0	75			
X4	76	0	77	78		
X5	82	0	83	0	0	
X6	84	0	85	86	87	88
X7	91	0	92	93	94	95
X8	0	97	98	99	100	0

THETA-DELTA

	X7	X8
X7	96	
X8	101	102

!Spatial ability to Achievement Model

Number of Iterations = 101

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-Y

	IG	GA
Y1	0.72	- -
Y2	0.67	- -
	(0.06)	
	10.96	
Y3	0.83	- -
	(0.07)	
	11.84	
Y4	0.77	- -
	(0.07)	
	10.99	
Y5	0.80	- -
	(0.07)	
	11.97	
Y6	0.72	- -
	(0.06)	
	11.74	
Y7	0.55	- -
	(0.06)	
	9.61	
Y8	- -	0.64
Y9	- -	0.69
		(0.05)
		12.81
Y10	- -	0.74
		(0.07)
		10.73
Y11	- -	0.76
		(0.07)
		10.39

LAMBDA-X

	SV	SO	SR
X1	0.46	- -	- -
	(0.07)		
	6.12		
X2	0.57	- -	- -
	(0.07)		
	8.52		
X3	0.71	- -	- -
	(0.07)		
	9.47		
X4	- -	0.47	- -
		(0.05)	
		10.05	
X5	- -	1.00	- -
		(0.04)	
		28.37	
X6	- -	- -	0.65
			(0.06)
			10.90
X7	- -	- -	0.56
			(0.06)
			9.09
X8	- -	- -	0.64
			(0.06)
			10.68

BETA

	IG	GA
IG	- -	- -
GA	0.68	- -
	(0.08)	
	8.73	

GAMMA

	SV	SO	SR
IG	0.25	0.06	0.09
	(0.06)	(0.03)	(0.04)
	4.06	2.03	2.02
GA	- -	- -	0.09
			(0.04)
			2.07

Covariance Matrix of ETA and KSI

	IG	GA	SV	SO	SR
IG	1.00				
GA	0.64	1.00			
SV	0.34	0.39	1.00		
SO	0.32	0.19	0.70	1.00	
SR	0.40	0.25	0.78	0.72	1.00

PSI
Note: This matrix is diagonal.

IG	GA
0.83	0.47
(0.11)	(0.09)
7.33	5.53

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

IG	GA
0.17	0.53

Squared Multiple Correlations for Reduced Form

IG	GA
0.17	0.14

Reduced Form

	SV	SO	SR
IG	0.25	0.06	0.09
	(0.06)	(0.03)	(0.04)
	4.06	2.03	2.02
GA	0.17	0.04	0.15
	(0.05)	(0.02)	(0.06)
	3.74	2.00	2.42

THETA-EPS

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
Y1	0.47					
	(0.05)					
	10.02					
Y2	- -	0.54				
		(0.05)				
		10.99				
Y3	- -	-0.09	0.32			
		(0.04)	(0.05)			
		-2.23	5.94			
Y4	-0.11	0.08	-0.18	0.39		
	(0.04)	(0.04)	(0.05)	(0.06)		
	-2.96	1.96	-3.85	6.37		
Y5	-0.14	-0.05	-0.24	-0.06	0.36	
	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.05)	
	-3.69	-1.30	-5.52	-1.42	7.44	
Y6	-0.12	- -	-0.18	-0.01	- -	0.47
	(0.04)		(0.04)	(0.04)		(0.05)
	-3.09		-4.60	-0.33		10.31
Y7	-0.04	-0.02	-0.07	- -	- -	- -
	(0.04)	(0.03)	(0.04)			
	-0.91	-0.64	-1.76			

Y8	- -	-0.01	0.01	- -	- -	- -
		(0.03)	(0.03)			
		-0.21	0.26			
Y9	-0.03	- -	- -	- -	- -	0.07
	(0.03)					(0.03)
	-0.96					2.48
Y10	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Y11	- -	- -	- -	- -	- -	- -

