การเปรียบเทียบประสิทธิผลของผู้เรียนในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการอบรมที่แตกต่างกันตามกลยุทธ์มิติสัมพันธ์

นางสาวสกุลพร พรพนม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A comparison of student's spatial solving effectiveness between different spatial strategy training

Miss Sakulporn Pornpanom

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบประสิทธิผลของผู้เรียนในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการอบรมที่แตกต่างกันตามกลยุทธ์มิติสัมพันธ์
โดย	นางสาวสกุลพร พรพนม
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร. อริศรา เจียมสงวนวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร. อริศรา เจียมสงวนวงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. วรัตถา อุทยารัตน์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สกุลพร พรพนม : การเปรียบเทียบประสิทธิผลของผู้เรียนในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการอบรมที่แตกต่างกันตามกลยุทธ์มิติสัมพันธ์ (A comparison of student's spatial solving effectiveness between different spatial strategy training) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร. อริศรา เจียมสงวนวงศ์, 143 หน้า.

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการรับรู้ และจัดการการรับรู้ภายในใจได้อย่างแม่นยำ ซึ่งนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการสอนเพื่อช่วยในการพัฒนาแต่ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ให้ความสนใจกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของวิจัยนี้คือ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันผ่านรูปแบบการอบรมตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา โดยเริ่มจากการค้นหากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาของผู้เรียน (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) พร้อมทั้งทำการแบ่งระดับความสามารถ (ต่ำและสูง) ก่อนการอบรม จากนั้นทำการอบรมตามรูปแบบการสอนที่พิจารณาถึงกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และประเมินผลหลังการอบรม

ผลการทดสอบของหลังการอบรม มีความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านของกลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ซึ่งส่งผลต่อการความสามารถในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (PSVT และ MRT) ซึ่งผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนจากแบบทดสอบ MRT สูงกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวม จึงสามารถสรุปได้ว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางสามารถสลับกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gluck and Fitting (2003)

อย่างไรก็ตามผลจากการทดลองนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีหรือใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบรูปแบบการนำเสนอข้อมูล เพื่อให้ผู้ออกแบบข้อมูลตระหนักถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านของกระบวนการคิด และผลการทดลองจึงสรุปได้ว่าเพื่อพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ควรออกแบบเครื่องมือ หรือรูปแบบการสอนโดยคำนึงถึงกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าเกิดการเรียนรู้ที่รวดเร็ว และสามารถเข้าถึงสิ่งนั้นๆได้อย่างลึกซึ้ง

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

5970400021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: SPATIAL ABILITY; SPATIAL STRATEGY; SOLVING PERFORMANCE

SAKULPORN PORNPANOM: A comparison of student's spatial solving effectiveness between different spatial strategy training. ADVISOR: ARISARA JIAMSANGUANWONG, D.Eng., 143 pp.

Spatial ability was the ability to perceive and perform manipulation on mental perception accurately. While majority of researches in this area have been focusing on the development of the training materials despite a concern of human factor as their cognitive strategy for solving spatial problems. Thus, the purpose of this study was to compare effectiveness for spatial solving with the different strategies through training according to individual spatial strategy with. First, the students were investigated their spatial strategy (Holistic, Analytic and Intermediate strategy) and their performance (low and High level). Then, they were randomly assigned to one of three types of training. After that they were evaluated their solving performance.

Result revealed that after training, there were some individual differences in term of people's spatial strategy that effect on their spatial performance (PSVT, MRT). Students with intermediate strategy in analytic room performed significantly higher spatial score than Students with intermediate strategy in holistic room which is consistent with the study of Gluck and Fitting (2003) who claimed that Students with intermediate strategy could switch their strategy when met the complex task..

Moreover, the result of this study will give guideline for the developed the technology for the future. And it could also be an informative for the information designer or interface designer of any system to realize that people were differences in term of their thought process of any spatial information. Thus, it would be worth considering the spatial strategy of students in order to enhance accuracy interpretation.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....

Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์ ดร. อริศรา เจียมสงวนวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนา ข้อคิดเห็นในด้านต่างๆ แนวทางในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัยรวมทั้งแนวทางการทาวิจัยที่ถูกต้องตามระเบียบวิธีเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์และ อาจารย์ ดร. วรัตถา อุทยารัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัยบูรพา ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่อง พร้อมทั้งให้คำแนะนาในด้านต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและชัดเจน

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร. นิพนธ์ วรรณโสภาคย ประธานหลักสูตรวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม 2103106 ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย อาจารย์ดร.กฤษฎา พนมเชิง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล พร้อมทั้งปรับรูปแบบการสอนให้สอดคล้องการศึกษาของงานวิจัย

ขอขอบพระคุณนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความร่วมมือและเสียสละเวลาให้ผู้วิจัยในการเก็บข้อมูล ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่บิดามารดา ครอบครัว เพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้อง ทุกคนที่ช่วยผลักดัน เป็นกำลังใจและให้ความสนับสนุนช่วยเหลือ แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง 1

สารบัญรูปภาพ 4

บทที่ 1 บทนำ 6

1.1. ที่มาและความสำคัญ 6

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 12

1.3. ขอบเขตงานวิจัย 12

1.4. ความสำคัญของงานวิจัย 13

1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ 13

1.6. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 13

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและสมมติฐานงานวิจัย 15

2.1 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 15

2.1.1. นิยามของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 15

2.1.2. ประเภทของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 16

2.1.3. การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 18

2.1.4. การเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 20

2.1.5. กิจกรรมส่งเสริมความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 22

2.1.6. กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Strategy) 24

2.2. เครื่องมือสำหรับการอบรมด้านมิติสัมพันธ์ 28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.3. สมมติฐานงานวิจัย 30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 33
3.1. ระยะการทำงานที่ 1 33
3.2. ระยะการทำงานที่ 2 42
3.3. ระยะการทำงานที่ 3 50
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย 55
4.1. ระยะก่อนการฝึกอบรม 55
4.2. ระยะหลังการฝึกอบรม 69
บทที่ 5 อภิปรายผลการดำเนินงานวิจัย 93
5.1. ระยะก่อนการฝึกอบรม 93
5.2. ระยะหลังการฝึกอบรม 94
5.3. รูปแบบการสอนตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ 105
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 107
6.1. สรุปผลการทดลอง 107
6.2. ข้อเสนอแนะ 108
6.3. ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ 109
6.4. แนวทางในการทำวิจัยในอนาคต 109
6.5. ประโยชน์ในเชิงทฤษฎี (Theoretical Contribution) 110
รายการอ้างอิง 111
ภาคผนวก ก. (รายละเอียดในการทดสอบ) 118
ภาคผนวก ข. (หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย) 120
ภาคผนวก ค. (แบบทดสอบในการเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์: MRT & PSVT) 122
ภาคผนวก ง. (แบบสอบถามการใช้ยุทธศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์) 137

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ภาคผนวก จ. (รูปแบบการตรวจสอบการสอน) 140

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 143

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 14
ตารางที่ 2.1 ลักษณะของการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และการแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ 26
ตารางที่ 3.1 วิธีการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในด้านการทำแบบทดสอบ Mental Rotation 37
ตารางที่ 3.2 วิธีการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในด้านการทำแบบทดสอบ PSVT 38
ตารางที่ 3.3 รูปแบบการตอบแบบสอบถาม Mental Rotation Test 39
ตารางที่ 3.4 รูปแบบการตอบแบบสอบถาม Purdue spatial visualization 40
ตารางที่ 3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบในระยะการทำงานที่ 2 44
ตารางที่ 3.6 รูปแบบวิธีการสอนแบบองค์รวม 46
ตารางที่ 3.7 รูปแบบวิธีการสอนแบบการวิเคราะห์ 47
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทางสถิติของคะแนนจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ 57
ตารางที่ 4.2 การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ (Levene's Test of Equality of Error Variance) 62
ตารางที่ 4.3 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของผู้เรียนก่อนการอบรมของแบบทดสอบ MRT 63
ตารางที่ 4.4 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของผู้เรียนก่อนการอบรมของแบบทดสอบ PSVT 66
ตารางที่ 4.5 ข้อมูลทางสถิติของคะแนนสอบกลางตามกลุ่มห้องอบรม 70
ตารางที่ 4.6 การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนจากคะแนนสอบกลางภาค (Levene's Test of Equality of Error Variance) 71
ตารางที่ 4.7 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของคะแนนสอบกลางภาคระหว่างกลุ่มของห้องอบรม 72
ตารางที่ 4.8 ข้อมูลทางสถิติคะแนนสอบกลางภาคตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในแต่ละห้องอบรมของผู้เรียน 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.9 การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนจากคะแนนสอบกลางภาคตามกลุ่มกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Levene's Test of Equality of Error Variance) ... 74

ตารางที่ 4.10 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของคะแนนสอบกลางภาคระหว่างกลุ่มของห้องอบรมและกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ 75

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลทางสถิติของคะแนนสอบกลางภาคของผู้เรียนที่ถูกสุ่มจากห้องอบรมทั้ง 3 ห้อง 76

ตารางที่ 4.12 การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนจากคะแนนสอบกลางภาค (Levene's Test of Equality of Error Variance) 77

ตารางที่ 4.13 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของคะแนนสอบกลางภาคระหว่างกลุ่มของห้องอบรม 78

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลทางสถิติคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT ตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละห้องอบรมของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำและผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง 79

ตารางที่ 4.15 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรมและหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT ตามกลุ่มกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Levene's Test of Equality of Error Variance) ของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง 81

ตารางที่ 4.16 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT ระหว่างกลุ่มของห้องอบรมและกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง 83

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลทางสถิติคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ PSVT ตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละห้องอบรมของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำและผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง 87

ตารางที่ 4.18 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรมและหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT ตามกลุ่มกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Levene's Test of Equality of Error Variance) ของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง 88

ตารางที่ 4.4.19 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ PSVT ระหว่างกลุ่มของห้องอบรมและกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง 90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Tarte, 1990 taken from Sorby, 1999) . 17

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพจากแบบทดสอบ DAT-SR (Bennett, Seashore, & Wesman, 1947) 18

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างมิติสัมพันธ์เชิงพื้นที่และทิศทาง (http://fourier.eng.hmc.edu/e180/lectures/v1/node19.html) 18

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างคำถามของแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Tests: Rotation (Bodner & Guay, 1997) 21

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างคำถามของแบบสอบถาม Mental Rotation Tests (Vandenberg & Kuse, 1978) 21

รูปที่ 3.1 สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ 34

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างคำถามแบบทดสอบ Mental Rotation Tests (Vandenberg & Kuse, 1978) .. 36

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างคำถามแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Tests: Rotation (Bodner & Guay, 1997) 36

รูปที่ 3.4 รูปแบบการทดสอบในระยะการทำงานที่ 1 42

รูปที่ 3.5 รูปแบบการอบรมในระยะที่ 2 50

รูปที่ 3.6 รูปแบบการทดสอบหลังการอบรม 54

รูปที่ 4.1 คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ (ก) กลุ่มผู้เรียนมีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำในห้องอบรมแบบองค์รวม (ข) กลุ่มผู้เรียนมีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ สัมพันธ์ (ค) กลุ่มผู้เรียนมีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงในห้องอบรมแบบองค์รวม (ง) กลุ่มผู้เรียนมีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ 59

รูปที่ 4.2 คะแนนจากแบบทดสอบ MRT (ก) กลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ (ข) กลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง 60

รูปที่ 4.3 คะแนนจากแบบทดสอบ PSVT (ก) กลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ (ข) กลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.4 การกระจายตัวของคะแนนMental Rotation testsจากสองห้องอบรม (ก) กลุ่มห้องอบรมแบบองค์รวม (ข) กลุ่มห้องอบรมแบบวิเคราะห์ 61

รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของคะแนนPurdue Spatial Visualization testจากสองห้องอบรม (ก) กลุ่มห้องอบรมแบบองค์รวม (ข) กลุ่มห้องอบรมแบบวิเคราะห์ 62

รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนของระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของแบบทดสอบ MRT .. 64

รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของแบบทดสอบ MRT 65

รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนของระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของแบบทดสอบ PSVT . 66

รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของแบบทดสอบ PSVT 67

รูปที่ 4.10 ปัจจัยร่วมกันระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของคะแนนจากแบบทดสอบ PSVT 69

รูปที่ 4.11 ผลจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนคะแนนกลางภาคระหว่างกลุ่มห้องอบรม 3 ห้อง..... 72

รูปที่ 4.12 ผลจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาระหว่างกลุ่มห้องอบรม 75

รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนคะแนนสอบกลางภาคจากการสุ่มผู้เรียนในทั้ง 3 ห้องอบรม..... 78

รูปที่ 4.14 ปัจจัยร่วมกันระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังอบรมจากแบบทดสอบ MRT (ก)ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ(ข)ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง..... 85

รูปที่ 4.15 ปัจจัยร่วมกันระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังอบรมจากแบบทดสอบ PSVT (ก)ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ(ข)ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง..... 92

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญ

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสำคัญในหลายๆบทบาทของมนุษย์ ทั้งในด้านของการใช้ชีวิตประจำวัน การทำงาน การวางแผน หรือแม้แต่การศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสายวิศวกรรม (Sorby & Baartmans, 2000) เนื่องจากความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ถูกจัดให้เป็นกระบวนการเรียนรู้ด้านหนึ่งของสมอง ซึ่งถือเป็นการทำงานของสมองซีกขวา (ปัญจนาฏ วรวัฒนชัย, 2559) โดย Gardner (2011) กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ถูกจัดให้เป็นหนึ่งในอัจฉริยะภาพทั้ง 8 ด้านของมนุษย์ ซึ่งช่วยในการจดจำภาพบันทึกไว้ในสมองเพื่อให้เกิดภาพภายในใจจนเกิดการเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่รวดเร็ว โดยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์จะช่วยในการการเชื่อมโยงข้อมูลหรือความรู้ที่ได้รับในแต่ละส่วนให้เกิดเป็นภาพเหมือนการต่อจิ๊กซอว์ความรู้ขนาดใหญ่เพื่อช่วยในการจดจำ (Pribyl & Bodner, 1987) จากการศึกษาพบว่าสำนักงานบริการด้านการจัดหางานในสหรัฐอเมริกากล่าวว่า ยังมีอาชีพที่ต้องการบุคลากรที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงถึง 84 อาชีพทั้งที่เป็นผู้ใช้แรงงาน (Blue collar) และผู้ที่ทำงานบริษัท (White collar) โดย Hill, Corbett, and St Rose (2010) กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไม่ใช่ความสามารถที่มีมาตั้งแต่กำเนิดแต่สามารถพัฒนาได้เช่นเดียวกับความสามารถด้านอื่นๆ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้นักวิจัยหลายๆท่านให้ความสนใจในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

Chulalongkorn University

การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์โดยผ่านการอบรม (Training) เป็นวิธีการพัฒนาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดทั้งการอบรมแบบทางตรงและการอบรมแบบทางอ้อม (Baenninger & Newcombe, 1989; Linn & Petersen, 1985; Lohman & Nichols, 1990; Uttal et al., 2013) ซึ่งDavid (2012) กล่าวว่าการอบรมจะมีประสิทธิภาพสูงสุดหากมีเครื่องมือที่ใช้ในการอบรมอย่างเหมาะสมจึงทำให้นักวิจัยหลายๆท่านให้ความสนใจในการพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการสนับสนุนการสอนสำหรับวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม (Dominguez, Martin-Gutierrez, Gonzalez, & Corredeaguas, 2012; Hsi, Linn, & Bell, 1997; Leopold, Gorska, & Sorby, 2001; Levine, Schulman, Brahlek, & Fleishman, 1980; Onyancha, Derov, & Kinsey, 2009; S. Sorby,

Casey, Veurink, & Dulaney, 2013; S. Sorby & Veurink, 2010; S. A. Sorby & Baartmans, 2000; Yue, 2009) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า Dominguez et al. (2012) ได้เสนอให้นำเอาเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงมาช่วยในการสอนเพื่อให้ผู้เข้าศึกษาเห็นภาพวัตถุในมิติต่างๆเพื่อช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่เร็วขึ้น โดยได้นำเอา 3 เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน 3 อันได้แก่ Virtual reality (VR) Augmented reality (AR) และ Portable document format (PDF3D) มาประยุกต์ใช้ในการสอน นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยหลายท่านประยุกต์ใช้โปรแกรม AutoCAD เพื่อช่วยในการสอนให้ผู้เข้าศึกษาเข้าถึงเทคนิคการมองภาพวัตถุได้ดียิ่งขึ้น (Marunic & Glazar, 2013; S. A. Sorby, 2007; Yue & Chen, 2001) และ S. A. Sorby and Baartmans (2000) ได้พัฒนาหลักสูตรการเขียนแบบวิศวกรรมโดยได้ทำการเขียนหนังสือเพื่อประยุกต์ใช้โดยในหลักสูตรเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ง่ายและเร็วต่อการทำความเข้าใจ นอกจากนี้ Hsi et al. (1997) ยังได้จัดทำคู่มือการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่เหมาะสมตามรูปแบบของปัญหา

จากข้างต้นแม้ว่าจะมีเครื่องมือที่เหมาะสมที่ถูกนำมาช่วยในการสนับสนุนการสอน แต่ยังคงมีงานวิจัยรายงานว่าพบปัญหาของผู้เข้าศึกษาในด้านของการตีความ และความไม่เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของเส้นขอบ (Edge) และพื้นที่ (Surface) ของรูป 3 มิติ (Garmendia, Guisasola, & Sierra, 2007) และ Garmendia et al. (2007) รายงานว่าประมาณครึ่งหนึ่งของผู้เข้าศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์เกิดความผิดพลาดในการเรียนวิชาการเขียนแบบที่มหาวิทยาลัยในประเทศสเปน ซึ่งถือเป็นปัญหาหลักที่ทำให้ผู้เข้าศึกษาเกิดความผิดพลาด (Failure) ในการเรียน เนื่องจากปัญหาดังกล่าวนั้นเกิดจากความไม่เข้าใจถึงกรอบความคิดพื้นฐานของเทคนิคด้านกราฟฟิก (Bertoline, Wiebe, Miller, & Mohler; Ferguson, 1997) ซึ่งเครื่องมือที่ถูกพัฒนาออกมานั้นถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้เกิดความง่ายต่อการมองภาพสามมิติในมุมมองต่างๆ แต่ไม่ได้พิจารณาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ (Human factor) ที่เรียกว่ากลวิธีด้านความรู้และความคิด (Cognitive strategy) ที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับผู้เข้าศึกษาเนื่องจากเป็นปัจจัยที่แสดงถึงกระบวนการคิดและแก้ปัญหาเฉพาะบุคคล จึงทำให้เครื่องมือที่ถูกพัฒนาออกมานั้นช่วยให้ผู้เข้าศึกษามองภาพได้ง่ายขึ้นแต่ไม่สามารถช่วยให้เข้าศึกษาเข้าถึงกระบวนการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับตนเองได้

กลวิธีด้านความรู้และความคิดที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ หรือที่เรียกกันว่า กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Strategy) เป็นสิ่งที่แสดงถึงกระบวนการคิดของมนุษย์ (Thought Process) ซึ่งกลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของแต่ละบุคคลนั้นมีความแตกต่างกัน (Individual Difference) ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้ง 3 นี้ได้แก่ อายุ เพศ และประสบการณ์ (Sorby 1999; Mc Gee 1979; Sorby 2007; Liben 1981) ซึ่งกลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์เป็นหนึ่งในหลายๆปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตีความของปัญหา โดยกลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม (Holistic Strategy) และ กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ (Analytic Strategy) (Gluck & Fitting, 2003; Hsi et al., 1997) ซึ่งกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวมจะเกี่ยวข้องกับการนำเสนอรูปภาพภายในใจ (Mental Representation) และผู้ที่แก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์ดังกล่าวนี้จะแก้ปัญหาโดยการมองภาพรวมเนื่องจากผู้ที่แก้ปัญหาแบบองค์รวมสามารถจำภาพของวัตถุ หรือสิ่งที่กำลังสนใจได้ขณะทำงาน ในขณะที่กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์เกี่ยวข้องกับรายละเอียด และผู้ที่แก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์จะแก้ปัญหาโดยการมองวัตถุ หรือสิ่งที่สนใจออกเป็นส่วนๆเพื่อลดรายละเอียดในการจำเนื่องจากผู้ที่แก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์จะไม่สามารถจำรายละเอียดที่หลากหลายได้ในครั้งเดียว

จากการศึกษาพบว่ามีบางคนที่สามารถใช้ทั้งสองกลยุทธ์ที่กล่าวมาข้างต้นในแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ได้ ซึ่งเรียกกลยุทธ์ดังกล่าวนี้ว่า กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง (Intermediate Strategy) ซึ่งเป็นการซ้อนทับกันของทั้งสองกลยุทธ์ที่ได้กล่าวไปข้างต้น โดย Gluck and Fitting (2003) กล่าวว่าผู้ที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางจะมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาที่ดีกว่าผู้ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม และ ผู้ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ เนื่องจากผู้ที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางจะสามารถสลับกลยุทธ์ที่ใช้ได้เมื่อเจอปัญหาที่ซับซ้อน และกลยุทธ์แบบระหว่างกลางเป็นการทำงานควบคู่กันอย่างกลมกลืนของสองกลยุทธ์ทำให้สามารถเข้าใจถึงความสัมพันธ์เชิงมิติได้อย่างลึกซึ้ง ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพสูงในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ แต่ทั้งสามกลยุทธ์ที่กล่าวมาข้างต้นนี้มีทั้งผู้ที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูง และผู้ที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำปะปนกันไปตามความแตกต่างระหว่างบุคคลในการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

Moè and Pazzaglia (2010) เผยว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ แต่ทุกคนสามารถพัฒนาได้หากมีความพยายามในการพัฒนา และ Hegarty (2010) เชื่อว่ากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคลมีผลต่อการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ดังนั้น Hegarty (2010) จึงได้ทำการศึกษาถึงกระบวนการแก้ปัญหาของผู้เข้าศึกษาขณะกำลังแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์เพื่อสร้างแบบตรวจสอบกลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Strategy Checklist) สำหรับการตรวจสอบกลยุทธ์ที่ใช้การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เข้าศึกษา ซึ่งจะเห็นได้ว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์เป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่การตีความที่แม่นยำของผู้แก้ปัญหาแต่ถึงอย่างไรก็ตามการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เข้าศึกษาย่อมมีความผิดพลาดเกิดขึ้นเช่นเดียวกับการใช้กลยุทธ์ในด้านต่างๆเนื่องจากความยาก และประสบการณ์ในการใช้งานของแต่ละบุคคลที่ไม่เท่าเทียมกัน

Baron (1978) รายงานว่ามีความยากในการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ถือเป็นความผิดพลาดในการใช้กลยุทธ์ โดยความผิดพลาดในการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ได้แก่ ความผิดพลาดในการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่ไม่เหมาะสม ความผิดพลาดที่มีทักษะไม่เพียงพอในการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ และความผิดพลาดเนื่องจากความสามารถที่จำกัดในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งความผิดพลาดในการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่ไม่เหมาะสมสามารถพัฒนาได้โดยการอบรม และความผิดพลาดที่มีทักษะไม่เพียงพอในการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สามารถพัฒนาได้โดยการฝึกฝน แต่ความผิดพลาดเนื่องจากความสามารถที่จำกัดในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ยังไม่มีนักวิจัยท่านใดที่สามารถบอกถึงวิธีการแก้ปัญหาได้เนื่องจากเป็นข้อจำกัดส่วนบุคคลที่ไม่อาจแก้ไขได้ โดย Baron (1978) เน้นว่าการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่เหมาะสมจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ นอกจากนี้ Baron (1978) ยังกล่าวว่าถ้าตนเองทราบว่าใช้กลยุทธ์อะไรในการแก้ปัญหาแล้วฝึกฝนสิ่งนั้นให้เกิดประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่สำคัญสูงสุด เนื่องจากการฝึกฝนในสิ่งที่ถนัดเป็นสิ่งที่สำคัญที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่รวดเร็ว และสามารถเข้าถึงสิ่งนั้นๆได้อย่างลึกซึ้ง

จากการศึกษา Potter, Van Der Merwe, Kaufman, and Delacour (2006) พบว่าการพัฒนาที่ไม่เพียงพอของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านวิชาการเขียนแบบวิศวกรรมส่งผลให้ผู้เข้า

ศึกษาไม่เข้าใจถึงกลไกความสัมพันธ์ของวัตถุที่ถูกนำเสนอวัตถุในมิติต่างๆกับวัตถุจริง และ Garmendia et al. (2007) ระบุว่าพบข้อบกพร่องในการอบรม เช่นความผิดพลาดในการจัดการกับความสัมพันธ์ของภาพ 2มิติ และวัตถุ 3 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่างระนาบ (Plane) กับพื้นที่ปกติ (Ordinary Space) หรือข้อบกพร่องในการจัดการกับระบบการนำเสนอความสัมพันธ์ของวัตถุ โดยปัญหาของการดังกล่าวนี้ส่งผลให้ผู้เข้าศึกษาเกิดข้อบกพร่องในการวิเคราะห์รูปวัตถุที่ซับซ้อน และเกิดความยากในการมองความสัมพันธ์ของภาพใน 2 มิติและวัตถุ 3 มิติ ถึงแม้ว่าจะมีการพัฒนาเครื่องมือหรือเทคโนโลยีต่างๆเข้ามาช่วยในการสนับสนุนการสอนแต่ Garmendia et al. (2007) พบว่าผู้เข้าศึกษามักจะใช้วิธีการเดิมๆในการแก้ปัญหา เนื่องจากทำตามคู่มือหรือวิธีการแก้ปัญหาของโจทย์แต่ละข้อ ส่งผลให้เวลาเจอปัญหาที่มีการพลิกแพลงผู้เข้าศึกษาไม่สามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาใหม่ๆ หรือแนวโน้มความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาได้

จากปัญหาที่กล่าวไปข้างต้นพบว่าเครื่องมือ เทคโนโลยี หรือรูปแบบการสอนที่ถูกนำมาใช้ในการสอนไม่ได้พิจารณาถึงกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการคิดและการรับรู้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Lajoie, 2003) ส่งผลให้ผู้เข้าศึกษาไม่เข้าใจถึงวิธีการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์อย่างแท้จริง จึงทำให้ผู้เข้าศึกษามักใช้แนวทางในการแก้ปัญหาแบบเดิมๆตามคู่มือหรือ วิธีการสอนที่เคยได้รับรู้มา นอกจากนี้ยังส่งผลให้ผู้เข้าศึกษาไม่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของวัตถุที่ซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง (Garmendia et al., 2007) เนื่องจากไม่เข้าใจถึงกระบวนการแก้ปัญหาที่แท้จริงของปัญหา ซึ่งหากในการสอนมีการประยุกต์การสอนและใช้เครื่องมือเข้ามาช่วยในการสอนตามกลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์จะทำให้ผู้เข้าศึกษาสามารถเข้าถึงกลไกการแก้ปัญหาได้อย่างแท้จริงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moè and Pazzaglia (2010) ที่กล่าวว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา โดยจากการศึกษาพบว่ายังไม่มีงานวิจัยที่ให้ความสนใจถึงรูปแบบการฝึกการจัดอบรมตามประเภทของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาดังแสดงในข้างต้น โดยในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ก็เหมือนกับการพัฒนาความสามารถในด้านอื่นๆ กล่าวคือหากผู้ที่ได้รับการพัฒนาไม่สามารถพัฒนาตนเองในส่วนเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานได้ก็จะไม่สามารถแก้ปัญหาในเนื้อหาส่วนที่ซับซ้อนได้ ดังนั้นในการพัฒนาจึงจำเป็นอย่างมากที่จะต้องให้ผู้เข้ารับการพัฒนาเข้าใจถึงพื้นฐานของโครงสร้างปัญหาต่างๆ ซึ่งวิธีการในการทำความเข้าใจเนื้อหาพื้นฐาน

จำเป็นต้องพิจารณาถึงกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลเพื่อให้ทราบถึงวิธีการรับเข้าข้อมูลของแต่ละบุคคล

ซึ่งจากที่กล่าวมานั้นจะเห็นได้ว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไม่ใช่ความสามารถที่มีมาตั้งแต่กำเนิดแต่สามารถพัฒนาได้ (Hill, Corbett, & St Rose, 2010) ซึ่งแนวทางการพัฒนาที่มีประสิทธิภาพคือการจัดการฝึกอบรมแต่จะต้องใช้เครื่องมือในการฝึกอบรมที่เหมาะสม ดังนั้นในหลายๆงานวิจัยจึงได้จัดทำเครื่องมือที่ช่วยในการจัดการฝึกอบรมอย่างแพร่หลาย แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดที่สามารถระบุได้ว่าวิธีการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แบบใดมีประสิทธิภาพในการฝึกอบรมมากที่สุด โดยจากที่ Gorgorió (1998) กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สามารถพัฒนาได้โดยวิธีการสอนที่ต่างกันแต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าวิธีการสอนแบบใดให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับผู้เข้ารับการพัฒนา ซึ่งหากการจัดรูปแบบการเรียนการสอนที่ไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้เด็กไม่เกิดศักยภาพด้านมิติสัมพันธ์ แต่อาจเกิดความสามารถด้านอื่นๆที่ไม่พึงประสงค์แทนที่ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงกระบวนการคิดของแต่ละบุคคลเนื่องจากกระบวนการคิดเป็นสิ่งที่ยากในการปรับปรุง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงหารูปแบบการสอนที่เหมาะสมกับกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของแต่ละบุคคลเพื่อช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในมิติของความแม่นยำ โดยทำการแบ่งการสอนออกเป็น 2 ประเภทตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ได้แก่การอบรมแบบองค์รวม และการอบรมแบบการวิเคราะห์ ซึ่งในการอบรมทั้งสองรูปแบบได้มีการสอดแทรกกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติ (Hand on activity) กิจกรรมที่ใช้คอมพิวเตอร์ (Computer activity) และการเข้าถึงการแก้ปัญหา (Problem-solving assessments) โดยในการสอนทั้ง 2 รูปแบบจะมีผู้ศึกษาที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทั้ง 3 ประเภท เพื่อวิเคราะห์ว่ารูปแบบการสอนแบบใดที่จะเหมาะกับกลยุทธ์การแก้ปัญหาในแต่ละประเภท

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันผ่านรูปแบบการอบรมตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์โดยการพิจารณาถึงกระบวนการคิดของแต่ละบุคคล อีกทั้งงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตได้ กล่าวคือในสายการผลิตโดยมากมักใช้ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มาช่วยในการมองความสัมพันธ์ และเชื่อมโยงความเป็นไปได้ของวัตถุที่ต้องการผลิต ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ช่วยพัฒนาสื่อหรือรูปแบบการอบรมพนักงานให้สามารถเข้าใจได้ทั่วถึงทุกระดับความสามารถมากขึ้น เนื่องจากเป็นการพัฒนาตามกระบวนการคิดของแต่ละคน นอกจากนี้ยังสามารถช่วยในเรื่องของการรับพนักงานเข้าในสายงานต่างๆโดยใช้ยุทธศาสตร์เชิงพื้นที่ หรือกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจรับพนักงานในแต่ละสายงาน ตัวอย่างเช่นพนักงานที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม อาจให้ทำงานในสายงานที่ต้องอาศัยการมองภาพใหญ่ เป็นต้น เพื่อให้ผู้ประกอบการได้รับผลิตผลสูงสุดในการดำเนินงานและยังทำให้พนักงานสามารถเข้าใจถึงวิธีการทำงานอย่างถูกต้องและช่วยลดเวลาในการทำงานได้อีกด้วย ทั้งนี้เมื่อพนักงานมีความเชี่ยวชาญเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้อัตราส่วนของการทำงานผิดพลาดอันเนื่องมาจากคน (Human Error) ลดต่ำลงด้วย นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์กับสายงานอื่นๆที่นอกเหนือจากสายวิศวกรรมได้อีกด้วย จึงเป็นที่มาและความสำคัญของการจัดทำงานวิจัยในครั้งนี้

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันผ่านรูปแบบการอบรมตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

1.3. ขอบเขตงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3.1. นิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.2. ออกแบบการสอนวิชาการเขียนแบบวิศวกรรมในส่วนเนื้อหาที่เป็นการเขียนภาพแบบออโธกราฟฟิก (Orthographic drawing) และ การเขียนภาพไอโซเมตริกซ์ (Isometric drawing) เท่านั้น

1.3.3. รูปแบบกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์

1.3.4. ลำดับของการทำแบบทดสอบโดยเริ่มจากแบบทดสอบ MRT แล้วจึงทำแบบทดสอบ PSVT:R ในขั้นตอนต่อมา

1.3.5. งานวิจัยนี้ไม่ได้ครอบคลุมถึงการควบคุมพฤติกรรมการทบทวนบทเรียนของผู้เรียน

1.4. ความสำคัญของงานวิจัย

เป็นการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่คำนึงถึงกับยุทธศาสตร์เชิงพื้นที่ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของแต่ละบุคคล

1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1. เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการสอนที่ใช้สำหรับพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่เหมาะสมที่ประยุกต์ใช้ในรายวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม

1.5.2. เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์โดยการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานกลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

1.5.3. เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือ หรือสื่ออิเล็กหรอนิกส์ต่างๆที่ช่วยในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในสายงานวิศวกรรม หรือสายงานอื่นๆ

1.6. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.6.1. ศึกษาเอกสาร งานวิจัย ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.6.2. ออกแบบการทดลอง และเงื่อนไขในการทดลอง ก่อนและหลังการปรับปรุง

1.6.3. ออกแบบกระบวนการสอนรายวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม

1.6.4. ทำการทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนด (ก่อน-หลังปรับปรุง)

1.6.5. จัดการเรียนการสอนตามรายวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม

1.6.6. สอบโครงร่างวิทยานิพนธ์

1.6.7. เก็บผลการทดลอง

1.6.8. วิเคราะห์ผลจากการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1.6.9. สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6.10. สอบวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	พ.ศ.2560												พ.ศ.2561											
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1. ศึกษาเอกสาร งานวิจัย ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง														
2. ออกแบบการทดลอง และเงื่อนไขในการทดลอง ก่อนและหลังการปรับปรุง														
3. ออกแบบกระบวนการสอนรายวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม														
4. ทำการทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนด (ก่อน-หลังปรับปรุง)														
5. จัดการเรียนการสอนตามรายวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม														
6. สอบโครงร่างวิทยานิพนธ์														
7. เก็บผลการทดลอง														
8. วิเคราะห์ผลจากการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ														
9. สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์														
10. สอบวิทยานิพนธ์														

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและสมมติฐานงานวิจัย

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยการเปรียบเทียบวิธีการรับรู้แบบองค์รวม และแบบวิเคราะห์ในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ผ่านกรณีศึกษาการฝึกอบรมการเขียนแบบวิศวกรรมสำหรับผู้เข้าศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 1โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เทคโนโลยีสำหรับการอบรมด้านมิติสัมพันธ์ และสมมติฐานงานวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

2.1.1. นิยามของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

มีนักวิจัยหลายท่านได้กำหนดนิยามของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไว้อย่างหลากหลาย (Mohler, 2009) แต่ยังไม่มีการบัญญัติความหมายเฉพาะทางให้กับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดย Marunic and Glazar (2013) ได้ให้นิยามของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่า เป็นความสามารถในการรับรู้ภาพในเชิงของพื้นที่อย่างสัมพันธ์เชื่อมโยงและแม่นยำแล้วถ่ายทอด แสดงออกอย่างกลมกลืน และ Thurstone (1938) กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการจัดการ รูปร่าง รูปทรง ขนาด และทิศทางของการมองความสัมพันธ์ของวัตถุ นอกจากนี้Tartre (1990) ได้กล่าวถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นทักษะทางด้านจิตใจ (Mental skills) ที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจ การจัดการ การจัดระบบ และการตีความความสัมพันธ์ของการมองอีกทั้งBattista, Wheatley, and Talsma (1982) กล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการกำหนดภาพ และสามารถจัดการภาพดังกล่าวได้ภายในใจ และGardner (2011) ได้ให้นิยามของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่าเป็นความสามารถในการรับรู้ถึงการสร้างมโนภาพแล้วสามารถแปลงความหมายภายในใจออกมาได้อย่างแม่นยำ

จากความหมายของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สามารถสรุปได้ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการรับรู้ เข้าใจ ตีความ และจินตนาการถึงวัตถุในมิติของขนาด รูปร่าง รูปทรง ตำแหน่ง และมิติอื่นๆในองศาหรือระนาบที่แตกต่างกัน นอกจากนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Gardner (2011) ยังกล่าวว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ยังถูกจัดให้เป็นหนึ่งในอัจฉริยภาพทั้ง 8 ด้านของมนุษย์ ซึ่งเป็นความสามารถในเชิงมิติ และการจดจำภาพบันทึกไว้ในสมองเพื่อให้เกิดภาพภายในใจจนสามารถจัดการ หมุน หรือปรับเปลี่ยนทิศทางได้ภายในใจ กล่าวได้ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้มนุษย์เกิดจินตนาการ หรือการสร้างภาพในมโนคติ เนื่องจากความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถที่ส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงมิติอันได้แก่ ความสูง-ต่ำ ความใกล้–ไกล พื้นที่และปริมาตร

