

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มุ่งพัฒนาเทคนิคการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีเพื่อสร้างเครื่องมือวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยมีจุดมุ่งหมายของการวิจัย 1) เพื่อพัฒนาเทคนิคการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีและการวัดแบบรასส์ 2) เพื่อสร้างเครื่องมือประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่ได้จากโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎี 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยนำเสนอเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การตรวจสอบคุณลักษณะข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ และการตรวจสอบโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์

ตอนที่ 2 ประเมินประสิทธิภาพของข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ของทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนและโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

ตอนที่ 1 การตรวจสอบคุณลักษณะข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นข้อสอบเลือกตอบและการตรวจสอบโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์

1. การตรวจสอบคุณลักษณะข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยนำไปทดลองใช้ กับกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาในเขตจังหวัดกำแพงเพชร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 41 จำนวน 300 คน นำผลการทดสอบมาทำการวิเคราะห์พิจารณาคุณลักษณะและคุณภาพของข้อสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ได้ดังนี้

1.1 หลักฐานความเที่ยงด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Reliability evidence based on reliability coefficient) ได้แก่

1.1.1 ค่าความเที่ยงแบบ Cronbach's alpha เป็นค่าสัมประสิทธิ์ (coefficient of reliability) วัดการสอดคล้องภายใน (internal consistency) บ่งชี้ว่าผลการวัดมีความสอดคล้องกันเองหรือไม่หรือเป็นการบ่งชี้ความคงเส้นคงวาแบบภายในของผลการวัด ในงานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์การยอมรับอยู่ที่ .70 ขึ้นไป (Cronbach, 1990) โดยจากการวิเคราะห์จากค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณค่าโดยโมเดลราสซ์ของข้อสอบทั้งหมดมีค่าเท่ากับ .73 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

1.1.2 ค่าความเที่ยงแบบ Person separation Reliability เป็นค่าความเที่ยงแบบแยกส่วนของผู้สอบ ซึ่งคล้ายคลึงกับสัมประสิทธิ์แอลฟา (Englehard, 2002 ; Myford & Wolf, 2003) เป็นอัตราส่วนของความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนสังเกตในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ถ้าค่านี้มีค่าสูงแสดงว่ามีความแตกต่างระหว่างความสามารถของผู้สอบ แสดงถึงความสามารถในการจำแนกความสามารถของผู้สอบแต่ละคนออกจากกัน เป็นดัชนีที่แสดงถึงความเชื่อถือได้ของคะแนนความสามารถที่ได้จากข้อสอบและผู้ตรวจ กำหนดให้สัมประสิทธิ์มีค่าสูงกว่า .60 จึงเป็นที่ยอมรับได้ (Nunnally, 1967) หรือหากมีค่าผ่านเกณฑ์ในระดับคืออยู่ที่ .70 ขึ้นไป (Cronbach, 1990) จากการประมาณค่าความสามารถของผู้ทำข้อสอบมีค่าเท่ากับ .65 เนื่องจากเป็นระยะการพัฒนาข้อสอบจึงเป็นที่ยอมรับได้

1.1.3 ความเที่ยงแบบ Expected A Posteriori หรือ EAP/PV (EAP/PV Reliability) (Briggs & Wilson, 2003) เป็นค่าสัดส่วนของความแปรปรวนที่อธิบายได้จากโมเดล Partial credit model ต่อความแปรปรวนในภาพรวม (total variance) ของค่าความสามารถแฝงของนักเรียน ผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ที่ .70 (Cronbach, 1990) สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถผู้เรียนได้ผ่านเกณฑ์โดยมีค่าเท่ากับ .74

1.1.4 ค่าความเที่ยงแบบวิธีแบ่งครึ่งแบบวัด (Split Half Method) โดยแบ่งแบบวัดที่ใช้ออกเป็นสองส่วน และให้กลุ่มตัวอย่างตอบคำถามทั้งสองส่วนนั้น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของคะแนนจากทั้งสองส่วน จะนำมาใช้คำนวณค่าความเที่ยงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อสอบแบบครึ่งชุดของคะแนนจากคำถาม 20 ข้อแรกกับ 20 ข้อหลังและการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อคู่กับข้อคู่หาความสัมพันธ์กันโดยใช้สูตรของเพียร์สัน แล้วปรับขยายให้เป็นค่าความเที่ยงของข้อสอบเต็มฉบับโดยใช้สูตรของสเปียร์แมนบราวน์ ถ้าเนื้อหาสอดคล้องกันในทุก 2 ครั้ง ควรมีความสัมพันธ์กัน ถ้า Correlation coefficient สูงแสดงว่ามีความสอดคล้องของเนื้อหา จากการหาความสัมพันธ์ของข้อคู่-คู่ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .78 ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน จากการหาความสัมพันธ์ของครึ่งข้อแรกกับครึ่งข้อหลัง มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .46 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ

1.1.4 หลักฐานความตรงเชิงโครงสร้างภายใน (Validity evidence based on internal structure) โดยการหาค่าสถิติ infit MNSQ statistics (INFIT Mean Square หรือ weighted Mean Square) เป็นการตรวจสอบค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ (item fit) โดยการตรวจสอบคุณภาพข้อสอบจากความสอดคล้องกลมกลืนของคำตอบข้อสอบแต่ละข้อกับข้อสอบข้ออื่นที่วัดความสามารถคิดวิเคราะห์ที่พิจารณาจากสถิติทดสอบความสอดคล้องแบบถ่วงน้ำหนัก (weighted fit) หรือการทดสอบแบบ infit ด้วยค่า Mean square หรือ MNSQ และค่า t แทนที่จะพิจารณาจากสถิติทดสอบแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก (unweighted fit) หรือการทดสอบแบบ outfit เนื่องจากการทดสอบแบบ infit จะแกร่งกว่า outfit ในกรณีที่ข้อมูลคะแนนคำตอบข้อสอบทั้งหมดมีค่าสุดโต่ง เช่น นักเรียนได้คะแนนน้อยมากๆ หรือได้คะแนนเต็ม (Wright, 1984) การทดสอบแบบ infit และ outfit จะให้ค่า MNSQ และค่า t คล้ายคลึงกัน (Adams & Khoo, 1996) ค่า t บ่งชี้ระดับความผันแปรของข้อมูลคำตอบข้อสอบแต่ละข้อตามทฤษฎีการวัดแบบราสส์หรือบ่งชี้ความเป็นเอกพันธ์ (item homogeneity) ของคำตอบข้อสอบทั้งหมดที่กำหนดไว้ในโมเดลการวัดเดียวกัน ค่า t ควรจะอยู่ระหว่าง -2 และ +2 (Smith, Schumacker, & Busch, 1995; Wright, Mead, & Bell, 1980) ช่วงของค่า MNSQ ที่ได้จากการทดสอบแบบ infit ระหว่าง .75 ถึง 1.33 ถือว่าเป็นช่วงที่ยอมรับกับโดยทั่วไปว่าโครงสร้างลักษณะข้อสอบเชิงประจักษ์มีลักษณะใกล้เคียงกับโครงสร้างลักษณะข้อสอบที่คาดหวัง (Adams & Khoo, 1996; Wilson, Allen, & Li, 2006) โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ข้อสอบข้อที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทั้งค่า infit และค่า t โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ทั้งรายข้อสอบและรายผู้เรียน ดังตาราง 14 และ 15

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์รายข้อสอบจากค่า MNSQ และค่า t

Item difficulties item	ค่า Infit		ผลการพิจารณา
	MNSQ	t	
1	1.08	1.2	ผ่าน
2	1.10	1.6	ผ่าน
3	0.96	-0.7	ผ่าน
4	0.95	-0.8	ผ่าน
5	1.01	0.2	ผ่าน
6	1.11	1.6	ผ่าน
7	1.16	2.4	ไม่ผ่าน
8	1.04	0.5	ผ่าน
9	1.01	0.2	ผ่าน
10	1.05	0.8	ผ่าน
11	1.00	0.0	ผ่าน
12	1.06	1.0	ผ่าน
13	1.02	0.3	ผ่าน
14	1.06	0.9	ผ่าน
15	1.03	0.5	ผ่าน

ตาราง 14 (ต่อ)

Item difficulties item	ค่า Infit		ผลการพิจารณา
	MNSQ	t	
16	1.12	1.7	ผ่าน
17	1.10	1.5	ผ่าน
18	1.06	0.9	ผ่าน
19	1.18	2.6	ไม่ผ่าน
20	1.02	0.3	ผ่าน
21	0.95	-0.7	ผ่าน
22	1.09	1.5	ผ่าน
23	0.97	-0.4	ผ่าน
24	1.04	0.7	ผ่าน
25	0.95	-0.8	ผ่าน
26	0.96	-0.5	ผ่าน
27	0.98	-0.3	ผ่าน
28	1.06	0.8	ผ่าน
29	1.03	0.4	ผ่าน
30	1.07	1.0	ผ่าน
31	1.09	1.4	ผ่าน
32	1.04	0.6	ผ่าน
33	1.01	0.2	ผ่าน
34	0.97	-0.4	ผ่าน
35	1.06	0.9	ผ่าน
36	1.12	1.7	ผ่าน
37	1.00	-0.0	ผ่าน
38	0.91	-1.4	ผ่าน
39	0.70	-5.2	ไม่ผ่าน
40	0.97	2.4	ไม่ผ่าน

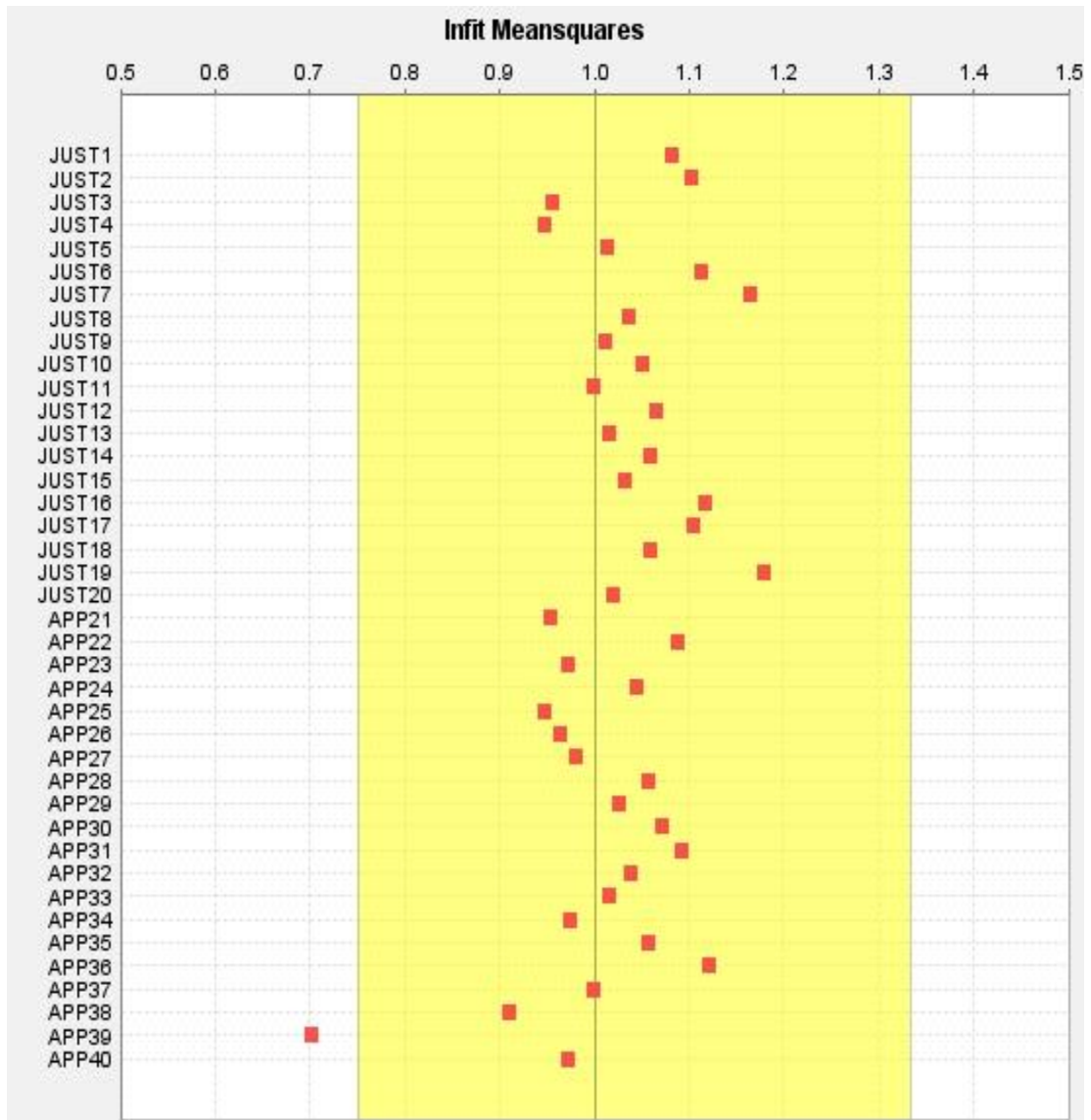
ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของผู้เรียนจากค่า MNSQ และค่า t