THETA-EPS

	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11
Y7	0.70				
	(0.05)				
	12.85				
Y8	0.05	0.59			
	(0.04)	(0.05)			
	1.35	10.92			
Y9	0.05	0.17	0.52		
	(0.04)	(0.04)	(0.05)		
	1.45	4.42	10.69		
Y10	0.08	0.04	- -	0.45	
	(0.04)	(0.03)		(0.05)	
	2.16	1.35		8.68	
Y11	0.11	- -	- -	0.06	0.43
	(0.04)			(0.04)	(0.05)
	2.79			1.56	8.53

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
0.53	0.46	0.68	0.60	0.64	0.52

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

Y7	Y8	Y9	Y10	Y11
0.30	0.41	0.48	0.55	0.58

THETA-DELTA-EPS

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
X1	- -	-0.07	- -	- -	- -	- -
		(0.03)				
		-2.57				
X2	0.05	0.02	0.03	0.08	- -	- -
	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.03)		
	1.82	0.80	0.96	2.92		
X3	- -	0.03	- -	- -	- -	- -
		(0.03)				
		1.25				
X4	- -	- -	- -	- -	- -	- -

X5	- -	- -	-0.03	- -	- -	-0.06
			(0.03)			(0.03)
			-0.95			-2.25
X6	- -	- -	- -	- -	- -	- -
X7	- -	- -	- -	0.03	- -	- -
				(0.03)		
				1.22		
X8	- -	- -	- -	- -	- -	- -

THETA-DELTA-EPS

	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11
X1	- -	- -	- -	- -	- -
X2	- -	-0.03	- -	- -	- -
		(0.03)			
		-1.31			
X3	- -	- -	- -	- -	- -
X4	- -	- -	- -	- -	- -
X5	- -	- -	0.02	- -	- -
			(0.02)		
			0.84		
X6	- -	- -	- -	- -	- -
X7	0.08	- -	- -	- -	- -
	(0.03)				
	2.59				
X8	- -	- -	- -	- -	- -

THETA-DELTA

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	0.78					
	(0.08)					
	10.30					
X2	0.39	0.69				
	(0.06)	(0.07)				
	6.31	9.48				
X3	0.08	- -	0.47			
	(0.05)		(0.09)			
	1.77		4.99			
X4	0.12	- -	0.10	0.77		
	(0.04)		(0.07)	(0.05)		
	2.92		1.37	14.16		
X5	0.04	- -	-0.23	- -	- -	
	(0.06)		(0.13)			
	0.68		-1.83			
X6	0.07	- -	-0.21	0.44	0.65	0.57
	(0.06)		(0.12)	(0.16)	(0.32)	(0.06)
	1.21		-1.83	2.80	2.04	8.72
X7	0.10	- -	-0.07	0.38	0.51	0.06
	(0.05)		(0.11)	(0.14)	(0.28)	(0.05)
	1.97		-0.66	2.68	1.80	1.19
X8	- -	-0.08	-0.13	0.44	0.45	- -
		(0.06)	(0.13)	(0.16)	(0.32)	
		-1.27	-1.06	2.79	1.40	

THETA-DELTA

	X7	X8
X7	0.67	
	(0.07)	
	10.08	
X8	0.10	0.55
	(0.04)	(0.07)
	2.16	8.19

Squared Multiple Correlations for X - Variables

X1	X2	X3	X4	X5	X6
0.21	0.32	0.52	0.22	1.00	0.42

Squared Multiple Correlations for X - Variables

X7	X8
0.32	0.43

TH was written to file fort.8

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 88
Minimum Fit Function Chi-Square = 103.40 (P = 0.13)
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 97.98 (P = 0.22)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 9.98
90 Percent Confidence Interval for NCP = (0.0 ; 38.37)