2.1.2. ประเภทของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

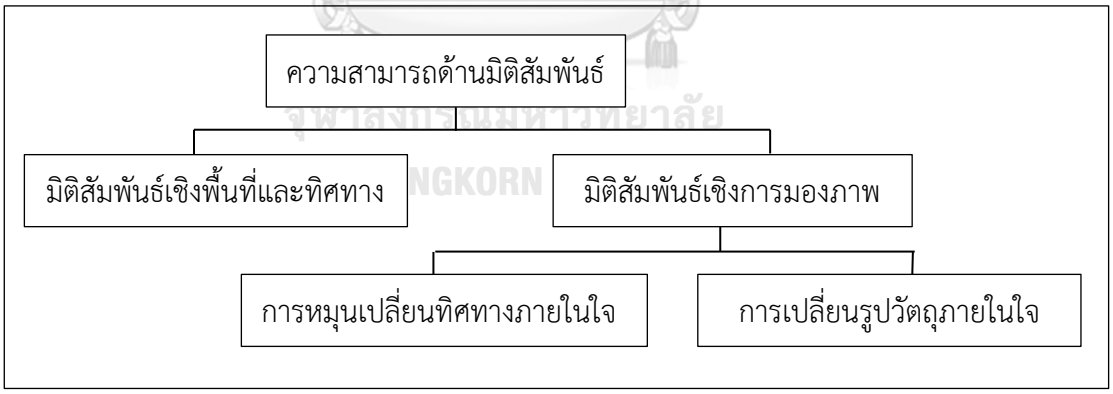
ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีบทบาทสำคัญอย่างมากสำหรับจิตวิทยาการศึกษา (Educational psychology) ซึ่งในช่วงคริสต์ศักราชที่ 1920 ถึง 1930 ได้มีนักวิจัยหลายท่านพยายามทำการจัดประเภทของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 5 ส่วนได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial Relation) มิติสัมพันธ์เชิงการรับรู้ (Spatial Perception) การมองภาพที่หมุนเปลี่ยนทิศทางได้ภายในใจ (Mental Rotation) และมิติสัมพันธ์เชิงพื้นที่และทิศทาง (Spatial orientation) (Maier, 1999; McGee, 1979) แต่เนื่องจากในบางส่วนประกอบนั้นยังคาบเกี่ยวกันอยู่ ซึ่งTartre (1990) จึงได้เสนอประเภทของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ใหม่ซึ่งขึ้นกับกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ออกเป็น มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) และ มิติสัมพันธ์เชิงพื้นที่และทิศทาง (Spatial orientation) ซึ่ง มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) เป็นความสามารถในการจัดการ หมุน กลับ หรือบิดรูปภาพได้ภายในใจ ในขณะที่ มิติสัมพันธ์เชิงพื้นที่และทิศทาง (Spatial orientation) เป็นความเข้าใจในการจัดการประเด็นที่อยู่ภายในรูปแบบของภาพที่เห็น และความถนัดในการจัดการรูปภาพที่ถูกนำเสนออย่างไม่สับสน ซึ่งมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) ยังถูกแบ่งออกเป็น 2 ทางคือการมองภาพที่หมุนเปลี่ยนทิศทางได้ภายในใจ (Mental Rotation) เป็นการหมุนวัตถุทั้งก้อนภายในใจ และ การเปลี่ยนรูปวัตถุภายในใจ (Mental Transformation) เป็นการปรับเปลี่ยนทิศทางของชิ้นส่วนบางชิ้นของภาพวัตถุในบางทิศทาง (Brinkmann, 1966; Connor & Serbin, 1985) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

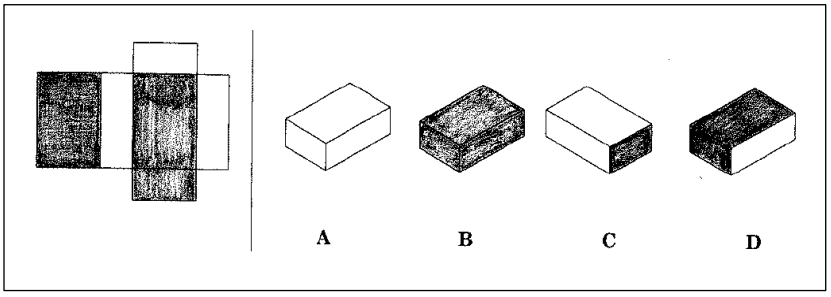
Tartre (1990) กล่าวว่า มิติสัมพันธ์เชิงพื้นที่และทิศทางจะถูกนำมาใช้เมื่อต้องการระบุวิธีการหาคำตอบของโจทย์คณิตศาสตร์ ซึ่งรวมถึง

- ความแม่นยำในการประมาณขนาดของรูปภาพ
- การแสดงเครื่องหมายความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์
- การเข้าใจขนาด รูปร่างรูปทรง ของชิ้นส่วนของรูปภาพ
- การหาคำตอบที่ถูกต้องโดยปราศจากการใช้กรอบความคิดในการนำทางในขณะที่มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพต้องการ
- ความซับซ้อนในการหมุนภาพภาพในใจ เช่นวัตถุมีมุมที่ถูกพับซ่อนอยู่
- การจัดวางชิ้นส่วนใหม่ของวัตถุลงในวัตถุทั้งก้อน

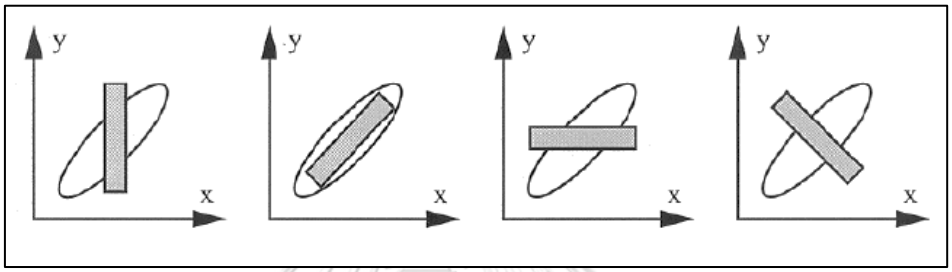
จากข้างต้นสามารถสรุปได้ว่ามิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ เป็นความสามารถในการการจินตนาการถึง การจัดการ การหมุน การเปลี่ยนทิศทางหรือการบิดวัตถุหรือชิ้นส่วน 3 มิติ ที่ถูกพับ หรือคลี่ออกดังแสดงในรูปที่ 2.2 และมิติสัมพันธ์เชิงพื้นที่และทิศทางเกี่ยวข้องกับความเข้าใจและความถนัดในด้านของการจัดการ หรือการปรับเปลี่ยนรูปภาพที่ถูกนำเสนออย่างไม่สับสน ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Tarte, 1990 taken from Sorby, 1999)



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพจากแบบทดสอบ DAT-SR
(Bennett, Seashore, & Wesman, 1947)



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างมิติสัมพันธ์เชิงพื้นที่และทิศทาง
(http://fourier.eng.hmc.edu/e180/lectures/v1/node19.html)

2.1.3. การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นบทบาทหนึ่งที่สำคัญในการเรียนตั้งแต่ช่วงคริสต์ศักราชที่ 1920 จนถึงปัจจุบัน เนื่องจากความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นส่วนที่ช่วยในการเชื่อมโยงข้อมูลจากส่วนต่างๆที่ได้รับให้เป็นภาพใหญ่เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนี้ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ยังเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยขับเคลื่อนการแข่งขันด้านเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับสังคมธุรกิจในปัจจุบัน จึงเป็นที่มาของความสำคัญในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งจากที่ Hill, Corbett, and St Rose (2010) กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไม่ใช่ความสามารถที่มีมาตั้งแต่กำเนิดแต่สามารถพัฒนาได้เช่นเดียวกับความสามารถด้านอื่นๆเช่น ความสามารถด้านกีฬา ความสามารถด้านภาษา ความสามารถด้านดนตรี เป็นต้น กล่าวคือ ในการพัฒนานั้นจำเป็นจะต้องพัฒนาโดยผ่านการฝึกฝน และความพยายาม ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการพัฒนาความสามารถด้านคณิตศาสตร์ ผู้เข้าศึกษาต้องศึกษาเนื้อหาก่อนการเข้าเรียน เป็นต้น ซึ่งการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สามารถเริ่มพัฒนาได้ตั้งแต่อายุ 2 ปีและสามารถพัฒนาไปได้เรื่อยๆ โดยการพัฒนา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ถูกแบ่งออกเป็น 3 ระดับ (S. A. Sorby & Wysocki, 2003) ดังต่อไปนี้

2.1.3.1. ระดับแรกของการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ในระดับนี้เป็นการพัฒนาในช่วงอายุ 2 ถึง 7 ปี (Piaget & Cook, 1952) ซึ่งเกี่ยวข้องกับทักษะเชิงมิติของภาพ 2 มิติที่มีการพิจารณาเพียงรูปร่างรูปทรง เพื่อให้ตระหนักได้ถึงรูปร่างใน 2 มิติของรูปเรขาคณิต และสามารถจัดการโดยการหมุนหรือปรับเปลี่ยนทิศทางของรูปร่าง 2 มิติในมิติต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น รายการ Sesame Street ซึ่งมีรูปวัตถุ 2 มิติ 4 รูปถูกฉายบนโทรทัศน์ ซึ่งมี 3 รูปที่คล้ายกันและมี 1 รูปที่แตกต่างดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยถ้าสามารถจำแนกรูปที่แตกต่างได้อย่างถูกต้อง จะถือว่าสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในระดับแรกได้อย่างสมบูรณ์

2.1.3.2.ระดับที่สองของการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ในระดับนี้เป็นการพัฒนาในช่วงอายุ 7 ถึง 12 ปี (Piaget & Cook, 1952) โดยเกี่ยวข้องกับการรับรู้เชิงมิติของวัตถุ 3 มิติซึ่งในระดับนี้เป็นการพัฒนาเพื่อให้สามารถจินตนาการถึงวัตถุ 3 มิติที่ถูกหมุนในมิติต่างๆหรือการจินตนาการถึงวัตถุ 3 มิติจากภาพคลี่ 2 มิติ ยกตัวอย่างเช่น การเล่นรูบิก (Rubik's Cube puzzel) เป็นการพัฒนาความสามารถในระดับนี้ได้อย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.3.3.ระดับที่สามของการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

Piaget and Cook (1952) กล่าวว่าในระดับนี้สามารถพัฒนาได้ตั้งแต่อายุ 13 ปีเป็นต้นไป ซึ่งเป็นการรวบรวมเอาความรู้ด้านมิติสัมพันธ์ตั้งแต่ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 มาประยุกต์เพื่อการใช้งาน กล่าวคือ เป็นการพัฒนาโดยการรวมความรู้ความสามารถเกี่ยวกับวัตถุ 3 มิติ เพื่อให้สามารถมองเห็นภาพรวมของเหตุการณ์ทั้งหมดแล้ววางแผนได้ก่อนการลงมือทำ เช่น เมื่อคุณรู้สึกหิวคุณจะทำอย่างไร เริ่มตั้งแต่คิดว่าจะกินอาหารอะไร ร้านอาหารอยู่ตรงไหน ต้องเดินทางในเส้นทางใด เวลา ณ ขณะนั้นคนเยอะหรือไม่ ตลอดไปจนถึงการทานอาหาร เป็นต้น

โดยในการพัฒนานั้นมีผู้คนจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถพัฒนาไปถึงระดับที่ 3 ได้ เช่นเดียวกันกับที่ผู้คนจำนวนมากไม่สามารถพัฒนาตนเองไปจนถึงขั้นสุดท้ายของความสามารถในแต่ละด้านได้ ดังนั้นโรงเรียนจึงเป็นสถานที่สำคัญที่ช่วยในพัฒนาความสามารถในด้านต่างๆ โดยการจัดการเรียนการสอน การฝึกอบรม หรือแม้กระทั่งการฝึกซ้อม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายไปจนถึงระดับสุดท้ายได้อย่างราบรื่น

ในปัจจุบันมีวิธีการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในหลากหลายวิธี เช่นการส่งเสริมกิจกรรมการสร้างสรรค์ผลงาน เช่นงานประดิษฐ์ การวาดภาพระบายสี การแต่งนิทานเป็นต้น หรือแม้แต่กิจกรรมการเล่นดนตรี การเล่นกีฬา ซึ่งเป็นการส่งเสริมการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แต่วิธีการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีประสิทธิภาพคือการจัดการฝึกอบรมเช่นเดียวกับการพัฒนาความสามารถในด้านอื่นๆ โดยวิธีการฝึกอบรมจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุดจะต้องมีเครื่องมือที่เหมาะสม ดังนั้นนักวิจัยหลายๆท่านจึงให้ความสนใจในการพัฒนาเครื่องมือ หรือประเภทของแบบฝึกหัดเพื่อช่วยฝึกฝนในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

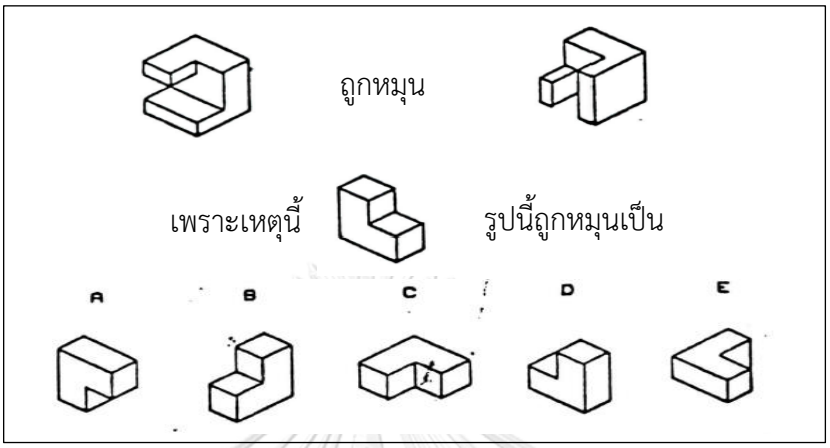
2.1.4. การเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์จำเป็นจะต้องเข้าถึงระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของแต่ละบุคคล เพื่อตรวจสอบระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของแต่ละบุคคล ซึ่งนักวิจัยได้มีการทำแบบทดสอบต่างๆโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยแบบทดสอบจำเป็นจะต้องเป็นแบบทดสอบที่เหมาะสม และได้มาตรฐานเพื่อทำให้สามารถเข้าถึงระดับความสามารถได้อย่างแท้จริง ซึ่งในปัจจุบันมีแบบทดสอบเพื่อการเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่หลากหลายที่ใช้ในการเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ยกตัวอย่างเช่น

2.1.4.1.แบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Test: Rotation (PSVT:R)

แบบทดสอบนี้ถูกพัฒนาขึ้นในปีคริสต์ศักราช 1977 ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อทดสอบการมองการหมุนรูปสามมิติของวัตถุในทิศทางที่แตกต่างกัน โดย

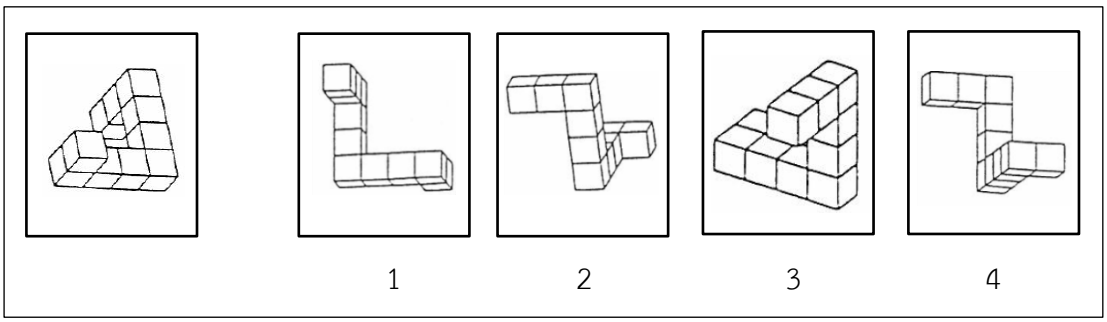
แบบทดสอบนี้ประกอบด้วยคำถามทั้งสิ้น 30 คำถามซึ่งในคำถามจะประกอบด้วยรูปคำถาม 1 รูปและรูปคำตอบ 4 รูป แล้วให้ผู้ทดสอบหมุนรูปวัตถุในพื้นที่ความคิดจนเหมือนกับรูปวัตถุคำถาม ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างคำถามของแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Tests: Rotation (Bodner & Guay, 1997)

2.1.4.2.แบบทดสอบ Mental Rotation Tests (MRT)

แบบทดสอบนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถเข้าถึงความสามารถในการมองรูปวัตถุที่ถูกหมุนในแกน (องศา) ต่างๆ ซึ่งแบบทดสอบนี้ประกอบคำถาม 20 คำถาม โดยแต่ละคำถามจะประกอบด้วยรูปคำถาม 1 รูปและรูปคำตอบ 4 รูป หลังจากนั้นให้ผู้ทดสอบทำการหมุนรูปคำตอบให้เหมือนรูปคำถามจำนวน 2 รูป เนื่องจากในคำถามแต่ละข้อจะประกอบไปด้วยรูปคำตอบที่ถูกต้อง 2 รูป ซึ่งรูปวัตถุในแบบทดสอบนี้เป็นรูปประกอบของก้อนลูกบาศก์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างคำถามของแบบสอบถาม Mental Rotation Tests (Vandenberg & Kuse, 1978)

เนื่องจากแบบทดสอบเพื่อเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีหลากหลาย ดังนั้น ในการเลือกใช้แบบทดสอบใดแบบทดสอบหนึ่งจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสม ซึ่ง Onyancha, Derov, and Kinsey (2009) ได้เสนอคำถามเพื่อใช้ในการพิจารณาเมื่อต้องการเลือกแบบทดสอบดังต่อไปนี้

1) แบบทดสอบมีการตรวจสอบหรือไม่หากใช้เป็นระยะเวลานาน
2) แบบทดสอบเหมาะกับผู้ทดสอบหรือไม่
3) ประเด็นในแบบทดสอบธรรมดาเกินไปหรือไม่สำหรับผู้ทดสอบ
4) ควรใช้แบบทดสอบมากกว่า 1 แบบหรือไม่
5) ข้อมูลที่ได้ง่ายต่อการวิเคราะห์ผลหรือไม่
6) แบบทดสอบคุ้มค่าและเหมาะสมหรือไม่

โดยชุดคำถามดังกล่าวถูกนำมาใช้เพื่อประเมินประเภทของแบบทดสอบที่นำมาใช้ในการเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของแต่ละบุคคล โดยแบบทดสอบแต่ละแบบทดสอบนี้เป็นแนวทางในการเลือกการเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่เหมาะสม นอกจากนี้ S. Sorby and Veurink (2010) กล่าวว่าแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Test: Rotation และแบบทดสอบ Mental Rotation Tests เป็นแบบทดสอบที่มีความสำคัญอย่างมากในการเป็นส่วนหนึ่งในความสำเร็จของวิศวกรเนื่องจากวิศวกรต้องใช้มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพและการหมุนเปลี่ยนทิศทางภายในใจในการเขียนแบบทางวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.5. กิจกรรมส่งเสริมความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ในปัจจุบันมีหลากหลายงานวิจัยที่ศึกษาถึง กิจกรรมที่สามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งมีหลายกิจกรรมที่ช่วยเพิ่มความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์ โดย S. A. Sorby (2009) ได้แสดงว่ามีหลายงานวิจัยที่พยายามกำหนดประเภทของกิจกรรมก่อนเข้ามหาวิทยาลัยเพื่อนำไปสู่การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในอนาคตได้อย่างดี ซึ่ง S. A. Sorby (2009)ได้สรุปว่ากิจกรรมที่ต้องใช้การประสานงานระหว่างตา กับมือเป็นกิจกรรมที่สามารถช่วยในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้อย่างดีซึ่งมีตัวอย่างกิจกรรมดังต่อไปนี้

1) การเล่นวิดีโอเกม (Feng, Spence, & Pratt, 2007; S. Sorby & Veurink, 2010)

2) การเล่นดนตรี (Robichaux, 2002)

3) การสร้างสรรค์งานศิลปะ (Caldera et al., 1999)

4) การเล่นของเล่นบางประเภทเช่น ตัวต่อเลโก้ ตัวต่อบล๊อค ต่อประกอบชิ้นส่วนของเล่น จิ๊กซอว์ เป็นต้น (S. A. Sorby, 2009)

นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าผู้ชายสามารถทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้ดีกว่าผู้หญิงเนื่องจากผู้ชายชอบทำกิจกรรมต่างๆเหล่านี้มากกว่าผู้หญิงตัวอย่างเช่น

1) การเล่นกีฬาต่างๆ เช่นบาสเกตบอล ฟุตบอล และแบดมินตัน เป็นต้น (Lord & Garrison, 1998)

2) การศึกษาทางด้านเทคนิค และงานเขียนแบบในอุตสาหกรรม (S. A. Sorby, 2007, 2009)

โดยกิจกรรมดังกล่าวนั้นเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์จะต้องปรับทัศนคติของผู้เข้ารับการพัฒนาจากครอบครัว คุณครู และผู้เชี่ยวชาญ (Hill et al., 2010) ดังต่อไปนี้

1) ต้องอธิบายให้ผู้เข้ารับการพัฒนาเข้าใจว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไม่ใช่ความสามารถที่มีมาแต่กำเนิดแต่สามารถพัฒนาได้ เช่นเดียวกับความสามารถด้านอื่นๆ

2) ส่งเสริมให้มีการทำกิจกรรมที่ต้องใช้การประสานงานกันระหว่างตากับมือ เช่นการหัดสเก๊ตซ์ภาพวัตถุ เป็นต้น

3) ให้มีการใช้อุปกรณ์แบบถือมือ (Hand held model) เพื่อช่วยในการมองสิ่งที่มองไม่เห็นแค่ในกระดาษ

ซึ่งจากที่กล่าวมานั้นกิจกรรมต่างๆเหล่านั้นจะพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้ต้องได้รับการฝึกฝน อบรม และการเรียนอย่างต่อเนื่อง (Baenninger & Newcombe, 1989; S. A. Sorby, 2009) เพื่อให้ผู้เข้ารับการพัฒนาได้เก็บเกี่ยวประสบการณ์ในแต่ละกิจกรรมต่างๆ และนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับกิจกรรมต่างๆที่พบเจอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.6. กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Strategy)

มีนักวิจัยหลายท่านพยายามที่จะระบุความแตกต่างของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ หรือกิจกรรมที่ต้องการความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในการแก้ปัญหา ซึ่งกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์เป็นกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของแต่ละบุคคล ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลจะเกิดความแตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของแต่ละบุคคล (Individual difference) เนื่องมาจากปัจจัยต่างๆที่แวดล้อม (Dhillon, 1998; Jansen et al., 2016; Kyllonen et al., 1984)

การใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหานั้นมีปัจจัย 3 ปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างกันในกระบวนการแก้ปัญหา ได้แก่ อายุ ประสบการณ์ และความแตกต่างทางเพศ (Liben, 1981; McGee, 1979; S. A. Sorby, 2007, 2009) กล่าวคือ เมื่ออายุและประสบการณ์เพิ่มมากขึ้นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ก็จะเพิ่มมากขึ้นตามอายุ เนื่องจากมีประสบการณ์ที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ประสบการณ์ หรือการใช้ชีวิตในปัจจุบันก็ส่งผลต่อความสามารถด้านนี้ด้วยเช่นกัน และอีกหนึ่งปัจจัยคือ ความแตกต่างทางเพศ กล่าวได้ว่าโดยมากผู้หญิงและผู้ชายมีประสบการณ์ในการดำรงชีวิตที่แตกต่างกันเช่น ผู้ชายชอบเล่นหุ่นยนต์ ชอบการประกอบ ชอบเล่นกีฬา แต่ในขณะเดียวกันผู้หญิงชอบใช้จินตนาการในการเล่าเรื่อง ชอบการพิจารณารายละเอียดของงานต่างๆ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากปัจจัยข้างต้นจะมีเพียงปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงที่นำไปสู่การใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน คือ ประสบการณ์ และความแตกต่างทางเพศ ซึ่งสามารถแบ่งกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้ออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม (Holistic Strategy) และ กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ (Analytic Strategy) และทั้ง 2 กลยุทธ์ดังกล่าวนี้ไม่ได้แยกกันอย่างสิ้นเชิงแต่ยังมีส่วนที่เชื่อมกันอยู่ซึ่งเรียกว่า กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง (Intermediate Strategy) (Hsi, Linn, & Bell, 1997; Linn & Petersen, 1985) ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละกลยุทธ์การแก้ปัญหาดังนี้

2.1.6.1. กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม (Holistic Strategy)

กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม จะใช้สมองซีกขวาเป็นหลักในการแก้ปัญหาเพื่อจินตนาการและสามารถสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการมองภาพสามมิติ

ที่หมุนเปลี่ยนทิศทางได้ภายในใจ (Mental Rotation) หรือการจัดการภาพสามมิติได้ภายในใจ ซึ่งการแก้ปัญหาเป็นแบบการมองเห็นในภาพใหญ่ (Gluck & Fitting, 2003; Hsi et al., 1997) จึงเป็นการเรียนรู้จากความเข้าใจในบริบทของเรื่องราวต่างๆที่เชื่อมโยงเกี่ยวข้องกัน ซึ่งบุคคลที่แก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม จะมีลักษณะการแก้ปัญหาดังแสดงในตารางที่ 2.1 และบุคคลที่ใช้การแก้ปัญหาแบบองค์รวมในด้านมิติสัมพันธ์จะมีจินตนาการและสามารถใช้ประโยชน์จากความรู้ด้านรูปแบบและรูปทรงเรขาคณิตเพื่อคิดสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ในกรณีที่วัตถุเป็นรูปร่างพื้นฐานเช่น รูปลูกบาศก์ที่มีการเซาะร่องเป็นต้น บุคคลที่มีการแก้ปัญหาแบบองค์รวมจะไม่สามารถวิเคราะห์รายละเอียดในแต่ละส่วนได้อย่างเป็นระบบ เนื่องจากผู้แก้ปัญหาแบบองค์รวมจะมองข้ามไปทีละหลายๆจุดเนื่องจากสามารถมองเห็นภาพใหญ่ของรูปวัตถุได้ในทันที กล่าวคือเป็นการมองภาพรวมของวัตถุทั้งก้อนได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ในทางกลับกันกรณีที่ต้องเจอกับรูปวัตถุที่มีรายละเอียดมาก และซับซ้อน กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบดังกล่าวอาจไม่เพียงพอที่จะแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Cooper & Mumaw, 1985) เนื่องจากการแก้ปัญหารูปวัตถุที่มีรายละเอียดมาก และซับซ้อนนั้นต้องการข้อมูลเพิ่มเติมในการแก้ปัญหาจึงจะต้องละกลยุทธ์ที่ใช้ชั่วคราว เพื่อพิจารณารายละเอียดที่มากขึ้นของวัตถุ (Hsi et al., 1997) กล่าวได้ว่าสำหรับปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่ไม่ซับซ้อน หรือรายละเอียดของวัตถุไม่มากการแก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมสามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็ว (Gluck & Fitting, 2003; Marunic & Glazar, 2013) ในทางกลับกันเมื่อรายละเอียดของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่ซับซ้อนกลยุทธ์ดังกล่าวนี้อาจไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.6.2. กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ (Analytic Strategy)

กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ จะใช้สมองซีกซ้ายเป็นหลักในการแก้ปัญหา เพื่อนำข้อมูลที่ได้รับไปวิเคราะห์ ซึ่งกลยุทธ์ดังกล่าวนี้จะเกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลหรือพิจารณาข้อมูลโดยการมองข้อมูลจากส่วนย่อยไปหาส่วนใหญ่ กล่าวคือจะมองข้อมูลให้เล็กที่สุดเพื่อหารายละเอียดของข้อมูลอย่างเป็นขั้นตอนโดยละเอียดแล้วนำไปวิเคราะห์อย่างเป็นเหตุเป็นผล (Burin, Delgado, & Prieto, 2000; Caldera et al., 1999; Eme & Marquer, 1999; Gluck & Fitting, 2003; Deno, 1995)

ซึ่งมีลักษณะการแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยบุคคลที่ใช้การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ในด้านมิติสัมพันธ์จะใช้เวลาในการแก้ปัญหามากกว่าและความถูกต้องในการแก้ปัญหานั้นน้อยกว่าบุคคลที่ใช้การแก้ปัญหาแบบการองค์รวมเมื่อใช้เวลาเท่ากัน (His et al.,1997) เนื่องจากการแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์จะใช้เวลามากในการพิจารณารายละเอียดในแต่ละส่วนของวัตถุ แล้วคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าส่วนไหนเป็นส่วนเริ่มต้น แล้วควรต่อด้วยอะไร โดยจะวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาก่อน นอกจากนี้การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์โดยใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ ไม่สามารถรับข้อมูลได้ทีละมากๆใน 1 ครั้ง เนื่องจากการจำรายละเอียดทั้งหมดของวัตถุใน 1 ครั้งเป็นเรื่องที่ยาก ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการตกหล่นของข้อมูล และเกิดเป็นข้อผิดพลาดในการแก้ปัญหา นอกจากนี้การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์โดยใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ยังสามารถเกิดปัญหาได้อีกด้านหนึ่งคือ ไม่รู้ว่าจะเริ่มต้นการแก้ปัญหาอย่างไร ไม่รู้ว่าจุดใดเป็นจุดสำคัญในการไปต่อในขั้นตอนถัดไป ซึ่งเป็นที่มาของความไม่เข้าใจในด้านมิติสัมพันธ์

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และการแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์

กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม (Holistic Strategy)	กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ (Analytic Strategy)
มองข้อมูลเป็นภาพใหญ่	มองข้อมูลโดยการย่อยข้อมูลให้เล็กที่สุด
สามารถรับข้อมูลได้รวดเร็วและทีละมากๆใน 1 ครั้ง	รับข้อมูลได้ทีละน้อยและช้า
ใช้เวลาในการแก้ปัญหาน้อย	ใช้เวลาในการแก้ปัญหามาก
คิดไม่เป็นขั้นตอน	คิดเป็นขั้นตอนเป็นระบบ
ใช้จินตนาการร่วมในการแก้ปัญหา	การคิดเป็นเหตุเป็นผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.6.3. กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง (Intermediate Strategy)

กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางเป็นกลยุทธ์ที่เกิดขึ้นจากส่วนที่สัมพันธ์กันระหว่างกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ซึ่งบุคคลที่แก้ปัญหาโดยใช้ยุทธศาสตร์ศาสตร์เชิงพื้นที่แบบระหว่างกลางจะสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ของมิติสัมพันธ์ได้มากกว่า และสามารถ

แก้ปัญหาได้รวดเร็วกว่า (Gitimu & Workman, 2007) เนื่องจากบุคคลที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางเมื่อเจอปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่ไม่ซับซ้อนจะใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม แต่ถ้าเจอปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่ซับซ้อนบุคคลที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางจะใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวมเพื่อมองภาพรวมของปัญหาและจุดสำคัญเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการแก้ปัญหา และใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์มาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหารายละเอียดเพิ่มเติมในการแก้ปัญหา

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าทั้ง 3 กลยุทธ์มีวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันตามลักษณะของกลยุทธ์ ยกตัวอย่างเช่นเมื่อเจอคำถามในแบบสอบถามด้านมิติสัมพันธ์ต่างๆ เช่น แบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Test: Rotation (PSVT:R) บุคคลที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวมจะหมุนรูปวัตถุทั้งก้อนแล้วจินตนาการถึงวัตถุในมิติต่างๆ ในขณะที่บุคคลที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์จะพิจารณารายละเอียดของวัตถุเพื่อทำการเปรียบเทียบรายละเอียดของวัตถุต้นแบบ และวัตถุคำตอบเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องที่สุด และกลยุทธ์สุดท้ายบุคคลที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางจะทำการมองภาพรวมของวัตถุแล้วหาจุดสำคัญเพื่อยึดเป็นแกนหลักแล้วทำการหมุนวัตถุในทิศทางต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่ากลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันจะนั้นเป็นสาเหตุที่ทำให้เข้าถึงกระบวนการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์จากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการศึกษา Gorgorió (1998) พบว่าการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ไม่ดีเกิดจากการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ เนื่องจากความผิดพลาดในการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ซึ่ง Baron (1978) ได้แบ่งประเภทของความผิดพลาดออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ความผิดพลาดในการกลยุทธ์ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาที่ไม่เหมาะสม ความผิดพลาดจากการมีทักษะไม่เพียงพอ และความผิดพลาดจากความสามารถที่จำกัดในการแก้ปัญหา จากความผิดพลาดข้างต้น Baron (1978) กล่าวว่า ความผิดพลาดในการใช้กลยุทธ์ที่ไม่เหมาะสมสามารถแก้ไขได้โดยการอบรม และความผิดพลาดจากการมีทักษะไม่เพียงพอสามารถแก้ไขได้โดยการฝึกฝนในส่วนนั้นๆ แต่ในส่วนของความผิดพลาดจากความสามารถที่

จำกัดในการแก้ปัญหานั้นยังไม่สามารถหาแนวทางในการพัฒนาได้ โดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้น Baron (1978) ได้ศึกษาโดยมีข้อสมมติฐานของการศึกษาดังนี้

1) กลยุทธ์การแก้ปัญหาสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการจัดการทางการศึกษา
2) กลยุทธ์การแก้ปัญหาเป็นการสังเกตการณ์ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นขณะแก้ปัญหา
3) ความสามารถในการแก้ปัญหาเกิดจากข้อมูลที่ได้รับและการใช้กลยุทธ์

ดังนั้น Baron (1978) จึงเน้นว่าถ้ารู้ว่าตนเองใช้กลยุทธ์อะไรในการแก้ปัญหาแล้วฝึกฝนสิ่งนั้นให้เกิดประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเมื่อกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์เป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และช่วยเพิ่มความแม่นยำในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลได้

2.2. เครื่องมือสำหรับการอบรมด้านมิติสัมพันธ์

การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์โดยผ่านการอบรม (Training) เป็นวิธีการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่ง David (2012) กล่าวว่าการอบรมจะมีประสิทธิภาพสูงสุดหากมีเครื่องมือที่ใช้ในการอบรมอย่างเหมาะสมจึงทำให้นักวิจัยหลายๆท่านให้ความสนใจในการพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการสนับสนุนการสอนสำหรับวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม (Dominguez, Martin-Gutierrez, Gonzalez, & Corredeaguas, 2012; Hsi, Linn, & Bell, 1997; Leopold, Gorska, & Sorby, 2001; Onyancha, Derov, & Kinsey, 2009; S. Sorby, Casey, Veurink, & Dulaney, 2013; S. Sorby & Veurink, 2010; S. A. Sorby & Baartmans, 2000; Yue, 2009)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาพบว่า Hsi et al. (1997) ได้ออกแบบและประยุกต์ใช้คู่มือยุทธศาสตร์การแก้ปัญหาเชิงพื้นที่ (Spatial strategy instruction) ในหลักสูตรการเขียนแบบวิศวกรรม ซึ่งในคู่มือดังกล่าวรวบรวมกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติ (Hand on activity) กิจกรรมที่ใช้คอมพิวเตอร์ (Computer activity) และการเข้าถึงการแก้ปัญหา (Problem-solving assessments) ในคู่มือดังกล่าวนี้เป็นการเสนอวิธีการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์โดยหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโจทย์ในข้อต่างๆ ซึ่งในคู่มือเป็นการส่งเสริมความสามารถในการฉายภาพ 2 มิติจากภาพ 3 มิติ (Orthographic Projection) โดยเมื่อทำการทดลองพบว่าสามารถลดสัดส่วนของจำนวนผู้เข้าศึกษาที่เกิดความผิดพลาดในการเรียนได้มากขึ้นนอกจากนี้ยังสามารถลดอุปสรรคในการแก้ปัญหาได้ดีมากขึ้น

ต่อมา S. A. Sorby and Baartmans (2000) ได้ทำการพัฒนาหลักสูตรการเขียนแบบวิศวกรรมโดยได้ทำการเขียนหนังสือเพื่อประยุกต์ใช้โดยในหลักสูตร ซึ่งหลักสูตรดังกล่าวครอบคลุมเนื้อหาในส่วนที่เป็นการบรรยาย และการปฏิบัติโดยการวาดมือและการใช้คอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ในแต่ละหัวข้อของหลักสูตรมีการรวมเอากิจกรรมประกอบชิ้นงาน (Hands on construction activity) กิจกรรมการวาดมือ (paper and pencil activity) และกิจกรรมที่ใช้คอมพิวเตอร์ (Computer activity) ดังกล่าว โดยเมื่อทำการทดลองพบว่าสามารถช่วยให้ผู้เข้าศึกษาประสบความสำเร็จในการเรียนมากขึ้นเมื่อเทียบกับผู้เข้าศึกษาที่ไม่ได้รับการอบรมในหลักสูตรดังกล่าว