ที่	Item difficulties		ค่า Infit		ผลการพิจารณา
	Student	-Weighted-			
		MNSQ	t		
1	ST026	0.71	-1.6	ไม่ผ่านค่า MNSQ	
2	ST027	0.37	-2.46	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t	
3	ST028	1.35	1.79	ไม่ผ่านค่า MNSQ	
4	ST032	1.37	2.42	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t	
5	ST073	0.67	-2.78	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t	
6	ST086	0.74	-1.88	ไม่ผ่านค่า MNSQ	
7	ST088	0.73	-1.87	ไม่ผ่านค่า MNSQ	
8	ST090	1.41	1.96	ไม่ผ่านค่า MNSQ	
9	ST093	0.47	-1.95	ไม่ผ่านค่า MNSQ	

ตาราง 15 (ต่อ)

ที่	Item difficulties		ค่า Infit		ผลการพิจารณา
	Student	MNSQ	-Weighted-		
			MNSQ	t	
10	ST094	0.7		-2.47	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t
11	ST105	0.72		-1.99	ไม่ผ่านค่า MNSQ
12	ST106	0.64		-3.09	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t
13	ST108	0.44		-2.08	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t
14	ST121	0.61		-3.16	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t
15	ST125	0.69		-2.55	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t
16	ST131	0.7		-2.55	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t
17	ST162	1.37		2.19	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t
18	ST185	1.34		2.34	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t
19	ST186	1.32		2.14	ไม่ผ่านค่า t
20	ST211	0.76		-2.03	ไม่ผ่านค่า t
21	ST248	1.36		1.79	ไม่ผ่านค่า MNSQ
22	ST251	0.63		-3.17	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t
23	ST253	1.52		2.34	ไม่ผ่านค่า MNSQ และ t
24	ST255	1.35		1.37	ไม่ผ่านค่า MNSQ
25	ST261	0.7		-1.67	ไม่ผ่านค่า MNSQ
26	ST262	1.39		1.52	ไม่ผ่านค่า MNSQ

ในการตรวจสอบค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อของข้อสอบด้วย Fit graph ด้วยค่า INFIT MNSQ เป็นค่าที่แสดงความแตกต่างระหว่างค่าที่คาดหวังและค่าที่สังเกตได้ในการตอบข้อสอบรายข้อ ใช้การวิเคราะห์แบบโมเดลการให้คะแนนบางส่วนซึ่งเป็นโมเดลที่เหมาะสมกับการพัฒนาข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยสัดส่วนของความแปรปรวนที่อธิบายได้จากโมเดล หากผู้เรียนมีคุณภาพสูงความแปรปรวนจะเข้าใกล้ 1 มีค่า INFIT MNSQ ที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ ระหว่างค่า .75 -1.33 (Adams & Kboo, 1996 cited in Wilson, 2005) ข้อที่มีคุณภาพตามเกณฑ์และแสดงถึงความสอดคล้องระหว่างโมเดลและข้อมูล จำนวน 36 ข้อ จะเห็นได้ว่า ข้อที่ JUST 7, JUST19, APP39 และ APP40 เป็นข้อคำถามที่ไม่อยู่ในค่าเกณฑ์ทั้ง 2 ค่า นี้ ข้อคำถามจึงมีแนวโน้มว่าจะไม่สามารถวัดหรือทำหน้าที่ได้เหมือนกับข้อสอบข้ออื่นๆ จึงพิจารณาตัดออกจากชุดสอบ ตัวอย่าง เช่น ในข้อที่ APP39 มีแผนภาพการกระจายของค่า INFIT อยู่ที่ 0.72 จึงไม่ผ่านเกณฑ์การพิจารณา ดังภาพ 32



หมายเหตุ : JUST คือ ข้อสอบในมิติการให้เหตุผล (Justification of Construct Map)

APP คือ ข้อสอบในมิติการนำไปประยุกต์ใช้ (Knowledge Application of Construct Map)

ภาพ 32 Fit graph แสดงค่า INFIT MNSQ ข้อสอบ 40 ข้อ

ตัวอย่างจากผลการวิเคราะห์ตามหลักฐานของ printout ที่แสดงค่าสถิติรายข้อ (Item Statistics (EAP)) ในข้อสอบข้อที่ APP39 ดังภาพ 33 อธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

Item: APP39 (by item)	Item Set: base		Variable: Construct 1	
	Infit	MNSQ = 0.70	t = -5.21	Outfit MNSQ = 0.70 t = -4.11
Categories	0	1	2	missing
Responses	0	1	2	
Count	135	58	107	0
Percent (%)	45.00	19.33	35.67	
Pt-Biserial	-0.13	-0.09	0.22	
Mean Ability	0.18	0.17	0.28	NA
SD Abilities	0.13	0.13	0.13	NA
Step Difficulties		1.02	-0.38	
Thresholds	NA	0.08	0.57	
Error	NA	0.12	0.17	

ภาพ 33 ตัวอย่าง print out ค่าสถิติรายข้อ (Item Statistics (EAP)) ในข้อสอบข้อที่ APP39

ในข้อที่ APP 39 มีการให้คะแนนแบบ 3 ค่า (Categories) คือ 0,1,2 จำนวนผู้ตอบ (Count) มีผู้ตอบ 0 เท่ากับ 135 คน ตอบ 1 เท่ากับ 58 คน และตอบ 2 เท่ากับ 107 คน ในค่าเฉลี่ยความสามารถ (Mean Ability) มีค่า 0.18 0.17 และ 0.28 ตามลำดับ สิ่งที่สังเกตได้คือ คนที่ตอบ 0 มีค่าเฉลี่ยความสามารถ 0.18 คนที่ตอบ 1 มีค่าเฉลี่ยความสามารถ 0.17 คนที่ตอบ 2 มีค่าเฉลี่ยความสามารถ 0.28 ซึ่งแต่ละระดับความสามารถมีค่าห่างกันน้อยมากเป็นช่วงแคบ ๆ หลักฐานนี้สามารถอธิบายได้ว่า แนวโน้มความสามารถคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนไม่เป็นไปอย่างที่เราวิจัยคาดหวังซึ่งโดยปกติแล้วค่าเฉลี่ยความสามารถคิดวิเคราะห์ควรจะมีความแตกต่างกันในลักษณะที่สามารถแยกกลุ่มได้ จึงเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ชี้ให้เห็นถึงความแปรปรวนของข้อสอบข้อนี้

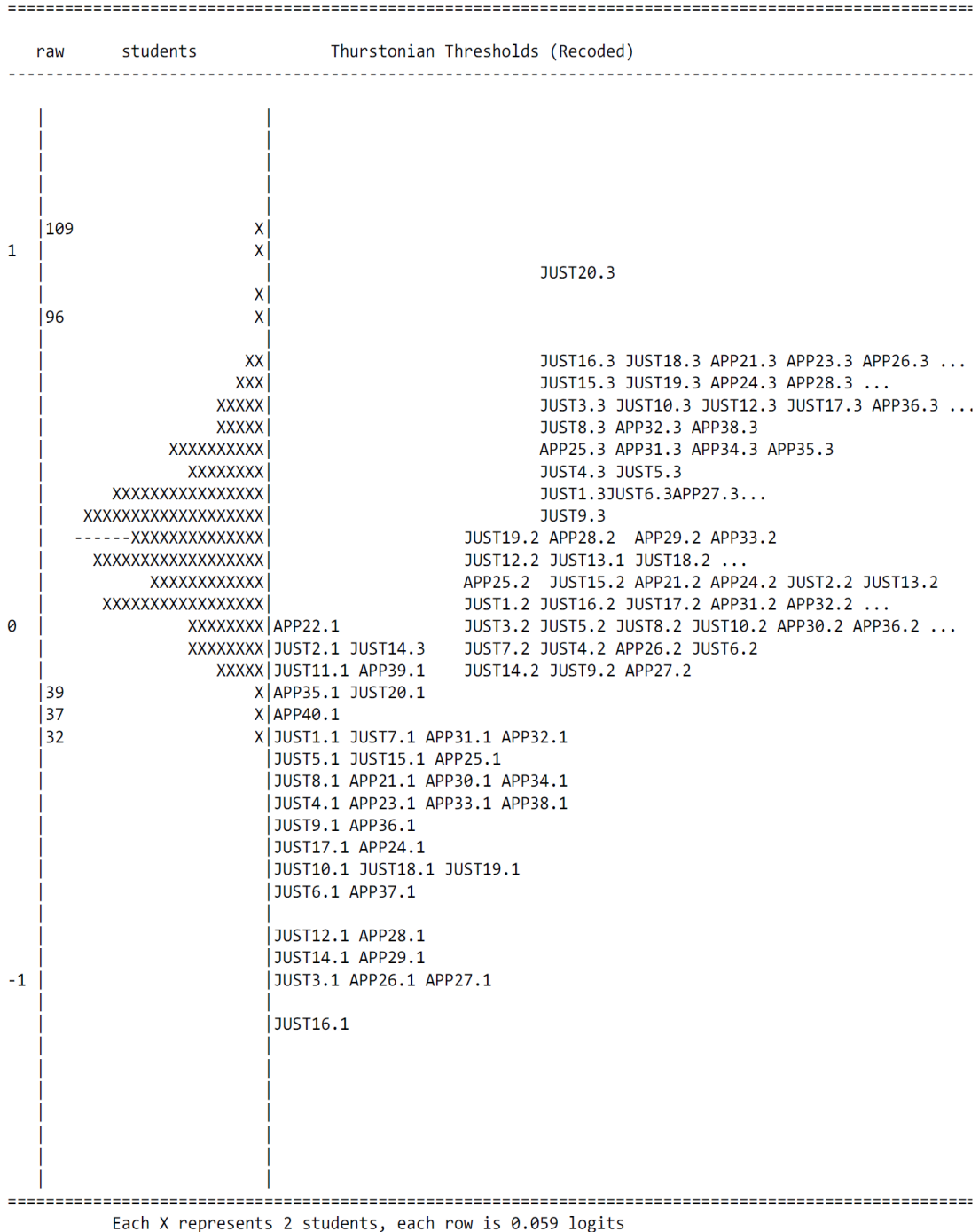
## 2. ผลการตรวจสอบโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์