Minimum Fit Function Value = 0.26
Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.025
90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.0 ; 0.096)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.017
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.0 ; 0.033)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 1.00

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.76
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.73 ; 0.83)
ECVI for Saturated Model = 0.95
ECVI for Independence Model = 21.49
Chi-Square for Independence Model with 171 Degrees of Freedom = 8537.27
Independence AIC = 8575.27
Model AIC = 301.98
Saturated AIC = 380.00
Independence CAIC = 8670.11
Model CAIC = 811.11
Saturated CAIC = 1328.38

Normed Fit Index (NFI) = 0.99
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 1.00
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.51
Comparative Fit Index (CFI) = 1.00
Incremental Fit Index (IFI) = 1.00
Relative Fit Index (RFI) = 0.98
Critical N (CN) = 470.88

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.034
Standardized RMR = 0.034
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.97
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.95
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.45

!Spatial ability to Achievement Model

Total and Indirect Effects

Total Effects of KSI on ETA

	SV	SO	SR
IG	0.25	0.06	0.09
	(0.06)	(0.03)	(0.04)
	4.06	2.03	2.02
GA	0.17	0.04	0.15
	(0.05)	(0.02)	(0.06)
	3.74	2.00	2.42

Indirect Effects of KSI on ETA

	SV	SO	SR
IG	- -	- -	- -
GA	0.17	0.04	0.06
	(0.05)	(0.02)	(0.03)
	3.74	2.00	2.04

Total Effects of ETA on ETA

	IG	GA
IG	- -	- -
GA	0.68	- -
	(0.08)	
	8.73	

Largest Eigenvalue of B*B' (Stability Index) is 0.465

Total Effects of ETA on Y

	IG	GA
Y1	0.72	- -
Y2	0.67	- -
	(0.06)	
	10.96	
Y3	0.83	- -
	(0.07)	
	11.84	
Y4	0.77	- -
	(0.07)	
	10.99	
Y5	0.80	- -
	(0.07)	
	11.97	
Y6	0.72	- -
	(0.06)	
	11.74	

Y7	0.55	- -
	(0.06)	
	9.61	
Y8	0.44	0.64
	(0.05)	
	8.73	
Y9	0.47	0.69
	(0.05)	(0.05)
	9.15	12.81
Y10	0.50	0.74
	(0.05)	(0.07)
	9.84	10.73
Y11	0.52	0.76
	(0.05)	(0.07)
	10.00	10.39