ยิ่งไปกว่านั้น Dominguez and Martin-Gutierrez (2013) ได้เล็งเห็นถึงปัญหาในการเรียนวิชาการเขียนแบบ จึงได้ทำการจัดการฝึกอบรมแก่ผู้เข้าศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตในวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม ซึ่งนำเอา 3 เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน 3 อันได้แก่ Virtual reality (VR) Augmented reality (AR) และ Portable document format (PDF3D) มาช่วยการสอนเพื่อช่วยให้ผู้เข้าศึกษาเข้าใจถึงเนื้อหาของวิชาการเขียนแบบได้ดียิ่งขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวเป็นกิจกรรมในการเรียนซึ่งแบ่งเด็กออกเป็น 4 กลุ่มคือกลุ่มผู้เข้าศึกษาที่ใช้เทคโนโลยี Virtual reality (VR) กลุ่มผู้เข้าศึกษาที่ใช้เทคโนโลยี Augmented reality (AR) กลุ่มผู้เข้าศึกษาที่ใช้เทคโนโลยี Portable document format (PDF3D) และกลุ่มเด็กที่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีดังกล่าว โดยเมื่อทำการทดลองพบว่าเมื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวผู้เข้าศึกษามีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากผู้เข้าศึกษาคุ้นเคยกับการใช้เทคโนโลยีในชีวิตประจำวันจึงทำให้สามารถเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากวิธีที่กล่าวมาข้างต้นนั้นยังมีวิธีอื่นเช่น การประยุกต์ใช้โปรแกรม Computer aided design (CAD) ในการเรียนในหลักสูตรการเขียนแบบวิศวกรรมทั้งในเนื้อหาที่ง่ายและซับซ้อนของการฉายภาพแบบออโธกราฟฟิก และการทำภาพแบบไอโซเมตริกซ์ (Leopold, Gorska, & Sorby, 2001; Onyancha, Derov, & Kinsey, 2009; Yue, 2009; Yue & Chen, 2001) เพื่อช่วยในการพัฒนาและทำให้ผู้เข้าศึกษาสามารถเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยให้ผู้เข้าศึกษาสามารถมองเห็นภาพของวัตถุได้ชัดเจนมาก ซึ่งจากที่กล่าวมานั้นยังไม่มีงานวิจัยที่สนใจถึงรูปแบบการฝึกการจัดอบรมตามประเภทของยุทธศาสตร์เชิงพื้นที่ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ โดย Baron (1978) กล่าวว่าถ้าตนเองทราบว่าใช้ยุทธศาสตร์อะไรในการแก้ปัญหาแล้วฝึกฝนสิ่งนั้นให้เกิดประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่สำคัญสูงสุด โดยในการพัฒนาความสามารถ

ด้านมิติสัมพันธ์ก็เหมือนกับการพัฒนาความสามารถในด้านอื่นๆ กล่าวคือหากผู้ที่ได้รับการพัฒนาไม่สามารถพัฒนาตนเองในส่วนเนื้อหาที่ง่ายได้ก็จะไม่สามารถแก้ปัญหาในเนื้อหาส่วนที่ยากได้ ดังนั้นในการพัฒนาจึงจำเป็นอย่างมากที่จะต้องให้ผู้เข้ารับการพัฒนาเข้าใจถึงพื้นฐานของโครงสร้างปัญหาต่างๆ ซึ่งวิธีการในการทำความเข้าใจเนื้อหาพื้นฐานจำเป็นต้องพิจารณาถึงกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลเพื่อให้ทราบถึงวิธีการรับเข้าข้อมูลของแต่ละบุคคล

จากข้างต้นแม้ว่าจะมีเครื่องมือที่เหมาะสมที่ถูกนำมาช่วยในการสนับสนุนการสอนที่สามารถช่วยพัฒนาแก้ปัญหาในการเรียนวิชาการเขียนแบบวิศวกรรมได้ แต่ยังคงมีงานวิจัยรายงานว่าพบปัญหาของผู้เข้าศึกษาในด้านของการตีความ และความไม่เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของเส้นขอบ (Edge) และพื้นที่ (Surface) ของรูป 3 มิติ (Garmendia, Guisasola, & Sierra, 2007) และ Garmendia et al. (2007) รายงานว่าประมาณครึ่งหนึ่งของผู้เข้าศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์เกิดความผิดพลาดในการเรียนวิชาการเขียนแบบวิศวกรรมที่มหาวิทยาลัยในประเทศสเปน เนื่องจากเครื่องมือดังกล่าวไม่ได้พิจารณาถึงความแตกต่างของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลจึงทำให้เครื่องมือที่ถูกออกแบบมานั้นช่วยให้ผู้เข้าศึกษามองภาพได้ง่ายขึ้นแต่ไม่สามารถช่วยให้เข้าศึกษาเข้าถึงกระบวนการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับตนเองได้

2.3. **สมมติฐานงานวิจัย**

จากงานวิจัย Gluck and Fitting (2003) และ Hsi et al. (1997) กล่าวว่ากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์เป็นความแตกต่างระหว่างบุคคล และกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ โดยทั้งสองกลยุทธ์ดังกล่าวนี้มีวิธีการนำเข้าข้อมูล พร้อมทั้งวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนตามลักษณะของกลยุทธ์ที่ได้กล่าวไปข้างต้น ซึ่งผู้ที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมจะมีลักษณะการนำเข้าข้อมูลแบบภาพรวมแล้วแก้ปัญหาจากภาพรวมก่อน ในขณะที่ผู้ที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีลักษณะในการนำเข้าข้อมูลโดยลดรายละเอียดของปัญหาให้เล็กที่สุดแล้วแก้ปัญหาไปทีละจุด และจากการศึกษางานวิจัยของ Baron (1978) รายงานว่ามีความยากในการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งถือเป็นความผิดพลาดที่นำไปสู่ความไม่เข้าใจในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ โดยการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่เหมาะสมจะนำไปสู่การ

เพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ นอกจากนี้Baron (1978) ยังกล่าวว่าถ้าตนเองทราบว่าใช้กลยุทธ์อะไรในการแก้ปัญหาแล้วฝึกฝนสิ่งนั้นให้เกิดประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่สำคัญสูงสุด เนื่องจากการฝึกฝนในสิ่งที่ถนัดเป็นสิ่งที่สำคัญที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่รวดเร็ว และสามารถเข้าถึงสิ่งนั้นๆได้อย่างลึกซึ้ง และจากการศึกษา Potter, Van Der Merwe, Kaufman, and Delacour (2006) พบว่าการพัฒนาที่ไม่เพียงพอของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านวิชาการเขียนแบบวิศวกรรมส่งผลให้ผู้เข้าศึกษาไม่เข้าใจถึงกลไกความสัมพันธ์ของวัตถุที่ถูกนำเสนอวัตถุในมิติต่างๆกับวัตถุจริง จึงนำไปสู่สมมติฐานที่ 1ของงานวิจัย

H1: ผู้เรียนที่ผ่านการอบรมตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่าผู้เรียนที่ผ่านการอบรมข้ามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Gluck and Fitting (2003) และ Hsi et al. (1997) กล่าวว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางเกิดจากการทับซ้อนกันของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์และกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม ซึ่งผู้ที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางนั้นมีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่สูงกว่าผู้ที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม และผู้ที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์เนื่องจากผู้ที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางสามารถใช้ทั้งสองกลยุทธ์ดังกล่าวได้ กล่าวคือ ขั้นแรกในการแก้ปัญหาผู้แก้ปัญหาจะเริ่มใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมก่อนเพื่อมองภาพรวมของปัญหา และเมื่อพิจารณาแล้วว่าปัญหาดังกล่าวซับซ้อน หรือมีรายละเอียดมากผู้แก้ปัญหาปัญหาจะสามารถสลับกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาจากองค์รวมไปเป็นกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ได้อย่างทันทีเพื่อวิเคราะห์รายละเอียดของปัญหาในส่วนต่างๆ แต่ถึงอย่างไรก็ตามผู้ที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางก็ยังไปประกอบไปด้วยผู้ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาต่ำ และผู้ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาสูง ซึ่งจากการศึกษา Gluck and Fitting (2003) ยังได้กล่าวว่าหากเริ่มต้นในการแก้ปัญหานั้นผู้แก้ปัญหาไม่สามารถใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาองค์รวมในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมแล้วจะส่งผลให้การสลับกลยุทธ์จากแบบองค์รวมไปเป็นแบบวิเคราะห์นั้นไม่มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์จึงเป็นที่มาของสมมติฐานที่ 2 และสมมติฐานที่ 3 ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

H2: ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในห้องอบรมแบบองค์รวมได้สูงกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

H3: ไม่มีความแตกต่างในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบองค์รวมและห้องอบรมแบบวิเคราะห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะการทำงาน ได้แก่ ระยะการทำงานที่ 1 เป็นการประเมินก่อนการฝึกอบรม ซึ่งในระยะนี้จะทำการประเมินระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และประเภทของกลยุทธ์ของผู้เรียนที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ต่อมาในระยะที่ 2 คือการอบรมตามกลยุทธ์ของผู้เรียนที่แตกต่างกันผ่านวิชาพื้นฐานการเขียนแบบวิศวกรรม และระยะการทำงานที่ 3 คือ การประเมินผลหลังการฝึกอบรม ซึ่งมีรายละเอียดของระยะการทำงานดังนี้

3.1. ระยะการทำงานที่ 1

ขั้นตอนก่อนการอบรม เป็นการประเมินระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และแบ่งประเภทกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาหลังการทำแบบทดสอบด้านความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

3.1.1. ผู้เข้าร่วมทดสอบ

กลุ่มเป้าหมายในระยะนี้ ได้แก่นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยผู้เข้าทดสอบจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามการสุ่มจากการลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการพื้นฐานการเขียนแบบวิศวกรรม ซึ่งแบ่งออกได้เป็นกลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบองค์รวม (Holistic Group) กลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบวิเคราะห์ (Analytic Group) และกลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบเดิม (Traditional Group) โดยผู้เข้าร่วมทดสอบแต่ละคนจะต้องทำการทดสอบใน 3 ระยะ ซึ่งมีรายละเอียดของผู้เข้าร่วมทดสอบในระยะการทำงานที่ 1 ดังนี้

1) กลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบองค์รวม (Holistic Group)

นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพศชายและหญิง จำนวน 275คน อายุระหว่าง 18-19 ปี

2) กลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบวิเคราะห์ (Analytic Group)

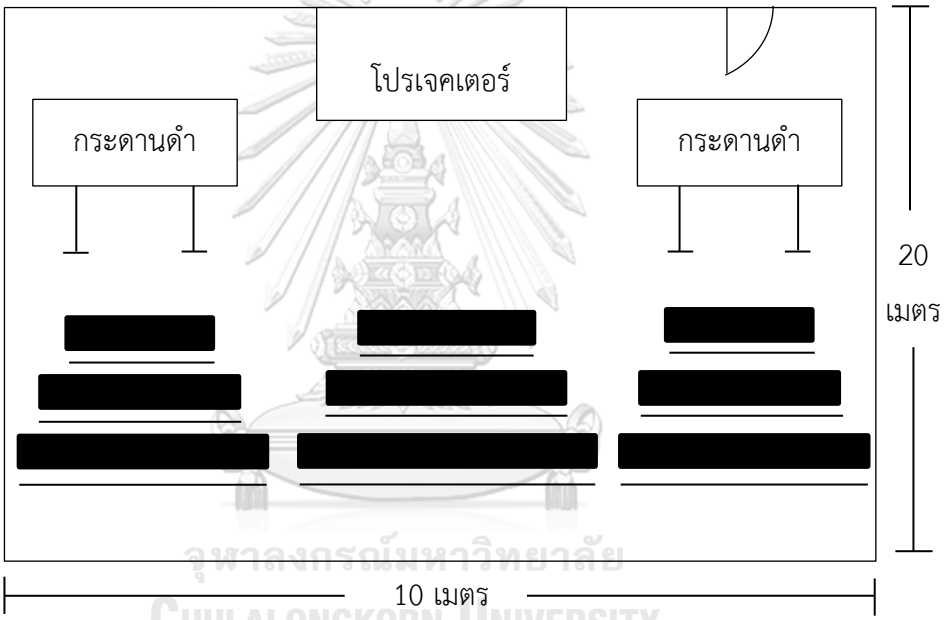
นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพศชายและหญิง จำนวน 276คน อายุระหว่าง 18-19 ปี

3) กลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบเดิม (Traditional Group)

นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพศชายและหญิง จำนวน 276คน อายุระหว่าง 18-19 ปี

3.1.2. สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ

สถานที่ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ห้องเรียน 302 ชั้น 3 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งห้องอบรมมีขนาด 10 เมตร x 20 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบจะบรรจุผู้เข้าร่วมทดสอบไม่เกิน 150 คน และในห้องอบรมประกอบไปด้วยเครื่องอำนวยความสะดวกต่างๆ (โต๊ะ เก้าอี้ โปรเจคเตอร์ กระดานดำ ชอล์ก และคอมพิวเตอร์) โดยสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบนั้นจะใช้ห้องเรียนดังกล่าวทั้ง 3 ระยะการทำงาน



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3.1 สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องเขียนต่างๆ (ดินสอ ปากกา ปากกาลบคำผิด และยางลบ) และนาฬิกาจับเวลาสำหรับการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (ด้านการหมุนวัตถุภายในใจ และด้านการมองภาพ) และแบบประเมินกลยุทธ์ที่ใช้การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

3.1.4. เครื่องมือที่ใช้วัดผล

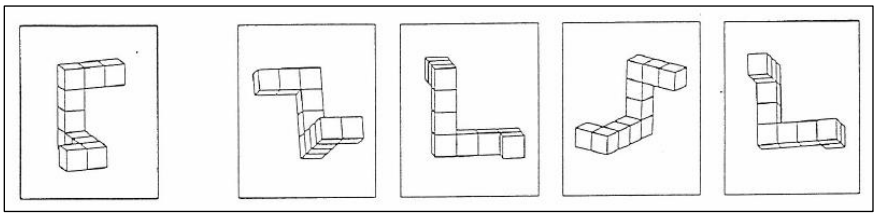
3.1.4.1. แบบทดสอบ Mental Rotation Tests (MRT)

แบบทดสอบนี้เป็นหนึ่งในแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยแบบทดสอบนี้ถูกออกแบบมาเพื่อเข้าถึงความสามารถในการมองรูปวัตถุที่ถูกหมุนในแกนหรือองศาต่างๆ ของแต่ละบุคคล โดยมีตัวอย่างของคำถามดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งแบบทดสอบนี้ประกอบไปด้วยข้อทดสอบจำนวน 10 ข้อ โดยในแต่ละข้อทดสอบจะมีคำตอบที่ถูกต้อง 2 คำตอบ กล่าวคือใน 1 ข้อทดสอบผู้ทดสอบต้องตอบ 2 คำตอบ ซึ่งข้อทดสอบหนึ่งข้อจะมีคะแนนได้ตั้งแต่ 0 ถึง 2 คะแนน กล่าวได้ว่าหากผู้ทดสอบตอบคำถามได้ถูกทั้ง 2 คำตอบจะได้รับ 2 คะแนน แต่ถ้าตอบถูกเพียง 1 คำตอบจะได้รับ 1 คะแนน และถ้าตอบไม่ถูกเลยผู้ทดสอบจะไม่ได้รับคะแนนใดๆเลยในข้อทดสอบนั้น (Vandenberg & Kuse, 1978) นอกจากนี้หากผลคะแนนรวมที่ได้รับมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าผู้เข้าร่วมทดสอบเป็นบุคคลที่มีความสามารถในด้านการหมุนวัตถุภายในใจ (Mental Rotation) อยู่ในระดับสูง

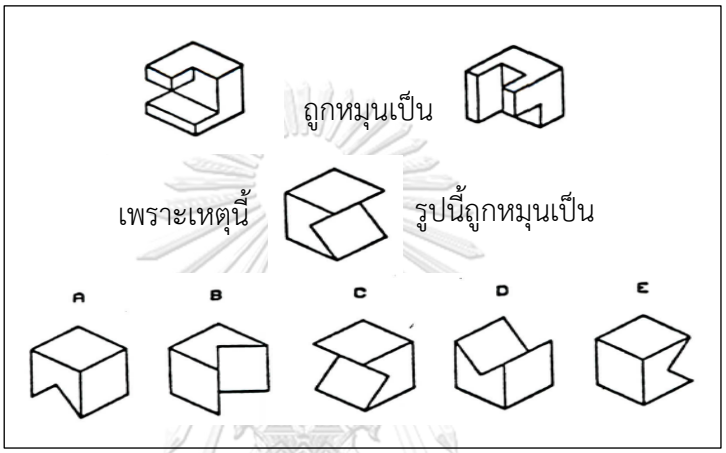
3.1.4.2. แบบทดสอบ Purdue spatial Visualization Tests: Rotation (PSVT:R)

แบบทดสอบนี้เป็นหนึ่งในแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยแบบทดสอบนี้ถูกออกแบบมาเพื่อทดสอบการมองการหมุนของวัตถุสามมิติ ของแต่ละบุคคล โดยมีตัวอย่างของคำถามดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งแบบทดสอบประกอบไปด้วยข้อทดสอบจำนวน 15 ข้อ และใช้เวลาในการทดสอบ 10 นาที โดยในแต่ละข้อทดสอบจะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 คำตอบเท่านั้น ซึ่งใน 1 ข้อทดสอบจะมีคะแนนคือ 0 หรือ 1 คะแนน กล่าวคือหากผู้ทดสอบตอบถูกจะได้รับคะแนน 1 คะแนน แต่ถ้าตอบไม่ถูกเลยผู้ทดสอบจะไม่ได้รับคะแนนใดๆเลยในข้อทดสอบนั้นๆ (Guay, 1977) นอกจากนี้หากผลคะแนนรวมที่ได้รับมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าผู้เข้าร่วมทดสอบเป็นบุคคลที่มีมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization) อยู่ในระดับสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างคำถามแบบทดสอบ Mental Rotation Tests (Vandenberg & Kuse, 1978)



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างคำถามแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Tests: Rotation (Bodner & Guay, 1997)

โดยตัวชี้วัดในระยะดังกล่าวนี้ จะถูกนำมาใช้เพื่อแบ่งผู้เข้าร่วมทดสอบออกเป็นบุคคลที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในระดับที่สูง และบุคคลที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในระดับที่ต่ำตามรายละเอียดข้างต้น ซึ่งมีรายละเอียดของแบบทดสอบ Mental Rotation Tests และแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Tests: Rotation ดังแสดงในภาคผนวก ค.

3.1.4.3. แบบประเมินการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

แบบประเมินดังกล่าวเป็นเครื่องมือสำหรับแบ่งประเภทของผู้เข้าร่วมทดสอบจากการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่ กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม (Holistic Strategy) กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง (Intermediate Strategy) และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ (Analytic

Strategy) โดยตัวชี้วัดดังกล่าวนี้จะเป็นตัวชี้วัดสำหรับตรวจสอบว่าลักษณะของผู้เข้าร่วมทดสอบสอดคล้องกับการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์หรือไม่ เนื่องจากหากผู้เข้าร่วมทดสอบตอบคำถามในแบบสอบถามดังกล่าวโดยไม่สอดคล้องกับลักษณะของกลยุทธ์ที่ใช้อย่างแท้จริงผลที่ได้จากการประเมินจะถูกตัดออกและไม่นำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป ซึ่งถือเป็นข้อมูลที่ผิดพลาดในกระบวนการตอบแบบสอบถาม จะเห็นว่าตัวชี้วัดดังกล่าวนี้เป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับแบบประเมินดังกล่าวนี้ซึ่งมีรายละเอียดของแบบประเมินด้านการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในด้านการทำแบบทดสอบ Mental Rotation ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และด้านการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในด้านการทำแบบทดสอบ Purdue spatial visualization ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วิธีการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในด้านการทำแบบทดสอบ Mental Rotation

วิธีการแก้ปัญหา	การเลือกใช้	
	ใช้	ไม่ใช้
1. เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงการหมุนของวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที		
2. เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านหมุนก้อนวัตถุทั้งก้อน ที่เป็นรูปคำถามจนเหมือนก้อนวัตถุของรูปคำตอบ *หรือ* ท่านหมุนก้อนวัตถุรูปคำตอบทั้งก้อนที่ถูกหมุนจน ได้เป็นรูปคำถาม		
3. เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำเครื่องหมาย (Mark) ในแต่ละก้อนของลูกบาศก์ ที่ยึดเป็นรูปหลัก แล้วหมุนก้อนลูกบาศก์ในรูปคำตอบทีละก้อน เทียบกับก้อนลูกบาศก์แต่ละก้อนในรูปคำตอบ		
4. เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำการเปรียบเทียบรายละเอียดในแต่ละวัตถุของรูปคำตอบ เพื่อเทียบกับคำตอบ แล้วตัดคำตอบที่ต่างกับวัตถุโจทย์ออก แล้วพิจารณารายละเอียดของรูปที่เป็นไปได้		
5. ถ้าวัตถุในรูปคำตอบดูยากแล้ว ท่านไม่พิจารณาก้อนวัตถุโดยการหมุนทั้งก้อน แต่พยายามที่จะหารายะเอียดเพิ่มเติมในรูปเพื่อแก้ปัญหา		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 วิธีการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในด้านการทำแบบทดสอบ PSVT

วิธีการแก้ปัญหา	การเลือกใช้	
	ใช้	ไม่ใช้
1. เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงการหมุนของวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที		
2. เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงพื้นที่ผิวที่ถูกซ่อน (Hidden view) อยู่ภายในรูปวัตถุนั้น แล้วหมุนวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที		
3. เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำการเลือกพื้นที่ผิวหลักของรูปวัตถุ เพื่อพิจารณาการหมุนในแต่ละพื้นที่ผิว (Surface) ของวัตถุ ที่หมุนไปตามแนวแกนเดียวกัน		
4. เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำการสร้างหรือวาดวัตถุนั้นในแนวแกน x, y, z ที่รูปวัตถุ แล้วพิจารณาการหมุน โดยยึดแกนที่สร้างเป็นหลักในการพิจารณาการหมุนของวัตถุ		
5. ในกรณีที่รูปวัตถุซับซ้อน ท่านได้ทำการมองภาพรวมของก้อนวัตถุแล้วหาพื้นที่ผิวที่โดดเด่นของวัตถุ เพื่อยึดเป็นแกนหลักในการหมุน		

จากตารางข้างต้นแสดงถึงวิธีการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในส่วนของการหมุนและการมองภาพ ซึ่งหากผู้เข้าร่วมทดสอบตอบทุกข้อถือว่าคำตอบนั้นไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวเป็นการตอบแบบไม่ตั้งใจ โดยในการตอบแบบประเมินจะมีรูปแบบในการตอบซึ่งมีรายละเอียดของรูปแบบการตอบดังแสดงในตารางที่ 3.3 และตารางที่ 3.4. ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดของแบบประเมินจากแบบทดสอบ Mental Rotation Tests และแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Tests: Rotation ดังแสดงในภาคผนวก ง.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.3 รูปแบบการตอบแบบสอบถาม Mental Rotation Test

กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา	**รูปแบบการตอบแบบสอบถาม**
การใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม	• เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงการหมุนของวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที (ข้อ1) • เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านหมุนก้อนวัตถุทั้งก้อน ที่เป็นรูปคำถามจนเหมือนก้อนวัตถุของรูปคำตอบ *หรือ* ท่านหมุนก้อนวัตถุรูปคำตอบทั้งก้อนที่ถูกหมุนจน ได้เป็นรูปคำถาม (ข้อ2)
การใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์	• เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำเครื่องหมาย (Mark) ในแต่ละก้อนของลูกบาศก์ ที่ยึดเป็นรูปหลัก แล้วหมุนก้อนลูกบาศก์ในรูปคำตอบทีละก้อน เทียบกับก้อนลูกบาศก์แต่ละก้อนในรูปคำตอบ (ข้อ3) • เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำการเปรียบเทียบรายละเอียดในแต่ละวัตถุของรูปคำตอบ เพื่อเทียบกับคำตอบ แล้วตัดคำตอบที่ต่างกับวัตถุโจทย์ออก แล้วพิจารณารายละเอียดของรูปที่เป็นไปได้ (ข้อ4)
การใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง	• เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงการหมุนของวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที (ข้อ1) • เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านหมุนก้อนวัตถุทั้งก้อน ที่เป็นรูปคำถามจนเหมือนก้อนวัตถุของรูปคำตอบ *หรือ* ท่านหมุนก้อนวัตถุรูปคำตอบทั้งก้อนที่ถูกหมุนจน ได้เป็นรูปคำถาม (ข้อ2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา	รูปแบบการตอบแบบสอบถาม
การใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง	● ถ้าวัตถุในรูปคำตอบดูยากแล้ว ท่านไม่พิจารณาก้อนวัตถุโดยการหมุนทั้งก้อนแต่พยายามที่จะหารายะเอียดเพิ่มเติมในรูปเพื่อแก้ปัญหา (ข้อ5)

ตารางที่ 3.4 รูปแบบการตอบแบบสอบถาม Purdue spatial visualization

กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา	รูปแบบการตอบแบบสอบถาม
การใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม	● เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงการหมุนของวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที (ข้อ1) ● เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงพื้นที่ผิวที่ถูกซ่อน (Hidden view) อยู่ภายในรูปวัตถุนั้น แล้วหมุนวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที (ข้อ2)
การใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์	● เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำการเลือกพื้นที่ผิวหลักของรูปวัตถุ เพื่อพิจารณาการหมุนในแต่ละพื้นที่ผิว (Surface) ของวัตถุ ที่หมุนไปตามแนวแกนเดียวกัน (ข้อ3) ● เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำการสร้างหรือวาดวัตถุนั้นในแนวแกน x, y, z ที่รูปวัตถุ แล้วพิจารณาการหมุน โดยยึดแกนที่สร้างเป็นหลักในการพิจารณาการหมุนของวัตถุ (ข้อ4)
การใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง	● เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงการหมุนของวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที (ข้อ1)

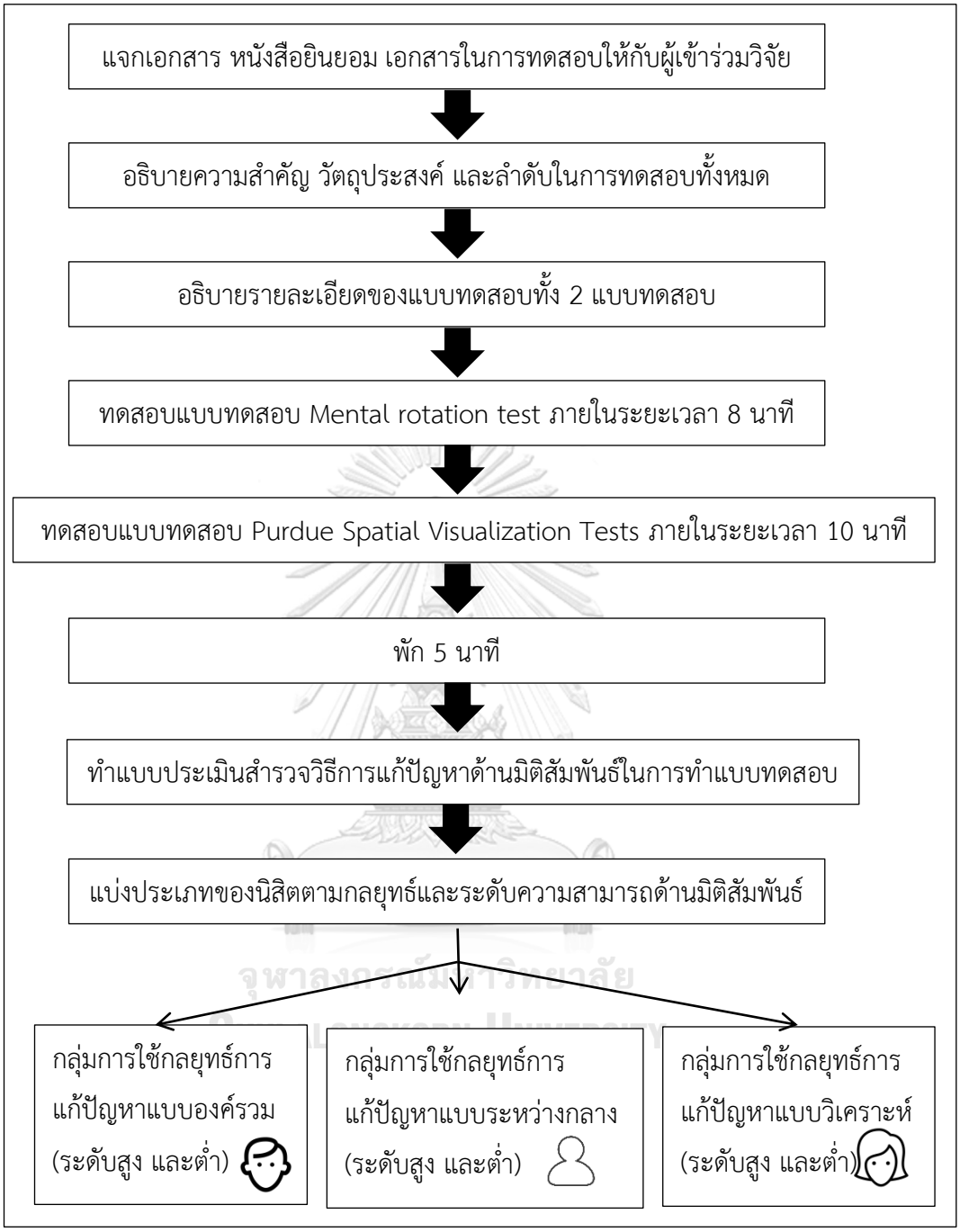
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา	รูปแบบการตอบแบบสอบถาม
การใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง	● เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงพื้นที่ผิวที่ถูกซ่อน (Hidden view) อยู่ภายในรูปวัตถุนั้น แล้วหมุนวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที (ข้อ2) ● ในกรณีที่รูปวัตถุซับซ้อน ท่านได้ทำการมองภาพรวมของก้อนวัตถุแล้วหาพื้นที่ผิวที่โดดเด่นของวัตถุ เพื่อยึดเป็นแกนหลักในการหมุน (ข้อ5)

3.1.5. วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บข้อมูล

ในระยะการทำงานที่ 1 เป็นระยะก่อนการอบรม ซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อประเมินระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และจำแนกการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละคน โดยมีรายละเอียดของวิธีการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 3.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3.4 รูปแบบการทดสอบในระยะการทำงานที่ 1

3.2. ระยะการทำงานที่ 2

ขั้นตอนการอบรม เป็นการอบรมตามกลยุทธ์ของผู้เรียนที่แตกต่างกันผ่านวิชาพื้นฐานการเขียนแบบวิศวกรรม โดยในระยะนี้แบ่งห้องอบรมออกเป็น 3 ห้อง (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรม

แบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) ซึ่งผู้เรียนในแต่ละห้องจะถูกสุ่มจากการลงทะเบียนเรียน โดยผลการทดสอบจากระยะที่ 1 พบว่ามีผู้เรียนทั้ง 3 กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์อยู่ในทุกห้องอบรม โดยในการทดสอบในระยะนี้จะเป็นการทดสอบระหว่างกลุ่ม (Between Subject) กล่าวคือ นิสิตหนึ่งคนจะได้รับการอบรมเพียง 1 รูปแบบเท่านั้น เพื่อลดประสบการณ์ที่อาจเกิดขึ้นหากนิสิตได้รับการอบรมทั้ง 2 รูปแบบ

ระยะการทำงานที่ 2 ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ออกแบบรูปแบบ และวิธีการสอนสำหรับห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นห้องที่ถูกนำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบวิธีการสอนกับห้องอบรมแบบเดิม โดยทั้งสองห้องดังกล่าวจะทำการคัดแยกผู้เรียนที่มีประสบการณ์ออกจากการทดลอง เพื่อลดความเอนเอียง (Bias) ที่อาจเกิดขึ้นในการทดสอบ แต่จะไม่ได้เข้าไปทำคัดแยกนิสิตในห้องการอบรมแบบดังเดิม โดยในการคัดแยกผู้มีประสบการณ์สามารถคัดแยกได้จากแบบประเมินการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ เนื่องจากในแบบประเมินจะสอบถามผู้เรียนในส่วนของประสบการณ์ในการเรียนวิชาการเขียนแบบวิศวกรรมก่อนได้รับการอบรมในการทดสอบ และในระยะนี้ห้องอบรมแบบเดิมจะได้รับการอบรมในรูปแบบเดิมที่เคยสอนมาก่อนและจะไม่มีการเข้าไปปรับเปลี่ยนรูปแบบและวิธีการสอนแต่อย่างใด

3.2.1. ผู้เข้าร่วมทดสอบ

กลุ่มเป้าหมายในระยะนี้ได้แก่ กลุ่มเป้าหมายเดียวกันกับกลุ่มเป้าหมายในระยะการทำงานที่ 1 แต่ในระยะนี้จะทำการคัดแยกนิสิตที่มีประสบการณ์และนิสิตที่ตอบแบบประเมินการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์แบบไม่ถูกต้องในห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบการวิเคราะห์ออก ซึ่งมีรายละเอียดของผู้เข้าร่วมการทดสอบดังนี้

1) กลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบองค์รวม (Holistic Group)

นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพศชายและหญิง จำนวน 197 คน อายุระหว่าง 18-19 ปี

2) กลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบวิเคราะห์ (Analytic Group)

นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพศชายและหญิง จำนวน 225 คน อายุระหว่าง 18-19 ปี

3) กลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบเดิม (Traditional Group)

นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพศชายและหญิง จำนวน 276คน อายุระหว่าง 18-19 ปี

3.2.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามห้องการอบรม ได้แก่ห้องอบรมแบบองค์รวม (Holistic Strategy Training) และห้องอบรมแบบวิเคราะห์ (Analytic Strategy Training) เนื่องจากรูปแบบการสอนที่แตกต่างของทั้ง 2 ห้องอบรมโดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบในระยะการทำงานที่ 2

ห้องอบรมการแก้ปัญหาแบบองค์รวม	ห้องอบรมการแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์
• เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา	• เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา
• แบบฝึกหัดในห้องเรียน (Workbook)	• แบบฝึกหัดในห้องเรียน (Workbook)
• วัตถุจำลองสำหรับการเขียนแบบทางวิศวกรรม (Hand held model) *หมายเหตุ: กรณีวัตถุที่ได้รับมีความซับซ้อน 	• วัตถุจำลองสำหรับการเขียนแบบทางวิศวกรรม (Hand held model) *หมายเหตุ: ใช้ในทุกกรณี
• โปรเจคเตอร์ชนิด LCD	• โปรเจคเตอร์ชนิด LCD
• โปรแกรมที่ใช้ในการจัดการฝึกอบรม ได้แก่ โปรแกรม AutoCAD, Google Sketch version 5	• โปรแกรมที่ใช้ในการจัดการฝึกอบรม ได้แก่ โปรแกรม AutoCAD, Google Sketch version 5
• กระดานดำ และชอล์ก	• กระดานดำ และชอล์ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.3. สื่อที่ใช้ในการทดสอบ

สื่อที่ใช้ในการทดสอบ คือรูปแบบวิธีการสอนของห้องอบรมทั้ง 2 ห้อง ได้แก่รูปแบบการสอนแบบองค์รวม และรูปแบบการสอนแบบวิเคราะห์ ซึ่งรูปแบบการสอนทั้งสองรูปแบบจะมีรูปแบบการสอนที่แตกต่างกันตามลักษณะของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ โดยเนื้อหาการสอนจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ ส่วนแรกคือการฉายภาพ 2 มิติจากวัตถุ 3 มิติ ส่วนที่สอง คือการสร้างวัตถุ 3 มิติจากภาพ 2 มิติในมุมมองต่างๆ ซึ่งใน 2 ส่วนแรกถือเป็นเนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐาน และในส่วนสุดท้ายได้แก่ การหามุมมองที่เหลือจากมุมมองที่กำหนดให้ 2 มุมมองซึ่งถือเป็นเนื้อหาส่วนยาก

ในการสอนนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจสอบว่าการสอนเป็นไปตามรูปแบบการสอนที่ออกแบบไว้ ซึ่งการตรวจสอบการสอนนั้นสามารถตรวจสอบได้จากรายการตรวจสอบ (Audit Checklist) ดังแสดงในภาคผนวก จ. โดยรายการตรวจสอบการสอนถูกแบ่งตามรูปแบบการสอนของแต่ละห้อง ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยได้เข้าไปตรวจสอบการสอนทุกครั้งที่มีการสอนในห้องอบรมทั้ง 2 ห้องและยังได้มีการอัดวิดีโอระหว่างการสอนเพื่อทำการตรวจสอบรูปแบบการสอนอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งมีรูปแบบการสอนดังนี้

3.2.3.1. รูปแบบการสอนแบบองค์รวม

รูปแบบการสอนแบบองค์รวม เป็นรูปแบบการสอนที่นำเอากลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม (Holistic Strategy) และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง (Intermediate Strategy) มาประยุกต์ใช้ในการสอน ซึ่งรูปแบบการสอนแบบองค์รวม จะเป็นการสอนโดยเน้นให้นิสิตใช้จินตนาการในการแก้ปัญหา และมองภาพรวมของโจทย์ก่อนการแก้ปัญหา ถือเป็นการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม และมีการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางในการพิจารณารายละเอียดเพิ่มเติมหากการจินตนาการไม่สามารถช่วยแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้การสอนในรูปแบบนี้ยังเน้นให้ผู้เรียนดึงฐานข้อมูลเดิมที่เคยเรียนมามาประยุกต์ใช้ในเนื้อหาที่ยากเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจกระบวนการคิดได้ง่ายขึ้น ซึ่งทั้งสองกลยุทธ์นี้จะถูกนำมาช่วยในการสร้างรูปแบบวิธีการสอนโดยมีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 รูปแบบวิธีการสอนแบบองค์รวม