2.1 หลักฐานของความเที่ยง criterion zone (Wilson, 2005) เพื่อนำผลที่ได้มาพัฒนาโมเดลที่มีความเหมาะสมกับระดับความสามารถคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนกับโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยกำหนด criterion zone บน wright map เพื่อกำหนดขอบเขตแบ่งแยกระดับความสามารถ โดยการใช้โปรแกรม ConstructMap ในการวิเคราะห์คุณลักษณะของข้อสอบด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบและการวิเคราะห์เชิงโครงสร้างของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน (construct map) ให้เหมาะสมและพัฒนาเป็นโครงสร้างของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีความถูกต้องสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการดำเนินการในระยะต่อไป โดยผลการวิเคราะห์ดังภาพ 34

Item Set: base

Wright Map (EAP) Variable: Construct 1  
IRT Categories

Map of person estimates and response model parameter estimates



Each X represents 2 students, each row is 0.059 logits

ภาพ 34 Wright map ของข้อสอบทั้งฉบับ จำนวน 40 ข้อ



จากภาพ 34 เมื่อพิจารณา wright map ในการทดสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 300 คน ได้จากโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่ให้คะแนนแบบหลายค่า ตำแหน่งค่าความยากข้อสอบอยู่ใกล้กันและไม่สามารถแบ่งความสามารถของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน จึงจำเป็นต้องนำข้อมูลไปพัฒนาโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์และพิจารณาข้อสอบเพื่อให้มีความเหมาะสมในการใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

สำหรับการกำหนด criterion zone บน wright map เพื่อแบ่งระดับความสามารถคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนคำนวณได้จากตาราง 16

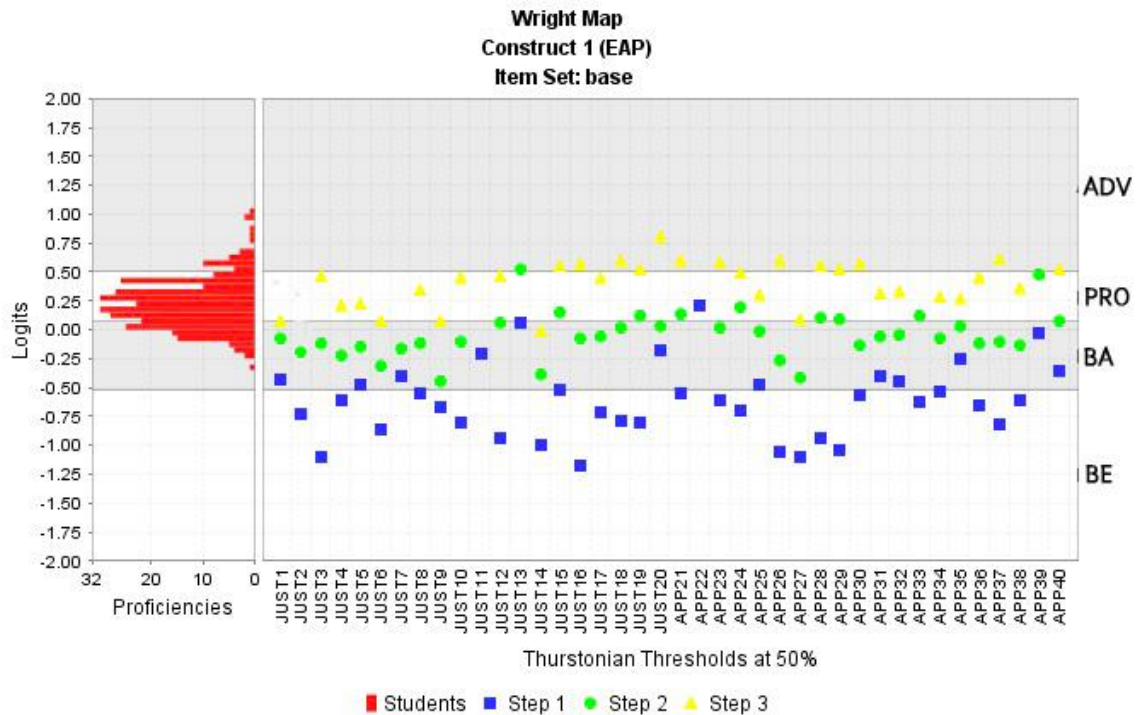
ตาราง 16 การกำหนดขอบเขตเกณฑ์โดยการคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความยาก ลำดับขั้น (estimated item thresholds)

Item	Overall Item Difficulty	Estimated Item Thresholds		
		1 to 2,3,4	1+2 to 3,4	1+2+3 to 4
JUST1	-0.2	-0.33	0.02	0.17
JUST2	0.49	0.12	0.38	
JUST3	-0.49	-1	-0.02	0.57
JUST4	-0.31	-0.5	-0.12	0.31
JUST5	-0.09	-0.38	-0.04	0.32
JUST6	-0.83	-0.77	-0.22	0.18
JUST7	-0.36	-0.3	-0.06	
JUST8	0.03	-0.46	-0.01	0.44
JUST9	-0.65	-0.56	-0.35	0.18
JUST10	-0.18	-0.7	0	0.55
JUST11	-0.11			
JUST12	-0.19	-0.84	0.16	0.56
JUST13	0.79	0.16	0.62	
JUST14	-1.15	-0.89	-0.29	0.08
JUST15	0.44	-0.41	0.25	0.65
JUST16	-0.42	-1.08	0.02	0.67
JUST17	-0.06	-0.62	0.04	0.54
JUST18	0.09	-0.7	0.12	0.7
JUST19	0.07	-0.71	0.23	0.62
JUST20	1.07	-0.07	0.13	0.91
APP21	0.46	-0.45	0.24	0.7
APP22	0.3			
APP23	0.28	-0.51	0.12	0.68
APP24	0.21	-0.6	0.3	0.6
APP25	1.48	-0.37	0.09	0.4
APP26	-0.43	-0.96	-0.16	0.7
APP27	-1.16	-1.01	-0.31	0.18
APP28	-0.06	-0.84	0.2	0.64

ตาราง 16 (ต่อ)

Item	Overall Item Difficulty	Estimated Item Thresholds		
		1 to 2,3,4	1+2 to 3,4	1+2+3 to 4
APP29	1.23	-0.94	0.19	0.62
APP30	0.22	-0.46	-0.04	0.66
APP31	0.16	-0.3	0.04	0.41
APP32	0.14	-0.34	0.06	0.43
APP33	-0.31	-0.53	0.22	
APP34	-0.05	-0.43	0.02	0.39
APP35	0.33	-0.15	0.12	0.37
APP36	-0.02	-0.55	-0.02	0.55
APP37	0.03	-0.72	-0.01	0.71
APP38	-0.07	-0.5	-0.04	0.46
APP39	0.64	0.08	0.57	
APP40	0.55	-0.25	0.18	0.62
mean	0.047	-0.523	0.069	0.502
sd	0.555	0.312	0.208	0.197
min	-1.16	-1.08	-0.35	0.08
max	1.48	0.16	0.62	0.91

โมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากการกำหนดคุณลักษณะคิดวิเคราะห์ของนักเรียนโดยใช้เส้นสมมติแสดงปริมาณการมีความสามารถในระดับต่างกัน ประมาณค่าออกเป็น 4 ระดับ ในระดับชั้น Level BE เบื้องต้น (Beginning) Level BA ชั้นพื้นฐาน (Basic) Level PRO ชั้นเชี่ยวชาญ (Proficient) และ Level ADV ชั้นสูง (Advanced) จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำค่าประมาณความยากลำดับชั้น (estimated item thresholds) ในแต่ละลำดับชั้นการตอบของแต่ละข้อมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อกำหนด criterion zone ใน wright map มี threshold เกิดขึ้น 3 threshold โดยมีการกระจายตัวของแผนภาพแสดงเป็นค่าระดับความสามารถ ( $\theta$ ) ในแต่ละ threshold ความสามารถคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ แบ่งได้เป็น 4 ระดับ โดยมี threshold กันที่ค่าระดับความสามารถ ( $\theta$ )  $-0.52$ ,  $0.07$ ,  $0.50$  ตามลำดับ ผู้เรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า ( $\theta$ )  $-0.52$ , เป็นผู้มีความสามารถคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับที่ 1 เบื้องต้น ผู้เรียนที่มีความสามารถ ( $\theta$ )  $-0.52$  ถึง  $0.06$  อยู่ในระดับที่ 2 ชั้นพื้นฐาน ผู้เรียนที่มีความสามารถ ( $\theta$ )  $0.07$  ถึง  $0.50$  อยู่ในระดับที่ 3 ชั้นเชี่ยวชาญ และผู้เรียนที่มีความสามารถสูงกว่า ( $\theta$ )  $0.50$  อยู่ในระดับที่ 4 ชั้นสูง จากผลการวิเคราะห์ระดับชั้นที่ 2 และระดับชั้นที่ 3 มีการกระจายของแผนภาพแสดงที่ใกล้เคียงกันมาก ดังภาพ 42 เป็นหลักฐานแสดงให้เห็นระดับความสามารถมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งผลที่ได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์นี้จะนำไปใช้ในการพัฒนาโมเดลภาวะสันนิษฐานและพิจารณาข้อสอบเพื่อให้มีความเหมาะสมในการใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป



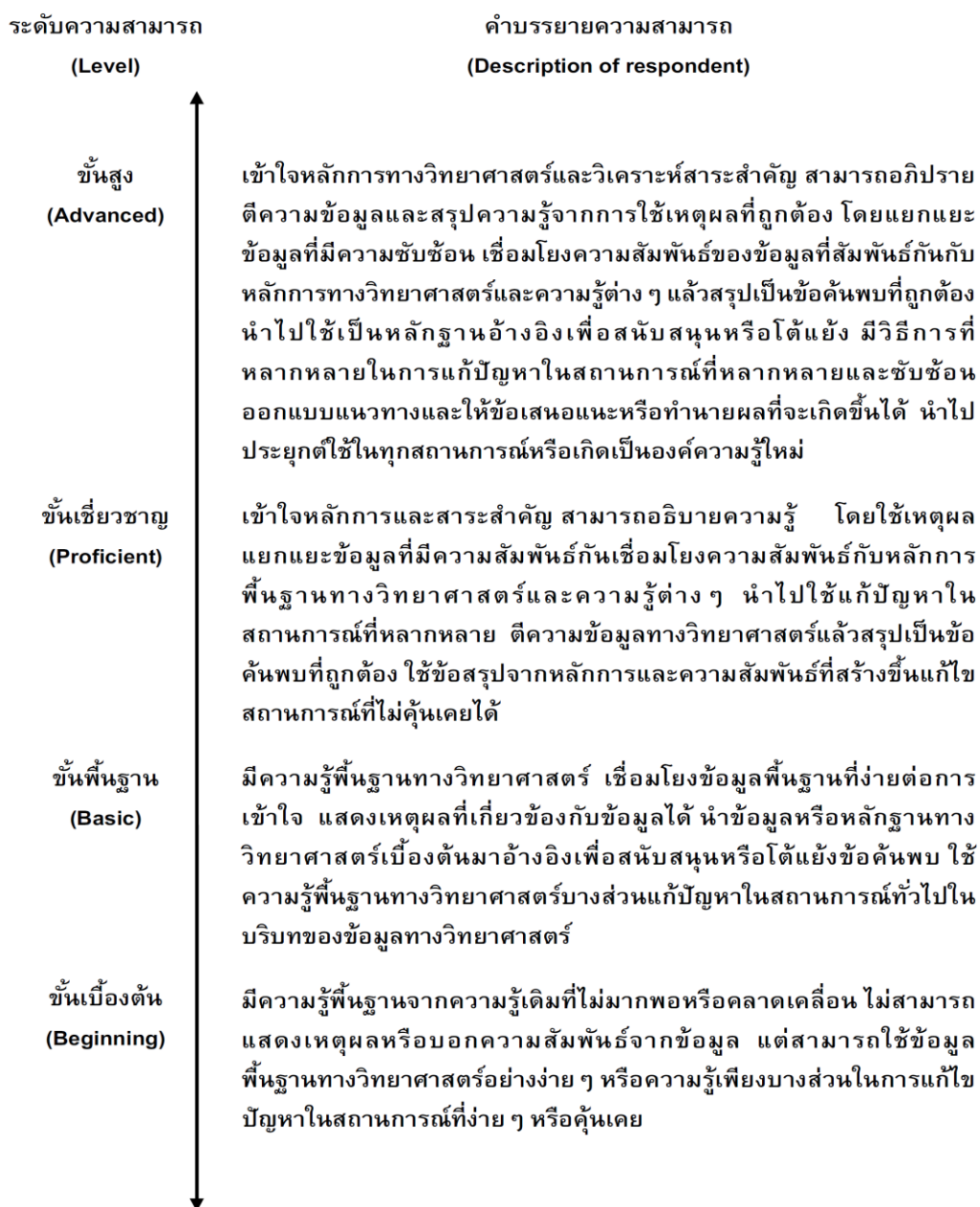
- หมายเหตุ
- Level ADV คือ ระดับขั้นสูง (Advanced)
  - Level PRO คือ ระดับขั้นขั้นเชี่ยวชาญ (Proficient)
  - Level BA คือ ระดับขั้นพื้นฐาน (Basic)
  - Level BE คือ ระดับขั้นเบื้องต้น (Beginning)