Indirect Effects of ETA on Y

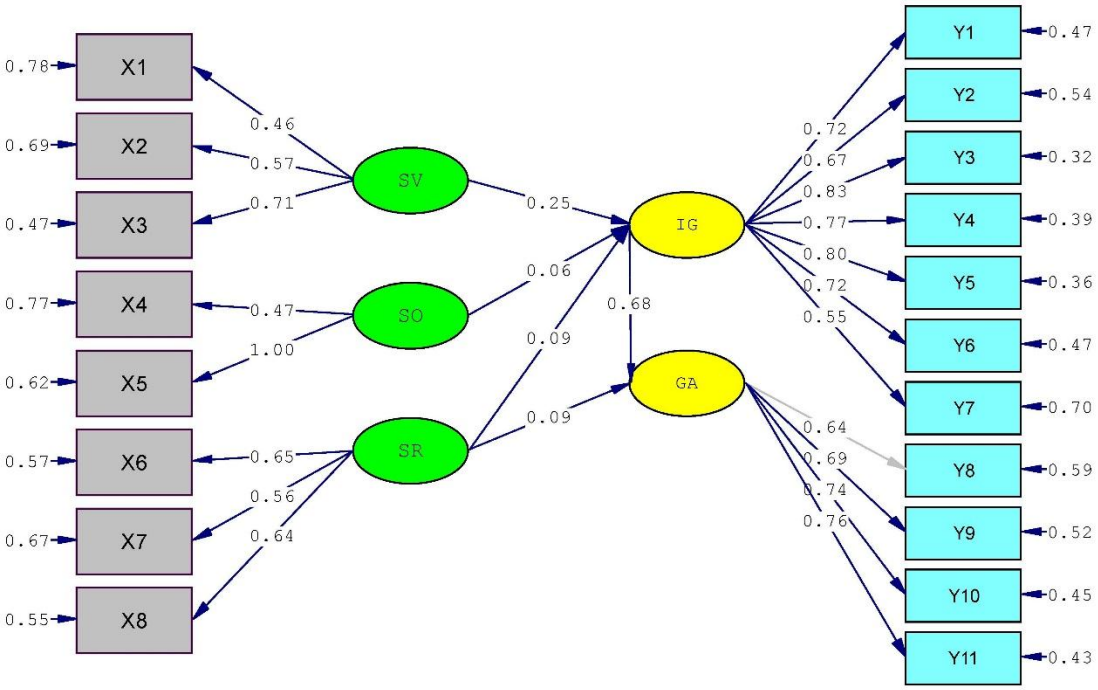
	IG	GA
Y1	- -	- -
Y2	- -	- -
Y3	- -	- -
Y4	- -	- -
Y5	- -	- -
Y6	- -	- -
Y7	- -	- -
Y8	0.44	- -
	(0.05)	
	8.73	
Y9	0.47	- -
	(0.05)	
	9.15	
Y10	0.50	- -
	(0.05)	
	9.84	
Y11	0.52	- -
	(0.05)	
	10.00	

Total Effects of KSI on Y

	SV	SO	SR
Y1	0.18	0.05	0.06
	(0.05)	(0.02)	(0.03)
	4.06	2.03	2.02
Y2	0.17	0.04	0.06
	(0.04)	(0.02)	(0.03)
	4.08	2.02	2.01
Y3	0.21	0.05	0.07
	(0.05)	(0.03)	(0.04)
	4.15	2.04	2.02
Y4	0.20	0.05	0.07
	(0.05)	(0.02)	(0.03)
	4.12	2.03	2.00
Y5	0.20	0.05	0.07
	(0.05)	(0.02)	(0.03)
	4.16	2.04	2.02

Y6	0.18	0.05	0.06
	(0.05)	(0.02)	(0.03)
	4.07	2.04	2.02
Y7	0.14	0.03	0.05
	(0.04)	(0.02)	(0.02)
	3.89	2.03	2.01
Y8	0.11	0.03	0.10
	(0.03)	(0.01)	(0.04)
	3.74	2.00	2.42
Y9	0.12	0.03	0.10
	(0.03)	(0.01)	(0.04)
	3.77	2.00	2.43
Y10	0.13	0.03	0.11
	(0.03)	(0.02)	(0.05)
	3.83	2.01	2.43
Y11	0.13	0.03	0.11
	(0.03)	(0.02)	(0.05)
	3.83	2.01	2.43

Time used: 0.172 Seconds



Chi-Square=97.98, df=88, P-value=0.21901, RMSEA=0.017

Burapha University, Thailand

ผลงานวิจัย

Seesamai Douangmany และปริญญา เรืองทิพย์. (2559). โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจำปาสักสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. *วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 14(2).* (In press).

รัชกร โชติประดิษฐ์ นิตยา สุริยะพันธ์ Seesamai Douangmany และภัทราวดี มากมี. (2558). โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของส่วนผสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการที่ส่งผลต่อพฤติกรรมทางการตลาดของนักท่องเที่ยวในการเลือกเข้าพักที่โรงแรม จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารสมาคมนักวิจัย, 20*(2), 94-104.

ภัทราวดี มากมี วิริยะ ผดาศรี และ Seesamai Douangmany. (2558). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้น ประถมศึกษาในจังหวัดชลบุรีตามการรับรู้ของครูผู้สอน. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต, 9*(2), 44-55.