เนื้อหาการเรียน	รูปแบบการสอน
เนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐาน (การฉายภาพ 2 มิติจากวัตถุ 3 มิติ)	● พิจารณาภาพรวมของวัตถุ ● เลือกมุมมอง (view) ที่สนใจของวัตถุ ● วาดมุมมองที่สนใจ ● จินตนาการการหมุนวัตถุทั้งก้อนเพื่อหามุมหลบในมุมมองที่สนใจเพื่อสร้างเส้นแสดงส่วนที่บดบัง (hidden line) ● ลงรายละเอียดเพิ่มเติมในมุมมองที่สนใจ ● ตรวจสอบความถูกต้องของมุมมองทั้ง 3
เนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐาน (การแปลงภาพ 2 มิติให้เป็นวัตถุ 3 มิติ)	● จินตนาการว่าถ้าประกอบมุมมองทั้ง 3 จะเป็นวัตถุพื้นฐานใดบ้าง เช่นรูปบาศก์ ● วาดวัตถุพื้นฐานเพื่อนำร่องการลงรายละเอียดของวัตถุ ● จินตนาการถึงลักษณะวัตถุที่เป็นไปได้ ● วาดวัตถุที่มีความเป็นไปได้ตามมุมมองทั้ง 3 ที่กำหนดให้ ● พิจารณาเส้นแสดงส่วนที่บดบัง (hidden line) เพื่อลงรายละเอียดวัตถุ
เนื้อหาส่วนที่ยาก (การหามุมมองที่เหลือจากมุมมองที่กำหนดให้ 2 มุมมอง	● จินตนาการถึงลักษณะวัตถุ 3 มิติที่อาจเป็นไปได้จากมุมมอง 2 มุมมองที่กำหนดให้ ● มองความสัมพันธ์ของเส้นและพื้นที่ระหว่างมุมมองทั้งสองที่กำหนดให้ ● วาดวัตถุที่อาจเป็นไปได้ และมุมมองที่เหลือ ● สร้างเส้นฉาย (Projection Line) เพื่อลงรายละเอียดในมุมมองที่เหลือจากมุมมองที่กำหนดให้ *หมายเหตุ: เนื้อหาในส่วนนี้มีการใช้วัตถุจำลอง(Hand held model) เอามาช่วยในการสอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

*หมายเหตุ: รูปแบบการสอนแบบองค์รวมถูกออกแบบมาโดยประยุกต์จาก (Baenninger & Newcombe, 1989; Baron, 1978; Dominguez, Martin-Gutierrez, Gonzalez, & Corredeaguas, 2012; Gluck & Fitting, 2003; Hsi, Linn, & Bell, 1997; Linn & Petersen, 1985; S. Sorby, Casey, Veurink, & Dulaney, 2013; S. Sorby & Veurink, 2010; S. A. Sorby, 2007; S. A. Sorby & Baartmans, 2000)

3.2.3.2. รูปแบบการสอนแบบวิเคราะห์

รูปแบบการสอนแบบการวิเคราะห์ เป็นรูปแบบการสอนที่นำเอากลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ (Analytic Strategy) มาประยุกต์ใช้ในการสอน ซึ่งรูปแบบการสอนแบบการวิเคราะห์จะเป็นการสอนโดยการลดรายละเอียดของภาพวัตถุให้น้อย เพื่อเป็นการแบ่งการคิดในแต่ละครั้งให้น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบการวิเคราะห์ที่ไม่สามารถรับข้อมูลได้มากๆในหนึ่งครั้ง และเน้นให้นิสิตคิดเป็นระบบเพื่อลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น โดยกลยุทธ์ดังกล่าวนี้จะถูกนำมาช่วยในการสร้างรูปแบบวิธีการสอน ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 รูปแบบวิธีการสอนแบบการวิเคราะห์

เนื้อหาการเรียน	รูปแบบการสอน
เนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐาน (การฉายภาพ 2 มิติจากวัตถุ 3 มิติ)	• เลือกมุมมองที่ต้องการจะสร้างจากวัตถุ • สร้างกล่องแก้ว (Glass Box) หรือแกน (Axis) ครอบวัตถุเพื่อให้ง่ายต่อการมอง • กำหนดขนาดของกล่องแก้วในทุกมิติ • วาดรูปพื้นฐาน (สี่เหลี่ยม) จากขนาดของกล่องแก้วที่กำหนดให้ทั้ง 3 มุมมอง • พิจารณารายละเอียดพื้นที่ที่เกี่ยวข้องสำหรับการสร้างมุมมองที่สนใจ • วาดรายละเอียดเพิ่มเติมจากรูปพื้นฐาน • พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างมุมมองต่างๆเพื่อสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาการเรียน	รูปแบบการสอน
เนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐาน (การฉายภาพ 2 มิติจากวัตถุ 3 มิติ	เส้นแสดงส่วนที่บดบัง ● ตรวจสอบความถูกต้องของมุมมองทั้ง 3 *หมายเหตุ: เนื้อหาในส่วนนี้มีการใช้วัตถุจำลอง(Hand held model) เอามาช่วยในการสอน
เนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐาน (การแปลงภาพ 2 มิติให้เป็นวัตถุ 3 มิติ)	● สร้างกล่องแก้ว (Glass Box) หรือแกน (Axis) ครอบวัตถุเพื่อให้ง่ายต่อการมอง ● เลือกพื้นที่ของมุมมองที่สนใจ ● พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่เลือกกับเส้นขอบ (Edge) ของมุมมองอื่น ● วาดรายละเอียดเพิ่มเติมในกล่องแก้ว ● พิจารณาเส้นแสดงส่วนที่บดบัง (hidden line) เพื่อลงรายละเอียดวัตถุ *หมายเหตุ: เนื้อหาในส่วนนี้มีการใช้วัตถุจำลอง(Hand held model) เอามาช่วยในการสอน
เนื้อหาส่วนที่ยาก (การหามุมมองที่เหลือจากมุมมองที่กำหนดให้ 2 มุมมอง)	● พิจารณามุมมองด้านหน้าของวัตถุ (Front View) เพื่อเลือกพื้นที่ที่สนใจ ● พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ในมุมมองด้านหน้ากับเส้นขอบในมุมมองอื่นๆ ● สร้างกล่องแก้วเพื่อเป็นการนำร่อง ● วาดรายละเอียดในแต่ละส่วนที่พิจารณา ● วาดมุมมองที่เหลือ ● เปรียบเทียบรายละเอียดของวัตถุ *หมายเหตุ: เนื้อหาในส่วนนี้มีการใช้วัตถุจำลอง(Hand held model) เอามาช่วยในการสอน

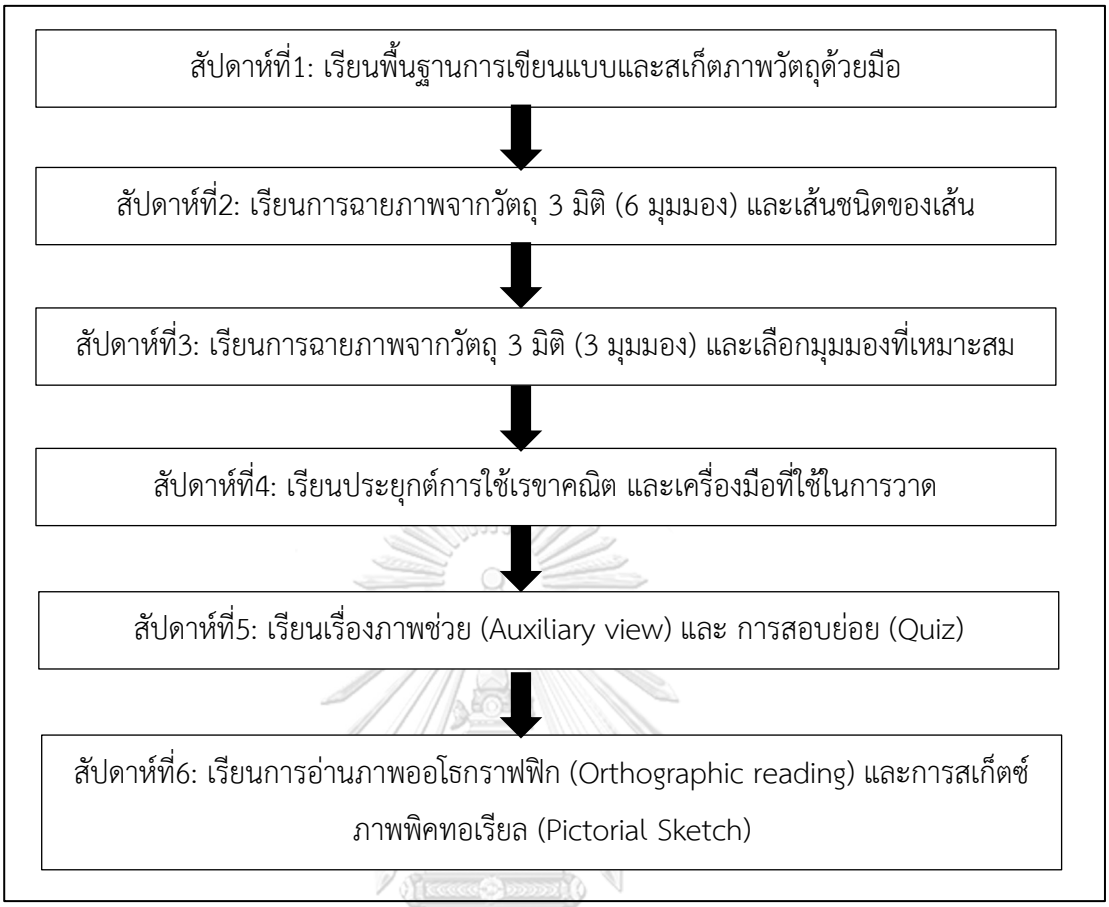
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

*หมายเหตุ: รูปแบบการสอนแบบวิเคราะห์ถูกออกแบบมาโดยประยุกต์จาก (Baenninger & Newcombe, 1989; Baron, 1978; Dominguez, Martin-Gutierrez, Gonzalez, & Corredeaguas, 2012; Gluck & Fitting, 2003; Hsi, Linn, & Bell, 1997; Linn & Petersen, 1985; S. Sorby, Casey, Veurink, & Dulaney, 2013; S. Sorby & Veurink, 2010; S. A. Sorby, 2007; S. A. Sorby & Baartmans, 2000)

3.2.4. วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บข้อมูล

การทดสอบในระยะนี้เป็นการจัดรูปแบบการอบรมโดยแบ่งการอบรมออกเป็น 2 ห้องควบคุมได้แก่ ห้องแรกคือ ห้องอบรมแบบองค์รวม (Holistic training) และห้องที่สองคือห้องอบรมแบบวิเคราะห์ (Analytic training) ซึ่งใช้ระยะเวลาในการดำเนินการสอนทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ ซึ่งรูปแบบการอบรมแต่ละแบบจะมีผู้เรียนทั้ง 3 กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันตามที่ถูกสุ่มจากการลงทะเบียนเรียน ในแต่ละสัปดาห์ผู้เรียนจะได้รับการอบรมตามเนื้อหาที่ได้ออกแบบไว้ แต่จะมีรูปแบบในการสอนที่แตกต่างกันตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งมีวิธีดำเนินการทดลองในแต่ละสัปดาห์ดังแสดงในรูปที่ 3.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



*หมายเหตุ: เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนเหมือนกันในทุกห้องอบรม

รูปที่ 3.5 รูปแบบการอบรมในระยะที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3. ระยะการทำงานที่ 3

ขั้นตอนหลังการอบรม เป็นการประเมินผลความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการฝึกอบรม ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ การประเมินผลจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของผู้เรียนในแต่ละห้องการอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์) และการประเมินผลจากคะแนนสอบกลางภาค เพื่อเพื่อวัดประสิทธิภาพหลังการอบรมของแต่ละห้อง (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม)

3.3.1. ผู้เข้าร่วมทดสอบ

ในระยะนี้จะใช้กลุ่มเป้าหมายกลุ่มเดียวกันกับกลุ่มเป้าหมายในระยะการทำงานที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของนิสิต

1) กลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบองค์รวม (Holistic Group)

นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพศชายและหญิง จำนวน 197 คน อายุระหว่าง 18-19 ปี

2) กลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบวิเคราะห์ (Analytic Group)

นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพศชายและหญิง จำนวน 225 คน อายุระหว่าง 18-19 ปี

3) กลุ่มผู้ทดสอบห้องอบรมแบบเดิม (Traditional Group)

นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพศชายและหญิง จำนวน 276คน อายุระหว่าง 18-19 ปี

3.3.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องเขียนต่างๆ (ดินสอ ปากกา ปากกาลบคำผิด และยางลบ) และนาฬิกาจับเวลา สำหรับการทำแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ และแบบประเมินกลยุทธ์ที่ใช้การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

3.3.3. เครื่องมือที่ใช้วัดผล

3.3.3.1. แบบทดสอบ Mental Rotation Tests (MRT)

แบบทดสอบนี้เป็นหนึ่งในแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยแบบทดสอบนี้ถูกออกแบบมาเพื่อเข้าถึงความสามารถในการมองรูปวัตถุที่ถูกหมุนในแกนหรือองศาต่างๆ ของแต่ละบุคคล โดยมีตัวอย่างของคำถามดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งแบบทดสอบนี้ประกอบไปด้วยข้อทดสอบจำนวน 10 ข้อ โดยในแต่ละข้อทดสอบจะมีคำตอบที่ถูกต้อง 2 คำตอบ กล่าวคือใน 1 ข้อทดสอบผู้ทดสอบต้องตอบ 2 คำตอบ ซึ่งข้อทดสอบหนึ่งข้อจะมีคะแนนได้ตั้งแต่ 0 ถึง 2 คะแนน กล่าวได้ว่าหากผู้ทดสอบตอบคำถามได้ถูกทั้ง 2 คำตอบจะได้รับ 2 คะแนน แต่ถ้าตอบถูกเพียง 1 คำตอบจะได้รับ 1 คะแนน และถ้าตอบไม่ถูกเลยผู้ทดสอบจะไม่ได้รับคะแนนใดๆเลยในข้อทดสอบนั้น (Vandenberg & Kuse, 1978)

3.3.3.2. แบบทดสอบ Purdue spatial Visualization Tests: Rotation (PSVT:R)

แบบทดสอบนี้เป็นหนึ่งในแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยแบบทดสอบนี้ถูกออกแบบมาเพื่อทดสอบการมองการหมุนของวัตถุสามมิติ ของแต่ละบุคคล

โดยมีตัวอย่างของคำถามดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งแบบทดสอบประกอบไปด้วยข้อทดสอบจำนวน 15 ข้อ และใช้เวลาในการทดสอบ 10 นาที โดยในแต่ละข้อทดสอบจะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 คำตอบเท่านั้น ซึ่งใน 1 ข้อทดสอบจะมีคะแนนคือ 0 หรือ 1 คะแนน กล่าวคือหากผู้ทดสอบตอบถูกจะได้รับคะแนน 1 คะแนน แต่ถ้าตอบไม่ถูกเลยผู้ทดสอบจะไม่ได้รับคะแนนใดๆเลยในข้อทดสอบนั้นๆ (Guay, 1977)

3.3.3.3. คะแนนสอบกลางภาคของวิชาพื้นฐานการแบบวิศวกรรม

ข้อสอบกลางภาครายวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม เป็นข้อสอบที่มีการนำเอาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งข้อสอบประกอบไปด้วย 5 คำถามซึ่งเป็นข้อเขียน โดยแต่ละข้อคำถามจะมีคะแนนข้อละ 10 คะแนน กล่าวคือนิสิตจะมีช่วงคะแนนได้ตั้งแต่ 0-50 คะแนน ซึ่งคะแนนดังกล่าวนี้จะนำมาหารให้เหลือ 35 คะแนน จะถือเป็นคะแนนสอบกลางภาคของนิสิต

โดยตัวชี้วัดในระยะดังกล่าวนี้ จะถูกนำมาใช้เพื่อประเมินระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมของผู้เรียนและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนในแต่ละห้องอบรม

3.3.4. ตัวแปรในการทดสอบ

ตัวแปรในการทดสอบจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่คะแนนความถูกต้องจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ และคะแนนสอบกลางภาครายวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.4.1. แบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์

ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

- ระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (ระดับต่ำ และระดับสูง)
- ห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์)
- กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (องค์รวม วิเคราะห์ และระหว่างกลาง)

ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

- คะแนนจากแบบทดสอบ (แบบทดสอบ MRT และแบบทดสอบ PSVT:R)

ตัวแปรควบคุม (Controlled Variable)

- กำจัดผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ในด้านมิติสัมพันธ์มาก่อน
- ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบดังที่แสดงไปข้างต้น
- สภาพแวดล้อมจะต้องปราศจากเสียงรบกวน

3.3.4.2. ข้อสอบกลางภาครายวิชาพื้นฐานการเขียนแบบวิศวกรรม

ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

- ห้องอบรม แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่
  - ห้องอบรมแบบองค์รวม
  - ห้องอบรมแบบวิเคราะห์
  - ห้องอบรมแบบเดิม

ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

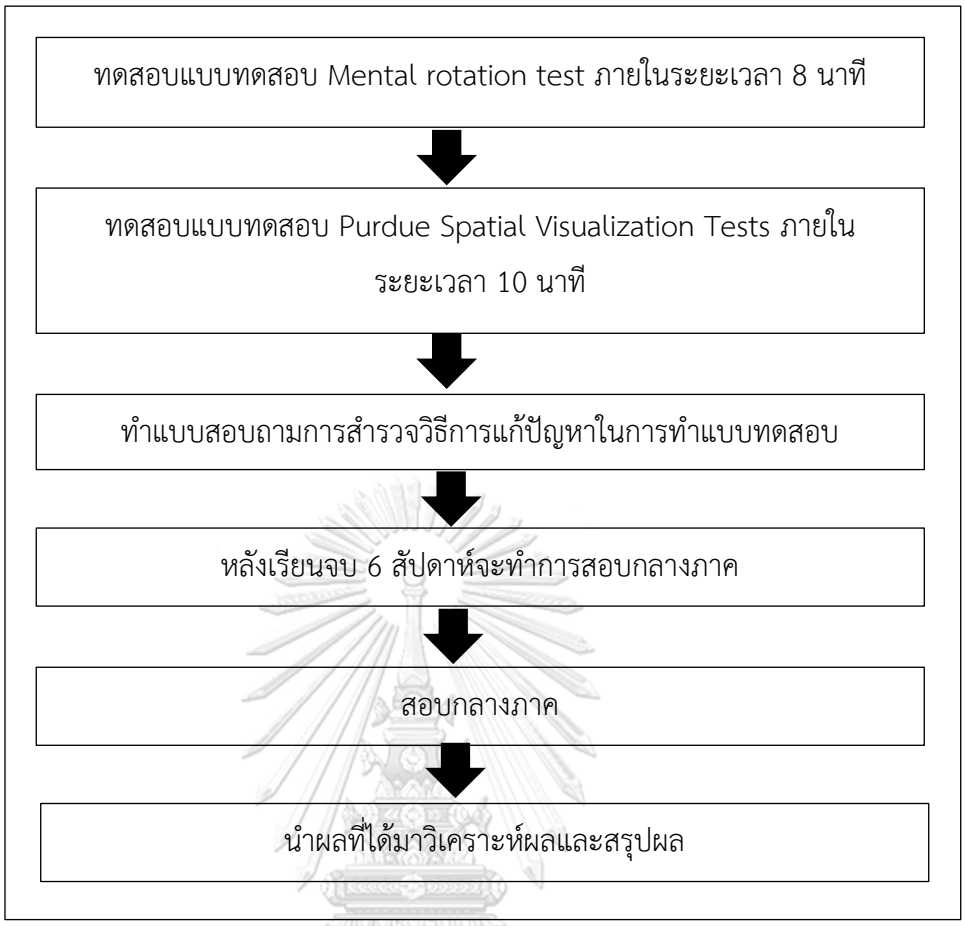
- คะแนนจากข้อสอบกลางภาค

ตัวแปรควบคุม (Controlled Variable)

- ระยะเวลาในการทำข้อสอบ 3 ชั่วโมง
- สภาพแวดล้อมจะต้องปราศจากเสียงรบกวน

3.3.5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

การทดสอบในระยะนี้เป็นระยะสุดท้ายของการทดสอบ ซึ่งในรอบนี้เป็นการประเมินความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการฝึกอบรม เพื่อเปรียบเทียบผลก่อน-หลังการฝึกอบรม กล่าวคือในระยะนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความแตกต่างของผลคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และพิจารณาถึงกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาหลังผ่านการจัดการฝึกอบรม และเปรียบเทียบผลคะแนนกลางภาคของแต่ละห้อง โดยในระยะนี้มีรายละเอียดของการดำเนินการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 รูปแบบการทดสอบหลังการอบรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งระยะการทำงานออกเป็น 3 ระยะได้แก่ระยะการทำงานที่ 1 คือระยะก่อนการฝึกอบรม เป็นระยะการประเมินระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์พร้อมทั้งแบ่งประเภทของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ต่อมาระยะการทำงานที่ 2 คือระยะการอบรม เป็นระยะการฝึกอบรมตามรูปแบบการสอนที่พิจารณาตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน ฝึกอบรมตามรูปแบบการสอนที่พิจารณาตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน และระยะสุดท้ายคือระยะหลังการฝึกอบรม เป็นระยะการประเมินผลความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการฝึกอบรม โดยในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดผลการดำเนินการวิจัยใน 2 ระยะได้แก่ ระยะก่อนการฝึกอบรม และระยะหลังการฝึกอบรม เนื่องจากในระยะอบรมเป็นการอบรมตามรูปแบบไม่ได้มีการวัดผลซึ่งกล่าวรายละเอียดการอบรมในบทที่3

4.1. ระยะก่อนการฝึกอบรม

แบ่งประเภทของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์พร้อมทั้งประเมินระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียน โดยในระยะนี้จะทำการทดสอบกับห้องอบรมแบบองค์รวมและห้องอบรมแบบวิเคราะห์ตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.1. ผลจากการแบ่งประเภทของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

จากการทำแบบประเมินการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์หลังจากการทำแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ของห้องอบรม สามารถแบ่งผู้เรียนตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ได้

แบบประเมินการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สามารถคัดแยกผู้เรียนที่ตอบแบบประเมินไม่ถูกต้องได้ ซึ่งหลังจากทำการประเมินสามารถคัดแยกผู้เรียนที่มีประสบการณ์และตอบแบบประเมินอย่างไม่ถูกต้องออกจากการทดสอบได้ทั้งสิ้น 129 คนจากทั้ง 2 ห้องการอบรมซึ่งรายละเอียดของผู้เรียนหลังคัดแยกผู้เข้าเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์มีดังนี้

1) ห้องอบรมแบบองค์รวม

หลังจากการคัดแยกผู้เรียนจากแบบประเมินการใช้กลยุทธ์ด้านมิติสัมพันธ์ ทำให้ผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมมีจำนวนทั้งสิ้น 197 คนซึ่งแบ่งผู้เรียนตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ได้ดังนี้

- กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม (Holistic Strategy) จำนวน 41 คน
- กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ (Analytic Strategy) จำนวน 83 คน
- กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง (Intermediate Strategy) จำนวน 73 คน

2) ห้องอบรมแบบวิเคราะห์

หลังจากการคัดแยกผู้เรียนจากแบบประเมินการใช้กลยุทธ์ด้านมิติสัมพันธ์ ทำให้ผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมมีจำนวนทั้งสิ้น 225 คนซึ่งแบ่งผู้เรียนตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ได้ดังนี้

- กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม (Holistic Strategy) จำนวน 50 คน
- กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ (Analytic Strategy) จำนวน 68 คน
- กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง (Intermediate Strategy) จำนวน 107 คน

4.1.2. ผลจากการประเมินระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ในระยะนี้จะทำการประเมินระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนโดยแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ทั้ง 2 แบบได้แก่แบบทดสอบ MRT และแบบทดสอบ PSVT เพื่อหาระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนก่อนการอบรมทั้ง 2 ห้องอบรม โดยแบบทดสอบจะสามารถแบ่งผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทางสถิติของคะแนนจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์

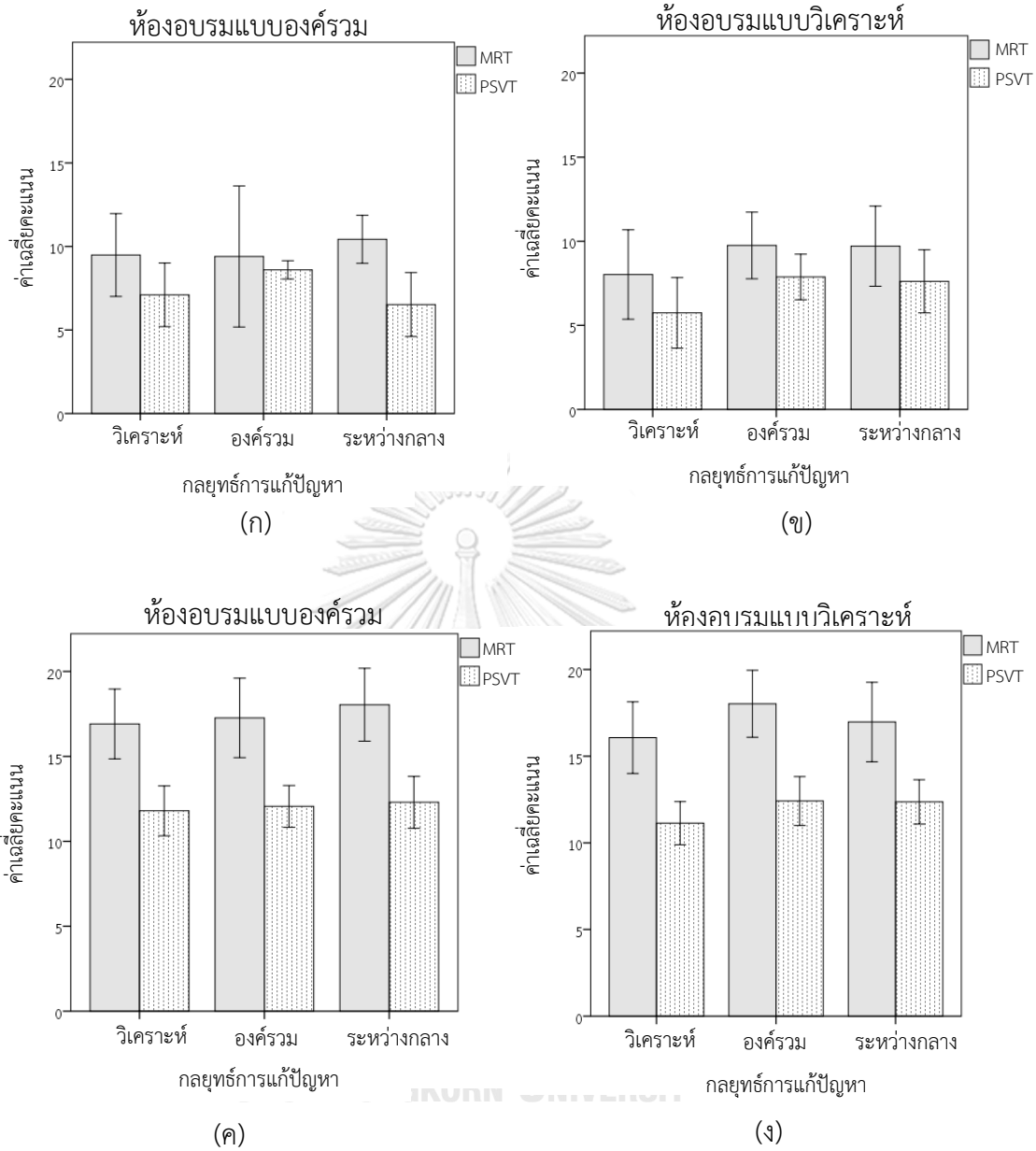
แบบทดสอบ	ห้องอบรม	ระดับความสามารถ	กลยุทธ์การแก้ปัญหา	N	Mean	SD
แบบทดสอบ Mental rotation	แบบวิเคราะห์	ต่ำ	วิเคราะห์	39	8.03	2.661
			องค์รวม	9	9.33	2.236
			ระหว่างกลาง	34	9.71	2.381
		สูง	วิเคราะห์	29	16.07	2.069
			องค์รวม	41	18.02	1.930
			ระหว่างกลาง	73	16.95	2.272
	แบบองค์รวม	ต่ำ	วิเคราะห์	39	9.49	2.480
			องค์รวม	5	9.40	4.219
			ระหว่างกลาง	21	10.43	1.434
		สูง	วิเคราะห์	44	16.91	2.055
			องค์รวม	36	17.22	2.307
			ระหว่างกลาง	52	17.98	2.147
แบบทดสอบ Purdue Spatial visualization	แบบวิเคราะห์	ต่ำ	วิเคราะห์	39	5.74	2.099
			องค์รวม	8	7.88	1.356
			ระหว่างกลาง	36	7.56	1.843
		สูง	วิเคราะห์	29	11.14	1.246
			องค์รวม	42	12.45	1.418
			ระหว่างกลาง	71	12.37	1.279
	แบบองค์รวม	ต่ำ	วิเคราะห์	39	7.10	1.903
			องค์รวม	7	8.43	0.787
			ระหว่างกลาง	23	6.61	1.852
		สูง	วิเคราะห์	44	11.80	1.472
			องค์รวม	34	12.06	1.229
			ระหว่างกลาง	50	12.30	1.529

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อนำข้อมูลมาเขียนกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.1 ในผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำจะเห็นว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์และผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าห้องอบรมแบบวิเคราะห์สำหรับแบบทดสอบทั้งสองชุด และผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง (Intermediate Strategy)ในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบ Mental Rotation tests มากกว่าห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ในขณะที่มีคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบ Purdue spatial Visualization Tests น้อยกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และเมื่อพิจารณาผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงจะเห็นว่าในห้องอบรมแบบองค์รวมผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่แตกต่างกันทั้ง 3 รูปแบบนั้นมีคะแนนใกล้เคียงกันทั้งสองชุดการทดสอบ ในขณะที่ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์แบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบ Mental rotation tests สูงสุดเมื่อเทียบกับกลยุทธ์ที่เหลือและผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดทั้งสองแบบทดสอบ

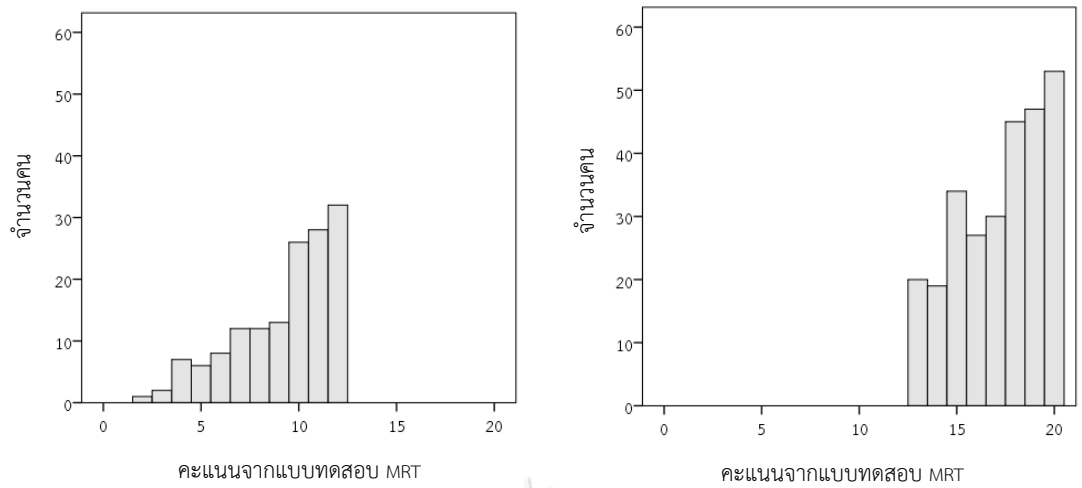
เมื่อทำการพิจารณาคะแนนจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนทั้งสองห้องอบรมจะเห็นว่าได้ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงมีการกระจายตัวของคะแนนจากแบบทดสอบMental Rotation และแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualizationที่อยู่ในช่วงที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ตามลำดับ โดยผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำจะมีคะแนนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 12 คะแนนในขณะที่ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงจะมีคะแนนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 13 ถึง 20 คะแนนจากคะแนนเต็ม 20 คะแนนสำหรับแบบทดสอบ MRT ในขณะที่แบบทดสอบ PSVT ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำจะมีคะแนนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 9 คะแนนในขณะที่ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงจะมีคะแนนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 ถึง 15 คะแนนจากคะแนนเต็ม 15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



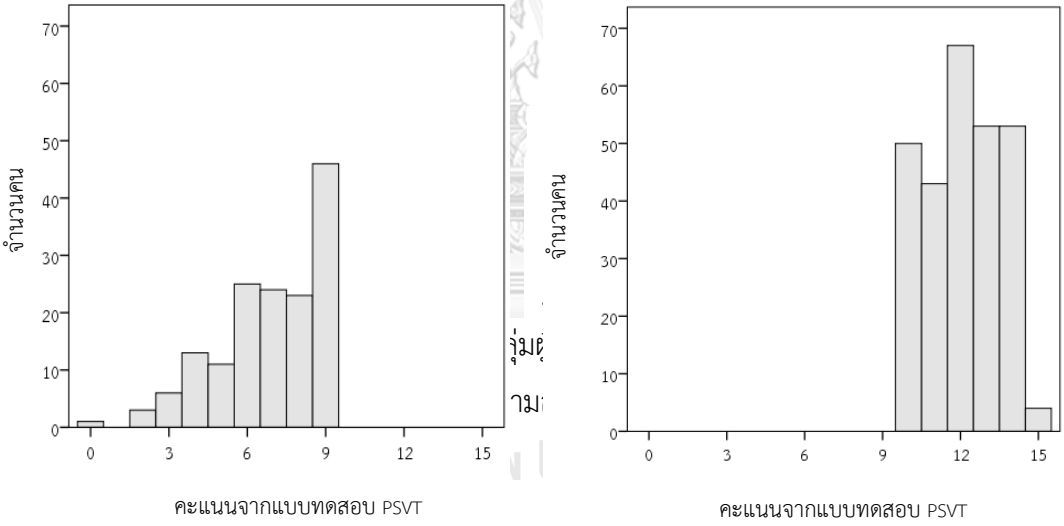
รูปที่ 4.1 คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ (ก) กลุ่มผู้เรียนมีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำในห้องอบรมแบบองค์รวม (ข) กลุ่มผู้เรียนมีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ สัมพันธ์ (ค) กลุ่มผู้เรียนมีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงในห้องอบรมแบบองค์รวม (ง) กลุ่มผู้เรียนมีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงในห้องอบรมแบบวิเคราะห์

*หมายเหตุ จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าคะแนนจากแบบทดสอบ PSVT มีคะแนนต่ำกว่าคะแนนจากแบบทดสอบ MRT เนื่องจากคะแนนPSVTมีคะแนนเต็มเท่ากับ 15 คะแนนในขณะที่คะแนน MRT มีคะแนนเต็มเท่ากับ 20 คะแนนจึงทำให้คะแนนจากแบบทดสอบ PSVT มีคะแนนต่ำกว่า



(ก) (ข)

รูปที่ 4.2 คะแนนจากแบบทดสอบ MRT (ก) กลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ (ข) กลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง



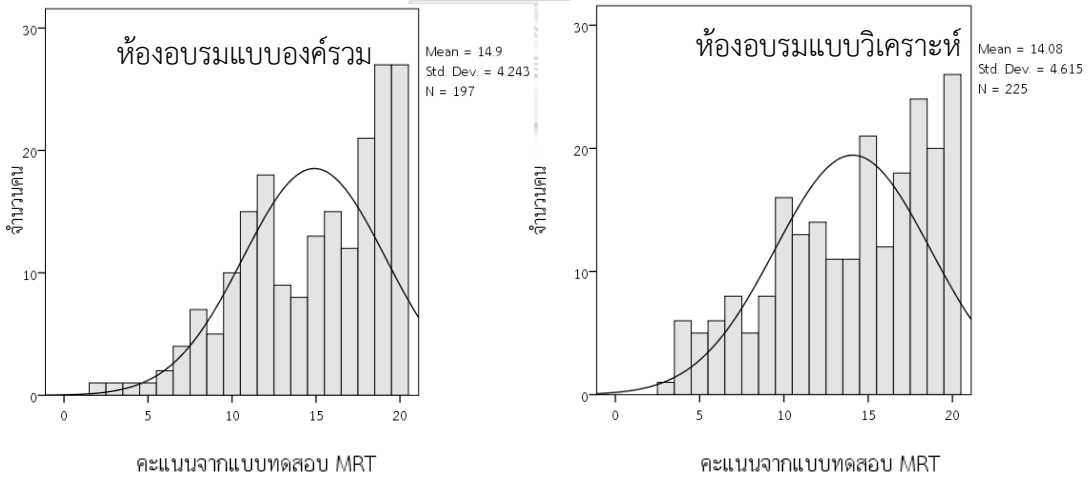
(ก) (ข)

จากรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าช่วงคะแนนของกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง และต่ำนั้นมีช่วงคะแนนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน จึงจำเป็นต้องแบ่งกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงและผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำออกจากกัน และ

เนื่องจากผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันนั้นส่งผลให้หลังการอบรมผลต่างคะแนนระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมมีช่วงคะแนนที่แตกต่างกัน ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าช่วงคะแนนที่แตกต่างกันระหว่างก่อนอบรมและหลังอบรมของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงนี้มีช่องว่างของคะแนนในการพัฒนาที่แคบกว่าผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ดังนั้นในการดำเนินงานวิจัยจึงจำเป็นต้องแบ่งกลุ่มของผู้เรียนเพื่อพิจารณาตามระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียน

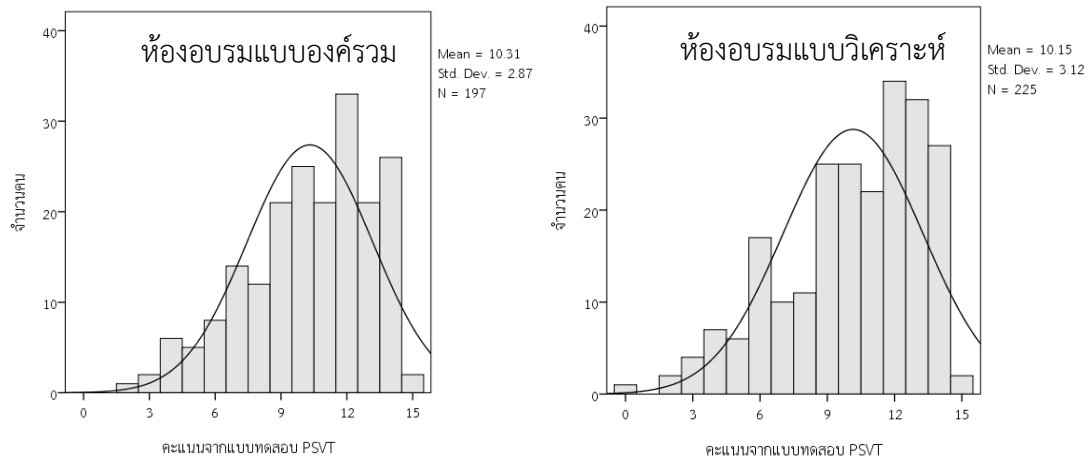
4.1.3. ผลจากการเปรียบเทียบระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ในระยะนี้จะทำการเปรียบเทียบระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนทั้งสองห้องอบรม เพื่อตรวจว่าผู้เรียนทั้งสองห้องอบรมนั้นมีพื้นฐานก่อนเรียนที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีการกระจายตัวของคะแนนจากแบบทดสอบทั้งสองชุด จากทั้งสองการอบรมดังแสดงในรูปที่ 4.4 และรูป 4.5 ตามลำดับจะเห็นได้ว่าการกระจายของข้อมูลทั้งสองห้องอบรมนั้นมีรูปแบบการกระจายตัวของคะแนนจากแบบทดสอบทั้งสองชุดในทิศทางเดียวเดียวกันและมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีใกล้เคียงกัน



(ก) (ข)

รูปที่ 4.4 การกระจายตัวของคะแนนMental Rotation testsจากสองห้องอบรม (ก) กลุ่มห้องอบรมแบบองค์รวม (ข) กลุ่มห้องอบรมแบบวิเคราะห์



(ก) (ข)

รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของคะแนนPurdue Spatial Visualization testจากสองห้องอบรม (ก) กลุ่มห้องอบรมแบบองค์รวม (ข) กลุ่มห้องอบรมแบบวิเคราะห์

จากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นโดยการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนสำหรับตัวแปรตามแต่ละตัว (Levene's Test of Equality of Error Variance) ตามตารางที่ 4.2 โดยมีห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์) เป็นตัวแปรต้น คะแนนจากแบบทดสอบ Mental Rotation tests และแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Tests เป็นตัวแปรตาม ซึ่งจากตารางพบว่าความแปรปรวนของแบบทดสอบ Mental Rotation tests และความแปรปรวนของแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Tests ในแต่ละห้องอบรมนั้นมีค่าความแปรปรวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.2 การทดสอบความแตกต่างของความแปรวปรวนจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ (Levene's Test of Equality of Error Variance)

แบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์	Levene Statistic	df1	df2	Sig
แบบทดสอบ MRT	1.825	11	410	0.048
แบบทดสอบ PSVT	2.745	11	410	0.002

4.1.3.1. ผลจากแบบทดสอบ MRT ก่อนการอบรม

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของแบบทดสอบ MRT (Two way analysis of variance: ANOVA) ตามตารางที่ 4.3 โดยมีตัวแปรต้น 3 ตัวได้แก่ ห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์) กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) และระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (ระดับสูง และระดับต่ำ) ซึ่งมีตัวแปรตามคือ คะแนนจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ก่อนการอบรม พบว่าตัวแปรในกลุ่มห้องอบรมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 3.735$, $p > 0.05$) แต่ตัวแปรในด้านกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F= 9.745$, $p < 0.001$) และตัวแปรในด้านระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 739.214$, $p < 0.001$)

ตารางที่ 4.3 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของผู้เรียนก่อนการอบรมของแบบทดสอบ MRT

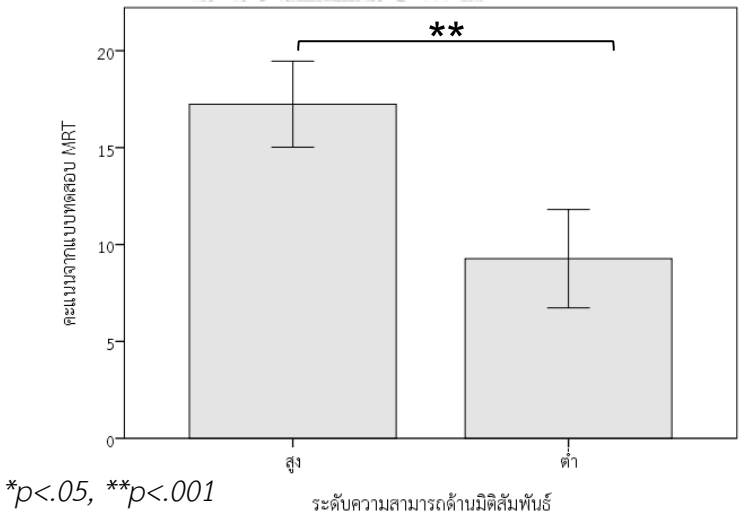
แหล่งความแปรผัน	SS	df	MS	F
ห้องอบรม	18.998	1	18.998	3.735
กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	99.145	2	49.572	9.745**
ระดับความสามารถ	3760.217	1	3760.217	739.214**
ห้องอบรม * กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	19.677	2	9.838	1.934
ห้องอบรม * ระดับความสามารถ	2.383	1	2.383	0.468
กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา * ระดับความสามารถ	6.652	2	3.326	0.654
ห้องอบรม * กลยุทธ์ที่ใช้ * ระดับความสามารถ	5.207	2	2.603	0.512
ความคลาดเคลื่อน	2085.577	410	5.087	

**p<.05, **p<.001*

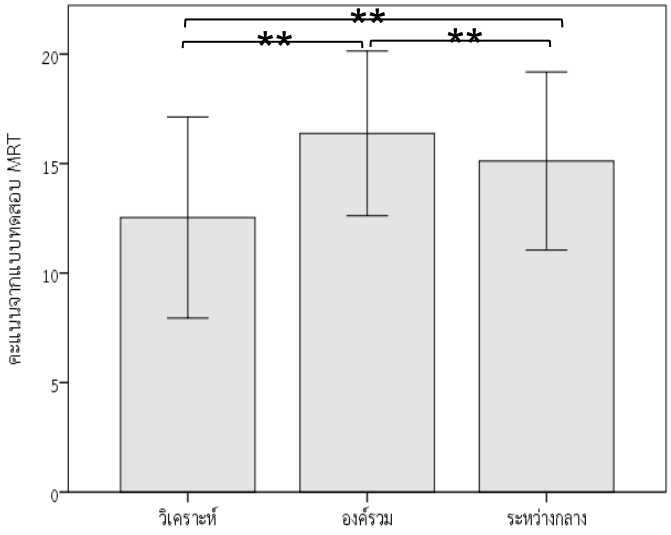
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางพบว่ามีความแตกต่างของคะแนนจากแบบทดสอบ MRT ระหว่างกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง และ กลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง มีคะแนนจากแบบทดสอบ MRT สูงกว่าผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำอย่างมีนัยสำคัญดังแสดงในรูปที่ 4.6

ผลจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Post Hoc analyse) พบว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และผู้เรียนที่มีการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) และผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) จากผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ส่งผลต่อคะแนนที่ได้รับจากการทำแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนของระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของแบบทดสอบ MRT



*p<.05, **p<.001

รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของแบบทดสอบ MRT

4.1.3.2. ผลจากแบบทดสอบ PSVT ก่อนการอบรม

ผลจากการวิเคราะห์การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของแบบทดสอบ PSVT (Two way analysis of variance: ANOVA) ตามตารางที่ 4.5 โดยมีตัวแปรต้น 3 ตัวได้แก่ ห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์) กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) และระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (ระดับสูง และระดับต่ำ) ซึ่งมีตัวแปรตามคือคะแนนจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ก่อนการอบรม พบว่าตัวแปรในกลุ่มห้องอบรมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 1.023$, $p > 0.05$) แต่ตัวแปรในด้านกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F= 15.367$, $p < 0.001$) และตัวแปรในด้านระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 626.924$, $p < 0.001$)

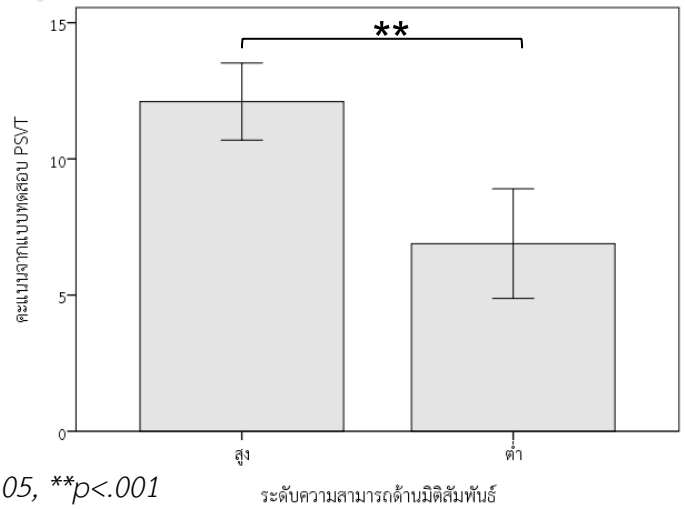
ตารางที่ 4.4 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของผู้เรียนก่อนการอบรมของแบบทดสอบ PSVT

แหล่งความแปรผัน	SS	df	MS	F
ห้องอบรม	2.531	1	2.531	1.023
กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	76.001	2	38.000	15.367**
ระดับความสามารถ	1550.270	1	1550.270	626.924**
ห้องอบรม * กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	43.195	2	21.597	8.734**
ห้องอบรม * ระดับความสามารถ	1.102	1	1.102	0.446
กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา * ระดับความสามารถ	12.467	2	6.234	2.521
ห้องอบรม * กลยุทธ์ที่ใช้ * ระดับความสามารถ	14.641	2	7.320	2.960
ความคลาดเคลื่อน	1013.855	410	2.473	

**p<.05, **p<.001*

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางพบว่ามีความแตกต่างของคะแนนจากแบบทดสอบ PSVT ระหว่างกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง และ กลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง มีคะแนนจากแบบทดสอบ PSVT สูงกว่าผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำอย่างมีนัยสำคัญดังแสดงในรูปที่ 4.8

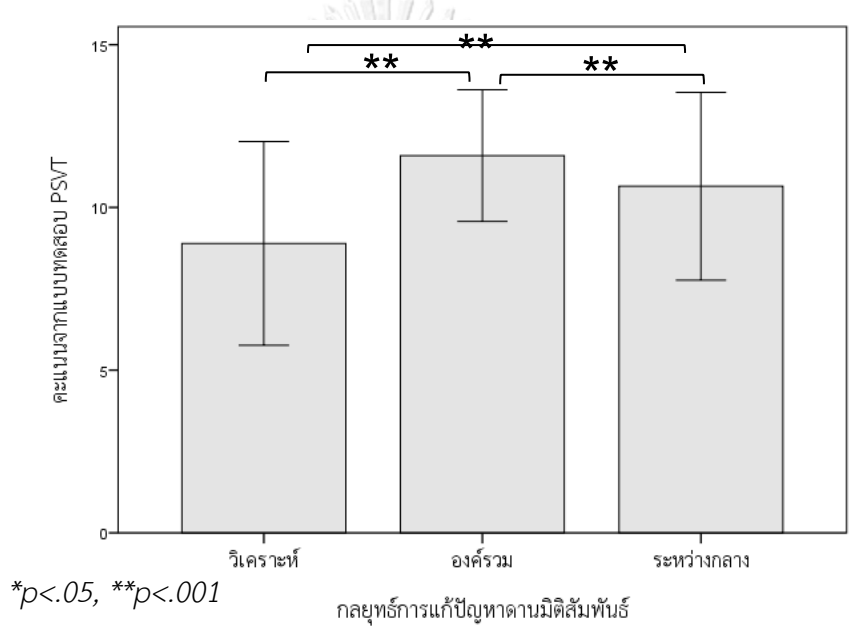
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



**p<.05, **p<.001*

รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนของระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของแบบทดสอบ PSVT

ผลจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Post Hoc analyse) ตามตารางที่ 4.6 พบว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์และผู้เรียนที่มีการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) และผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) จากผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ส่งผลต่อคะแนนที่ได้รับจากการทำแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 4.9



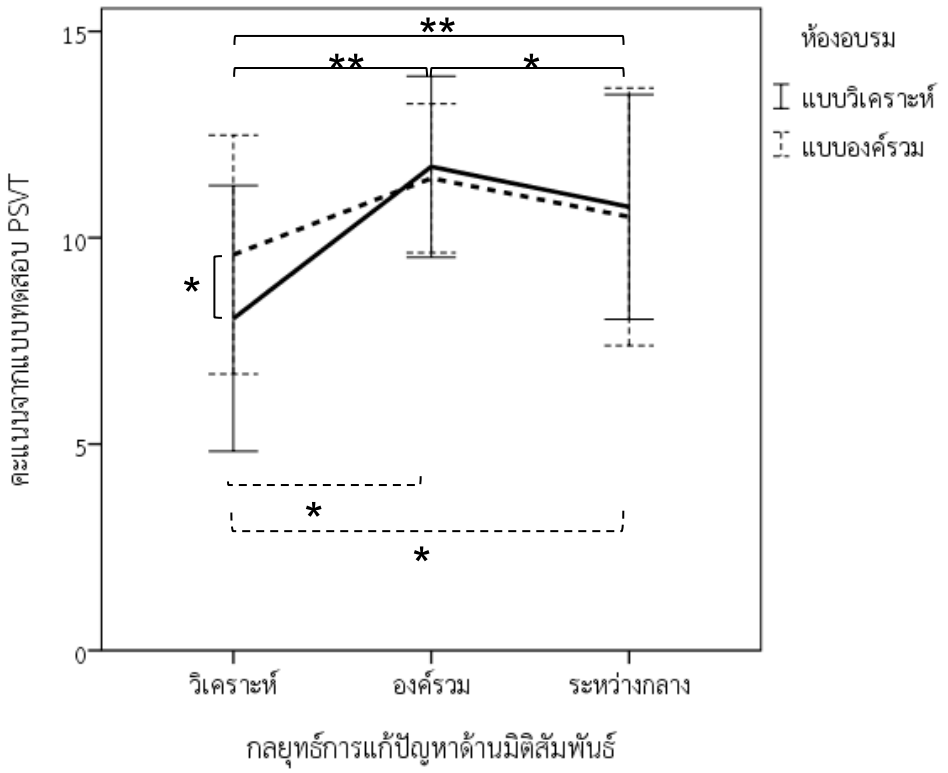
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของแบบทดสอบ PSVT

ผลจากการพิจารณาปัจจัยร่วมกันระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Interaction) พบว่ามีการกระทำร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 8.734$, $p < 0.001$) ซึ่งผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือผู้เรียนที่กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวมมีความสามารถพื้นฐานก่อนอบรมในด้านของการมองภาพของวัตถุสามมิติในทิศทางต่างๆ (Spatial visualization) ได้ดีกว่าผู้เรียนที่กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ในทางกลับกันพบว่าในผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และผู้เรียนที่ใช้ในกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบ ระหว่างกลาง ไม่มีความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบ PSVT สำหรับห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าผู้เรียนในทั้งสองกลยุทธ์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์นั้นมีคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบ PSVT สูงกว่าผู้เรียนในทั้งสองกลยุทธ์ในห้องอบรมแบบองค์รวม

เมื่อพิจารณาในแต่ละห้องอบรมพบว่าในห้องอบรมแบบองค์รวมนั้น ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีคะแนนเฉลี่ยก่อนการอบรมจากแบบทดสอบ PSVT ต่ำกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์แบบองค์รวม และแบบระหว่างกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และผู้ที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางไม่มีความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนการอบรมจากแบบทดสอบ PSVT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิต และในขณะเดียวกันนั้นเมื่อพิจารณาในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ พบว่าในห้องอบรมแบบวิเคราะห์นั้น ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยก่อนการอบรมจากแบบทดสอบ PSVT สูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังแสดงในรูปที่ 4.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.10 ปัจจัยร่วมกันระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของคะแนนจากแบบทดสอบ PSVT

4.2. ระยะหลังการฝึกอบรม

ประเมินผลความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการฝึกอบรม ซึ่งในระยะนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ การประเมินผลจากคะแนนสอบกลางภาคของห้องอบรมทั้ง 3 ห้อง และการประเมินผลจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ของห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์

4.2.1. ผลจากคะแนนสอบกลางภาค

การประเมินในส่วนนี้จะประเมินจากคะแนนสอบกลางภาคซึ่งครอบคลุมเนื้อหาในส่วนที่ออกแบบการสอนไว้ทั้งสิ้น คะแนนที่ได้รับในส่วนนี้จะมีคะแนนเต็ม 35 คะแนน ซึ่งผลจากคะแนนสอบกลางภาคที่นำมาวิเคราะห์จะมาจาก 3 ห้องอบรมคือ ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิมเพื่อเปรียบเทียบว่าห้องอบรมที่ได้ออกแบบใหม่นั้น (ห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์) มีประสิทธิภาพในการอบรมสูงกว่าการอบรมแบบเดิม

อย่างมีนัยสำคัญ และทำการวิเคราะห์ผลคะแนนสอบกลางภาคจากห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่อรูปแบบการสอนที่แตกต่างกัน

4.2.1.1. ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนสอบกลางภาคระหว่างห้อง 3 ห้อง

ในระยะนี้จะทำการเปรียบเทียบคะแนนกลางภาคของห้องอบรมทั้ง 3 ห้องที่แตกต่างกัน โดยห้องอบรมแบบเดิมนั้นผู้ดำเนินการวิจัยไม่ได้จัดรูปแบบการอบรมตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาของผู้เรียน เพื่อให้การสอนดำเนินไปตามรูปแบบการสอนเดิม ซึ่งการเปรียบเทียบในส่วนนี้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผู้เรียนหลังการเรียนตามรูปแบบการสอนของห้องอบรมที่แตกต่างกัน (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) ซึ่งคะแนนในส่วนนี้เป็นคะแนนความถูกต้องที่มีคะแนนเต็มเท่ากับ 35 คะแนนซึ่งมีรายละเอียดคะแนนกลางภาคของผู้เรียนตามห้องอบรมดังแสดงในตารางที่ 4.5

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าคะแนนสอบกลางภาคของห้องอบรมแบบเดิมมีคะแนนเฉลี่ย 19.328 ซึ่งมีคะแนนน้อยกว่าคะแนนสอบกลางภาคของห้องอบรมแบบองค์รวมและห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ในขณะที่ห้องอบรมแบบองค์รวมมีค่าเฉลี่ยคะแนน เท่ากับ 21.589 ถือเป็นค่าเฉลี่ยคะแนนที่มากที่สุด และในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.580 ซึ่งมีค่ามากที่สุดใน 3 กลุ่มห้องอบรมกล่าวคือคะแนนของผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีการกระจายตัวของข้อมูลมากกว่าผู้เรียนในกลุ่มอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลทางสถิติของคะแนนสอบกลางตามกลุ่มห้องอบรม

ห้องอบรม	N	Mean	SD
แบบวิเคราะห์	276	20.608	7.580
แบบองค์รวม	275	21.589	7.514
แบบเดิม	276	19.328	6.928

จากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นโดยการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนสำหรับตัวแปรตาม (Levene's Test of Equality of Error Variance) ตามตารางที่ 4.6 โดยมีห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) เป็นตัวแปรต้น และคะแนนสอบกลางภาคเป็นตัวแปรตาม ซึ่งจากตารางพบว่าความแปรปรวนของคะแนนสอบกลางภาค ในแต่ละห้องอบรมนั้นมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) กล่าวคือผลจากการวิเคราะห์ SPSS ของคะแนนสอบกลางภาคมีความเชื่อมั่นสูงในการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance: ANOVA) ตามตารางที่ 4.7 โดยมีตัวแปรต้นได้แก่ ห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) และมีตัวแปรตามคือ คะแนนสอบกลางภาค พบว่ากลุ่มของห้องอบรมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F(2,824) = 423.714$, $p < 0.001$)

ผลจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Post Hoc analyse) พบว่าผู้เรียนที่อยู่ในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่อยู่ในห้องอบรมแบบเดิม อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) และผู้เรียนที่อยู่ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่อยู่ในห้องอบรมแบบเดิม อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) จากผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการอบรมที่แตกต่างกันส่งผลต่อคะแนนสอบกลางภาคดังแสดงในรูปที่ 4.11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

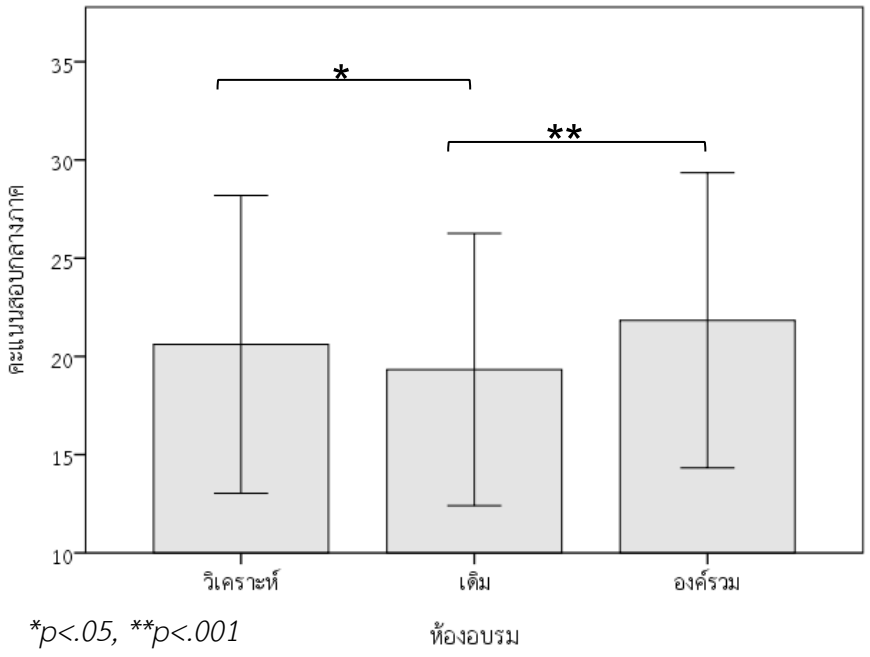
ตารางที่ 4.6 การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนจากคะแนนสอบกลางภาค (Levene's Test of Equality of Error Variance)

	Levene Statistic	df1	df2	Sig
คะแนนสอบกลางภาค	1.136	2	824	0.322

ตารางที่ 4.7 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของคะแนนสอบกลางภาคระหว่างกลุ่มของห้องอบรม

แหล่งความแปรผัน	SS	df	MS	F
ห้องอบรม	865.427	2	432.714	8.017**
ความคลาดเคลื่อน	44473.66	824	53.973	

*p<.05, **p<.001



รูปที่ 4.11 ผลจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนคะแนนกลางภาคระหว่างกลุ่มห้องอบรม 3 ห้อง

4.2.1.2. ผลจากการเปรียบเทียบกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ผ่านคะแนนสอบกลางภาค ระหว่างห้องอบรม 2 ห้อง

ในระยะนี้จะทำการเปรียบเทียบคะแนนกลางภาคของห้องอบรมเพียง 2 ห้องที่ถูกออกแบบ (ห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์) โดยในส่วนนี้ห้องอบรมแบบเดิมนั้นผู้ดำเนินการวิจัยไม่ได้เข้าไปเก็บผลในระยะแรกเนื่องจากข้อจำกัดในการเก็บข้อมูล ซึ่งการเปรียบเทียบในส่วนนี้เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่อรูปแบบ

การสอนที่แตกต่างกัน ซึ่งคะแนนในส่วนนี้เป็นคะแนนความถูกต้องที่มีคะแนนเต็มเท่ากับ 35 คะแนน เช่นเดียวกันกับข้างต้น โดยมีรายละเอียดคะแนนกลางภาคของผู้เรียนที่ถูกแบ่งตามห้องอบรมและกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาดังแสดงในตารางที่ 4.11

จากตารางที่ 4.8 พบว่าผู้เรียนในกลุ่มที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์แบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.428 ซึ่งถือเป็นค่าเฉลี่ยมากที่สุดในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 26.326 ซึ่งถือเป็นค่าเฉลี่ยมากที่สุดในห้องอบรมแบบองค์รวม ในขณะที่ ผู้เรียนในกลุ่มที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์แบบวิเคราะห์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 18.374 ซึ่งถือเป็นค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 18.968 ซึ่งถือเป็นค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในห้องอบรมแบบองค์รวม และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลคะแนนระหว่างห้องจะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยมากของห้องอบรมแบบวิเคราะห์

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลทางสถิติคะแนนสอบกลางภาคตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในแต่ละห้องอบรมของผู้เรียน

ห้องอบรม	กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	N	Mean	SD
วิเคราะห์	วิเคราะห์	66	18.374	7.634
	องค์รวม	49	24.428	6.892
	ระหว่างกลาง	107	19.179	7.225
องค์รวม	วิเคราะห์	82	18.968	7.54
	องค์รวม	38	26.326	5.532
	ระหว่างกลาง	69	21.106	7.477

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นโดยการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนสำหรับตัวแปรตาม (Levene's Test of Equality of Error Variance) ตามตารางที่ 4.9 โดยมีห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) เป็นตัวแปรต้น และคะแนนสอบกลางภาคเป็นตัวแปรตาม ซึ่งจากตารางพบว่าความแปรปรวนของคะแนนสอบกลางภาค ในแต่ละห้องอบรมนั้นมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (*p>0.05*) กล่าวคือผลจากการวิเคราะห์ SPSS ของคะแนนสอบกลางภาคมีความเชื่อมั่นต่ำกว่าผลจากการเปรียบเทียบคะแนนสอบกลางภาคระหว่างห้อง 3 ห้อง

ผลจากการวิเคราะห์การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way analysis of variance: ANOVA) ตามตารางที่ 4.10 โดยมีตัวแปรต้นได้แก่ ห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) และมีตัวแปรตามคือ คะแนนจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ พบว่าตัวแปรในกลุ่มห้องอบรมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 3.822$, $p > 0.05$) แต่ตัวแปรในกลุ่มกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 24.203$, $p < 0.05$) กล่าวคือกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างนั้นส่งผลต่อคะแนนสอบลางภาคของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.9 การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนจากคะแนนสอบกลางภาคตามกลุ่มกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Levene's Test of Equality of Error Variance)

	Levene Statistic	df1	df2	Sig
คะแนนสอบกลางภาค	1.155	5	405	0.331

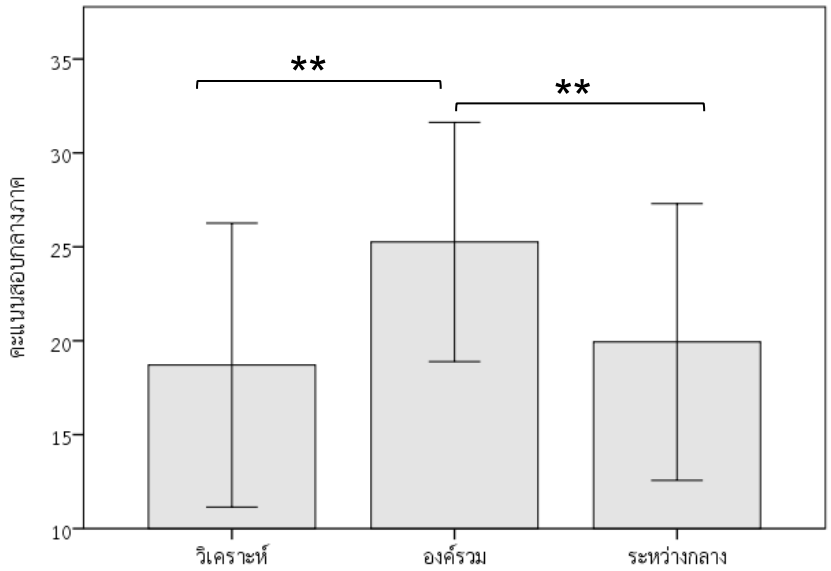
**p<.05, **p<.001*

ตารางที่ 4.10 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของคะแนนสอบกลางภาคระหว่างกลุ่มของห้องอบรมและกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

แหล่งความแปรผัน	SS	df	MS	F
ห้องอบรม	199.508	1	199.508	3.822
กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	2526.809	2	1263.405	24.203**
ห้องอบรม * กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	40.629	2	20.314	0.389
ความคลาดเคลื่อน	21141.15	405	52.200	

**p<.05, **p<.001*

ผลจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Post Hoc analyse) พบว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) และผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่ผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) ในขณะที่ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางไม่มีความแตกต่างกันของคะแนนสอบกลางภาค ($p>0.05$) จากผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ส่งผลต่อคะแนนสอบกลางภาคดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ผลจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาระหว่างกลุ่มห้องอบรม

**p<.05, **p<.001*

4.2.1.3. ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนสอบกลางภาคระหว่างห้องอบรม 3 ห้อง โดยควบคุมจำนวนผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม

ในระยะนี้จะทำการเปรียบเทียบคะแนนสอบกลางภาคของห้องอบรมทั้ง 3 ห้องอบรม โดยในระยะนี้จะทำการสุ่มผู้เรียนจากแต่ละห้องอบรมให้มีสัดส่วนของผู้เข้าร่วมทดสอบที่เท่ากัน กล่าวคือในห้องอบรมแบบองค์รวมและห้องอบรมแบบวิเคราะห์จะทำการสุ่มผู้เรียนจากแต่ละกลุ่มกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) โดยสุ่มมาจำนวนกลุ่มละ 30 คน และสุ่มผู้เรียนในห้องอบรมแบบเดิมมา 90 คน เพื่อให้จำนวนของผู้เรียนในแต่ละห้องมีจำนวนเท่ากันเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลในการแก้ปัญหาโดยผ่านการสอบกลางภาคหลังการอบรมของห้องอบรมทั้ง 3 ห้อง โดยในการสุ่มนั้นผู้ดำเนินงานวิจัยจะดำเนินการสุ่มจากโปรแกรมการสุ่มตัวเลข ซึ่งมีรายละเอียดของผู้เข้าร่วมทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.11

จากตารางที่ 4.11 จะเห็นว่าคะแนนสอบกลางภาคของห้องอบรมแบบเดิมมีคะแนนเฉลี่ย 17.985 ซึ่งมีคะแนนน้อยกว่าคะแนนสอบกลางภาคของห้องอบรมแบบองค์รวมและห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ในขณะที่ห้องอบรมแบบองค์รวมมีค่าเฉลี่ยคะแนน เท่ากับ 24.102 ถือเป็นค่าเฉลี่ยคะแนนที่มากที่สุด และในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.990 ซึ่งมีค่ามากที่สุดใน 3 กลุ่มห้องอบรมกล่าวคือคะแนนของผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีการกระจายตัวของข้อมูลมากกว่าผู้เรียนในกลุ่มอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลทางสถิติของคะแนนสอบกลางภาคของผู้เรียนที่ถูกสุ่มจากห้องอบรมทั้ง 3 ห้อง

ห้องอบรม	N	Mean	SD
แบบวิเคราะห์	90	21.961	6.990
แบบองค์รวม	90	24.102	6.616
แบบเดิม	90	17.985	6.674

จากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นโดยการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนสำหรับตัวแปรตาม (Levene's Test of Equality of Error Variance) ตามตารางที่ 4.12 โดยมีห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) เป็นตัวแปรต้น และคะแนนสอบกลางภาคเป็นตัวแปรตาม ซึ่งจากตารางพบว่าความแปรปรวนของคะแนนสอบกลางภาค ในแต่ละห้องอบรมนั้นมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) กล่าวคือผลจากการวิเคราะห์ SPSS ของคะแนนสอบกลางภาคมีความเชื่อมั่นสูงในการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance: ANOVA) ตามตารางที่ 4.7 โดยมีตัวแปรต้นได้แก่ ห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) และมีตัวแปรตามคือ คะแนนสอบกลางภาค พบว่ากลุ่มของห้องอบรมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F(2,267) = 18.961$, $p < 0.001$)

ผลจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Post Hoc analyse) พบว่าผู้เรียนที่อยู่ในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่อยู่ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) และผู้เรียนที่อยู่ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่อยู่ในห้องอบรมแบบเดิม อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) จากผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการอบรมที่แตกต่างกันส่งผลต่อคะแนนสอบกลางภาคดังแสดงในรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.12 การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนจากคะแนนสอบกลางภาค (Levene's Test of Equality of Error Variance)

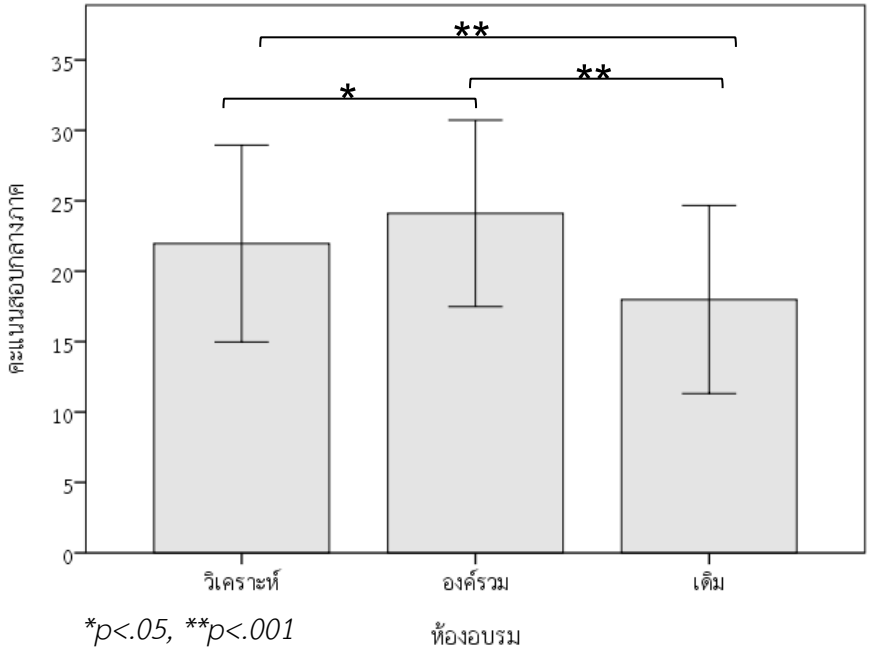
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	Levene Statistic	df1	df2	Sig
คะแนนสอบกลางภาค	0.269	2	267	0.764

ตารางที่ 4.13 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของคะแนนสอบกลางภาคระหว่างกลุ่มของห้องอบรม

แหล่งความแปรผัน	SS	df	MS	F
ห้องอบรม	1734.179	2	867.089	18.961**
ความคลาดเคลื่อน	12209.638	267	45.729	

**p<.05, **p<.001*



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนคะแนนสอบกลางภาคจากการสุ่มผู้เรียนในทั้ง 3 ห้องอบรม

4.2.2. ผลจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์

ในระยะนี้จะทำการประเมินระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนโดยแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ทั้ง 2 แบบตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 เพื่อหาระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนหลังการอบรมทั้ง 2 ห้องอบรม เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพหลังการอบรมของนิสิตในด้านการพัฒนาความสามารด้านมิติสัมพันธ์ในมิติของความถูกต้อง โดยในส่วนนี้จะทำการประเมินผลจากค่าความแตกต่างของคะแนนจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ก่อนการอบรม และหลังการอบรม เพื่อ