ภาพ 35 การกำหนดเกณฑ์บน Wright map โมเดลภาวะสันนิษฐานการคิดวิเคราะห์

### 3. การพัฒนาโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จากผลการตรวจสอบโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์โดย wright map (ภาพ 35) ซึ่งใช้แสดงตำแหน่งความยากข้อสอบและตำแหน่งความสามารถคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนจากโมเดลภาวะสันนิษฐานที่กำหนดเมื่อนำมาตรวจสอบกับโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่าการแสดงค่าใน wright map ซึ่งค่าความยากของข้อสอบอยู่ในช่วงที่แคบมาก คือ ระหว่างช่วง  $-0.52$  ถึง  $0.50$  logite โดยยกตัวอย่างในข้อที่ 22 เป็นข้อที่ง่าย และข้อที่ 5 เป็นข้อยาก แต่กลับมาอยู่ในระดับเดียวกันใน wright map แสดงว่าทั้งสองข้อนี้มีค่ายากปานกลาง และในกรณีการคาบเกี่ยวกันของข้อสอบที่กำหนดความสามารถไว้ต่างกัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าข้อที่คาบเกี่ยวกันจะมีความสามารถอยู่ในระดับเดียวกัน การแบ่งระดับอาจจะคลาดเคลื่อนเนื่องจากคำบรรยายความสามารถที่ไม่สามารถแบ่งระดับความสามารถของผู้เรียนในแต่ละระดับออกจากกันอย่างชัดเจนได้ ข้อสอบวัดการคิด

วิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่สร้างขึ้นมีความไม่ชัดเจนของคำถามหรือคำตอบในการสื่อความหมายให้กับผู้เรียน จากผลที่ได้จากการทดลองใช้เครื่องมือในบทที่ 3 ที่นำเสนอไปนั้น ผู้วิจัยทำการพัฒนาโครงสร้างของโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน แผนที่ภาวะสันนิษฐานการให้เหตุผล และแผนที่ภาวะสันนิษฐานการนำไปใช้ โดยปรับปรุงคำบรรยายความสามารถและคำบรรยายคำตอบของผู้เรียนเพื่อให้สามารถแบ่งผู้เรียนได้ตามระดับขั้นที่ระบุไว้ให้ชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังภาพ 36, 37 และ 38 และทำการพัฒนาคำถามและคำตอบในชุดข้อสอบเพื่อความชัดเจนในการดำเนินการวิจัยขั้นต่อไป



ภาพ 36 การพัฒนาโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับ ความสามารถ (Level)	คำบรรยายความสามารถ (Description of respondent)	คำบรรยายคำตอบ (Description of response)
การสรุป เหตุผล สัมพันธ์ (Summariz : SUM) (4)	ผู้เรียนอภิปรายและสรุปความรู้ จากข้อมูล ที่กำหนดให้ด้วยความรู้ความเข้าใจ ภาพรวมทั้งหมดของข้อมูล สามารถ วิเคราะห์แยกแยะข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ กันได้เป็นส่วน ๆ แสดงเหตุผลที่เป็น ขั้นตอนชัดเจน ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบการให้เหตุผลในการสรุป ความสัมพันธ์ ได้คำตอบที่ถูกต้องและ ครบถ้วนในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ กำหนด เลือกใช้วิธีการที่หลากหลายมี ความเชื่อมโยงความรู้อื่นและความรู้ใหม่ แก้ปัญหาซับซ้อนได้	ประกอบด้วยคำตอบจากการสรุปข้อมูลจากสถานการณ์ด้วยความรู้ความเข้าใจ อธิบายประกอบด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยข้อมูลส่วนหนึ่งต้องมี ความสัมพันธ์กับข้อมูลอีกส่วนหนึ่งและมีการให้เหตุผลประกอบข้อมูลที่สอดคล้อง สัมพันธ์กัน คำตอบประกอบด้วยข้อสรุปที่ถูกต้องชัดเจนหรือมีข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อ เสนอแนะหรือนำไปสู่การแก้ไขสถานการณ์ใหม่ได้ ตัวอย่าง เช่น คำถาม : โดยปกติในกระเพาะอาหารจะมีค่า pH 1.5 - 2.5 หากนักเรียนเป็นโรคกระเพาะ อาหารแต่ชอบทานกล้วยเดี่ยวใส่น้ำส้มสายชูปริมาณมาก ๆ เป็นประจำนั้นเหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด คำตอบ : ไม่เหมาะสม เพราะ ผู้ที่เป็นโรคกระเพาะอาหารไม่ควรรับประทานน้ำส้มสายชูซึ่ง มีค่า pH เป็นกรดแก่เช่นเดียวกับน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร หากรับประทานมาก ๆ จะยิ่งเพิ่ม ความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร กรดในกระเพาะอาหารจะกัดกร่อนเนื้อเยื่อภายในกระเพาะ อาหารทำให้มีแผลเพิ่มขึ้น ผู้ที่เป็นโรคกระเพาะจึงควรหลีกเลี่ยงอาหารที่มีความเป็นกรด ควร รับประทานอาหารที่มีสมบัติที่เป็นกลางหรือเป็นเบสอ่อน ๆ จึงจะเหมาะสม เช่น ข้าว ไข่ต้ม นม เป็นต้น
การมีเหตุผล (Explaining : EX) (3)	ผู้เรียนอธิบายจากข้อมูลด้วยความรู้ความ เข้าใจ พิจารณาข้อมูลที่กำหนดให้ แยกแยะ ความสัมพันธ์เป็นส่วน ๆ ใช้ข้อมูลที่เป็น เหตุเป็นผลมาอธิบายความสัมพันธ์ ให้ เหตุผลแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ ละส่วนด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ ได้ คำตอบที่ถูกต้องจากสถานการณ์ที่กำหนด ใช้วิธีการที่ถูกต้องแก้ปัญหาได้	ประกอบด้วยคำตอบจากการอธิบายข้อมูลจากสถานการณ์ตามหลักการวิทยาศาสตร์ ที่ถูกต้อง แสดงเหตุผลที่สัมพันธ์กับข้อมูลแยกเป็นส่วน ๆ สามารถให้เหตุผลจาก ข้อมูลส่วนหนึ่งไปสู่ข้อมูลอีกส่วนที่มีความสัมพันธ์กันได้ครบถ้วน ได้คำตอบที่ถูกต้อง ในการแก้ไขสถานการณ์ที่กำหนด ตัวอย่าง เช่น คำถาม : ในกระเพาะอาหารปกติจะมีค่า pH 1.5 - 2.5 หากนักเรียนที่เป็นโรคกระเพาะ อาหารแต่ชอบกินกล้วยเดี่ยวที่ใส่น้ำส้มสายชูปริมาณมาก ๆ นั้นเหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด คำตอบ : ไม่เหมาะสม เพราะน้ำย่อยในกระเพาะอาหารมีความเป็นกรด ผู้ที่เป็นโรค กระเพาะไม่ควรใส่น้ำส้มสายชูในอาหารเพราะน้ำส้มสายชูเป็นกรด หากรับประทานเข้าไปใน กระเพาะจะมีค่าความเป็นกรดสูงซึ่งจะกัดกร่อนเนื้อเยื่อกระเพาะอาหารทำให้มีแผลเพิ่มขึ้นได้
การเข้าใจ เหตุผล (Reasoning : RE) (2)	ผู้เรียนบรรยายสาระสำคัญของข้อมูลหรือ สถานการณ์ที่กำหนด ผู้เรียนเข้าใจข้อมูล เป็นส่วน ๆ ใช้ความรู้พื้นฐานเพื่ออธิบาย ความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือแสดงเหตุผลที่ เกี่ยวข้องกับข้อมูล เป็นการแสดงเหตุผล ขั้นพื้นฐานไม่ซับซ้อน ได้คำตอบที่นำไป แก้ปัญหาได้	ประกอบด้วยคำตอบที่ได้จากความเข้าใจพื้นฐานของหลักการทางวิทยาศาสตร์ มีการ ให้เหตุผลประกอบ โดยเป็นเหตุผลตามความเข้าใจของผู้เรียนหรือใช้ข้อมูลจาก สถานการณ์ที่กำหนดมาเป็นข้อมูลในการตอบ คำตอบที่ได้อาจมีข้อมูลที่ชัดเจนไม่ ครบถ้วน หรือเป็นการให้ข้อสรุปที่ไม่ตรงตามหลักการ ตัวอย่าง เช่น คำถาม : ในกระเพาะอาหารปกติจะมีค่า pH 1.5 - 2.5 หากนักเรียนที่เป็นโรคกระเพาะ อาหารแต่ชอบกินกล้วยเดี่ยวที่ใส่น้ำส้มสายชูปริมาณมาก ๆ นั้นเหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด คำตอบ : ไม่เหมาะสม เพราะ คนที่เป็นโรคกระเพาะอาหารไม่ควรกินอาหารที่เป็นกรด
การรับรู้ (Perception : PC) (1)	ผู้เรียนบอกหรือระบุความรู้ที่เกี่ยวข้องใน สาระสำคัญที่ใช้เป็นข้อมูลในการตอบ คำถาม ด้วยความรู้เดิม ตามความเข้าใจ ของผู้เรียนเองจากความคุ้นเคยหรือ สถานการณ์ซ้ำ ๆ ตอบคำถามได้เพียง บางส่วน คำตอบไม่ชัดเจน ไม่สามารถให้ เหตุผลขยายความเพื่อนำไปสู่การแสดง ความสัมพันธ์ได้	ประกอบด้วยคำตอบที่ได้จากข้อมูลจากความจำซึ่งเป็นข้อมูลที่ผู้เรียนจำในตำรา การ สอน การพบเห็นในชีวิตประจำวัน มีข้อมูลจำกัด ตอบสั้น ๆ ง่าย ๆ ไม่ครบถ้วน ไม่ สามารถแสดงความสัมพันธ์เกี่ยวกับข้อมูลอื่นได้ แสดงเหตุผลที่ไม่สอดคล้องหรือ ไม่ได้แสดงความพยายามในการให้เหตุผล ตัวอย่าง เช่น คำถาม : ในกระเพาะอาหารปกติจะมีค่า pH 1.5 - 2.5 หากนักเรียนที่เป็นโรคกระเพาะ อาหารแต่ชอบกินกล้วยเดี่ยวที่ใส่น้ำส้มสายชูปริมาณมาก ๆ นั้นเหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด คำตอบ : ไม่เหมาะสม เพราะน้ำส้มสายชูเปรี้ยว เป็นสารอันตราย หรืออาจตอบเพียงสั้น ๆ ว่า ไม่เหมาะสม

ภาพ 37 การพัฒนาแผนที่ภาวะสันนิษฐานการให้เหตุผล

ระดับ ความสามารถ (Level)	คำบรรยายความสามารถ (Description of respondent)	คำบรรยายคำตอบ (Description of response)
การ ประยุกต์ใช้ (Advanced applying : ADV) (4)	ผู้เรียนอภิปรายและสรุปความรู้จากข้อมูลที่กำหนดโดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์สาระสำคัญในทุกส่วนของข้อมูล ใช้การอภิปรายด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนข้อมูลเพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุป ด้วยความเข้าใจที่ถูกต้อง และใช้ความรู้แก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ในแบบต่าง ๆ ทั้งแบบง่ายและซับซ้อน ทั้งที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคยด้วยวิธีการที่เหมาะสม ออกแบบแนวทางให้ข้อเสนอแนะ และทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้	ประกอบด้วยคำตอบที่ได้จากการสรุปข้อมูลด้วยความเข้าใจโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนด เป็นคำตอบที่ได้จากการเชื่อมโยงความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์แล้วนำมาใช้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์และนำไปสู่การให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม นำทุกส่วนมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเป็นความคิดแบบรวบยอด ไม่ได้ตอบแบบแยกส่วน คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่าความรู้ที่ได้จากสถานการณ์หนึ่งถูกนำไปใช้กับอีกสถานการณ์หนึ่งได้ ตัวอย่างเช่น คำถาม : เมื่อน้ำมันเป็นเนื้อมือ นักเรียนจะใช้สิ่งใดในการล้างสีที่เปื้อนมือออกและสิ่งนั้นทำให้สีที่เปื้อนมือออกได้อย่างไร คำตอบ : ใช้น้ำมัน เพราะน้ำมันเป็นตัวทำละลายที่สามารถดึงอนุภาคของน้ำมันออกมาได้ดีจึงนิยมใช้ผสมกับสีน้ำมันสำหรับทิวทัศน์ต่าง ๆ เพื่อลดความเข้มข้นของสีน้ำมันและช่วยให้สามารถทาบนพื้นผิวได้เรียบยิ่งขึ้นไม่เหนียวจนเกินไป และเคยเห็นพ่อใช้น้ำมันสนในการล้างแปรงทาสีเมื่อใช้งานเสร็จ น้ำมันสนจึงสามารถนำมาล้างสีที่เปื้อนมือออกได้ดีเช่นกัน
การนำไปใช้ (Applying : APP) (3)	ผู้เรียนอธิบายหลักการและสาระสำคัญจากข้อมูลที่กำหนด ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ประกอบการอธิบายเพื่อแสดงเหตุผลที่ใช้ในการเชื่อมโยงหลักการเข้ากับสาระสำคัญของข้อมูล นำไปใช้ถูกต้องกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนด ใช้หลักการและความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นแก้ไขสถานการณ์ได้	ประกอบด้วยคำตอบที่ได้จากการอธิบายด้วยความเข้าใจโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ เป็นคำตอบที่ประกอบด้วยหลักการที่นักเรียนนำไปใช้แก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์และให้คำอธิบายเหตุผลของการใช้หลักการเหล่านั้นเพื่อแก้ไขปัญหาด้วยข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงกัน นำไปสู่การแก้ปัญหาได้ ตัวอย่าง เช่น คำถาม : เมื่อน้ำมันเป็นเนื้อมือ นักเรียนจะใช้สิ่งใดในการล้างสีที่เปื้อนมือออกและสิ่งนั้นทำให้สีที่เปื้อนมือออกได้อย่างไร คำตอบ : ใช้น้ำมันล้างออกได้เพราะน้ำมันเป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการผสมสีน้ำมัน เมื่อน้ำมันเป็นตัวทำละลายสีน้ำมัน ก็สามารถนำน้ำมันมาล้างสีที่เปื้อนมือออกได้เช่นกัน
การปฏิบัติตาม (Complying : COM) (2)	ผู้เรียนบรรยายสาระสำคัญและรายละเอียดของข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนด โดยใช้ความรู้พื้นฐานและความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน เมื่อสถานการณ์กำหนดให้เชื่อมโยงสาระสำคัญ ผู้เรียนยังไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์นั้นขึ้น มาได้ ผู้เรียนมีความเข้าใจข้อมูลเพียงบางส่วน แก้ไขปัญหาสถานการณ์ได้ด้วยเหตุผลที่ไม่ครบถ้วน	คำตอบที่ตรงกับระดับนี้ ประกอบด้วย คำตอบที่ได้จากความเข้าใจพื้นฐานของหลักการทางวิทยาศาสตร์ มีการให้เหตุผลสนับสนุนโดยเป็นความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนหรือเลือกใช้ข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในโจทย์หรือสถานการณ์แล้วนำมาใช้ประกอบการตอบคำถาม เลือกคำตอบที่นำมาใช้ในการแก้ไขโจทย์หรือสถานการณ์ได้ ตัวอย่าง เช่น คำถาม : นักเรียนช่วยคุณพ่อทาสีโต๊ะด้วยสีน้ำมันแล้วสีเปื้อนมือ นักเรียนจะใช้สิ่งใดในการล้างสีที่เปื้อนมือและล้างออกได้อย่างไร คำตอบ : ใช้น้ำมัน เพราะเคยเห็นพ่อใช้น้ำมันล้างแปรงทาสีก็สามารถล้างสีน้ำมันที่ติดออกได้
การจดจำ (Remembering : RE) (1)	ผู้เรียนจำข้อมูลหรือสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ โดยความเข้าใจของผู้เรียนเอง ซึ่งหลักการหรือความรู้ที่จำและนำมาใช้นั้นไม่สามารถขยายความให้ครบถ้วนและชัดเจน เป็นการแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ที่คุ้นเคยโดยไม่มีการอธิบายที่สมเหตุสมผล	คำตอบที่ตรงกับระดับนี้ ประกอบด้วย หลักการพื้นฐานหรือสาระสำคัญที่จำมาจากการเรียน การบอกเล่า หรือประสบการณ์ เป็นคำตอบง่ายๆ ไม่แสดงความหมายหรือความเกี่ยวข้องข้อมูลอื่น ๆ ตัวอย่าง เช่น คำถาม : นักเรียนช่วยคุณพ่อทาสีโต๊ะด้วยสีน้ำมันแล้วสีเปื้อนมือ นักเรียนจะใช้สิ่งใดในการล้างสีที่เปื้อนมือและล้างออกได้อย่างไร คำตอบ : ใช้น้ำมันล้าง เพราะเคยเห็นพ่อใช้น้ำมันล้างสีที่เปื้อนมือหรืออาจตอบสั้น ๆ ว่าใช้น้ำมันล้าง

ภาพ 38 การพัฒนาแผนที่ภาวะสันนิษฐานการนำไปประยุกต์ใช้

4. ผลการพัฒนาข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จากผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องกลมกลืนของคำตอบแต่ละข้อกับข้อสอบข้ออื่นที่วัดความสามารถคิดวิเคราะห์พิจารณาจากสถิติทดสอบความสอดคล้องแบบถ่วงน้ำหนักโดยการทดสอบแบบ infit ด้วยค่า Mean Square หรือ MNSQ และค่า t ไปแล้วในการทดลองใช้ข้อสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 300 คน พบว่าในข้อ ข้อที่ JUST 7, JUST19, APP39 และ APP40 เป็นข้อคำถามที่ไม่อยู่ในค่าเกณฑ์ทั้ง 2 ค่า นี้ ข้อคำถามจึงมีแนวโน้มว่าจะไม่สามารถวัดหรือทำหน้าที่ได้คล้ายคลึงกับข้อสอบข้ออื่นๆ จึงพิจารณาตัดออกจากชุดสอบ ข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จึงมีจำนวนข้อสอบลดลงในขั้นตอนของการใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 36 ข้อ และจากการวิเคราะห์ข้อสอบตามทฤษฎีตอบสนองข้อสอบ ในตอนที่ 2 ผู้วิจัยพัฒนาข้อสอบ ปรับความเหมาะสมของข้อคำถามและตัวเลือกให้เหมาะสมกับคำบรรยายความสามารถและคำบรรยายคำตอบของผู้เรียนในโมเดลภาวะสันนิษฐานการคิดวิเคราะห์ที่พัฒนาใหม่ จึงทำการปรับลักษณะเฉพาะของชุดข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังภาพ 39 และ 40

ระดับ ความ สามารถ	มิติการให้เหตุผล																			
4	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
ตัวชี้วัด	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4		
ระดับ ความ สามารถ	มิติการนำไปประยุกต์ใช้																			
4	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
3	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
ข้อที่	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
ตัวชี้วัด	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4		

ภาพ 39 การพัฒนาการกำหนดลักษณะของข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่ 1 - 18 ข้อคำถามเพื่อวัดความสามารถคิดวิเคราะห์ใน “มิติการให้เหตุผล”																		
ข้อที่	คะแนนของตัวเลือกในแต่ละข้อ																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
①	0	2	1	3	4	3	0	3	2	0	3	0	2	3	1	4	0	3
②	3	1	3	4	3	1	3	2	4	1	0	1	3	2	3	1	2	1
③	1	1	2	2	2	4	1	1	3	0	1	0	1	1	0	2	1	4
④	2	0	4	2	1	2	2	4	1	0	2	2	0	4	2	3	3	2
ตัวชี้วัด	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4
ข้อที่ 19-36 ข้อคำถามเพื่อวัดความสามารถคิดวิเคราะห์ใน “มิติการนำไปประยุกต์ใช้”																		
ข้อที่	คะแนนของตัวเลือกในแต่ละข้อ																	
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
①	2	0	1	1	3	0	3	1	1	4	1	3	2	1	3	3	1	2
②	1	1	2	4	0	1	2	1	3	3	4	4	1	2	4	1	2	3
③	4	0	3	2	1	3	1	2	2	2	3	1	1	3	1	2	0	2
④	3	0	4	3	2	2	0	3	4	1	2	2	0	2	2	0	3	1
ตัวชี้วัด	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4