วิเคราะห์พัฒนาการในด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนหลังการอบรม ซึ่งมีรายละเอียดของผลการดำเนินการวิจัยดังนี้

4.2.2.1. คะแนนความแตกต่างระหว่างก่อน และหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT

ในส่วนนี้จะทำการประเมินผลจากค่าความแตกต่างของคะแนนก่อนการอบรม และหลังการอบรมจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ทั้งสองแบบทดสอบของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง

แบบทดสอบ MRT ประกอบไปด้วยคำถามจำนวน 10 ข้อ ซึ่งก่อนและหลังการอบรมผู้เรียนจะได้ทำแบบทดสอบ MRT ซึ่งคะแนนในส่วนนี้จะได้จากการนำคะแนนหลังการอบรมมาลบกับคะแนนก่อนการอบรมเพื่อดูส่วนต่างของคะแนนหลังการอบรม กล่าวคือเป็นการพิจารณาพัฒนาการหลังการอบรมของผู้เรียนซึ่งมีรายละเอียดของคะแนนดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลทางสถิติคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT ตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละห้องอบรมของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำและผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง

ห้องอบรม	กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	N	Mean	SD
ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ				
วิเคราะห์	วิเคราะห์	39	7.79	4.45
	องค์รวม	9	7.11	3.756
	ระหว่างกลาง	34	4.56	2.561
องค์รวม	วิเคราะห์	39	5.51	4.34
	องค์รวม	5	9.6	5.413
	ระหว่างกลาง	21	6.95	2.854
ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง				
วิเคราะห์	วิเคราะห์	29	2.93	2.034
	องค์รวม	41	1.15	1.636
	ระหว่างกลาง	73	1.42	2.326

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ห้องอบรม	กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	N	Mean	SD
องค์รวม	วิเคราะห์	44	1.18	2.806
	องค์รวม	36	2.19	2.352
	ระหว่างกลาง	52	0.96	2.512

จากตารางที่ 4.14 ในกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำจะเห็นว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 7.79 คะแนน ซึ่งมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวม ในขณะที่ผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 9.60 และ 6.95 คะแนนตามลำดับ ซึ่งมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และเมื่อพิจารณาในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสูงสุดซึ่งเท่ากับ 4.450 กล่าวคือในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีความผันแปรของค่าคะแนนความแตกต่างสูงสุด ในขณะที่ในห้องอบรมแบบองค์รวมผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสูงสุดซึ่งเท่ากับ 5.413 กล่าวคือในห้องอบรมแบบองค์รวม ผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีความผันแปรของค่าคะแนนความแตกต่างสูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในกลุ่มของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง พบว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 2.93 คะแนน ซึ่งมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวม ในทางเดียวกันผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 คะแนน ซึ่งมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบองค์รวม แต่ในทางตรงกันข้ามผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 2.19 คะแนนซึ่งมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และเมื่อพิจารณาในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสูงสุดซึ่ง

เท่ากับ 2.326 กล่าวคือในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีความผันแปรของค่าคะแนนความแตกต่างสูงสุดในขณะที่ในห้องอบรมแบบองค์รวมผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสูงสุดซึ่งเท่ากับ 2.806 กล่าวคือในห้องอบรมแบบองค์รวม ผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีความผันแปรของค่าคะแนนความแตกต่างสูงสุด

จากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นโดยการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนสำหรับตัวแปรตามแต่ละตัว (Levene's Test of Equality of Error Variance) ตามตารางที่ 4.15 โดยมีห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) เป็นตัวแปรต้น และคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบทดสอบ MRT เป็นตัวแปรตาม ซึ่งจากตารางพบว่าความแปรปรวนของคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังอบรมของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ในแต่ละห้องอบรมนั้นมีค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน ($p<0.05$) ในขณะผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง ในแต่ละห้องอบรมนั้นมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ที่กล่าวคือกล่าวคือผลจากการวิเคราะห์ SPSS ของคะแนนของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง มีระดับความเชื่อมั่นสูงกว่าคะแนนของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.15 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT ตามกลุ่มกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Levene's Test of Equality of Error Variance) ของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง

	Levene Statistic	df1	df2	Sig
คะแนนจากผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ	2.681	5	141	0.024
คะแนนจากผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง	1.937	5	268	0.088

ผลจากการวิเคราะห์การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way analysis of variance: ANOVA) ตามตารางที่ 4.16 โดยมีตัวแปรต้นได้แก่ ห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) และมีตัวแปรตามคือ คะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบทดสอบ MRT ในกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำพบว่าตัวแปรในกลุ่มห้องอบรมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 1.044$, $p > 0.05$) ในทำนองเดียวกันตัวแปรในกลุ่มกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 2.539$, $p > 0.05$) ในขณะที่ปัจจัยร่วมระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้น (Interaction) พบว่ามีการกระทำร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 6.618$, $p < 0.05$)

ในกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง ตัวแปรในกลุ่มห้องอบรมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 1.641$, $p > 0.05$) ในทำนองเดียวกันตัวแปรในกลุ่มกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 2.974$, $p > 0.05$) ในขณะที่ปัจจัยร่วมระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้น (Interaction) พบว่ามีการกระทำร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 6.209$, $p < 0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.16 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT ระหว่างกลุ่มของห้องอบรมและกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง

แหล่งความแปรผัน	SS	df	MS	F
ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ				
ห้องอบรม	15.388	1	15.388	1.044
กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	74.834	2	37.417	2.539
ห้องอบรม * กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	195.012	2	97.506	6.618**
ความคลาดเคลื่อน	2077.526	141	14.734	
ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง				
ห้องอบรม	9.525	1	9.525	1.641
กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	34.510	2	17.255	2.974
ห้องอบรม * กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	72.061	2	36.031	6.209**
ความคลาดเคลื่อน	1560.927	269	5.803	

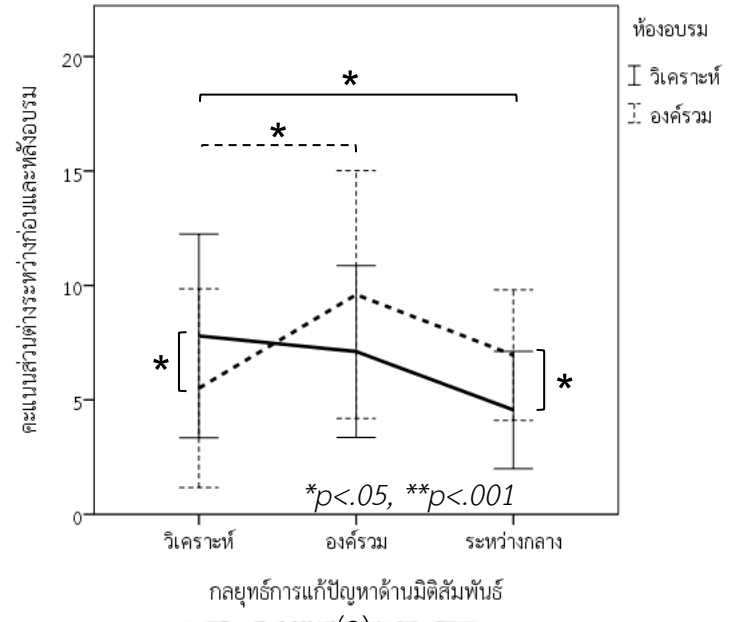
**p<.05, **p<.001*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

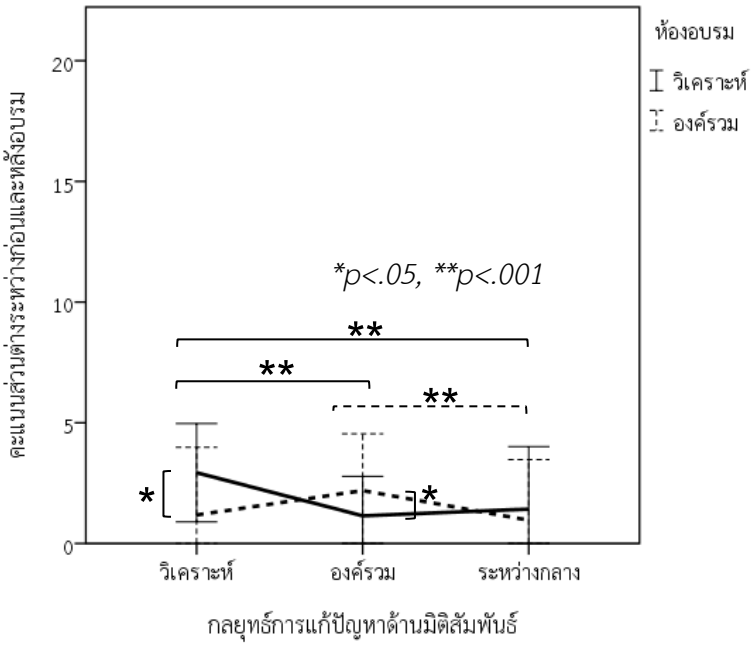
ผลจากการพิจารณาปัจจัยร่วมกันระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Interaction) ในกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำพบว่ามีการกระทำร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 97.506$, $p < 0.001$) ซึ่งผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวมอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์สามารถพัฒนาความสามารถในการมองรูปวัตถุที่ถูกหมุนในแกนหรือองศาต่างๆ (Mental Representation) ได้ดีกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวม ในทางกลับกันผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางในห้อง

อบรมแบบองค์รวมสามารถพัฒนาความสามารถในการมองรูปวัตถุที่ถูกหมุนในแกน หรือองศาต่างๆ (Mental Representation) ได้ดีกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาระหว่างกลางในห้องอบรมแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญ และสำหรับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมไม่มีความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังอบรมในห้องอบรมแบบองค์รวมและห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ($p>0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 4.14 เนื่องจากจำนวนของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์แบบองค์รวมที่มีระดับความสามารถต่ำมีจำนวนน้อย

ในขณะที่กลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงพบว่ามีการกระทำร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 36.031$, $p < 0.001$) ซึ่งผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวมอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือผู้เรียนที่กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์สามารถพัฒนาความสามารถในการมองรูปวัตถุที่ถูกหมุนในแกนหรือองศาต่างๆ (Mental Representation) ได้ดีกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวม แต่ ในทางกลับกันผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถพัฒนาความสามารถในการมองรูปวัตถุที่ถูกหมุนในแกน หรือองศาต่างๆ (Mental Representation) ได้ดีกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางพบว่าไม่มีความแตกต่างของคะแนนส่วนต่างระหว่างก่อนและหลังอบรมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผู้เรียนที่อยู่ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนส่วนต่างมากกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมเพียงเล็กน้อย ซึ่งขัดแย้งกับผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.14



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.14 ปัจจัยร่วมกันระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังอบรมจากแบบทดสอบ MRT (ก)ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ(ข)ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง

4.2.2.2. คะแนนความแตกต่างระหว่างก่อน และหลังอบรมของแบบทดสอบ PSVT

ในส่วนนี้จะทำการประเมินผลจากค่าความแตกต่างของคะแนนก่อนการอบรม และหลังการอบรมจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ทั้งสองแบบทดสอบของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง

แบบทดสอบ PSVT ประกอบไปด้วยคำถามจำนวน 15 ข้อ ซึ่งก่อนและหลังการอบรมผู้เรียนจะได้ทำแบบทดสอบ PSVT ซึ่งคะแนนในส่วนจะได้จากการนำคะแนนหลังการอบรมมาลบกับคะแนนก่อนการอบรมเพื่อดูส่วนต่างของคะแนนหลังการอบรม กล่าวคือพิจารณาพัฒนาการหลังการอบรมของผู้เรียนซึ่งมีรายละเอียดของคะแนนดังตารางที่ 4.14

จากตารางที่ 4.17 ในกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำจะเห็นว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 คะแนน ซึ่งมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวม ในขณะที่ผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 และ 5.7 คะแนนตามลำดับ ซึ่งมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ซึ่งผลที่ได้นั้นสอดคล้องกับคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT และเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.18 จะเห็นว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสูงสุดในห้องอบรมแบบวิเคราะห์และห้องอบรมแบบองค์รวมซึ่งเท่ากับ 2.786 และ 2.785 ตามลำดับกล่าวคือผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีความผันแปรของค่าคะแนนความแตกต่างในทั้งสองห้องอบรม

ในกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงพบว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 1.93 คะแนน ซึ่งมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวม ในขณะที่ผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 1.59 และ 1.54 คะแนนตามลำดับ ซึ่งมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ซึ่งผลที่ได้นั้นสอดคล้องกับคะแนน

ความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT และเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.14 จะเห็นว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสูงสุดในห้องอบรมแบบวิเคราะห์และห้องอบรมแบบองค์รวมซึ่งเท่ากับ 1.534 และ 1.982 ตามลำดับ กล่าวคือผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีความผันแปรของค่าคะแนนความแตกต่างในทั้งสองห้องอบรม

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลทางสถิติคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ PSVT ตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละห้องอบรมของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำและผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง

ห้องอบรม	กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	N	Mean	SD
ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ				
วิเคราะห์	วิเคราะห์	39	4.97	2.786
	องค์รวม	8	4.25	2.55
	ระหว่างกลาง	36	1.81	2.724
องค์รวม	วิเคราะห์	39	2.92	2.785
	องค์รวม	7	4.43	1.902
	ระหว่างกลาง	23	5.7	2.162
ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง				
วิเคราะห์	วิเคราะห์	29	1.93	1.534
	องค์รวม	42	0.69	1.49
	ระหว่างกลาง	71	0.42	1.738
องค์รวม	วิเคราะห์	44	0.45	1.81
	องค์รวม	34	1.59	1.725
	ระหว่างกลาง	50	1.54	1.982

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ERSITY

จากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นโดยการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนสำหรับตัวแปรตามแต่ละตัว (Levene's Test of Equality of Error Variance) ตามตารางที่ 4.18 โดยมีห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) เป็นตัวแปรต้น และคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบทดสอบ PSVT เป็นตัวแปรตาม ซึ่งจากตารางพบว่าความแปรปรวนของคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังอบรมของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ในแต่ละห้องอบรมนั้นมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) กล่าวคือกล่าวคือผลจากการวิเคราะห์ SPSS ของคะแนนจากแบบทดสอบ PSVT หลังการอบรมมีความเชื่อมั่นสูงในการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง

ตารางที่ 4.18 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT ตามกลุ่มกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Levene's Test of Equality of Error Variance) ของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง

	Levene Statistic	df1	df2	Sig
คะแนนจากผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ	0.746	5	146	0.59
คะแนนจากผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง	1.312	5	264	0.259

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลจากการวิเคราะห์การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way analysis of variance: ANOVA) ตามตารางที่ 4.19 โดยมีตัวแปรต้นได้แก่ ห้องอบรม (ห้องอบรมแบบองค์รวม ห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบเดิม) และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) และมีตัวแปรตามคือ คะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบทดสอบ PSVT ในกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำพบว่าตัวแปรในกลุ่มห้องอบรมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 1.493$, $p > 0.05$) ในทำนองเดียวกันตัวแปรในกลุ่มกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 0.307$, $p > 0.05$) ในขณะที่ปัจจัยร่วมระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้น (Interaction) พบว่ามีการกระทำร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 6.618$, $p < 0.05$) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับแบบทดสอบ MRT

ในขณะเดียวกันกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง พบว่าตัวแปรในกลุ่มห้องอบรมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 0.663$, $p > 0.05$) ในทำนองเดียวกันตัวแปรในกลุ่มกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 0.379$, $p > 0.05$) ในขณะที่ปัจจัยร่วมระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้น (Interaction) พบว่ามีการกระทำร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 13.406$, $p < 0.001$) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับแบบทดสอบ PSVT

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4.19 ผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของแบบทดสอบ PSVT ระหว่างกลุ่มของห้องอบรมและกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง

แหล่งความแปรผัน	SS	df	MS	F
ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ				
ห้องอบรม	10.425	1	10.425	1.493
กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	4.294	2	2.147	0.307
ห้องอบรม * กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	288.295	2	144.147	20.644**
ความคลาดเคลื่อน	1019.466	146	6.983	
ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง				
ห้องอบรม	2.008	1	2.008	0.663
กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	2.296	2	1.148	0.379
ห้องอบรม * กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา	81.219	2	40.609	13.406**
ความคลาดเคลื่อน	799.727	264	3.029	

**p<.05, **p<.001*

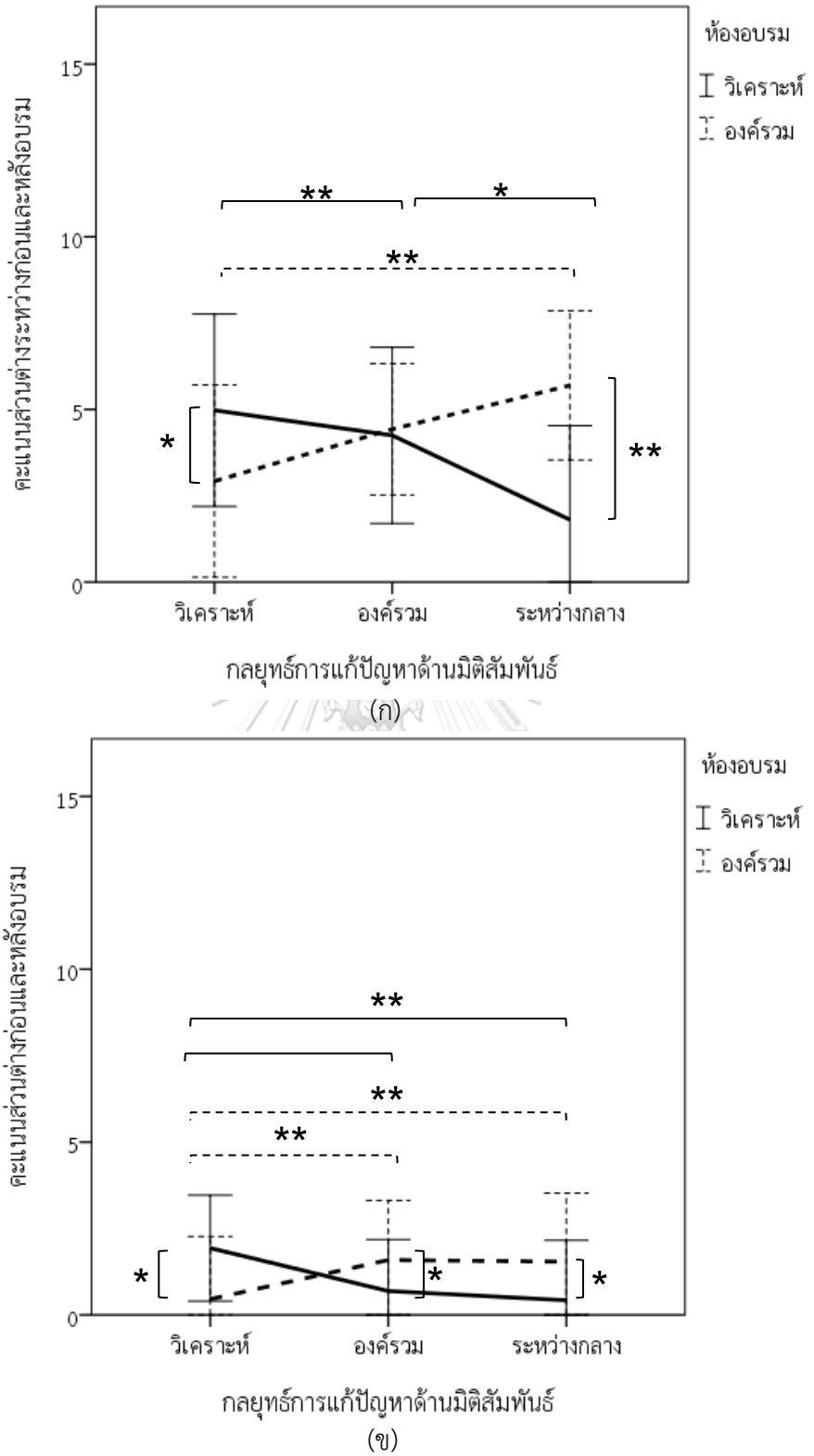
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลจากการพิจารณาปัจจัยร่วมกันระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Interaction)) ในกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำพบว่ามีการกระทำร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 20.644$, $p < 0.001$) ซึ่งผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวมอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือผู้เรียนที่กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์สามารถพัฒนาความสามารถมองการหมุนของวัตถุสามมิติ (Spatial visualization) ได้ดีกว่าผู้เรียนที่กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวม ในทางกลับกันผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาระหว่างกลางในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถ

พัฒนาความสามารถมองการหมุนของวัตถุสามมิติ (Spatial visualization) ได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาระหว่างกลางในห้องอบรมแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญ แต่ผู้เรียนที่กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบองค์รวมและห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่ผู้เรียนที่กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผู้เรียนที่กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 4.15

ในขณะที่กลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงพบว่ามีการกระทำร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 20.644$, $p < 0.001$) ซึ่งผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวม กล่าวคือผู้เรียนที่กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์สามารถพัฒนาความสามารถมองการหมุนของวัตถุสามมิติ (Spatial visualization) ได้ดีกว่าผู้เรียนที่กลยุทธ์ในแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวม ในทางกลับกันผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม และแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถพัฒนาความสามารถมองการหมุนของวัตถุสามมิติ (Spatial visualization) ได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม และแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 4.15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.15 ปัจจัยร่วมกันระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังอบรมจากแบบทดสอบ PSVT (ก)ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ(ข)ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง

บทที่ 5
อภิปรายผลการดำเนินงานวิจัย

ผลจากการทดสอบของ 2 ระยะการทำงาน ประกอบด้วยการประเมินก่อนการฝึกอบรม (ระยะการทำงานที่1) และการประเมินหลังการฝึกอบรม (ระยะการทำงานที่ 3) ซึ่งการทดสอบของ 2 ระยะการทำงานสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.1. ระยะก่อนการฝึกอบรม

ผลจากการทดสอบในระยะนี้พบว่ามีความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ กล่าวคือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคลมีผลต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (จากแบบทดสอบMRT และแบบทดสอบ PSVT) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hegarty (2010) และ Moè and Pazzaglia (2010) ที่กล่าวว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ โดยผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม (Holistic Strategy) และกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง (Intermediate Strategy) มีคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบ MRT และแบบทดสอบ PSVT สูงกว่าผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ (Analytic Strategy) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hsi, Linn, and Bell (1997) ที่กล่าวว่าบุคคลที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางจะมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่าบุคคลที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ เนื่องจากบุคคลที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์จะไม่สามารถจำรายละเอียดที่หลากหลายได้ในครั้งเดียวจึงทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

จากการศึกษา Linn and Petersen (1985) พบว่ามีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยของประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สำหรับผู้ทดสอบที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และผู้ทดสอบที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมในการทำแบบทดสอบ PSVT ที่ถูกออกแบบมาเพื่อวัดระดับความสามารถในการมองวัตถุ 3 มิติในทิศทางต่างๆ ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดสอบของงานวิจัยนี้แต่ยังคงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือจากผลการทดสอบเปิดเผยว่ามีความแตกต่างที่ชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญของประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในมิติของการมอง

(Spatial Visualization) ระหว่างผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม โดยผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์แบบองค์รวมมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในมิติของการมอง สูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์แบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Gluck and Fitting (2003) กล่าวว่าผู้ที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางจะมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่ดีกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม เนื่องจากกลยุทธ์แบบระหว่างกลางเป็นการทำงานควบคู่กันอย่างกลมกลืนของกลยุทธ์แบบองค์รวมและกลยุทธ์แบบวิเคราะห์ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจถึงความสัมพันธ์เชิงมิติได้อย่างลึกซึ้ง ซึ่งขัดแย้งกับผลจากการทดสอบในการดำเนินงานวิจัย โดยผลจากการทดสอบเผยว่าในแบบทดสอบ MRT และแบบทดสอบ PSVT ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่สูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากผลการทดสอบพบว่าสัดส่วนของผู้เรียนที่มีศักยภาพสูงต่อผู้เรียนที่มีศักยภาพต่ำของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีสัดส่วนสูงกว่าสัดส่วนของผู้เรียนที่มีศักยภาพสูงต่อผู้เรียนที่มีศักยภาพต่ำของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์จึงเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้คะแนนก่อนเรียนของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีคะแนนก่อนอบรมจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ (แบบทดสอบ MRT และแบบทดสอบ PSVT:R) ที่สูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง นอกจากนี้ผลจากการทดสอบยังเปิดเผยว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่สูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เป็นเป็นไปตามงานวิจัยของ Gluck and Fitting (2003) ที่เปิดเผยว่าว่าผู้ที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางจะมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่ดีกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาวิเคราะห์

5.2. ระยะหลังการฝึกอบรม

ผลจากการทดสอบของระยะการทำงานนี้ ประกอบด้วยผลจากคะแนนสอบกลางภาค และผลจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ (แบบทดสอบMRT และแบบทดสอบPSVT) ซึ่งสามารถอภิปรายผลการทดสอบได้ดังนี้

5.2.1. ผลจากคะแนนสอบกลางภาค

ผลการทดสอบของคะแนนสอบกลางภาคหลังการอบรมผ่านวิชาพื้นฐานการเขียนแบบวิศวกรรมเปิดเผยว่าห้องอบรมแบบเดิม (Traditional room) มีค่าคะแนนสอบกลางภาคน้อยกว่าห้องอบรมแบบองค์รวม (Holistic Room) และห้องอบรมแบบวิเคราะห์ (Analytic Room) เนื่องจากในการสอนของห้องอบรมแบบเดิมไม่ได้มีการพิจารณาถึงรูปแบบของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่เป็นส่วนสำคัญในการเข้าถึงกระบวนการคิดของผู้เรียนจึงส่งผลให้ผู้เรียนเกิดข้อบกพร่องในการวิเคราะห์รูปวัตถุที่ซับซ้อนซึ่งผลจากการทดสอบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Potter, Van Der Merwe, Kaufman, and Delacour (2006) ที่ได้กล่าวว่าการพัฒนาที่ไม่เพียงพอของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านวิชาการเขียนแบบวิศวกรรมส่งผลให้ผู้เข้าศึกษาไม่เข้าใจถึงกลไกความสัมพันธ์ของวัตถุที่ถูกนำเสนอวัตถุในมิติต่างๆกับวัตถุจริง

จากผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านของประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ผ่านการสอบกลางภาคระหว่างผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมและผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ แต่ผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนสูงกว่าผู้เรียนในห้องอบรมเพียงเล็กน้อยดังแสดงในรูปที่ 4.9 เนื่องจากในห้องอบรมแบบองค์รวมและห้องอบรมแบบวิเคราะห์นั้นประกอบได้ด้วยผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ทั้ง 3 รูปแบบ (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) ซึ่งแต่ละรูปแบบมีการลักษณะของกระบวนการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน และจากงานวิจัยของ Baron (1978) ที่กล่าวว่าถ้าตนเองทราบว่าใช้กลยุทธ์อะไรในการแก้ปัญหาแล้วฝึกฝนสิ่งนั้นให้เกิดประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่สำคัญสูงสุด จึงทำให้ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถเรียนรู้ในเนื้อที่ง่ายได้ง่ายกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบวิเคราะห์และในเนื้อหาส่วนที่ยากนั้นผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์แบบองค์รวมในห้องอบรมแบบวิเคราะห์สามารถเรียนรู้ได้ง่ายกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์แบบองค์รวมในห้องอบรมแบบองค์รวมซึ่งสอดคล้องกับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง เนื่องจากกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมนั้นจะไม่เพียงพอเมื่อรายละเอียดของวัตถุมีมากขึ้นจึงจำเป็นต้องใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์เข้ามาช่วยในการจัดระบบการจัดการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในขณะที่ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์สามารถเรียนรู้ได้ง่ายกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวมทั้งในเนื้อหาส่วนที่ง่ายและส่วนที่ยาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gluck & Fitting (2003) และ Hsi et al (1997)ที่กล่าวถึงลักษณะการแก้ปัญหาที่แตกต่างของทั้งสามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ จึงทำให้คะแนนกลางภาคของผู้เรียนระหว่างสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาภาพรวมจะเห็นห้องอบรมแบบองค์รวมนั้นมีค่าคะแนนกลางภาคเฉลี่ยสูงกว่าห้องอบรมแบบวิเคราะห์เพียงเล็กน้อย

เมื่อทำการพิจารณาถึงกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนพบว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์มีคะแนนสอบกลางสูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์แบบวิเคราะห์และระหว่างกลาง ซึ่งผลจากการศึกษาขัดแย้งกับงานวิจัยของ Gluck & Fitting (2003) และ Hsi et al (1997) ที่กล่าวว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์แบบระหว่างกลางจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์

นอกจากนี้ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ยังทำการเปรียบเทียบคะแนนสอบกลางภาคจากการสุ่มผู้เรียนในทั้ง 3 ห้องอบรมให้มีจำนวนเท่ากัน และในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบองค์รวมได้มีการสุ่มผู้เรียนตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ กล่าวคือในห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์จะประกอบไปด้วยผู้เรียนในแต่ละกลุ่มกลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง) ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีผู้เรียน 30 คน หรือใน 1 ห้องอบรมจะประกอบไปด้วยผู้เรียนทั้งสิ้น 90 คน ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบเดิมมีคะแนนต่ำกว่าผู้เรียนในห้องแบบวิเคราะห์ และห้องอบรมแบบองค์รวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.001$) ซึ่งเป็นไปตามที่ได้ทดสอบข้างต้น แต่เมื่อสุ่มจำนวนของผู้เรียนให้มีผู้เรียนในแต่ละกลยุทธ์ที่เท่ากันพบว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนสอบกลางภาคที่สูงกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) ซึ่งผลจากงานวิจัยของGluck and Fitting (2003) และ Hsi et al. (1997) ได้กว่าไว้ว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างมีประสิทธิผลในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่สูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ ซึ่งเมื่อพิจารณาสัดส่วนของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ต่อผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และแบบระหว่างกลางจะเห็นว่าสัดส่วนของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีสัดส่วนน้อยกว่าจึงทำให้รูปแบบการสอนแบบองค์รวมช่วยให้ผู้เรียนมีคะแนนสอบกลางภาคที่สูงกว่า เนื่องจากรูปแบบการสอนแบบองค์รวมนั้นช่วยในการสนับสนุนผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และแบบระหว่างกลางให้สามารถแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ได้อย่างมีประสิทธิผลที่สูง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมมีคะแนนสอบกลางภาคที่สูงกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2.2. ผลจากแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์

คะแนนที่นำมาพิจารณาในส่วนนี้เป็นคะแนนส่วนต่างระหว่างก่อนอบรม และหลังอบรมของผู้เรียนในห้องอบรมทั้งสองห้องอบรม ซึ่งในส่วนนี้จะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วนคือผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ เนื่องจากคะแนนส่วนต่างของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน กล่าวคือผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สัมพันธ์สูงจะมีช่องว่างของคะแนนในการพัฒนาที่แคบกว่าผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ซึ่งอภิปรายผลการทดสอบได้ดังนี้

5.2.2.1. คะแนนความแตกต่างระหว่างก่อน และหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลจากการทดสอบในระยะนี้พบว่าผลจากคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อน และหลังอบรมของแบบทดสอบ MRT เปิดเผยว่ารูปแบบการสอนที่แตกต่างกันส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน กล่าวคือจากการทดสอบพบว่ามีการกระทำร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปัจจัยร่วมกันระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Interaction) ซึ่งผลจากการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.14 เมื่อพิจารณาในแต่ละส่วนพบว่า สำหรับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ทั้งผู้เรียนที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูง และผู้เรียนที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ จะเห็นว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์สามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมได้ดีกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวม เนื่องจากในห้องการอบรมแบบวิเคราะห์นั้นมีรูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีวิธีการ

แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และลดรายละเอียดของวัตถุในการนำเข้าข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยรูปแบบการสอนดังกล่าวนี้จะช่วยส่งเสริมประสิทธิผลในการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิผลมากขึ้นเนื่องจากรูปแบบการสอนนั้นช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดตามอย่างเป็นระบบ และเป็นไปตามลักษณะการนำเข้าข้อมูล และการแก้ปัญหาของกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ ซึ่งผลจากการทดสอบสอดคล้องกับสมมติฐานที่ 1 ที่กล่าวว่า ผู้เรียนที่ผ่านการอบรมตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่าผู้เรียนที่ผ่านการอบรมข้ามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baron (1978) ที่เน้นว่าการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่เหมาะสมจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียน

ต่อมาสำหรับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำพบว่าไม่มีความแตกต่างในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมและผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ เนื่องจากผลจากการทดสอบพบว่าจำนวนของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำมีจำนวนน้อยในการทดสอบจึงทำให้ผลการสอบเปิดเผยว่าไม่มีความแตกต่างในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังเรียนของผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และจากการสอบถามผู้เรียนพบว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ กล่าวว่าผู้เรียนทราบว่าต้องแก้ปัญหาอย่างไรแต่ไม่สามารถจัดการการหมุนภาพวัตถุภายในใจได้อย่างมีทิศทางจึงทำให้เกิดความสับสนในการแก้ปัญหา แต่ถึงอย่างไรก็ตามจากรูปที่ 4.14 จะเห็นว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการเรียนได้ดีกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์เพียงเล็กน้อย ซึ่งผลจากการทดสอบเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกับสมมติที่ 1 ที่กล่าวว่า ผู้เรียนที่ผ่านการอบรมตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่าผู้เรียนที่ผ่านการอบรมข้ามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ในทางกลับกันสำหรับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงพบว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมได้ดีกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ เนื่องจากในห้องการอบรมแบบองค์รวมนั้นมีรูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีวิธีการแก้ปัญหาโดยการจินตนาการ และเมื่อปัญหามีความซับซ้อนขึ้นก็จะสอนให้ผู้เรียนคิดอย่างเป็นระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิผลในการแก้ปัญหา โดยรูปแบบการสอนดังกล่าวนี้จะช่วยส่งเสริมประสิทธิผลในการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิผลมากขึ้น ซึ่งผลจากการทดสอบสอดคล้องกับสมมติฐานที่ 1 ที่กล่าวว่า ผู้เรียนที่ผ่านการอบรมตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่าผู้เรียนที่ผ่านการอบรมข้ามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baron (1978) ที่เน้นว่าการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่เหมาะสมจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียน

อีกทั้งสำหรับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำพบว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมได้ดีกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ เนื่องจากในห้องการอบรมแบบองค์รวมนั้นมีรูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีวิธีการแก้ปัญหาโดยการจินตนาการ และเมื่อปัญหามีความซับซ้อนขึ้นก็จะสอนให้ผู้เรียนคิดอย่างเป็นระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิผลในการแก้ปัญหา โดยรูปแบบการสอนดังกล่าวนี้จะช่วยส่งเสริมประสิทธิผลในการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิผลมากขึ้น อีกทั้งรูปแบบการสอนดังกล่าวยังสอดคล้องกับลักษณะการนำเข้าข้อมูล และการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง ซึ่งผลจากการทดสอบสอดคล้องกับสมมติฐานที่ 2 ที่กล่าวว่า ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในห้องอบรมแบบองค์รวมได้สูงกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gluck and Fitting (2003) ที่กล่าวว่าเริ่มต้นในการแก้ปัญหานั้นผู้แก้ปัญหาจะใช้กลยุทธ์ใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การแก้ปัญหาแบบองค์รวม ซึ่งหากสามารถใช้กลยุทธ์แรกได้อย่างเหมาะสมแล้วอย่างจะส่งผลให้การสลับกลยุทธ์จากแบบองค์รวมไปเป็นแบบวิเคราะห์นั้นไม่มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ในทางกลับกันนั้นสำหรับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงพบว่าไม่มีความแตกต่างในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมและผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติที่ 3 ที่กล่าวว่า ไม่มีความแตกต่างในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบองค์รวมและห้องอบรมแบบวิเคราะห์ แต่ถึงอย่างไรก็ตามผลจากการทดสอบพบว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีพัฒนาการหลังการอบรมในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ที่สูงกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมเพียงเล็กน้อย เนื่องจากแบบทดสอบ MRT เป็นแบบทดสอบที่ต้องการกลุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มากกว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวม และเนื่องจากงานวิจัยของ Gluck and Fitting (2003) และ Hsi et al. (1997) ที่ได้กล่าวว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางสามารถสลับกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาจากแบบองค์รวมไปเป็นแบบวิเคราะห์ได้อย่างทันทีเมื่อเจอปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีพัฒนาการในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ในด้านของการหมุนภาพวัตถุในทิศทางต่างๆได้ดีกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2.2.2. คะแนนความแตกต่างระหว่างก่อน และหลังอบรมของแบบทดสอบ PSVT

ผลจากการทดสอบในระยะนี้พบว่าผลจากคะแนนความแตกต่างระหว่างก่อน และหลังอบรมของแบบทดสอบ PSVT เปิดเผยว่ารูปแบบการสอนที่แตกต่างกันส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน กล่าวคือจากการทดสอบพบว่ามีการกระทำร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปัจจัยร่วมกันระหว่างห้องอบรม และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ (Interaction) ซึ่งผลจากการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.15 เมื่อพิจารณาในแต่ละส่วนพบว่า สำหรับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ทั้งผู้เรียนที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูง และผู้เรียนที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ จะเห็นว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์สามารถพัฒนา

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมได้ดีกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวม เนื่องจากในห้องการอบรมแบบวิเคราะห์นั้นมีรูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และลดรายละเอียดของวัตถุในการนำเข้าข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยรูปแบบการสอนดังกล่าวนี้จะช่วยส่งเสริมประสิทธิผลในการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิผลมากขึ้นเนื่องจากรูปแบบการสอนนั้นช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดตามอย่างเป็นระบบ และเป็นไปตามลักษณะการนำเข้าข้อมูล และการแก้ปัญหาของกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ ซึ่งผลจากการทดสอบสอดคล้องกับสมมติฐานที่ 1 ที่กล่าวว่า ผู้เรียนที่ผ่านการอบรมตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่าผู้เรียนที่ผ่านการอบรมข้ามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baron (1978) ที่เน้นว่าการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่เหมาะสมจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียน

ต่อมาสำหรับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำพบว่าไม่มีความแตกต่างในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมและผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ เนื่องจากผลจากการทดสอบพบว่าจำนวนของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำมีจำนวนน้อยในการทดสอบจึงทำให้ผลการสอบเปิดเผยว่าไม่มีความแตกต่างในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังเรียนของผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวม และห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และจากการสอบถามผู้เรียนพบว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ พบว่าในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมนั้นละเลยหรือไม่ได้ให้ความสนใจในการเรียนตามรูปแบบการอบรมแบบวิเคราะห์ เนื่องจากระยะเวลาในการที่ดำเนินไปอย่างช้าๆ และจากการสัมภาษณ์ พบว่าผู้เรียนที่มีศักยภาพต่ำในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สำหรับผู้ที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมไม่สามารถมองเห็นภาพวัตถุในมิติที่หมุนไปได้อย่างทิศทางจึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการแก้ปัญหา ซึ่งผลจากการทดสอบเป็นไปในขัดแย้งสมมติที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ที่กล่าวว่า ผู้เรียนที่ผ่านการอบรมตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่าผู้เรียนที่ผ่านการอบรมข้ามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ในทางกลับกันสำหรับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม ที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงพบว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมได้ดีกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ เนื่องจากในห้องการอบรมแบบองค์รวมนั้นมีรูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีวิธีการแก้ปัญหาโดยการจินตนาการ และเมื่อปัญหามีความซับซ้อนขึ้นก็จะสอนให้ผู้เรียนคิดอย่างเป็นระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิผลในการแก้ปัญหา โดยรูปแบบการสอนดังกล่าวนี้จะช่วยส่งเสริมประสิทธิผลในการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิผลมากขึ้น ซึ่งผลจากการทดสอบสอดคล้องกับสมมติฐานที่ 1 ที่กล่าวว่า ผู้เรียนที่ผ่านการอบรมตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่าผู้เรียนที่ผ่านการอบรมข้ามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baron (1978) ที่เน้นว่าการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่เหมาะสมจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียน

อีกทั้งสำหรับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง ทั้งผู้เรียนที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำและ ผู้เรียนที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงพบว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมได้ดีกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ เนื่องจากในห้องการอบรมแบบองค์รวมนั้นมีรูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีวิธีการแก้ปัญหาโดยการจินตนาการ และเมื่อปัญหามีความซับซ้อนขึ้นก็จะสอนให้ผู้เรียนคิดอย่างเป็นระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิผลในการแก้ปัญหา โดยรูปแบบการสอนดังกล่าวนี้จะช่วยส่งเสริมประสิทธิผลในการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิผลมากขึ้น อีกทั้งรูปแบบการสอนดังกล่าวยังสอดคล้องกับลักษณะการนำเข้าข้อมูล และการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง ซึ่งผลจากการทดสอบสอดคล้องกับสมมติฐานที่ 2 ที่กล่าวว่า ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำที่ใช้กลยุทธ์ในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แก้ปัญหาแบบระหว่างกลางสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในห้องอบรมแบบองค์รวมได้สูงกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gluck and Fitting (2003) ที่กล่าวว่าเริ่มต้นในการแก้ปัญหานั้นผู้แก้ปัญหาจะใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม ซึ่งหากสามารถใช้กลยุทธ์แรกได้อย่างเหมาะสมแล้วอย่างจะส่งผลให้การสลับกลยุทธ์จากแบบองค์รวมไปเป็นแบบวิเคราะห์นั้นไม่มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ในทางกลับกันนั้นผลจากการทดสอบสำหรับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง ทั้งผู้เรียนที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงนั้นขัดแย้งกับสมมติที่ 3 ที่กล่าวว่า ไม่มีความแตกต่างในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบองค์รวมและห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ซึ่งผลจากการทดสอบเปิดเผยว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมจากแบบทดสอบ PSVT ได้ดีกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และจากการศึกษาพบว่าแบบทดสอบ PSVT ต้องการกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมากกว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ จึงทำให้ผู้เรียนในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในมิติของการมองได้ดีกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ เนื่องจากรูปแบบการสอนแบบองค์รวมนั้นไปสนับสนุนในส่วนของการใช้กลยุทธ์แบบองค์รวมของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางให้สามารถแก้ปัญหาในเนื้อหาส่วนง่ายได้อย่างมีประสิทธิผลในการแก้ปัญหาที่สูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นจากรูปที่ 4.15 สำหรับผู้เรียนที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ พบว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางมีส่วนต่างคะแนนหลังการอบรมของทั้งสองห้องอบรมที่สูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ เนื่องจากผลจากการทดสอบในระยะก่อนการอบรมพบว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางมีความสามารถในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในมิติของการมองภาพที่สูงกว่าพบว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ จึงทำให้ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางส่วนต่างคะแนนของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางสูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ โดยผู้เรียนที่มีศักยภาพ

ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางในห้องอบรมแบบองค์รวมสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมจากแบบทดสอบ PSVT ได้ดีกว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ และจากที่ได้กล่าวข้างต้นว่าแบบทดสอบ PSVT ต้องการกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม ดังนั้นรูปแบบการสอนแบบองค์รวมจึงช่วยในการสนับสนุนให้การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในมิติของการมองวัตถุในมิติต่างๆในมีประสิทธิภาพสูงขึ้นสำหรับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง จึงทำให้มีส่วนต่างคะแนนของมากกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และหรับผู้เรียนที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงพบว่า ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีส่วนต่างคะแนนของทั้งสองห้องอบรมที่สูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางเนื่องจากผลจากการทดสอบเปิดเผยว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ก่อนการอบรมต่ำที่สุดจึงทำให้ช่องว่างในพัฒนาคะแนนของผู้เรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง

ผลจากการทดลองที่กล่าวไปข้างต้นเป็นผลการทดลองในมิติของความถูกต้องเพียงด้านเดียว ซึ่งจากการศึกษาพบว่าตัวชี้วัดในเชิงของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ยังมีเรื่องของเวลาด้วย ซึ่งจากการศึกษาจะพบว่าเวลาจะแปรผันตรงกับความถูกต้อง กล่าวคือหากมีการกำหนดเวลาในการแบบทดสอบจะทำให้คะแนนในส่วนของความถูกต้องนั้นลดลงด้วย เนื่องจากความกังวลในเรื่องของเวลาและกรอบเวลาที่กำหนด ในขณะที่หากในการทดสอบไม่มีการกำหนดเวลาในการทดสอบคะแนนในส่วนของความถูกต้องนั้นมีแนวโน้มที่จะได้คะแนนเต็มสูงมาก เนื่องจากไม่มีความกดดันในเรื่องของเวลา ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ารูปแบบของกลยุทธ์ด้านมิติสัมพันธ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และผลจากการทดสอบพบว่ารูปแบบการสอนตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์นั้นส่งผลต่อประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ กล่าวคือรูปแบบการสอนที่แตกต่างกันตามกลยุทธ์มิติสัมพันธ์นั้นส่งผลต่อคะแนนความถูกต้องของผู้เรียน ซึ่งจากที่ได้กล่าวไว้ว่าตัวชี้วัดในมิติของเวลา และความถูกต้องแปรผันตรงต่อกัน อาจกล่าวได้ว่ารูปแบบการสอนที่แตกต่างกันตามกลยุทธ์มิติสัมพันธ์อาจส่งผลให้ตัวชี้วัดในมิติของเวลานั้นลดน้อยลงด้วย กล่าวคือ

ผู้เรียนสามารถใช้เวลาในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ได้น้อยลง เนื่องจากสามารถเข้าถึงกระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

5.3. รูปแบบการสอนตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

ผลจากการทดสอบในระยะที่ 3 พบว่ารูปแบบการสอนตามกลยุทธ์ส่งผลต่อประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งในการจัดทำรูปแบบการสอนนั้นขั้นแรกต้องพิจารณาถึงลักษณะของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแต่ละแบบกล่าวคือ กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบองค์รวมผู้เรียนจะมีลักษณะคือการมองวัตถุเป็นภาพใหญ่ สามารถนำเสนอรูปภาพหรือความคิดภายในใจได้ทันทีจึงส่งผลให้ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์นี้สามารถแก้ปัญหาได้ในเวลาที่รวดเร็ว ในทางกลับกันผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมักจะละเลยการพิจารณารายละเอียดของวัตถุอย่างถี่ถ้วน จึงทำให้เกิดปัญหาในการแก้ปัญหา ดังนั้นในการจัดรูปแบบการสอนแบบองค์รวมในเนื้อหาที่ง่าย หรือเป็นพื้นฐานควรให้มีการจัดรูปแบบการสอนตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแก้ปัญหาให้แก่ผู้เรียน ในขณะเดียวกันนั้นในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนควรจัดให้มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มาร่วมในการสอน เพื่อลดรายละเอียดของวัตถุที่ซับซ้อนและสามารถมองการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบได้ ต่อมาผู้เรียนที่มีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ มีลักษณะเด่นคือผู้เรียนสามารถสลับกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ได้เมื่อเจอปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นกล่าวคือ ในเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานผู้เรียนมักใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม แต่เมื่อเจอปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นจะสามารถสลับกลยุทธ์ที่ใช้มาเป็นกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ได้ในทันที ดังนั้นรูปแบบการสอนของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์แบบระหว่างกลางควรมีลักษณะเดียวกันกับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแก้ปัญหาของผู้เรียนให้เด่นชัดขึ้น และสุดท้ายผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์มีลักษณะเด่นคือสามารถลำดับความคิด หรือเรียบเรียงการทำงานได้อย่างเป็นระบบ และขั้นตอน แต่มีข้อเสียคือใช้เวลามากในการแก้ปัญหาและสามารถรับข้อมูลที่หลากหลายได้ในครั้งเดียว ซึ่งรูปแบบการสอนของผู้เรียนในกลยุทธ์ดังกล่าวนี้ควรจัดการสอนในเป็นระบบขั้นตอนว่าต้องเริ่มต้นจากอะไร แล้วจบลงที่ตรงไหน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถคิดตามได้ที่ละขั้นตอน นอกจากนี้ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ดังกล่าวนี้จะไม่สามารถนำเสนอภาพ หรือความคิดในจิตใจได้ดีเท่ากับผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง ดังนั้นในการ

จัดรูปแบบการเรียนควรมีการจัดหาเครื่องมือ (Hand-held model) เข้ามาช่วยสนับสนุนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นวัตถุได้ง่ายขึ้นและสามารถนำเสนอภาพภายในใจได้ดีขึ้น ซึ่งจากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างควรจัดให้มีรูปแบบการสอนแบบองค์รวม เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์แบบองค์รวมสามารถจัดระบบในการจัดการการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ ในขณะเดียวกันก็เพื่อส่งเสริมศักยภาพของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางให้สามารถแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ได้อย่างแม่นยำมากขึ้น และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ควรจัดให้มีรูปแบบการสอนแบบวิเคราะห์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเพิ่มศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและวิเคราะห์ผลจากประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านของมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ผ่านวิชาพื้นฐานการเขียนแบบวิศวกรรม โดยมีมิติของความถูกต้องเป็นตัวชี้วัด ซึ่งทำการศึกษากับกลุ่มนิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 827 คน ซึ่งผลจากการผลลองสามารถสรุปได้ดังนี้

6.1. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนที่มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่แตกต่างกันผ่านรูปแบบการอบรมตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ โดยทำการทดลองในห้องเรียนการเขียนแบบวิศวกรรม ซึ่งงานทดสอบนี้ทำการเก็บผลการทดสอบใน 2 ภาคการเรียน คือภาคต้นและภาคปลายของการเรียน ซึ่งผลจากการทดสอบในระยะก่อนการทดสอบพบว่าเพื่อพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนในวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม ในการออกแบบเครื่องมือหรือรูปแบบการสอนควรมีการคำนึงถึงกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ เนื่องจากเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียนและจากผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการสอนตามกลยุทธ์นั้นมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนได้สูงกว่าผู้เรียนที่อยู่ในห้องการเรียนแบบเดิม

ผลจากการทดสอบหลังการอบรมเปิดเผยว่ารูปแบบการสอนตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ส่งผลต่อกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันของผู้เรียน นอกจากนี้ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำมีการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการอบรมที่สูงกว่าผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงเนื่องจากส่วนต่างของคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงนั้นมีช่องว่างน้อยจึงทำให้ดูเหมือว่าการพัฒนาน้อยกว่าผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ และเมื่อพิจารณาถึงกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในแต่ละห้องอบรมพบว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบวิเคราะห์มีพัฒนาการหลังการเรียนที่สูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ในห้องอบรมแบบองค์รวมทั้งผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสูง และ

ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ในทางกลับกันผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง และแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบองค์รวมมีพัฒนาการหลังการเรียนที่สูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง และแบบองค์รวมในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ทั้งผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ

นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการเรียนของคะแนนกลางภาคพบว่าผู้เรียนในห้องอบรมแบบเดิมมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาต่ำกว่าผู้เรียนที่อยู่ในห้องอบรมแบบองค์รวม และผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์ ในขณะที่พบว่าไม่มีความแตกต่างของผู้เรียนในห้องอบรมแบบวิเคราะห์และห้องอบรมแบบองค์รวม และจากการทดสอบพบว่าคะแนนสอบกลางภาคของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีค่าเฉลี่ยคะแนนสูงกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง ในขณะที่ผลจากการศึกษารายงานว่าไม่มีความแตกต่างในคะแนนสอบกลางภาคอย่างมีนัยสำคัญของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง

อย่างไรก็ตามผลจากการทดสอบในระยะก่อนการทดสอบ พบว่ามีความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านของกลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ (Analytic strategy) มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในด้านของแบบทดสอบ MRT และแบบทดสอบ PSVT ต่ำกว่าผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม (Holistic Strategy) และผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลาง (Intermediate Strategy) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทำนองเดียวกันผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่าผู้เรียนที่ใช่กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบระหว่างกลางอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.2. ข้อเสนอแนะ

1. รูปแบบการสอนหรือเครื่องมือที่นำมาใช้เพื่อช่วยสนับสนุนการสอนควรมีการพิจารณาถึงรูปแบบของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ก่อนเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของรูปแบบกลยุทธ์ต่างๆเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการอบรม

2. ควรศึกษาถึงลักษณะของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์อย่างละเอียดเพื่อลดความผิดพลาดอันเนื่องมาจากความยากในการใช้กลยุทธ์ด้านมิติสัมพันธ์

6.3. ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้

1. งานวิจัยนี้ทำการทดสอบโดยใช้ความถูกต้องเป็นตัวชี้วัดเพียงอันเดียวและไม่ได้พิจารณาถึงตัวชี้วัดในมิติของเวลาจึงไม่สามารถทดสอบในมิติของความรวดเร็วได้
2. เนื่องด้วยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงประจักษ์ (Empirical research) ทำให้ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มย่อยที่แบ่งนั้นมีจำนวนไม่เท่ากันซึ่งจะเห็นได้ว่าผู้เรียนที่มีระดับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำในกลุ่มของผู้เรียนที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมมีจำนวนน้อย (จำนวนไม่ถึง 10 คน) จึงเป็นข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนผู้เข้าทดสอบ
3. กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตปริญญาตรี ชั้นปีที่1 คณะวิศวกรรมศาสตร์เท่านั้น
4. ในการทำแบบทดสอบผู้ดำเนินงานวิจัยได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบ MRTก่อนจึงค่อยทำแบบทดสอบ PSVT
5. งานวิจัยนี้ไม่ได้ครอบคลุมการควบคุมพฤติกรรมการทบทวนบทเรียนหลังการเรียน หรือก่อนการสอบของผู้เรียน อีกทั้งไม่ได้ครอบคลุมถึงการอ่านเพิ่มเติมจากเนื้อหาที่ได้ออกแบบไว้

6.4. แนวทางในการทำวิจัยในอนาคต

1. เพิ่มจำนวนของผู้เข้าร่วมทดสอบเพื่อให้จำนวนของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละกลุ่มที่แบ่งตามระดับความสามารถและกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหามีจำนวนตัวอย่างที่มากขึ้น
2. วัดประสิทธิภาพด้านความรวดเร็วในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์
3. ทำการศึกษาผลกระทบของกลยุทธ์ในด้านมิติสัมพันธ์ในกลุ่มตัวอย่างในสาขาวิชาชีพอื่นๆ หรือประยุกต์ใช้ในการสอนพนักงานก่อนเข้ารับการทำงานในสายงานรูปแบบต่างๆ

6.5. ประโยชน์ในเชิงปฏิบัติ (Practical Contribution)

1. เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือ หรือเทคโนโลยีต่างที่ช่วยในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในสายงานวิศวกรรม หรือสายงานอื่นๆ โดยตระหนักถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านของกระบวนคิดที่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการสอนในห้องเรียนให้แก่ผู้เรียน หรือในอุตสาหกรรมให้แก่พนักงาน ให้สอดคล้องกระบวนการคิดของผู้เรียน และพนักงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุดในการเรียนและการทำงาน
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยการเพิ่มศักยภาพในการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด

6.5. ประโยชน์ในเชิงทฤษฎี (Theoretical Contribution)

1. ทราบถึงอิทธิพลของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เรียนในมิติของความถูกต้อง
2. ทราบถึงลักษณะของเครื่องมือที่ช่วยในการสนับสนุนการสอนที่สอดคล้องกับกระบวนคิดในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสายงานอื่นได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ปัญจนาฏ วรวัฒนชัย. (2016). กลไกสมองสองซีกกับความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์. *วารสารสารสนเทศ (Journal of Information)*, *15*(2), 1-12.

ภาษาอังกฤษ

Baenninger, M., & Newcombe, N. (1989). The role of experience in spatial test performance: A meta-analysis. *Sex roles, 20*(5), 327-344.

Baron, J. (1978). Intelligence and general strategies. *Strategies of information processing*, 403-450. London: Academic Press.

Battista, M. T., Wheatley, G. H., & Talsma, G. (1982). The importance of spatial visualization and cognitive development for geometry learning in preservice elementary teachers. *Journal for Research in Mathematics Education*, 332-340.

Bennett, G. K., Seashore, H. G., & Wesman, A. G. (1947). Differential aptitude tests. San Antonio, TX, US: Psychological Corporation.

Bertoline, G., Wiebe, E., Miller, C., & Mohler, J. (1997). Technical Graphics Communication (2nd edn), 1997. In: Irwin McGraw-Hill Inc.: Chicago.

Bodner, G. M., & Guay, R. B. (1997). The Purdue visualization of rotations test. *The Chemical Educator, 2*(4), 1-17.

Brinkmann, E. H. (1966). Programed instruction as a technique for improving spatial visualization. *Journal of Applied Psychology, 50*(2), 179.

Burin, D. I., Delgado, A. R., & Prieto, G. (2000). Solution strategies and gender differences in spatial visualization tasks. *Psicológica, 21*(2), 275-286.

Caldera, Y. M., Mc Culp, A., O'Brien, M., Truglio, R. T., Alvarez, M., & Huston, A. C. (1999). Children's play preferences, construction play with blocks, and visual-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

spatial skills: Are they related? *International Journal of Behavioral Development, 23*(4), 855-872.

Connor, J. M., & Serbin, L. A. (1985). Visual-spatial skill: Is it important for mathematics? Can it be taught. *Women and mathematics: Balancing the equation*, 151-174.

Cooper, L., & Mumaw, R. (1985). Spatial aptitude. *Individual differences in cognition, 2*, 67-94.

David, L. T. (2012). Training effects on mental rotation, spatial orientation and spatial visualisation depending on the initial level of spatial abilities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 33*, 328-332. doi:10.1016/j.sbspro.2012.01.137

Deno, J. A. (1995). The relationship of previous experiences to spatial visualization ability. *Engineering Design Graphics Journal, 59*(3), 5-17.

Dhillon, A. S. (1998). Individual differences within problem-solving strategies used in physics. *Science Education, 82*(3), 379-405.

Dominguez, M. G., Martin-Gutierrez, J., Gonzalez, C. R., & Corredeaguas, C. M. M. (2012). Methodologies and Tools to Improve Spatial Ability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 51*, 736-744. doi:10.1016/j.sbspro.2012.08.233

Eme, P.-E., & Marquer, J. (1999). Individual strategies in a spatial task and how they relate to aptitudes. *European journal of psychology of education, 14*(1), 89-108.

Feng, J., Spence, I., & Pratt, J. (2007). Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition. *Psychological science, 18*(10), 850-855.

Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences.* New York, NY:Basic books.

Garmendia, M., Guisasola, J., & Sierra, E. (2007). First-year engineering students' difficulties in visualization and drawing tasks. *European Journal of Engineering Education, 32*(3), 315-323. doi:10.1080/03043790701276874

Gitimu, P. N., & Workman, J. E. (2007). Influence of strategy choice on spatial performance in apparel design. *Clothing and Textiles Research Journal, 25*(2), 171-183.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Gluck, J., & Fitting, S. (2003). Spatial Strategy Selection: Interesting Incremental Information. *International Journal of Testing, 3*(3), 293-308. doi:10.1207/s15327574ijt0303_7

Gorgorió, N. (1998). Exploring the functionality of visual and non-visual strategies in solving rotation problems. *Educational Studies in Mathematics, 35*(3), 207-231.

Hegarty, M. (2010). Components of spatial intelligence. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 52, pp. 265-297): Elsevier.

Hill, C., Corbett, C., & St Rose, A. (2010). *Why so few? Women in science, technology, engineering, and mathematics.* American Association of University Women. 1111Sixteenth street NW, Washington, DC 20036.

Hsi, S., Linn, M. C., & Bell, J. E. (1997). The Role of Spatial Reasoning in Engineering and the Design of Spatial Instruction. *Journal of Engineering Education, 86*(2), 151-158. doi:10.1002/j.2168-9830.1997.tb00278.x

Jansen, P., Zayed, K., & Osmann, R. (2016). Gender differences in mental rotation in Oman and Germany. *Learning and Individual Differences, 51*, 284-290. doi:10.1016/j.lindif.2016.08.033

Kyllonen, P. C., Lohman, D. F., & Snow, R. E. (1984). Effects of aptitudes, strategy training, and task facets on spatial task performance. *Journal of Educational Psychology, 76*(1), 130.

Lajoie, S. P. (2003). Individual Differences in Spatial Ability: Developing Technologies to Increase Strategy Awareness and Skills. *Educational Psychologist, 38*(2), 115-125. doi:10.1207/s15326985ep3802_6

Leopold, C., Gorska, R. A., & Sorby, S. A. (2001). International experiences in developing the spatial visualization abilities of engineering students. *Journal for Geometry and Graphics, 5*(1), 81-91.

Levine, J. M., Schulman, D., Brahlek, R. E., & Fleishman, E. A. (1980). *Trainability of abilities: Training and transfer of spatial visualization*. Retrieved from

Liben, L. S. (1981). Spatial representation and behavior: Multiple perspectives. *Spatial representation and behavior across the life span: Theory and application, 79*, 3-32.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child development*, p. 1479-1498.

Lohman, D. F., & Nichols, P. D. (1990). Training spatial abilities: Effects of practice on rotation and synthesis tasks. *Learning and Individual Differences, 2*(1), 67-93.

Lord, T. R., & Garrison, J. (1998). Comparing spatial abilities of collegiate athletes in different sports. *Perceptual and motor skills, 86*(3), 1016-1018.

Maier, P. (1998). *Spatial geometry and spatial ability: How to make solid geometry solid?, E. Cohors-Fresenborg, K. Reiss, G. Toener, & H.-G Weigand.* Paper presented at the Selected papers from the Annual Conference of Didactics of Mathematics, Osnabreck, 63.

Marunic, G., & Glazar, V. (2013). Spatial ability through engineering graphics education. *International Journal of Technology and Design Education, 23*(3), 703-715.

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

Miller, C. (1990). *Enhancing spatial visualization abilities through the use of real and computer generated models.* Paper presented at the ASEE Annual Conference Proceedings, Toronto, Canada.

Moè, A., & Pazzaglia, F. (2010). Beyond genetics in Mental Rotation Test performance. *Learning and Individual Differences, 20*(5), 464-468. doi:10.1016/j.lindif.2010.03.004

Mohler, J. L. (2009). A review of spatial ability research. *Engineering Design Graphics Journal, 72*(2).

Onyancha, R. M., Derov, M., & Kinsey, B. L. (2009). Improvements in Spatial Ability as a Result of Targeted Training and Computer-Aided Design Software Use: Analyses of Object Geometries and Rotation Types. *Journal of Engineering Education, 98*(2), 157-167. doi:10.1002/j.2168-9830.2009.tb01014.x

Piaget, J., & Cook, M. (1952). *The origins of intelligence in children* (Vol. 8): International Universities Press New York.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Potter, C., Van Der Merwe, E., Kaufman, W., & Delacour, J. (2006). A longitudinal evaluative study of student difficulties with engineering graphics. *European Journal of Engineering Education, 31*(2), 201-214.

Pribyl, J. R., & Bodner, G. M. (1987). Spatial ability and its role in organic chemistry: A study of four organic courses. *Journal of research in science teaching, 24*(3), 229-240.

Robichaux, R. (2002). Predictors of spatial visualization: Structural equations modeling test of background variables. *Journal of Integrative Psychology, 2*(3), 10-41.

Sorby, S., Casey, B., Veurink, N., & Dulaney, A. (2013). The role of spatial training in improving spatial and calculus performance in engineering students. *Learning and Individual Differences, 26*, 20-29. doi:10.1016/j.lindif.2013.03.010

Sorby, S., & Veurink, N. (2010, June 20-23, 2010). *Are the Visualization Skills of First-Year Engineering Students Changing?* Paper presented at the American Society for Engineering Education, Louisville, Kentucky.

Sorby, S. A. (2007). Developing 3D spatial skills for engineering students. *Australasian Journal of Engineering Education, 13*(1), 1-11.

Sorby, S. A. (2009). Educational Research in Developing 3‐D Spatial Skills for Engineering Students. *International Journal of Science Education, 31*(3), 459-480. doi:10.1080/09500690802595839

Sorby, S. A., & Baartmans, B. J. (2000). The Development and Assessment of a Course for Enhancing the 3‐D Spatial Visualization Skills of First Year Engineering Students. *Journal of Engineering Education, 89*(3), 301-307.

Sorby, S. A., Leopold, C., & Gorska, R. (1999). CROSS-CULTURAL COMPARISONS OF GENDER DIFFERENCES IN THE SPATIAL SKILLS OF ENGINEERING STUDENTS. *5*(3), 279-291. doi:10.1615/JWomenMinorScienEng.v5.i3.50

Sorby, S. A., & Wysocki, A. F. (2003). *Introduction to 3D Spatial Visualization: an active approach*: Cengage Learning.

Tartre, L. A. (1990). Spatial orientation skill and mathematical problem solving. *Journal for Research in Mathematics Education*, 216-229.

Thurstone, L. L. (1938). Primary mental abilities. : University of Chicago Press: Chicago.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. Psychological Bulletin, 139, 352–402.

Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and motor skills, 47*(2), 599-604.

Yue, J. (2009). Spatial visualization by realistic 3D views. *Engineering Design Graphics Journal, 72*(1): p28-38.

Yue, J., & Chen, D. M. (2001). *Does CAD improve spatial visualization ability?* Paper presented at the Proceedings of the 2001 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition. p. 6.394.1-6.394.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก.

(รายละเอียดในการทดสอบ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนการทดสอบการประเมินการเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

1. การเตรียมการทดสอบ
    1.1. Notebook + Presentation ppt. (Introduction of spatial skill)
    1.2. Projector ชนิด LCD + จอ Screenแบบแขวนมือดึงขนาด 100
    1.3. เอกสาร
        1.3.1. หนังสือยินยอมในการทดสอบ
        1.3.2. แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Mental rotation test & Purdue Spatial Visualization Tests)
        1.3.3. แบบสอบถามการสำรวจวิธีการแก้ปัญหาในการทำแบบทดสอบ

2. ขั้นตอนในการทดสอบ
    2.1. แจกเอกสาร หนังสือยินยอม, เอกสารในการทดสอบให้กับผู้เข้าร่วมวิจัย
    2.2. เปิดไฟล์ ppt. อธิบายความสำคัญ วัตถุประสงค์ และลำดับในการทดสอบทั้งหมด
    2.3. ตรวจสอบผู้เข้าร่วมทดสอบทุกคนว่าเซ็นต์หนังสือยินยอมเสร็จแล้ว
    2.4. อธิบายรายละเอียดของแบบทดสอบ Mental rotation test
    2.5. ทดสอบแบบทดสอบ Mental rotation test ภายในระยะเวลา 15 นาที
    2.6. พัก 5 นาที
    2.7. อธิบายรายละเอียดของแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Tests
    2.8. ทดสอบแบบทดสอบ Purdue Spatial Visualization Tests ภายในระยะเวลา 20 นาที
    2.9. เมื่อทำการทดสอบครบทั้ง 2 ชุดแล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบสอบถามการสำรวจวิธีการแก้ปัญหาในการทำแบบทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข.

(หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย
(Consent Form)

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์โดยการออกแบบกระบวนการสอนตามยุทธศาสตร์เชิงมิติสัมพันธ์ของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่1”

ระยะการทำงานที่1: การประเมินการเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

วันให้คำยินยอม วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ข้าพเจ้า ..... อายุ ..... ปี อาศัยอยู่บ้านเลขที่..... ถนน ..... แขวง/ตำบล ..... เขต/อำเภอ ..... จังหวัด ..... รหัสไปรษณีย์ ..... โทรศัพท์.....

1. ก่อนที่จะลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัยฉบับนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยรวมทั้งประโยชน์และโทษที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว
2. ข้าพเจ้าได้ทราบถึงสิทธิ์ที่ข้าพเจ้าจะได้รับข้อมูลที่ข้าพเจ้าสงสัยเพิ่มเติม ด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบังซ่อนเร้น จนกว่าข้าพเจ้าพอใจ
3. ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ โดยจะไม่มีผลกระทบต่อคะแนนในรายวิชาใดๆ รวมถึงการบริการและสวัสดิการที่ข้าพเจ้าจะได้รับต่อในอนาคต
4. ข้าพเจ้ายินยอมให้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าที่ได้รับจากการวิจัยและสามารถเผยแพร่ต่อสาธารณะในรูปแบบนิรนามและรูปแบบที่เป็นการสรุปการวิจัยหรือการเปิดเผยข้อมูลต่อผู้มีหน้าที่ ที่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนและกำกับการดูแลการวิจัยเท่านั้น
5. ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการและได้ลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงชื่อ .....

( )

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค.

(แบบทดสอบในการเข้าถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์: MRT & PSVT)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

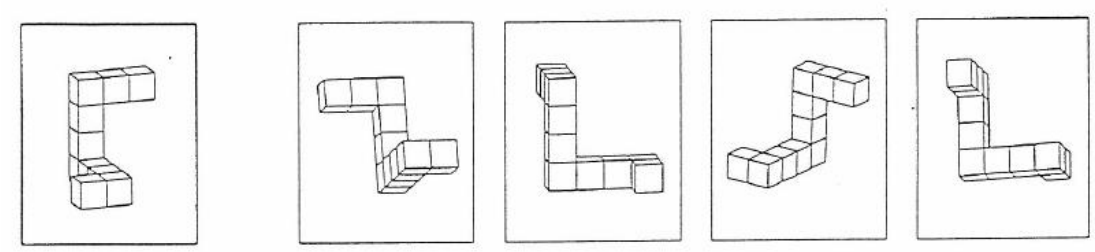
Mental Rotation Test

คำแนะนำ

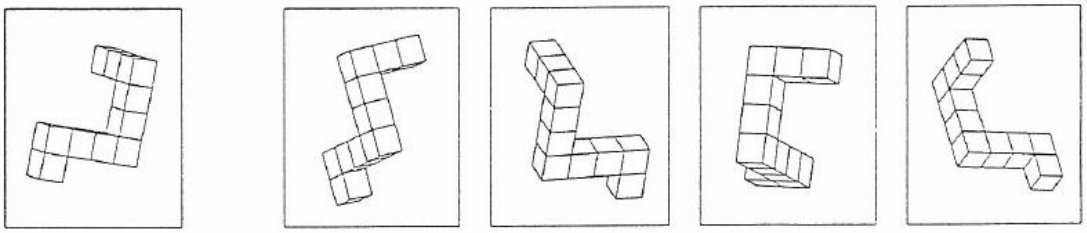
การทดสอบนี้ประกอบด้วยข้อทดสอบ 20 ข้อซึ่งถูกออกแบบเพื่อเข้าถึงความสามารถในการมองรูปวัตถุที่ถูกหมุนในแกน (องศา) ต่างๆของแต่ละบุคคลโดยมีตัวอย่างของคำถามดังต่อไปนี้ซึ่งในแต่ละคำถามจะมีเกณฑ์ดังนี้ในแต่ละคำถามจะมี 2 คำตอบที่ถูกต้องและ 2 คำตอบที่ไม่ถูกต้อง

<u>ตัวอย่าง</u>

1.

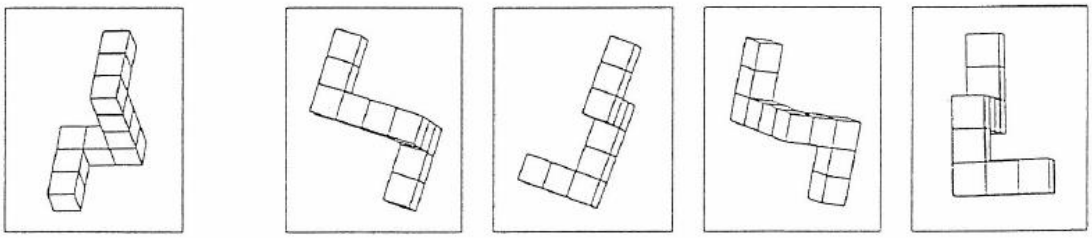


2.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.



จากตัวอย่างคำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ1: ตอบ 2และ3 ข้อ2: ตอบ1และ4 ข้อ3: ตอบ1และ3

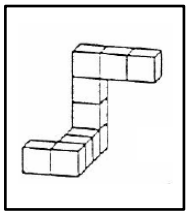
คำเตือน: การทดสอบนี้มีเวลาจำกัดโดยผู้ทดสอบมีเวลา 15 นาทีในการทำแบบทดสอบให้เสร็จสมบูรณ์

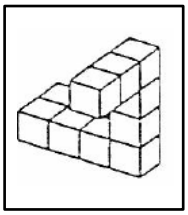
เริ่มต้นการทดสอบ

ห้ามขีดเขียนอะไรลงในเอกสาร
เนื่องจากมีกระดาษคำตอบแยกไว้ให้

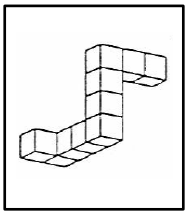
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.

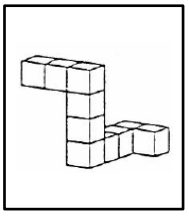




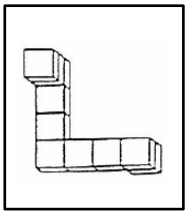
1



2

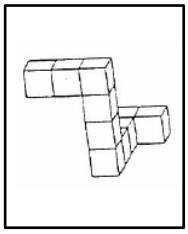


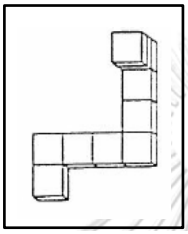
3



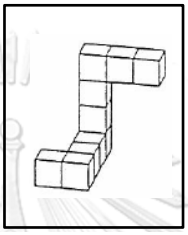
4

2.

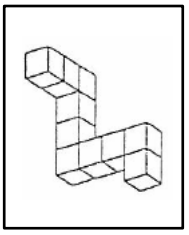




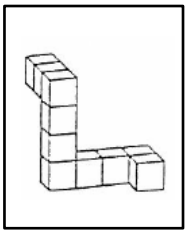
1



2

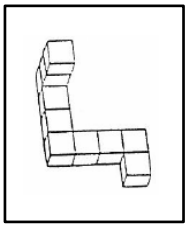


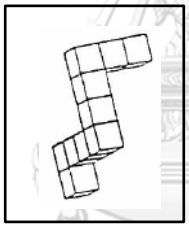
3



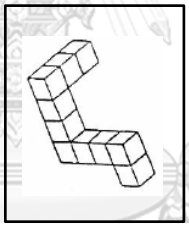
4

3.

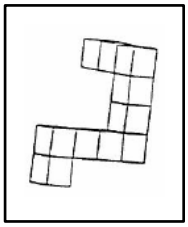




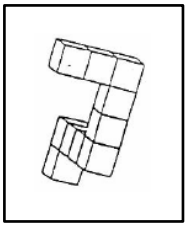
1



2



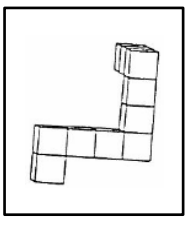
3

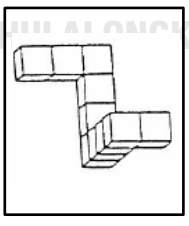


4

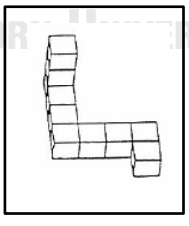
4.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

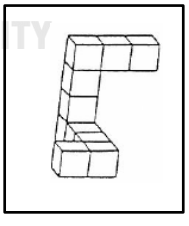




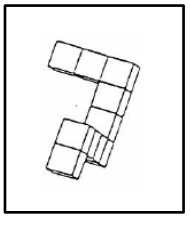
1



2

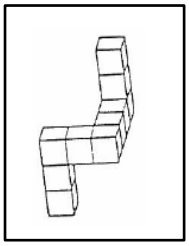


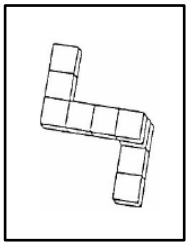
3



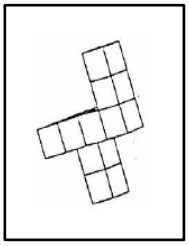
4

5.

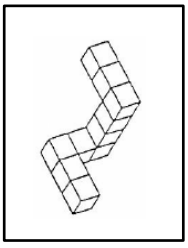




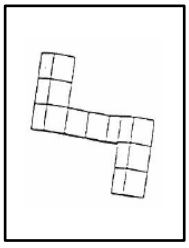
1



2

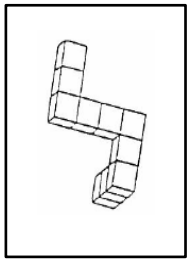


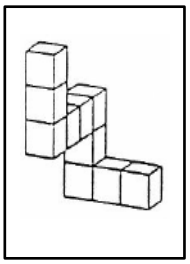
3



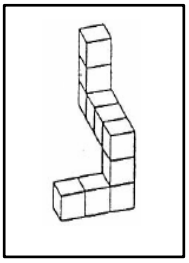
4

6.

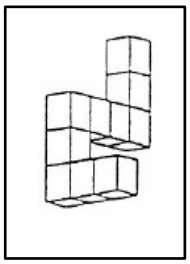




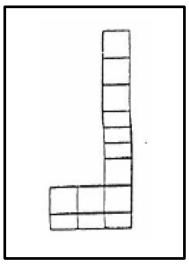
1



2

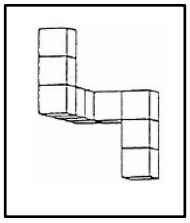


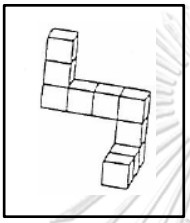
3



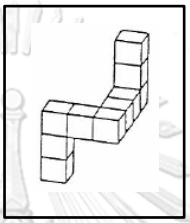
4

7.

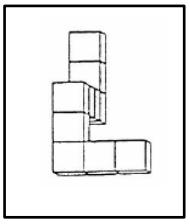




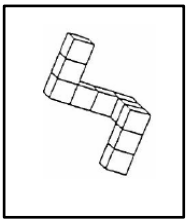
1



2

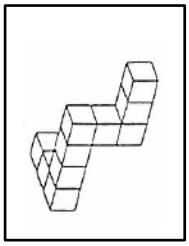


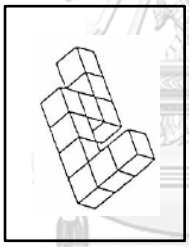
3



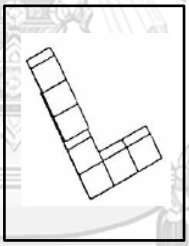
4

8.

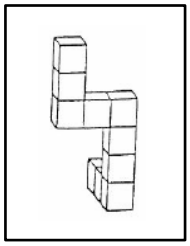




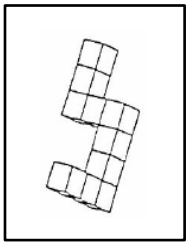
1



2

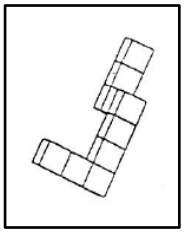


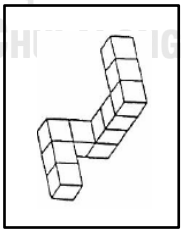
3



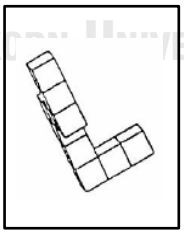
4

9.

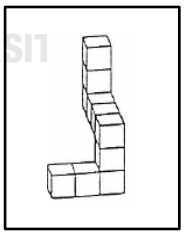




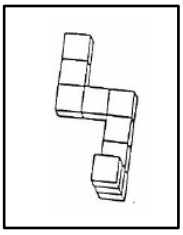
1



2

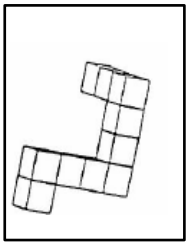


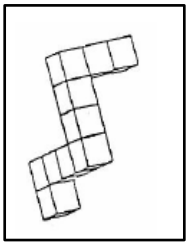
3



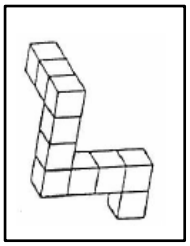
4

10.

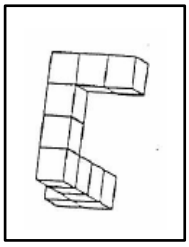




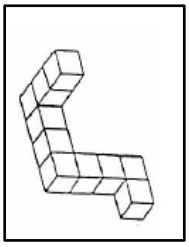
1



2



3



4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

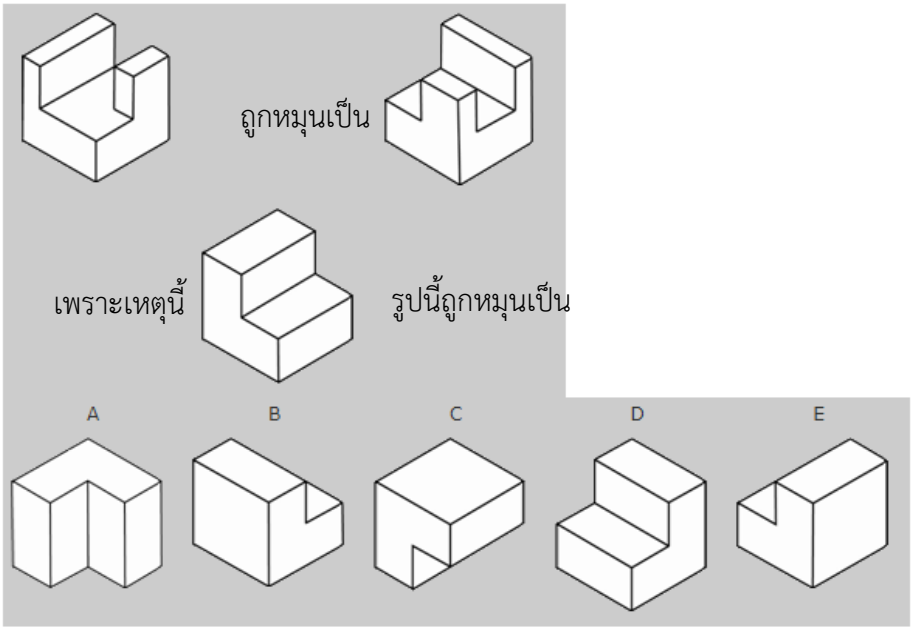
Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations

คำแนะนำ

การทดสอบนี้ประกอบด้วยข้อทดสอบ 30 ข้อซึ่งถูกออกแบบเพื่อทดสอบการมองการหมุนรูปสามมิติของวัตถุโดยมีตัวอย่างของคำถามดังต่อไปนี้

คำถาม: ข้อใดคือคำตอบที่ถูกต้องของตัวอย่างด้านล่าง

ตัวอย่างที่1



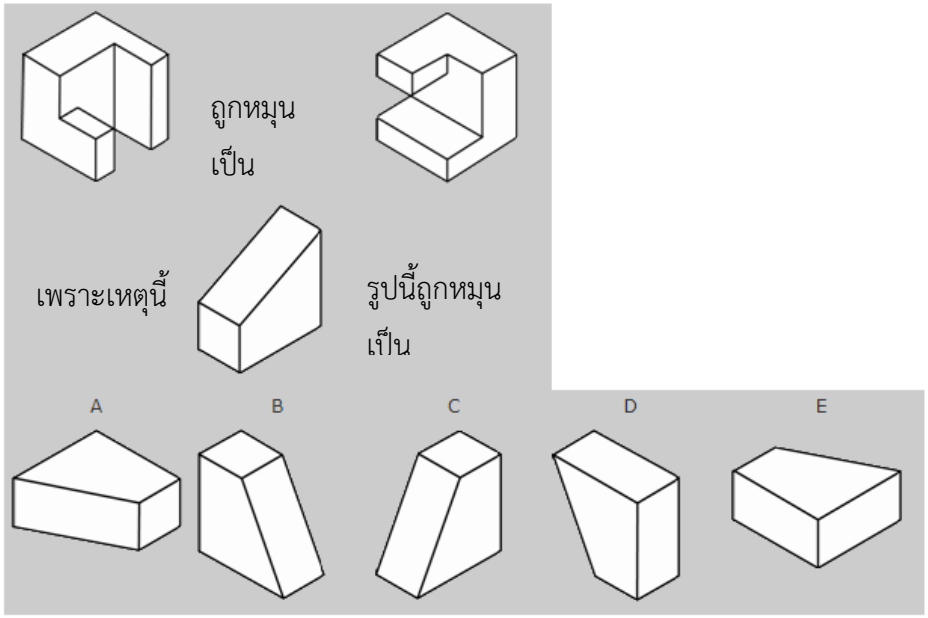
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิธีการแก้ปัญหา:

1. ศึกษาการหมุนของวัตถุในแถวบน
2. จินตนาการถึงวัตถุในแถวกลางที่ถูกหมุนในแกนเดียวกับวัตถุในแถวบน
3. เลือกคำตอบที่ถูกต้อง (A, B, C, D, or E) ของวัตถุที่ถูกหมุนในตำแหน่งที่ถูกต้อง

จากโจทย์คำตอบที่ถูกต้องคือข้อ D เนื่องจากวัตถุที่ถูกหมุนในข้อ D ถูกหมุนตามการหมุนของรูปในแถวบน

ตัวอย่างที่2



ข้อสังเกต: การหมุนของวัตถุในตัวอย่างซับซ้อนมากขึ้นจากตัวอย่างแรกโดยคำตอบที่ถูกต้องของข้อนี้คือข้อ B

คำเตือน: การทดสอบนี้มีเวลาจำกัดโดยผู้ทดสอบมีเวลา 20 นาทีในการทำแบบทดสอบให้เสร็จสมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เริ่มต้นการทดสอบ

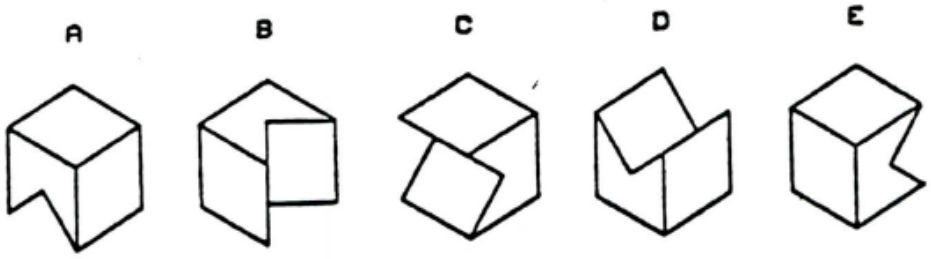
ห้ามขีดเขียนอะไรลงในเอกสาร
เนื่องจากมีกระดาษคำตอบแยกไว้ให้

1.

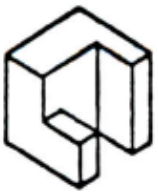
ถูกหมุน
เป็น

เพราะเหตุนี้

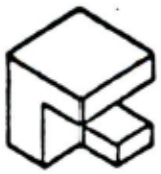
รูปนี้ถูกหมุนเป็น



2.

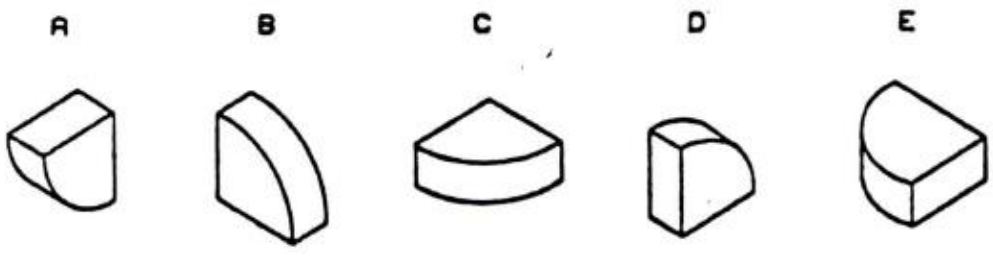


ถูกหมุน
เป็น

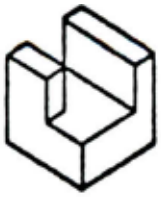


เพราะเหตุนี้

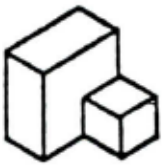
รูปนี้ถูกหมุน

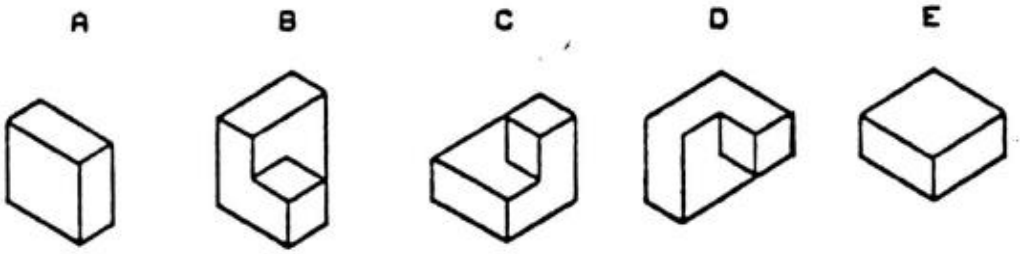


3.

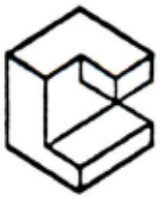


ถูกหมุน
เป็น

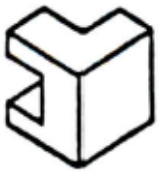
เพราะเหตุนี้  รูปนี้ถูกหมุนเป็น



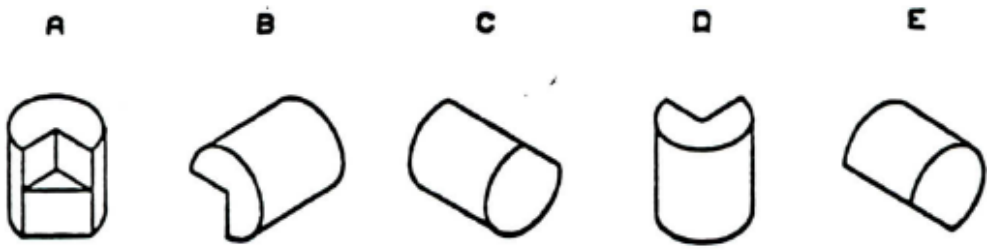
4.



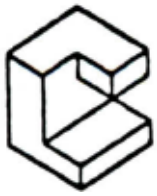
ถูกหมุน
เป็น



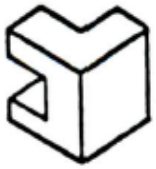
เพราะเหตุนี้ รูปนี้ถูกหมุนเป็น



5.

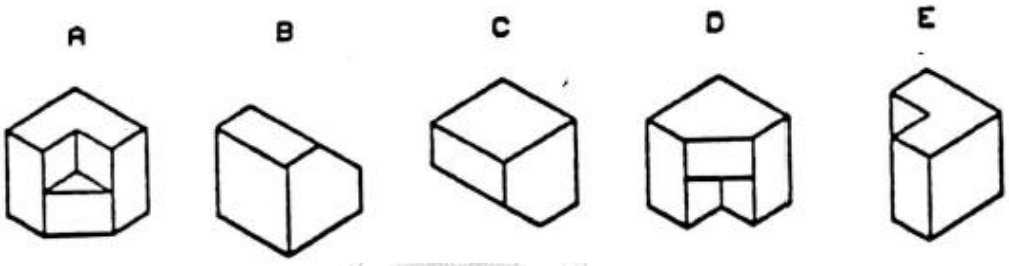


ถูกหมุน
เป็น

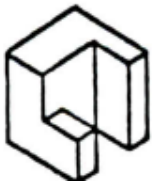


เพราะเหตุนี้

รูปนี้ถูกหมุนเป็น

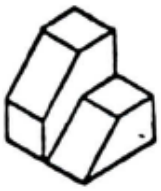


6.

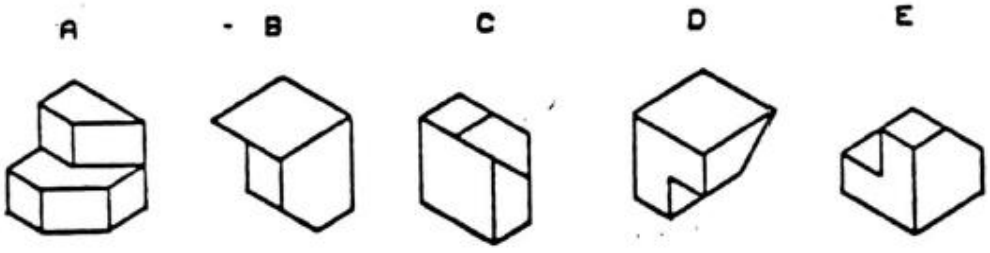


ถูกหมุน
เป็น

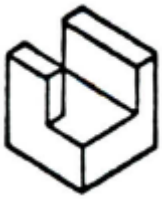
เพราะเหตุนี้



รูปนี้ถูกหมุนเป็น

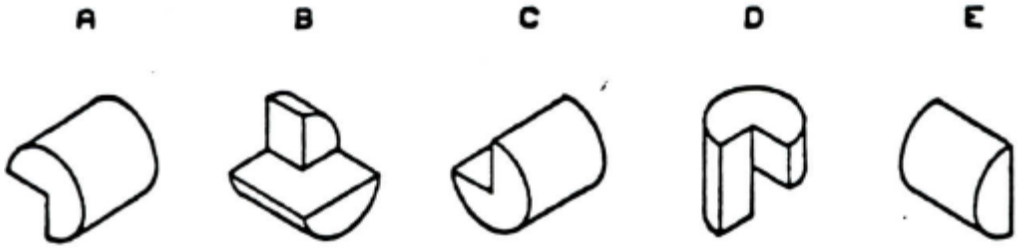


7.

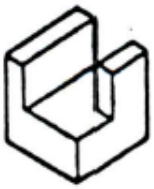


ถูกหมุน
เป็น

เพราะเหตุนี้ รูปนี้ถูกหมุนเป็น

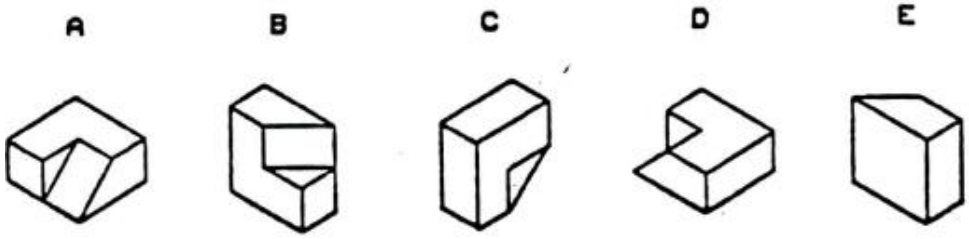


8.

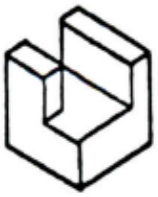


ถูกหมุน
เป็น

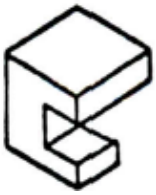
เพราะเหตุนี้ รูปนี้ถูกหมุนเป็น



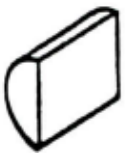
9.



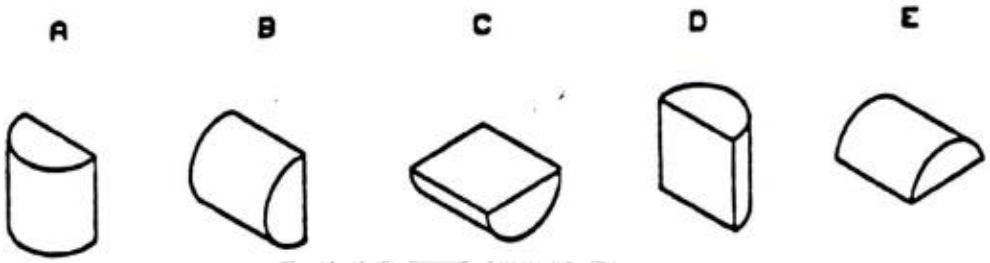
ถูกหมุน
เป็น



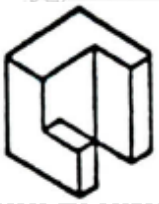
เพราะเหตุนี้



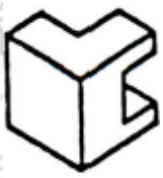
รูปนี้ถูกหมุนเป็น



10.

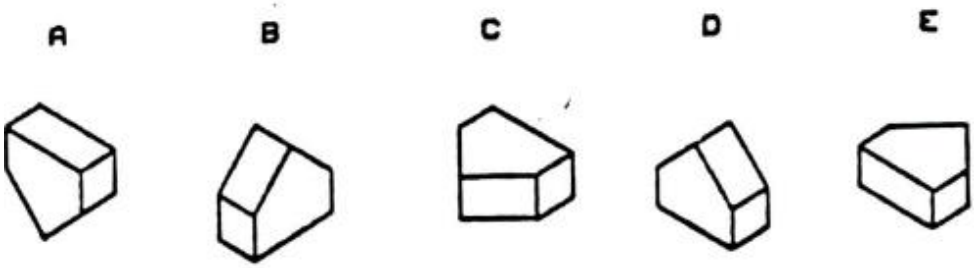


ถูกหมุน
เป็น

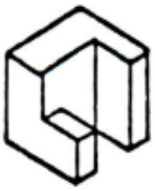


เพราะเหตุนี้

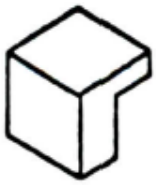
รูปนี้ถูกหมุนเป็น



11.



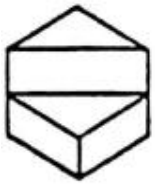
ถูกหมุนเป็น



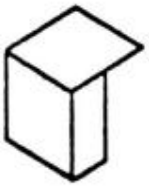
เพราะเหตุนี้

รูปนี้ถูกหมุนเป็น

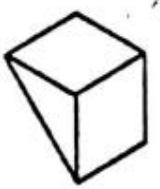
A



B

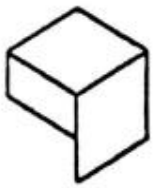


C

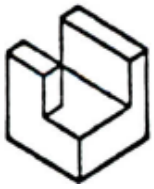


D

E



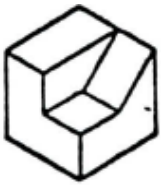
12.



ถูกหมุน

เป็น

เพราะเหตุนี้



รูปนี้ถูกหมุนเป็น

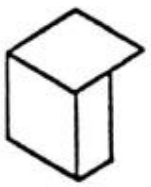
A

B

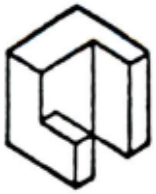
C

D

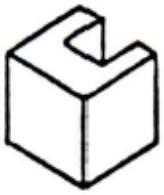
E



13.

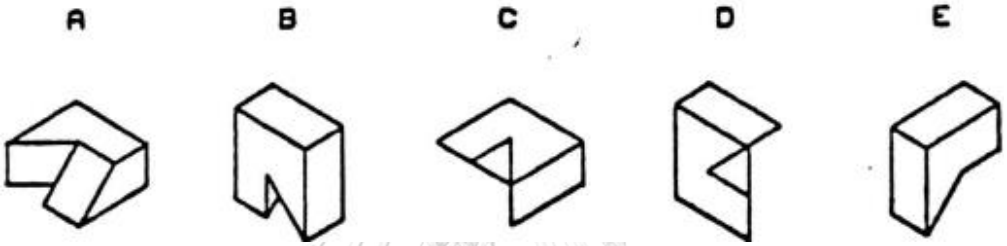


ถูกหมุน
เป็น

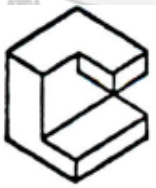


เพราะเหตุนี้

รูปนี้ถูกหมุนเป็น



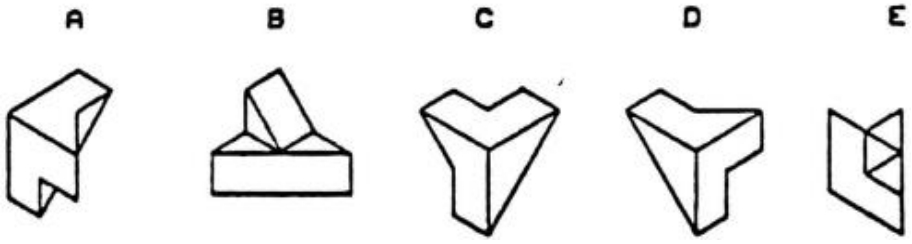
14.



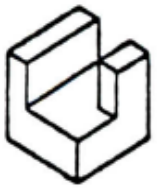
ถูกหมุน
เป็น

เพราะเหตุนี้

รูปนี้ถูกหมุนเป็น



15.

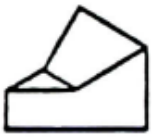


ถูกหมุน
เป็น

เพราะเหตุนี้

รูปนี้ถูกหมุนเป็น

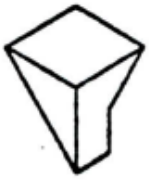
A



B

C

D



E

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง.

(แบบสอบถามการใช้ยุทธศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถามการสำรวจวิธีการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้ จัดทำขึ้นโดยนิสิตปริญญาโท ภาควิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินวิธีการแก้ปัญหาของนิสิตในการแก้โจทย์ด้านความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งผลการประเมินนี้จะนำไปพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพในการเรียนการสอน วิชาพื้นฐานการเขียนแบบวิศวกรรม (Engineering Drawing)

คำสั่ง กรอกข้อมูล และใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับวิธีการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. ตอนเรียน: _____ รหัสนิสิต_____
2. เพศ: ☐ ชาย ☐ หญิง อายุ : _____ ปี
3. ท่านมีประสบการณ์ในการเรียนวิชาพื้นฐานการเขียนแบบมาก่อนหรือไม่: ☐ เคย ☐ ไม่เคย

ตอนที่ 2 แบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์

1. ความซับซ้อนของแบบทดสอบ: ☐ น้อย ☐ ปานกลาง ☐ มาก
2. วิธีการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในด้านการทำแบบทดสอบ Mental Rotation

วิธีการแก้ปัญหา	การเลือกใช้	
	ใช้	ไม่ใช้
เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงการหมุนของวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที		
เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านหมุนก้อนวัตถุทั้งก้อน ที่เป็นรูปคำถามจนเหมือนก้อนวัตถุของรูปคำตอบ *หรือ* ท่านหมุนก้อนวัตถุรูปคำตอบทั้งก้อนที่ถูกหมุนจน ได้เป็นรูปคำถาม		
เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำเครื่องหมาย (Mark) ในแต่ละก้อนของลูกบาศก์ ที่ยึดเป็นรูปหลัก แล้วหมุนก้อนลูกบาศก์ในรูปคำตอบทีละก้อน เทียบกับก้อนลูกบาศก์แต่ละก้อนในรูปคำตอบ		
เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำการเปรียบเทียบรายละเอียดในแต่ละวัตถุของรูปคำตอบ เพื่อเทียบกับคำตอบ แล้วตัดคำตอบที่ต่างกับวัตถุโจทย์ออก แล้วพิจารณารายละเอียดของรูปที่เป็นไปได้		
ถ้าวัตถุในรูปคำตอบดูยากแล้ว ท่านไม่พิจารณาก้อนวัตถุโดยการหมุนทั้งก้อนแต่พยายามที่จะหารายะเอียดเพิ่มเติมในรูปเพื่อแก้ปัญหา		

3. วิธีการแก้ปัญหาด้านมิติสัมพันธ์ในด้านการทำแบบทดสอบ Purdue spatial visualization

วิธีการแก้ปัญหา	การเลือกใช้	
	ใช้	ไม่ใช้
เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงการหมุนของวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที		
เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านสามารถจินตนาการถึงพื้นที่ผิวที่ถูกซ่อน (Hidden view) อยู่ภายในรูปวัตถุนั้น แล้วหมุนวัตถุนั้นในมิติหรือทิศทางต่างๆ ได้ทันที		
เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำการเลือกพื้นที่ผิวหลักของรูปวัตถุ เพื่อพิจารณาการหมุนในแต่ละพื้นที่ผิว (Surface) ของวัตถุ ที่หมุนไปตามแนวแกนเดียวกัน		
เมื่อเห็นวัตถุโจทย์ ท่านทำการสร้างหรือวาดวัตถุนั้นในแนวแกน x, y, z ที่รูปวัตถุ แล้วพิจารณาการหมุน โดยยึดแกนที่สร้างเป็นหลักในการพิจารณาการหมุนของวัตถุ		
ในกรณีที่รูปวัตถุซับซ้อน ท่านได้ทำการมองภาพรวมของก้อนวัตถุแล้วหาพื้นที่ผิวที่โดดเด่นของวัตถุ เพื่อยึดเป็นแกนหลักในการหมุน		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ.

(รูปแบบการตรวจสอบการสอน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการตรวจสอบ (Audit Checklist)

สำหรับการตรวจสอบรูปแบบการสอนแบบการวิเคราะห์ (Analytic Strategy Training)

รายการตรวจสอบ (Audit Checklist)	ผลการตรวจสอบ	
	ใช่	ไม่ใช่
เนื้อหาส่วนที่1: เนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐาน (การฉายภาพ 2 มิติจากวัตถุ 3 มิติ)		
1.1 สอนโดยมุ่งเน้นให้เกิดการแบ่งการคิด		
1.1.1. ลดขนาดของปัญหาให้เล็กลงโดยพิจารณาทีละพื้นที่ของวัตถุ 3 มิติ		
1.1.2. จัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ที่ควรเป็นพิจารณาเป็นอันดับแรก		
1.2 สอนโดยมุ่งเน้นให้เกิดการวิเคราะห์		
1.2.1. พิจารณารายละเอียดพื้นที่ที่เกี่ยวข้องสำหรับการสร้างมุมมองที่สนใจ		
1.2.2. พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างมุมมองต่างๆที่กำหนดให้		
1.2.3. พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นกับพื้นที่ของมุมมองที่กำหนดให้		
เนื้อหาส่วนที่2: เนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐาน (การแปลงภาพ 2 มิติให้เป็นวัตถุ 3 มิติ)		
2.1 สอนโดยมุ่งเน้นให้เกิดการแบ่งการคิด		
1.1.1. สร้างกล่องแก้วเพื่อเป็นจุดตั้งต้นในการสร้างภาพ 2 มิติ		
1.1.2. ลดขนาดของปัญหาให้เล็กลงโดยพิจารณาทีละพื้นที่ของวัตถุ 3 มิติ		
2.2 สอนโดยมุ่งเน้นให้เกิดการวิเคราะห์		
2.2.1. พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นกับพื้นที่ของมุมมองที่กำหนดให้		
2.2.2. วิเคราะห์ความน่าจะเป็นของวัตถุ 3 มิติ		
2.2.3. พิจารณาเส้นแสดงส่วนบดบังของภาพ 2 มิติ		
2.2.4. พิจารณาถึงการรวมกันของวัตถุ 3 มิติ (Combine simple object)		
เนื้อหาส่วนที่3: เนื้อหาส่วนที่ยาก (การหามุมมองที่เหลือจากมุมมองที่กำหนดให้ 2 มุมมอง)		
3.1 สอนโดยมุ่งเน้นให้เกิดการแบ่งการคิด		
3.1.1. เลือกพื้นที่ที่สนใจในมุมมองที่กำหนดให้จากFront view		
3.1.2. สร้างกล่องแก้วเพื่อเป็นจุดตั้งต้นในการสร้างวัตถุ 3 มิติ		
3.2 สอนโดยมุ่งเน้นให้เกิดการวิเคราะห์		
3.2.1 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นกับพื้นที่ของมุมมองที่กำหนดให้		
3.2.2. วิเคราะห์ความน่าจะเป็นของวัตถุ 3 มิติ		
3.2.3 พิจารณาความเป็นไปได้ของเส้นแสดงส่วนบดบังจากเส้นฉาย		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการตรวจสอบ (Audit Checklist)

สำหรับการตรวจสอบรูปแบบการสอนแบบองค์รวม (Holistic Strategy Training)

รายการตรวจสอบ (Audit Checklist)	ผลการตรวจสอบ	
	ใช่	ไม่ใช่
เนื้อหาส่วนที่1: เนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐาน (การฉายภาพ 2 มิติจากวัตถุ 3 มิติ)		
1.1 สอนโดยมุ่งเน้นให้เกิดการใช้จินตนาการ		
1.1.1. มีการมองภาพรวมของวัตถุ 3 มิติเพื่อรับรู้ภาพรวม		
1.1.2. จินตนาการการหมุนวัตถุทั้งก้อนภายในใจ		
1.1.3. จินตนาการถึงมิติที่ถูกบดบังของวัตถุเพื่อสร้างเส้นแสดงส่วนบดบัง		
1.2 สอนโดยมุ้งเน้นให้เกิดการบูรณการ		
1.2.1. เชื่อมโยงความรู้ที่มีมาในอดีตในการสร้างภาพ 2 มิติ		
1.2.2. สร้างการเรียนรู้แบบหยั่งเห็น (สอนเพื่อเป็นแนวทางในการต่อยอด)		
1.2.3. พิจารณาภาพรวมแล้วค่อยแยกวิเคราะห์ในส่วนที่มองไม่เห็น		
เนื้อหาส่วนที่2: เนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐาน (การแปลงภาพ 2 มิติให้เป็นวัตถุ 3 มิติ)		
2.1 สอนโดยมุ่งเน้นให้เกิดการใช้จินตนาการ		
2.1.1. จินตนาการถึงรูปพื้นฐานของวัตถุจากการประกอบภาพ 2 มิติ		
2.1.2. จินตนาการถึงรูปวัตถุที่มีความเป็นไปได้		
2.1.3. จินตนาการถึงพื้นที่ที่ถูกบดบังจากเส้นแสดงส่วนบดบังในภาพ 2 มิติ		
2.2. สอนโดยมุ่งเน้นให้เกิดการบูรณการ		
2.2.1. เชื่อมโยงความรู้ที่มีมาในอดีตในการสร้างวัตถุ 3 มิติ		
2.2.2. ดึงฐานข้อมูลที่คล้ายกันออกมาใช้เป็นตัวตั้งต้นเพื่อสร้างวัตถุ 3 มิติ		
เนื้อหาส่วนที่3: เนื้อหาส่วนที่ยาก (การหามุมมองที่เหลือจากมุมมองที่กำหนดให้ 2 มุมมอง)		
3.2 สอนโดยมุ่งเน้นให้เกิดการใช้จินตนาการ		
3.1.2. จินตนาการถึงลักษณะวัตถุ 3 มิติที่อาจเป็นไปได้จากมุมมองที่ให้		
3.1.3. จินตนาการถึงวัตถุที่มีความเป็นได้จากมุมมองที่กำหนดให้		
3.2 สอนโดยมุ่งเน้นให้เกิดการบูรณการ		
3.2.1. พิจารณาความสัมพันธ์ของเส้นและพื้นที่ระหว่างมุมมองทั้งสอง		
3.2.2. ดัดแปลงจากรูปพื้นฐานให้ซับซ้อนขึ้นตามรายละเอียดของภาพ 2 มิติ		
3.2.3. ใช้เส้นฉายเพื่อลงรายละเอียดของมุมมองที่เหลือ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสกุลพร พรพนม เกิดวันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2537 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อปีพ.ศ. 2558 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษาพ.ศ. 2559

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University