ภาพ 40 การพัฒนาลักษณะของข้อสอบโดยให้ค่าคะแนนชุดข้อสอบ จำนวน 36 ข้อ

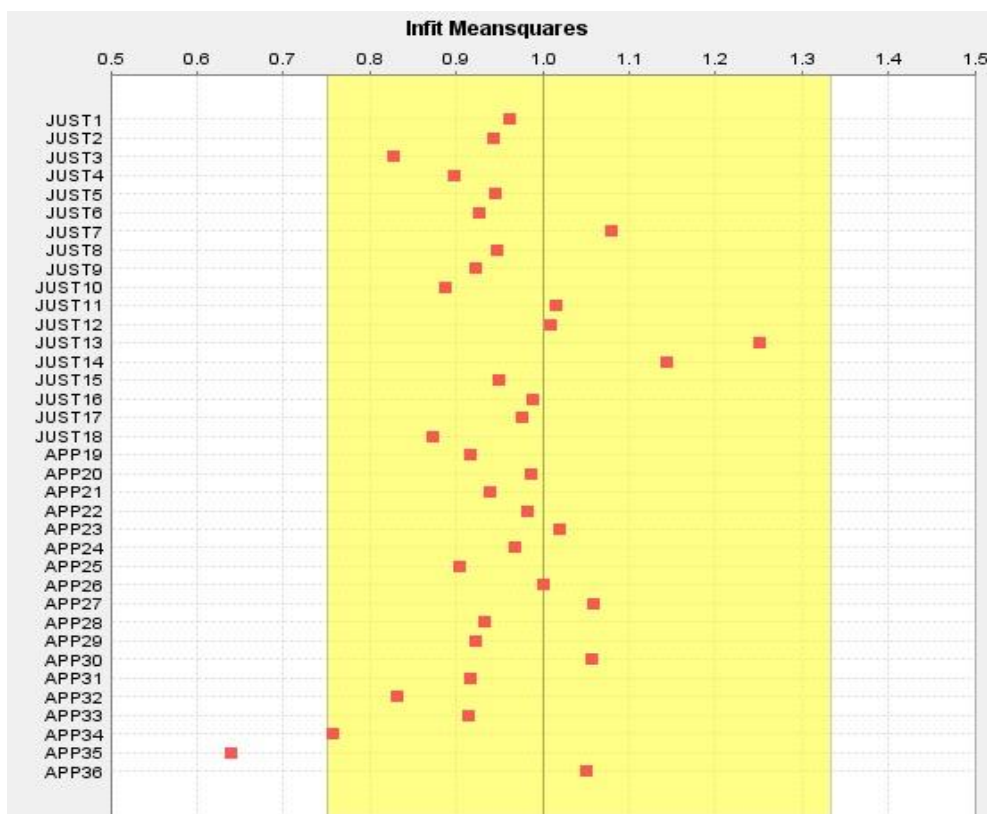
ตอนที่ 2 ประเมินประสิทธิภาพของข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนและโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

1. นำข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ทำการพัฒนาตามโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ แผนที่ภาวะสันนิษฐานการให้เหตุผลและแผนที่ภาวะสันนิษฐานการนำไปประยุกต์ใช้ ไปใช้กับแหล่งข้อมูล คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาในเขตจังหวัดกำแพงเพชร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 41 จำนวน 500 คน เพื่อนำผลที่ได้จากการทดสอบซึ่งเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์มาตรวจสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเทคนิคการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากการพัฒนาโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และวิเคราะห์ผลความสามารถคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้



1.1 หลักฐานความตรงเชิงโครงสร้างภายใน (Validity evidence based on internal structure)

1.1.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ (item fit) โดยการตรวจสอบคุณภาพข้อสอบจากความสอดคล้องกลมกลืนของคำตอบข้อสอบแต่ละข้อกับข้อสอบข้ออื่นที่อยู่วัดความสามารถคิดวิเคราะห์พิจารณาจากสถิติทดสอบความสอดคล้องแบบถ่วงน้ำหนัก (weighted fit) ด้วยค่า Mean square หรือ MNSQ ช่วงของค่า MNSQ ที่ได้จากการทดสอบแบบ infit ระหว่าง .75 ถึง 1.33 ถือว่าเป็นช่วงที่ยอมรับกับโดยทั่วไปว่าไค้คุณลักษณะข้อสอบเชิงประจักษ์มีลักษณะใกล้เคียงกับไค้คุณลักษณะข้อสอบที่คาดหวัง (Adams & Khoo, 1996; Wilson, Allen, & Li, 2006) ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อคำถามทั้ง 36 ข้อ (ทั้งฉบับ) จากการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบตามโมเดลการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน (Partial Credit Model) จากความสอดคล้องกลมกลืนของคำตอบข้อสอบแต่ละข้อกับข้อสอบข้ออื่น ส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกลมกลืนกัน เพราะมีค่าลูเข้าหา 1 โดยสามารถวัดได้สอดคล้องกับแผนที่ภาวะสันนิษฐานในแต่ละมิติ ดังภาพ 41



หมายเหตุ : JUST คือ ข้อสอบในมิติการให้เหตุผล  
APP คือ ข้อสอบในมิติการนำไปประยุกต์ใช้

ภาพ 41 Fit graph แสดงค่า INFIT MNSQ ข้อสอบ 36 ข้อ

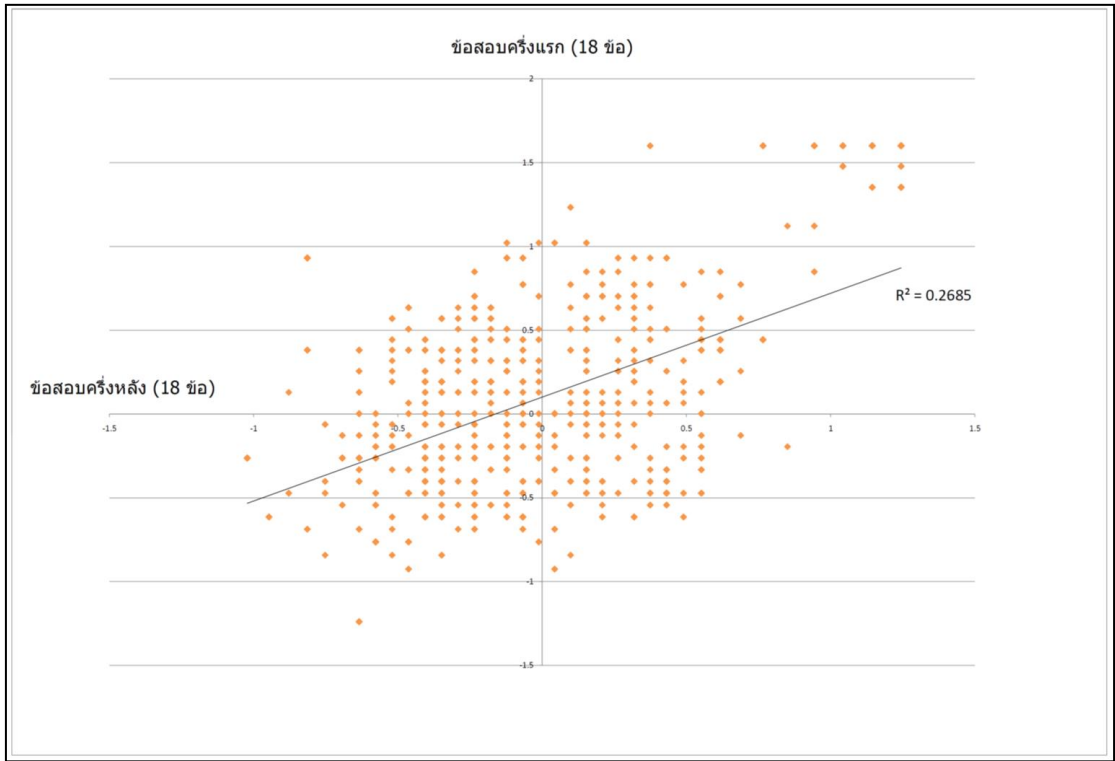
## 1.2 ความเที่ยงด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ดังนี้

1.2.1 ค่าความเที่ยงแบบ Cronbach's alpha เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของความเที่ยง (coefficient of reliability) วัดการสอดคล้องภายใน (internal consistency) ในงานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์การยอมรับอยู่ที่ .70 ขึ้นไป (Cronbach, 1990) จากการวิเคราะห์ได้ค่าเท่ากับ .84 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย

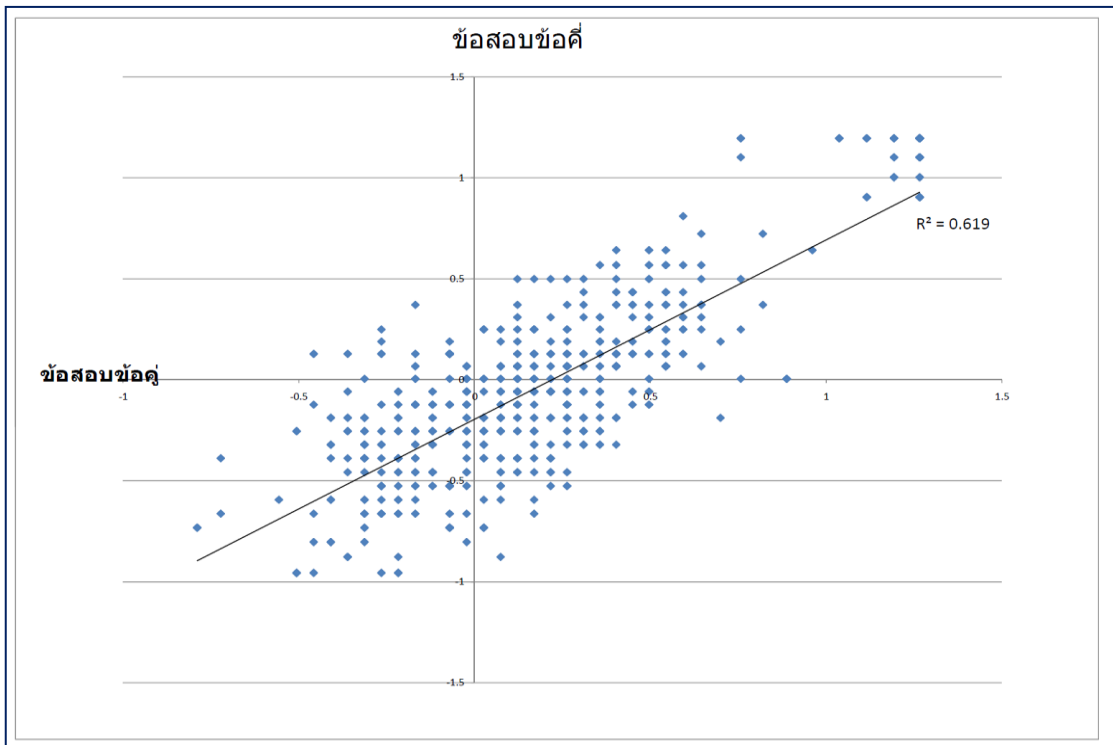
1.2.2 ค่าความเที่ยงแบบ Person separation เป็นค่าความเที่ยงแบบแยกส่วนของผู้สอบ แสดงถึงความสามารถในการจำแนกความสามารถของผู้สอบแต่ละคนออกจากกัน เป็นดัชนีที่แสดงถึงความเชื่อถือได้ของคะแนนความสามารถที่ได้จากข้อสอบและผู้ตรวจ ใช้เกณฑ์การยอมรับอยู่ที่ .70 ขึ้นไป (Cronbach, 1990) จากการวิเคราะห์ได้ค่าเท่ากับ 0.84 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์แสดงว่าข้อสอบมีความแตกต่างระหว่างความสามารถของผู้สอบ แสดงถึงความสามารถในการจำแนกความสามารถของผู้สอบแต่ละคนออกจากกัน

1.2.3 ค่าความเที่ยงแบบ EAP/PV ค่าสัดส่วนของความแปรปรวนที่อธิบายได้จากโมเดล Partial credit model ต่อความแปรปรวนในภาพรวมของค่าความสามารถแฝงของนักเรียน ผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ที่ .70 (Cronbach, 1990) จากการวิเคราะห์ได้ค่าเท่ากับ 0.87 ถือว่าเป็นความเที่ยงที่มีความเหมาะสมมาก

1.2.4 ค่าความเที่ยงแบบวิธีแบ่งครึ่งแบบวัด (Split Half Method) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของคะแนนจากทั้งสองส่วน ข้อสอบแบบครึ่งชุดของคะแนนจากคำถาม 18 ข้อแรกกับ 18 ข้อหลังและการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อคู่กับข้อคี่หาความสัมพันธ์กันโดยใช้สูตรของเพียร์สัน แล้วปรับขยายให้เป็นค่าความเที่ยงของข้อสอบเต็มฉบับโดยใช้สูตรของสเปียร์แมนบราวน์ จากการหาความสัมพันธ์ของข้อคู่-คี่ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .79 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในระดับค่อนข้างสูง จากการหาความสัมพันธ์ของครึ่งข้อแรกกับครึ่งข้อหลัง มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .52 มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง โดยในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นี้ (Correlation coefficient) เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบที่ชัดเจนขึ้น จึงนำเสนอแผนภาพการกระจายความสัมพันธ์ (Scatter Plots) ดังภาพ 42 และภาพ 43



ภาพ 42 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อสอบครั้งแรกและหลัง



ภาพ 43 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อดี – ข้อคู่

การพัฒนาข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน จากผลการวิเคราะห์และหาความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Reliability evidence based on reliability coefficient) ของข้อสอบจากการทดลองกับกลุ่มทดลอง จำนวน 300 คน และจากการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจริงจำนวน 500 คน นำเสนอดังตาราง 17

ตาราง 17 เปรียบเทียบการวิเคราะห์และหาความเที่ยงด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ก่อนและหลังการพัฒนาข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

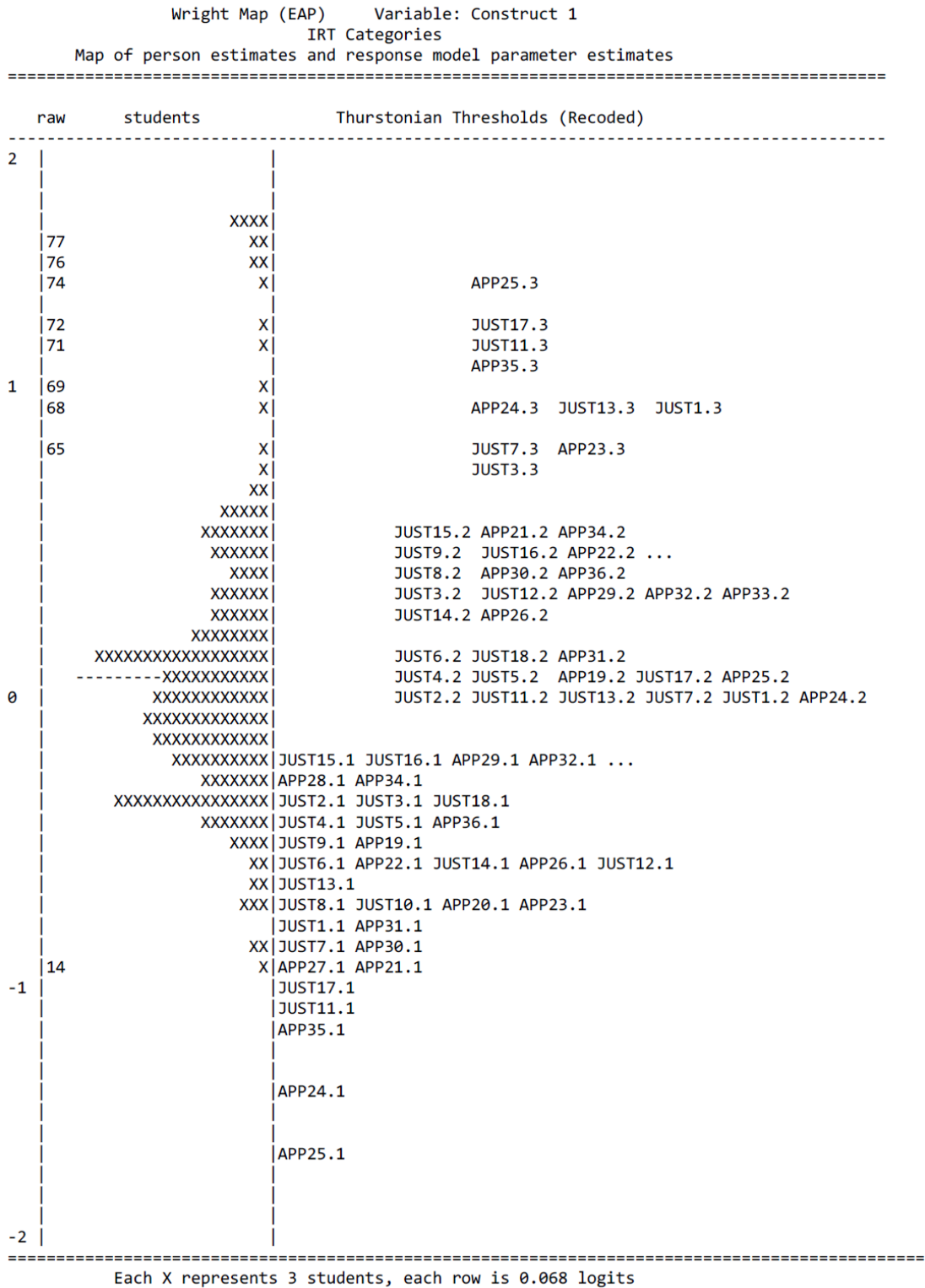
Reliability	ก่อนการพัฒนาข้อสอบ	หลังการพัฒนาข้อสอบ
ค่า Cronbach's alpha	.73	.84
ค่า Person separation	.65	.84
ความเที่ยงแบบ EAP/PV	.74	.87
ค่า Correlation coefficient		
1. ข้อคู่-คี่	.78	.79
2. แบ่งครึ่ง	.46	.52

จากตาราง 17 พบว่าเมื่อข้อสอบได้รับการพัฒนาหลังจากได้ทำการทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง 300 คน เพื่อพัฒนาแล้วนำมาใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 500 คน พบว่ามีค่าความเที่ยงเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าผลของการพัฒนาข้อสอบภายหลังจากการศึกษาคุณลักษณะและคุณภาพของข้อสอบด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ การวิเคราะห์ข้อมูลจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ได้พิจารณาตัดข้อสอบข้อที่ JUST 7, JUST19, APP39 และ APP40 จำนวน 4 ข้อ จากข้อสอบทั้งหมด 40 ข้อ เหลือจำนวน 36 ข้อ และทำการแก้ไขโครงสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน แก้ไขแผนที่ภาวะสันนิษฐานการให้เหตุผล และแผนที่ภาวะสันนิษฐานการนำไปประยุกต์ใช้ โดยปรับคำอธิบายความสามารถของผู้เรียน คำบรรยายคำตอบ และให้คะแนนคำตอบใหม่ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าความเที่ยงที่สูงขึ้น

2. ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับข้อมูลเชิงประจักษ์

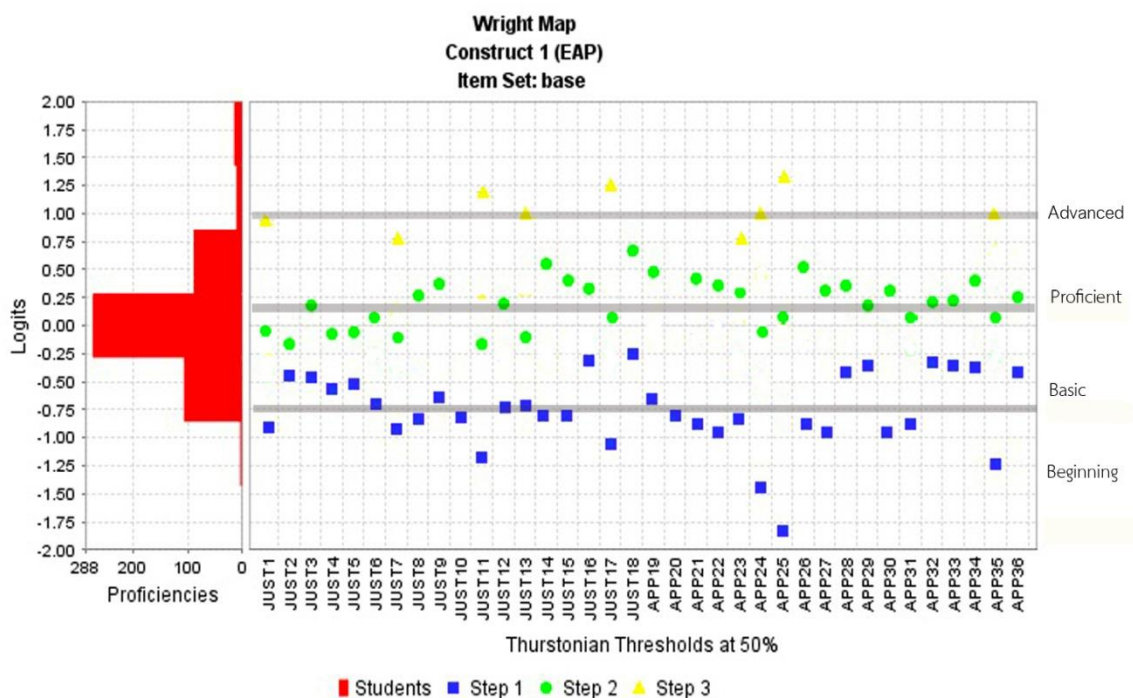
การตรวจสอบประสิทธิภาพโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยนำเสนอหลักฐานความเที่ยงของ criterion zone เพื่อให้ได้โมเดลที่มีความเหมาะสมกับระดับความสามารถคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนกับโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีโดย criterion zone บน wright map เพื่อกำหนดขอบเขตแบ่งแยกระดับความสามารถ โดยการใช้โปรแกรม ConstructMap ในการวิเคราะห์คุณลักษณะของข้อสอบด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบและการวิเคราะห์เชิงโครงสร้างของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน ให้เหมาะสมและเป็นโครงสร้างของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีความถูกต้องสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้บอกค่าความสามารถคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ได้เป็น wright map แสดงการกระจายของความสามารถคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน (ด้านซ้ายของภาพ) และการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากในแต่ละ threshold ของคำถามรวมทั้งสองมิติด้วยโมเดลเอกมิติ พบว่า threshold ในแต่ละชั้นของการตอบ แยกกลุ่มกันอย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม threshold ที่ 1 กลุ่ม threshold ที่ 2 และ กลุ่ม threshold ที่ 3 และไม่มีข้อใดที่ threshold ของแต่ละชั้นการตอบไปกระจายรวมอยู่กับกลุ่ม threshold อื่นๆ เช่นข้อที่ 25 ผู้เรียนจะต้องใช้ความสามารถ ( $\theta$ ) เท่ากับ -1.44 ขึ้นไป จึงจะมีโอกาสเลือกตอบตัวเลือกในระดับที่ 2 ได้ เนื่องจากตำแหน่ง  $\theta$  เท่ากับ -0.40 เป็นจุดแบ่งระหว่างการตอบตัวเลือกในระดับที่ 1 กับตัวเลือกในระดับที่ 2 เพิ่มขึ้นไป ส่วนโอกาสในการเลือกตอบตัวเลือกในระดับที่ 4 ได้ต้องใช้ความสามารถ  $\theta$  เท่ากับ 1.5 ขึ้นไป ดังภาพ 44

Item Set: base



ภาพ 44 Wright Map ความสามารถคิดวิเคราะห์จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของที่ได้จากการพัฒนาโมเดลภาวะสันนิษฐานการคิดวิเคราะห์

จากการกำหนด criterion zone จากการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โดยการนำผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ConstructMap เพื่อแบ่งแยกระดับความสามารถคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ออกเป็นระดับขั้นจากการตอบสนองข้อสอบด้วยการวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมด้วยการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำค่าประมาณความยากลำดับขั้น (estimated item thresholds) ในแต่ละลำดับขั้นการตอบของแต่ละข้อมาหาค่าเฉลี่ย โดยผลการวิเคราะห์ ดังภาพ 45



ภาพ 45 การกำหนดเกณฑ์บน Graphical Wight map  
จากการพัฒนาโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์

ภาพ 45 Graphical Wight map แสดง criterion zone จากโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการกำหนดคุณลักษณะคิดวิเคราะห์ของนักเรียนโดยใช้เส้นสมมติแสดงปริมาณการมีความสามารถในระดับต่างกัน ประมาณค่าออกเป็น 4 ระดับ ในระดับขั้นเบื้องต้น (Beginning) ขั้นพื้นฐาน (Basic) ขั้นเชี่ยวชาญ (Proficient) ขั้นสูง (Advanced) ในแผนที่ Graphical Wight map จะมี threshold เกิดขึ้น 3 threshold โดยมีการกระจายตัวของจุดแสดงเป็นค่าระดับความสามารถ ( $\theta$ ) ในแต่ละ threshold ดังนั้นความสามารถคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ แบ่งได้เป็น 4 ระดับ ที่ค่าระดับความสามารถ ( $\theta$ ) ต่ำกว่า -0.75, -0.75,

.19 และ 1.00 ตามลำดับ โดยผู้เรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า ( $\theta$ )  $-0.75$  เป็นผู้ที่มีความสามารถคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับขั้นเบื้องต้น (Beginning) ผู้เรียนที่มีความสามารถ ( $\theta$ )  $= -0.75$  ถึง  $.18$  อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน (Basic) ผู้เรียนที่มีความสามารถ ( $\theta$ )  $= .19$  ถึง  $1.00$  อยู่ในระดับขั้นเชี่ยวชาญ (Proficient) และผู้เรียนที่มีความสามารถสูงกว่า ( $\theta$ )  $1.00$  อยู่ในระดับขั้นสูง (Advanced) ดังตาราง 18

ตาราง 18 ระดับความสามารถคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ขอบเขต เกณฑ์	ช่วงระดับ ความสามารถ ( $\theta$ )	ระดับความสามารถ คิดวิเคราะห์	คำบรรยายความสามารถ
$\theta = 1.00$	$\theta$ สูงกว่า 1.00	ขั้นสูง (Advanced)	เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์และวิเคราะห์สาระสำคัญ สามารถอภิปรายตีความข้อมูลและสรุปความรู้จากการใช้ เหตุผลที่ถูกต้อง โดยแยกแยะข้อมูลที่มีความซับซ้อน เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่สัมพันธ์กันกับหลักการ ทางวิทยาศาสตร์และความรู้ต่างๆ แล้วสรุปเป็นข้อค้นพบ ที่ถูกต้อง นำไปใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงเพื่อสนับสนุนหรือ โต้แย้ง มีวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาใน สถานการณ์ที่หลากหลายและซับซ้อน ออกแบบแนวทาง และให้ข้อเสนอแนะหรือทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ นำไป ประยุกต์ใช้ในทุกสถานการณ์หรือเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่
$\theta = 0.19$	$\theta$ อยู่ระหว่าง .19 - 1.00	ขั้นเชี่ยวชาญ (Proficient)	เข้าใจหลักการและสาระสำคัญ สามารถอธิบายความรู้ โดยใช้เหตุผลแยกแยะข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันเชื่อมโยง ความสัมพันธ์กับหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และ ความรู้ต่างๆ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ หลากหลาย ตีความข้อมูลทางวิทยาศาสตร์แล้วสรุปเป็น ข้อค้นพบที่ถูกต้อง ใช้ข้อสรุปจากหลักการและ ความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นแก้ไขสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยได้
$\theta = -0.75$	$\theta$ อยู่ระหว่าง -0.75 - 0.18	ขั้นเบื้องต้น (Beginning)	มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ เชื่อมโยงข้อมูลพื้นฐาน ที่ง่ายต่อการเข้าใจ แสดงเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลได้ นำข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นมาอ้างอิง เพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อค้นพบ ใช้ความรู้พื้นฐานทาง วิทยาศาสตร์บางส่วนแก้ปัญหาในสถานการณ์ทั่วไปใน บริบทของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์
	$\theta$ ต่ำกว่า -0.75	ขั้นเบื้องต้น (Beginning)	มีความรู้พื้นฐานจากความรู้เดิมที่ไม่มากพอหรือ คลาดเคลื่อน ไม่สามารถแสดงเหตุผลหรือบอก ความสัมพันธ์จากข้อมูล แต่สามารถใช้ข้อมูลพื้นฐานทาง วิทยาศาสตร์อย่างง่ายๆ หรือความรู้เพียงบางส่วนในการ แก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่ง่ายๆ หรือคุ้นเคย



3. ผลการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้ criterion zone

เมื่อพิจารณาช่วงระดับความสามารถจากการกำหนด criterion zone บน wright map ของความสามารถคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีความสามารถคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน จำนวน 245 คน คิดเป็นร้อยละ 49 รองลงมาอยู่ที่ระดับขั้นเชี่ยวชาญ จำนวน 195 คน คิดเป็นร้อยละ 39 ระดับขั้นสูง จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 7.2 และระดับขั้นเบื้องต้น จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 4.8 สรุปดังตาราง 19

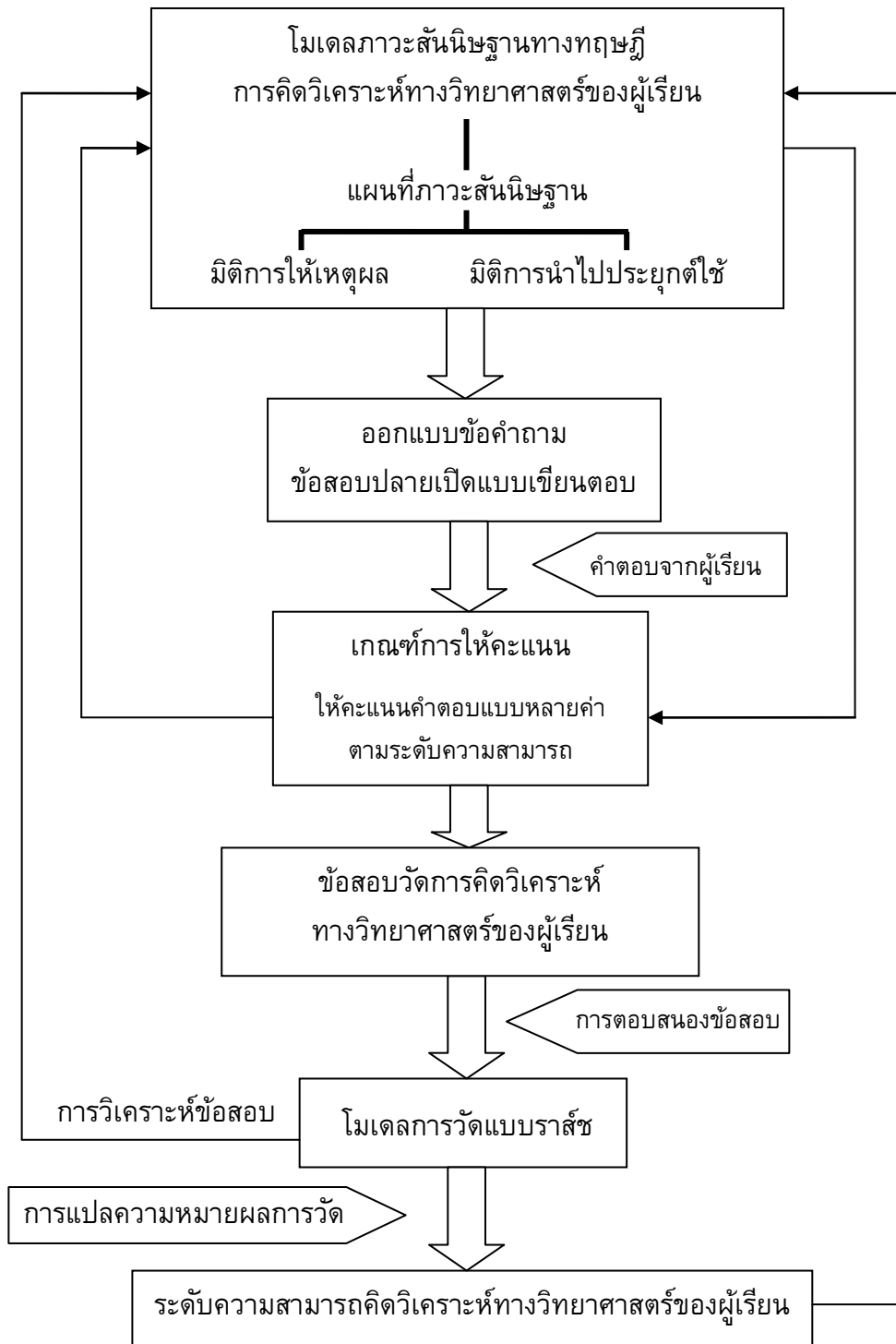
ตาราง 19 โดยภาพรวมจำนวนและร้อยละความสามารถคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ จากจำนวนผู้ทำแบบทดสอบจำนวน 500 คน

ช่วงระดับความสามารถ ( $\theta$ )	ระดับความสามารถคิดวิเคราะห์ ทางวิทยาศาสตร์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
$\theta$ สูงกว่า 1.00	ขั้นสูง(Advanced)	36	7.2
$\theta$ อยู่ระหว่าง .19 - 1.00	ขั้นเชี่ยวชาญ(Proficient)	195	39
$\theta$ อยู่ระหว่าง -.75 - .18	ขั้นพื้นฐาน(Basic)	245	49
$\theta$ ต่ำกว่า -.75	ขั้นเบื้องต้น(Beginning)	24	4.8

4. เทคนิคการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยวิธีการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎี

จากการดำเนินการตามกระบวนการวิจัยของผู้วิจัยและได้ทำการนำเสนอผลจากการพัฒนาเพื่อเป็นหลักฐานยืนยันเชิงประจักษ์ถึงประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนำวิธีการตามองค์ประกอบในเทคนิคเพื่อการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยวิธีการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีเพื่อสร้างเครื่องมือวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งเทคนิคการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนารูปแบบการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยแนวคิดการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ ทำการแยกมิติของความสามารถที่เป็นองค์ประกอบด้วยแผนทีภาวะสันนิษฐาน เพื่อสร้างเครื่องมือวัดความสามารถการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในรูปแบบข้อสอบโดยการพัฒนาและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวแปรและแปลผลด้วยการวัดแบบราซส์ วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยขอเสนอเทคนิคการประเมินการคิด

วิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยวิธีการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎี ตั้ง  
 แผนภาพ 45



ภาพ 46 เทคนิคการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน  
 โดยการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐาน