หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้กำหนดวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรการให้คะแนนสำหรับแบบสอบเลือกตอบ โดยการพิจารณาให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบ ผู้วิจัยได้สร้างสูตรการให้คะแนนสำหรับแบบสอบเลือกตอบ 2 สูตร คือสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน ได้ศึกษาคุณภาพของสูตรการให้คะแนนในเรื่องความตรงตามทฤษฎี ความตรงตามเกณฑ์ และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ของสูตรการให้คะแนนที่สร้างขึ้น พร้อมเปรียบเทียบกับคุณภาพของสูตรการให้คะแนนแบบเดิม 3 สูตร คือ สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งความเที่ยงและความตรงของสูตรการให้คะแนนต่างๆ อ้างอิงจากผลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากคำตอบของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2532 โดยผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการวิจัยไว้ 2 ข้อ ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีความตรงเชิงทฤษฎี ความตรงตามเกณฑ์ และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานข้อที่ 2 สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน มีความตรงเชิงทฤษฎี ความตรงตามเกณฑ์ และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในสูงกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของแฮมดานและสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม โดยที่สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมมีความตรงเชิงทฤษฎี ความตรงตามเกณฑ์ และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในต่ำที่สุด

สำหรับการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการศึกษาคุณภาพของสูตรการให้คะแนนสูตรต่างๆ ในแต่ด้าน โดยแบ่งเป็น 3 ตอนคือ ตอนที่ 1 ด้านความตรงเชิงทฤษฎี ตอนที่ 2 ด้านความตรงตามเกณฑ์ และตอนที่ 3 ด้านความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ในแต่ละตอนได้สรุปผลการวิเคราะห์ตามสมมติฐานของการวิจัยแต่ละด้าน และตอนที่ 4 ได้สรุปผลการวิจัยที่เกี่ยวกับสมมติฐานการวิจัยโดยสรุปอีกครั้งหนึ่ง โดยที่สูตรการให้

เพื่อความสะดวกและความเหมาะสมสำหรับการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ใช้สัญญลักษณ์ทางสถิติและอักษรย่อ ที่มีความหมาย ดังต่อไปนี้

$\bar{X}$ แทน มัชฌิมเลขคณิต

SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X^2 แทน ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์

t แทน ค่าสถิติทดสอบที

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

A แทน สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์

AA แทน สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของอาร์โนลด์

H แทน สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน

AH แทน สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของแฮมดาน

NR แทน สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

T1 แทน ทักษะการชี้บ่งตัวแปร

T2 แทน ทักษะการตั้งสมมติฐาน

T3 แทน ทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ

T4 แทน ทักษะการออกแบบการทดลอง

T5 แทน ทักษะการตีความหมายข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความตรงเชิงทฤษฎีของสูตรการให้คะแนนต่างๆ

ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้ 2 ข้อ คือ

1. สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีความตรงเชิงทฤษฎีไม่แตกต่างกัน

2. สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีความตรงเชิงทฤษฎีสูงกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม โดยที่สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมมีความตรงเชิงทฤษฎีต่ำที่สุด

1.1 ผลการวิเคราะห์เมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุตามเกณฑ์ของ Campbell และ Fiske

ผลการวิเคราะห์เมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ ดังแสดงในตารางที่ 9 แสดงถึงสูตรการให้คะแนนต่างๆ กัน 5 สูตรในการวิจัยไม่ทำให้สิ่งที่ต้องการวัดเปลี่ยนไป เพราะการให้คะแนนต่างกันที่ให้กับผลการตอบแบบสอบในทักษะเดียวกันจะลู่เข้าหากัน (converge) ต่อคุณลักษณะหรือทักษะที่วัดเดียวกัน และจะแยกออก (discriminate) ออกจากทักษะที่ต่างกันซึ่งพิจารณาได้ตามเกณฑ์ของ

Campbell และ Fiske (1959) โดยพิจารณาจากตารางที่ 9 ได้ ดังนี้

ประการแรก ค่าสัมประสิทธิ์ความตรง (validity coefficient) ซึ่งแสดงจากค่าสหสัมพันธ์ตามเส้นทะแยงมุมในกรอบลักษณะต่าง-วิธีต่าง (heterotrait-heteromethod blocks) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทักษะเดียวกันซึ่งให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนต่างกัน (monotrait-heteromethod diagonals) มีค่าสูงและมีนัยสำคัญ ($p<.001$) สำหรับทักษะการชี้บ่งตัวแปร (T1) มีค่าอยู่ระหว่าง .780-.998 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (T2) มีค่าอยู่ระหว่าง .674-.997 ทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ (T3) มีค่าอยู่ระหว่าง .686-.998 ทักษะการออกแบบทดลอง (T4) มีค่าอยู่ระหว่าง .774-.998 และทักษะการตีความหมายข้อมูล (T5) มีค่าอยู่ระหว่าง .769-.997 ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงถึงความตรงแบบลู่เข้า (convergent validity) ของสูตรการให้คะแนนสูตรต่างๆ ดังแสดงรายละเอียดของค่าสัมประสิทธิ์ความตรงในแต่ละทักษะในตารางที่ 10

สังเกตได้ว่าจากค่าสัมประสิทธิ์ความตรงตามเส้นทะแยงมุม (monotrait-heteromethod diagonals) ของทักษะทั้ง 5 ที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากอาร์โนลด์กับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน จะมีค่าสัมประสิทธิ์ความตรงอยู่ในเกณฑ์สูง ค่าอยู่ระหว่าง .742-.823 แต่จะมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ความตรงของทักษะทั้ง 5 ที่พิจารณาจากค่าในเส้นทะแยงมุมในกรอบลักษณะต่าง-วิธีต่างในแต่ละกรอบ ที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมกับสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (.990-.998) แบบประเพณีนิยมกับแบบที่ประยุกต์มาจากวิธีของแฮมดาน (.990-.989) แบบอาร์โนลด์กับสูตรที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (.970-.931) และ สูตรของแฮมดานกับสูตรที่ประยุกต์มาจากวิธีของแฮมดาน (.981-.989)

ประการที่สอง ค่าสัมประสิทธิ์ความตรง (monotrait-heteromethod diagonals) มีค่าสูงกว่าสหสัมพันธ์ที่อยู่ในแถวและคอลัมภ์เดียวกันในเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ โดยพิจารณาในแต่ละกรอบของลักษณะต่าง-วิธีต่าง(heterotrait-heteromethod blocks) ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงถึงความตรงแบบแยกออก (discriminant validity) ของสูตรการให้คะแนนสูตรต่างๆ

ประการที่สาม แบบแผนของค่าสหสัมพันธ์นอกเส้นทะแยงมุมในกรอบลักษณะต่าง-วิธีต่างซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง .300-.635 มีค่าใกล้เคียงกับค่าสหสัมพันธ์ในกรอบสามเหลี่ยมของลักษณะต่าง-วิธีเดียว (heterotrait-monomethod triangles) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง .381-.641 ซึ่งแสดงถึงการขาดผลของวิธีวัด (method effect) ในค่าที่วัดได้ นั่นคือ ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้เป็นผลมาจากความแปรปรวนร่วมกันของทักษะต่างกัน แต่ไม่ใช่ผลที่มาจากความแปรปรวนที่เกิดจากสูตรการให้คะแนนที่เหมือนกันจากการใช้สูตรการให้คะแนนเดียวกัน

ตาราง 9 เมตริคริลักษณะพหุ-วิธีพหุ

	NR					A					AA					H					AH				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
T1-NR	1.00																								
T2-NR	.50	1.00																							
T3-NR	.41	.40	1.00																						
T4-NR	.45	.52	.41	1.00																					
T5-NR	.43	.55	.40	.49	1.00																				
T1-A	.85	.47	.36	.42	.38	1.00																			
T2-A	.51	.79	.41	.52	.50	.60	1.00																		
T3-A	.37	.36	.79	.37	.36	.44	.52	1.00																	
T4-A	.46	.50	.41	.85	.47	.51	.61	.48	1.00																
T5-A	.38	.47	.35	.44	.84	.45	.59	.43	.54	1.00															
T1-AA	.80	.43	.35	.40	.36	.97	.61	.47	.52	.47	1.00														
T2-AA	.47	.71	.39	.47	.46	.59	.97	.53	.60	.59	.64	1.00													
T3-AA	.35	.32	.71	.34	.33	.46	.54	.97	.48	.46	.52	.59	1.00												
T4-AA	.46	.46	.40	.80	.46	.53	.63	.50	.97	.56	.57	.65	.54	1.00											
T5-AA	.38	.44	.34	.43	.79	.47	.61	.46	.56	.98	.52	.64	.52	.61	1.00										
T1-H	.99	.50	.41	.45	.43	.88	.49	.36	.45	.38	.78	.46	.34	.45	.36	1.00									
T2-H	.49	.99	.39	.51	.54	.45	.76	.34	.48	.45	.41	.67	.30	.44	.42	.49	1.00								
T3-H	.41	.40	.99	.40	.39	.35	.39	.76	.40	.33	.33	.36	.68	.38	.32	.41	.39	1.00							
T4-H	.44	.51	.40	.99	.48	.40	.50	.35	.82	.42	.37	.45	.32	.77	.40	.48	.51	.39	1.00						
T5-H	.43	.55	.39	.48	.99	.37	.49	.35	.46	.82	.35	.44	.32	.44	.76	.43	.54	.39	.48	1.00					
T1-AH	.98	.50	.41	.45	.43	.86	.52	.38	.47	.39	.81	.48	.36	.47	.38	.98	.49	.41	.44	.43	1.00				
T2-AH	.51	.98	.40	.52	.54	.49	.81	.37	.51	.48	.45	.74	.34	.49	.46	.50	.98	.39	.51	.54	.51	1.00			
T3-AH	.41	.40	.98	.39	.39	.36	.42	.80	.41	.45	.35	.40	.74	.40	.35	.40	.39	.98	.38	.38	.41	.40	1.00		
T4-AH	.45	.52	.40	.99	.48	.44	.52	.38	.86	.45	.41	.49	.35	.82	.44	.45	.51	.40	.98	.48	.45	.52	.39	1.00	
T5-AH	.42	.53	.38	.49	.98	.39	.51	.36	.48	.85	.37	.47	.34	.47	.80	.42	.52	.37	.48	.97	.42	.53	.38	.48	1.00

หมายเหตุ = Heterotrait-Monomethod Triangles

= Heterotrait-Heteromethod Blocks และ Monotrait-heteromethod Diagonals

ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ความตรง และ ค่ามัธยฐานของสัมประสิทธิ์ความตรงจากสูตรการให้คะแนนสูตรต่าง ๆ จากผลการตอบแบบวัดทักษะต่าง ๆ กัน 5 ทักษะ ในเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ

ทักษะ	ค่าสัมประสิทธิ์ความตรง					ค่ามัธยฐาน
การชี้บ่งตัวแปร	.780	.804	.815	.837	.857	.860
	.866	.977	.983	.987	.998	
การตั้งสมมติฐาน	.674	.713	.742	.760	.794	.805
	.815	.974	.981	.989	.997	
การให้นิยามปฏิบัติการ	.686	.719	.742	.762	.791	.797
	.808	.970	.983	.988	.998	
การออกแบบทดลอง	.774	.802	.823	.829	.854	.862
	.869	.975	.984	.990	.998	
การตความหมายข้อมูล	.769	.794	.804	.825	.846	.846
	.852	.981	.987	.991	.997	

1.2 ผลการวิเคราะห์ตัวประกอบของเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ

มีหลักฐานที่แสดงความสอดคล้องกับผลซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ของ Campbell and Fiske จากเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ ในการตรวจสอบความตรงแบบลู่เข้าและแบบแยกออกของสูตรการให้คะแนน 5 สูตร ด้วยการวิเคราะห์ตัวประกอบจากตัวแปร 25 ตัว ซึ่งเป็นค่าสังเกตที่วัดได้จากสูตรการให้คะแนน 5 สูตร คือ สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของ

แอมดานและอุตรการให้คะแนนของแอมดาน และทักษะที่มุ่งวัด 5 ทักษะคือ (1) ทักษะการชี้บ่งตัวแปร (2) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (3) ทักษะการกำหนดนิยามปฏิบัติการ (4) ทักษะการออกแบบทดลอง และ (5) ทักษะการตีความหมายข้อมูล ได้ ตัวแปร 25 ตัวดังนี้

X_{11} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรแบบประเพณีนิยม ในทักษะการชี้บ่งตัวแปร

X_{21} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรแบบประเพณีนิยม ในทักษะการตั้งสมมติฐาน

X_{31} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรแบบประเพณีนิยม ในทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ

X_{41} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรแบบประเพณีนิยม ในทักษะการออกแบบทดลอง

X_{51} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรแบบประเพณีนิยม ในทักษะการตีความหมายข้อมูล

X_{12} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรของอาร์โนลด์ ในทักษะการชี้บ่งตัวแปร

X_{22} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรของอาร์โนลด์ ในทักษะการตั้งสมมติฐาน

X_{32} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรของอาร์โนลด์ ในทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ

X_{42} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรของอาร์โนลด์ ในทักษะการออกแบบทดลอง

X_{52} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรของอาร์โนลด์ ในทักษะการตีความหมายข้อมูล

X_{13} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ในทักษะการชี้บ่งตัวแปร

X_{23} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ในทักษะการตั้งสมมติฐาน

X_{33} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ในทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ

X_{43} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตจรที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ในทักษะการออกแบบทดลอง

X_{53} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ในทักษะการตีความหมายข้อมูล

X_{14} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรของแอมดาน ในทักษะการชี้บ่งตัวแปร

X_{24} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรของแอมดาน ในทักษะการตั้งสมมติฐาน

X_{34} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรของแอมดาน ในทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ

X_{44} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรของแอมดาน ในทักษะการออกแบบทดลอง

X_{54} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรของแอมดาน ในทักษะการตีความหมายข้อมูล

X_{15} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรที่ประยุกต์จากวิธีของแอมดาน ในทักษะการบ่งชี้ตัวแปร

X_{25} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรที่ประยุกต์จากวิธีของแอมดาน ในทักษะการตั้งสมมติฐาน

X_{35} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรที่ประยุกต์จากวิธีของแอมดาน ในทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ

X_{45} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรที่ประยุกต์จากวิธีของแอมดาน ในทักษะการออกแบบทดลอง

X_{55} คือ คะแนนที่ให้ด้วยสูตรที่ประยุกต์จากวิธีของแอมดาน ในทักษะการตีความหมายข้อมูล

เมื่อนำตัวแปรทั้ง 25 ตัวดังกล่าวมาวิเคราะห์ตัวประกอบ ด้วยวิธีการสกัดตัวประกอบแบบการวิเคราะห์เงา (image analysis) และการหมุนแกนตัวประกอบโดยยอมให้ตัวประกอบมีความสัมพันธ์กัน (oblique rotation) ได้ตัวประกอบที่มีนัยสำคัญ 6 ตัว โดยตัวประกอบ 5 ตัวแรกได้แสดงหลักฐานของความตรงแบบลู่เข้า (convergent validity) คือตัวแปรที่วัดจากทักษะเดียวกันด้วยสูตรการให้คะแนนต่างกัน มีน้ำหนักสูงบนตัวประกอบเดียวกันและมีน้ำหนักต่ำบนตัวประกอบต่างกัน สำหรับตัวประกอบตัวที่ 1 มีน้ำหนักจากตัวแปร เรื่องทักษะการทดลองที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนต่างๆ 5 สูตร อยู่ในช่วง .719-1.012 ตัวประกอบตัวที่ 2 มีน้ำหนักจากตัวแปรเรื่องทักษะการให้นิยามปฏิบัติการที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนวิธีต่าง ๆ 5 สูตร อยู่ในช่วง .658-.990 ตัวประกอบตัวที่ 3 มีน้ำหนักตัวแปรเรื่องทักษะการชี้บ่งตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนสูตรต่างๆ 5 สูตรอยู่ในช่วง.776-.993 ตัวประกอบตัวที่ 4 มีน้ำหนักจากตัวแปรเรื่องการตีความหมายข้อมูลจากการให้คะแนนด้วยสูตรต่างๆ 5 สูตรในช่วง .783-.968 และ ตัวประกอบตัวที่ 5 มีน้ำหนักจากตัวแปรเรื่องทักษะการตั้งสมมติฐานที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนสูตรต่างๆ 5 สูตรในช่วง .546-.993 ส่วนตัวประกอบตัวที่ 6 มีน้ำหนักจากตัวแปรทุกตัวอยู่ในลักษณะใกล้เคียงกันในช่วง .024-.488 เมื่อเทียบกับน้ำหนักที่แต่ละตัวแปร load อยู่บนตัว ประกอบ 5 ตัวแรก แสดงรายละเอียดในตารางที่ 11

สังเกตได้ว่าน้ำหนักบนตัวประกอบจากตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนของแฮมดานให้น้ำหนักตัวประกอบสูงสุด และน้ำหนักบนตัวประกอบจากตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของอาร์โนลด์จะให้น้ำหนักบนตัวประกอบต่ำสุด ในขณะที่น้ำหนักบนตัวประกอบจากตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของแฮมดาน สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมมีน้ำหนักบนตัวประกอบสูงใกล้เคียงกัน

ค่าความแปรปรวนของตัวแปรแต่ละตัวที่อธิบายตัวประกอบที่สกัดได้มีค่าสูง โดยพิจารณาจากค่าความร่วมกัน (communality) ของตัวแปรแต่ละตัว จะมีค่าอยู่ในช่วง .806-.999 และในขณะเดียวกันตัวประกอบแต่ละตัวที่สกัดได้ มีความแปรปรวนที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรทุกตัวอย่างมีนัยสำคัญ (ค่า eigen value อยู่ในช่วง 1.855-12.694) อย่างไรก็ตามพบว่าตัวประกอบตัวที่ 1 มีความแปรปรวนสูงสุดที่สามารถอธิบายตัวแปรทุกตัวได้ ซึ่งมีค่าความแปรปรวนทั้งหมดร้อยละ 50.8 ดังแสดงรายละเอียดค่าความแปรปรวนของตัวแปรและตัวประกอบในตารางที่ 12

เมื่อวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบที่สกัดได้พบว่าตัวประกอบ 5 ตัวแรกมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางในช่วง .392-.507 แต่ตัวประกอบตัวที่ 6 มีความสัมพันธ์กันกับตัวประกอบตัวอื่นๆในระดับต่ำ ในช่วง .105-.171 ดังแสดงรายละเอียดในตารางค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบทั้ง 6 ในตารางที่ 13

ตารางที่ 11 เมตริคซ์น้ำหนักตัวประกอบจากตัวแปร 25 ตัว

ตัวแปร	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACOR 5	FACTOR 6
X_{44}	1	-.002	-.021	-.006	-.019	-.150
X_{41}	1	-.001	-.010	-.001	-.022	-.119
X_{46}	.991	.002	.004	-.001	-.016	-.084
X_{42}	.782	-.044	.054	.050	-.021	.213
X_{43}	.719	-.042	.086	.069	.009	.327
X_{34}	.018	-.990	.010	.001	-.023	-.164
X_{31}	.018	-.987	.012	.008	-.024	-.128
X_{36}	-.001	-.979	.013	.008	-.032	-.085
X_{32}	.046	-.734	.034	.044	-.016	.309
X_{33}	.039	-.658	.052	.058	.015	.451
X_{14}	.004	-.019	.993	.014	-.009	-.176
X_{11}	.007	-.020	.992	.013	-.011	-.147
X_{16}	.009	-.019	.976	.011	-.018	-.122
X_{12}	.036	.002	.826	.008	-.043	.208
X_{13}	.033	-.003	.776	.026	-.010	.336
X_{61}	.015	-.023	.010	.968	-.044	-.163
X_{64}	.009	-.019	.016	.966	-.046	-0196
X_{66}	.024	-.010	.012	.961	-.030	-.128
X_{62}	.030	-.008	.021	.837	-.010	-.257
X_{63}	.044	-.015	.037	.783	-.017	.367
X_{24}	.003	-.008	-.002	.013	-.993	-.107
X_{21}	.012	-.011	.004	.017	-.982	-.069
X_{26}	.016	-.009	.015	.020	-.962	-.024
X_{22}	.092	-.057	.094	.064	-.636	.370
X_{23}	.085	-.058	.103	.072	-.546	.488

ตารางที่ 12 ค่าความร่วมกัน (communality) จากตัวแปรทุกตัว และค่า eigen value จากตัวประกอบที่สกัดได้ทุกตัว

ตัวแปร	communality	FACTOR	SS LOadings	Pct of Variance	Cum Pct
X_{11}	.998	1	12.694	50.8	50.8
X_{21}	.998	2	2.688	10.8	61.5
X_{31}	.999	3	2.252	9.0	70.5
X_{41}	.998	4	2.214	8.9	79.4
X_{51}	.996	5	1.740	7.0	86.3
X_{12}	.859	6	1.855	7.4	93.8
X_{22}	.866				
X_{32}	.806				
X_{42}	.852				
X_{52}	.893				
X_{13}	.864				
X_{23}	.862				
X_{33}	.828				
X_{43}	.858				
X_{53}	.902				
X_{14}	.996				
X_{24}	.995				
X_{34}	.997				
X_{44}	.996				
X_{54}	.993				
X_{15}	.975				
X_{25}	.979				
X_{35}	.978				
X_{45}	.981				
X_{55}	.972				

ตารางที่ 13 เมตริคซ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบ 6 ตัว

		ตัวประกอบตัวที่					
		1	2	3	4	5	6
ตัวประกอบตัวที่	1	1.000					
	2	-.392	1.000				
	3	.454	-.386	1.000			
	4	.473	-.359	.400	1.000		
	5	-.507	.367	-.488	-.500	1.000	
	6	.147	-.156	.171	.154	-.105	1.000

1.3 ผลการวิเคราะห์เมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุด้วยวิธี Confirmatory factor analysis

การวิเคราะห์เมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ ตามเกณฑ์ของ Campbell and Fiske ดังข้อ 1.1 ไม่สามารถสรุปผลของวิธีวัดต่างๆกันได้ชัดเจนว่าวิธีวัดใดดีกว่า เพียงแต่ให้ภาพรวมของความตรงแบบลู่เข้า และ แยกออกของวิธีวัดในแต่ละทักษะ ส่วนการวิเคราะห์ตัวประกอบในข้อ 1.2 สามารถตรวจสอบคุณภาพของวิธีวัดได้จากน้ำหนักของตัวแปรที่ load อยู่บนตัวประกอบที่สกัดได้ว่าวิธีการให้คะแนนให้น้ำหนักสูงบนตัวประกอบควรจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ตัวประกอบแบบ Exploratory factor analysis ไม่สามารถกำหนดผลของการวิเคราะห์ได้ และ ไม่สามารถแยกผลของตัวประกอบที่เกี่ยวกับลักษณะที่วัด (trait factor) ออกจากตัวประกอบวิธี (method factor) ออกจากกันได้ เพื่อตรวจสอบถึงโครงสร้างหรือโมเดลของตัวแปรที่วัดได้ที่สัมพันธ์กับตัวประกอบในทางทฤษฎี การวิเคราะห์ด้วย confirmatory factor analysis จากเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ จะเป็นวิธีการที่ช่วยตรวจสอบผลของตัวประกอบที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะที่มุ่งวัด และตัวประกอบวิธีที่วัดได้ชัดเจน และการวิเคราะห์ด้วย confirmatory factor analysis จากเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ ดังตารางที่ 9 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1.3.1 การศึกษาถึงความเหมาะสมของโมเดลกับข้อมูล

เพื่อศึกษาถึงความตรงเชิงทฤษฎีของสูตรการให้คะแนนต่าง ๆ จำเป็นต้องหาโม.ดลที่เหมาะสมกับข้อมูลก่อน จึงค่อยตรวจสอบผลการให้คะแนนจากสูตรต่างๆ

สำหรับการวิเคราะห์เมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของสูตรการให้คะแนนต่างๆนี้ เป็นไปตามการกำหนดโมเดลโครงสร้างของตัวแปรตามแนวของ Widaman (1985) ซึ่งเสนอโมเดลโครงสร้างของตัวแปรต่างๆเพื่อวิเคราะห์ถึงความตรงเชิงทฤษฎีตามเกณฑ์ของ Campbell and Fiske (1959) ด้วยการกำหนดโครงสร้างของตัวแปรที่เป็นผลมาจากตัวประกอบ 3 ชุด คือตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธี และตัวประกอบคลาดเคลื่อน สำหรับโมเดลที่แสดงโครงสร้างของตัวแปรแต่ละตัวที่วัดได้จะมีน้ำหนักบนตัวประกอบลักษณะเพียง 1 ตัว และ ตัวประกอบวิธีเพียง 1 ตัว และ ตัวประกอบคลาดเคลื่อนเพียง 1 ตัวเช่นกัน และยอมให้มีความสัมพันธ์กันในระหว่างตัวประกอบลักษณะด้วยกัน และตัวประกอบวิธีด้วยกัน แต่ไม่ยอมให้มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบลักษณะและตัวประกอบวิธี ผลของการประเมินโมเดลเต็ม (full model) ได้ค่า X^2 = 68.77 ค่าชั้นของความเป็นอิสระ (df)=230 และ ค่า p = 1.00 และดัชนีความเหมาะสมของโมเดลกับข้อมูล Goodness of fit index (GFI) และ Adjust goodness of fit index (AGFI) มีค่า .992 และ .989 ตามลำดับ แสดงถึงความเหมาะสมที่ดีของโมเดลกับข้อมูลแต่พบว่า มีค่าประมาณบางค่าในเมตริคซ์สหสัมพันธ์ของตัวประกอบ (Φ) ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบวิธีมีค่าประมาณเกิน 1 เพื่อไม่ให้เกิดค่าประมาณที่เป็นไปไม่ได้ จึงกำหนดค่าคงที่ให้กับสหสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบวิธีด้วยค่าคงที่ที่ได้มาจากการประมาณด้วยโมเดลเต็มด้วยการวิเคราะห์หลายรอบ อย่างไรก็ตามหลังจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ปล่อยให้เป็นอิสระในโมเดลเต็มที่มีการกำหนดค่าบางค่าให้กับค่าสหสัมพันธ์ของตัวประกอบวิธีแล้ว ได้ค่า X^2 = 61.20 df = 240 p= 1.00 และ GFI กับ AGFI มีค่า .993 และ .990 ตามลำดับ ใกล้เคียงกับโมเดลเต็มที่ไม่กำหนดค่าคงที่ให้กับสหสัมพันธ์ของตัวประกอบวิธีในครั้งแรก ซึ่งแสดงความเหมาะสมของโมเดลกับข้อมูลของโมเดลเต็มที่ได้กำหนดค่าคงที่ให้กับค่าสหสัมพันธ์ของตัวประกอบวิธี

จากการเปรียบเทียบโมเดลเต็มกับโมเดลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง (nest) กันกับโมเดลเต็มเพื่อตรวจสอบความตรงแบบลู่เข้า (convergent validity) ความตรงแบบแยกออก (divergent validity) และผลของวิธีวัด (method effect) ตามเกณฑ์ของ Widaman (1985) ในตาราง ที่ 14 ให้ผลการวิเคราะห์ที่แสดงถึง

(ก) ความตรงแบบลู่เข้า โดยการเปรียบเทียบโมเดลเต็มกับโมเดลที่ไม่มีตัวประกอบลักษณะโมเดลทั้งสองมีค่า X^2 ที่แตกต่างกัน 1721.37 ด้วย df = 35 แสดงถึงความแตกต่างระหว่างโมเดลทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ ($p<.01$) และให้การยอมรับให้มีตัวประกอบลักษณะในโมเดลเต็ม ซึ่งเป็นผลให้มีความเหมาะสมกับข้อมูลมากกว่า ในขณะที่โมเดลที่ไม่มีตัวประกอบลักษณะไม่เหมาะสมกับข้อมูล

(ข) ความตรงแบบแยกออก ของตัวแปรที่วัดได้ แสดงผลจากการเปรียบเทียบโมเดลเต็มกับโมเดลที่กำหนดให้ตัวประกอบลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์โดยการกำหนด 1 ให้กับค่าสหสัมพันธ์ของตัวประกอบลักษณะ การเปรียบโมเดลทั้ง 2 มีค่า X^2 ที่แตกต่างกันเท่ากับ 1535.54 และ df = 10 แสดงถึงความแตกต่างกันของโมเดลทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าทักษะต่างๆที่ใช้ในการศึกษานี้มีความแตกต่างกันจึงให้การยอมรับโมเดลเต็มว่าเหมาะสมกับข้อมูล และแสดงผลของความตรงแบบแยกออกจากสูตรการให้คะแนนต่างๆ

(ค) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวประกอบลักษณะและตัวประกอบวิธีในตารางที่ 15 ที่แสดงค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบลักษณะ และความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบวิธีของโมเดลเต็มที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่สุด พบว่าตัวประกอบลักษณะแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันอยู่ในเกณฑ์ปานกลางช่วง .394-.565 โดยที่ตัวประกอบวิธีที่เกี่ยวกับทักษะการให้นิยามปฏิบัติการมีความสัมพันธ์ต่ำสุดกับตัวประกอบลักษณะที่เกี่ยวกับทักษะการตีความหมายข้อมูล (.394) และตัวประกอบลักษณะที่เกี่ยวกับทักษะการตั้งสมมติฐานมีความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวประกอบลักษณะที่เกี่ยวกับทักษะการออกแบบการทดลอง (.565) เนื่องจากตัวประกอบลักษณะมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางจึงไม่จำเป็นที่จะต้องสร้างโมเดลใหม่ด้วยการรวมตัวประกอบลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันสูงเข้าด้วยกัน

ตัวประกอบวิธีมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงในช่วง .6-.9 โดยพบว่าตัวประกอบวิธีที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมมีความสัมพันธ์กับตัวประกอบวิธีที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ในช่วงระดับปานกลาง (.7 และ.6 ตามลำดับ) และตัวประกอบวิธีที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีความสัมพันธ์กับตัวประกอบวิธีที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนของแฮมดานในระดับปานกลาง (.7) ส่วนตัวประกอบวิธีที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีความสัมพันธ์

กันในระดับสูง (.9) เช่นเดียวกับตัวประกอบวิธีที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์กับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ จึงสมควรที่จะปรับโมเดลใหม่โดยรวมตัวประกอบวิธีที่มีความสัมพันธ์กันสูงเข้าไว้ในตัวประกอบวิธีเดียวกัน ซึ่งควรมี 2 ตัวประกอบโดยกำหนดให้น้ำหนักที่อยู่บนตัวประกอบวิธีที่เกี่ยวกับ สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีน้ำหนักบนตัวประกอบวิธีตัวเดียวกัน ส่วนน้ำหนักที่อยู่บนตัวประกอบวิธีที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และ สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ให้มีน้ำหนักบนตัวประกอบตัวเดียวกัน พบว่าโมเดลที่มีตัวประกอบวิธี 2 ตัว ดังนี้หลังจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แล้ว การทดสอบความเหมาะสมของค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากโมเดลกับข้อมูล มีค่าความเหมาะสมของค่าพารามีเตอร์เหมาะสมดีกว่าโมเดลเต็ม (X^2 = 48.87 df=239 p=1.00) จากโมเดลที่มีตัวประกอบวิธี 2 ตัวนี้ พบว่าตัวประกอบวิธีทั้ง 2 ตัวประกอบมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (.533) จึงวิเคราะห์โดยรวมตัวประกอบวิธีทั้ง 2 ตัวประกอบเข้าด้วยกันเพื่อสร้างโมเดลใหม่ที่มีตัวประกอบวิธีเพียง 1 ตัว ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ตัวประกอบแบบ Exploratory facter analysis จากการเสนอผลในข้อ 1.2 ที่กล่าวมาแล้ว สามารถแยกตัวประกอบได้ 6 ตัวประกอบ ซึ่งพิจารณาได้ว่ามีตัวประกอบลักษณะ 5 ตัว และ ตัวประกอบวิธี 1 ตัว แต่หลังจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในโมเดลที่มีตัวประกอบวิธี 1 ตัว พบว่าโมเดลนี้มีนัยสำคัญ (X^2 = 318.73 df=235 p=.001) ซึ่งแสดงถึงความไม่เหมาะสมของโมเดลกับข้อมูล ชี้วแสดงถึงความเหมาะสมของโมเดลที่มีตัวประกอบวิธี 2 ตัว มากกว่าโมเดลที่มีตัวประกอบวิธีเพียง 1 ตัว อย่างไรก็ตามแม้พบว่าโมเดลที่มีตัวประกอบวิธี 2 ตัว มีความเหมาะสมกับข้อมูลมากกว่าโมเดลเต็ม (ความแตกต่างของ X^2 = 19.90 df=9 p=.02) แต่ความแตกต่างของโมเดลไม่มีนัยสำคัญ (p>.01) และ เนื่องจากโมเดลเต็มมีความเหมาะสมกับข้อมูลเช่นกัน และเป็นโมเดลเป้าหมายที่แสดงถึงโครงสร้างตามทฤษฎีของตัวแปรต่าง ๆ ที่ศึกษาในเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ การวิจัยครั้งนี้จึงใช้โมเดลเต็มนี้ในการอธิบายโครงสร้างของตัวแปรซึ่งประกอบด้วยตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธี และตัวประกอบคลาดเคลื่อน ซึ่งตัวแปรแต่ละตัวมีน้ำหนักอยู่บนตัวประกอบแต่ละชนิดเพียง 1 ตัวเท่านั้น และในโมเดลนี้กำหนดให้ตัวประกอบลักษณะมีความสัมพันธ์กัน เช่นเดียวกับตัวประกอบวิธีมีความสัมพันธ์กัน ในขณะที่ตัวประกอบลักษณะและตัวประกอบวิธีจะไม่มีความสัมพันธ์กัน และตัวประกอบคลาดเคลื่อนจะส่งผลต่อตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเพียงตัวเดียวเท่านั้น ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่แสดงถึงความเหมาะสม (fit) ของโมเดลเต็มกับข้อมูลนี้ การวิจัยครั้งนี้จึงใช้โมเดลเต็มในการวิเคราะห์ถึงคุณภาพด้านความตรงเชิงทฤษฎีของคะแนนสูตรต่าง ๆ ต่อไป

ตารางที่ 14 ค่าดัชนีความเหมาะสมของโมเดลกับข้อมูลในโมเดล และการเปรียบเทียบโมเดล

โมเดล	X^2	df	p	GFI	AGFI
1.โมเดลเต็ม(fix ค่าที่ตัวประกอบวิธี)	61.20	240	1.000	.993	.990
2.โมเดลเต็ม(ไม่ fix ค่าที่ตัวประกอบวิธี)	68.77	230	1.000	.992	.989
3.โมเดลตัวประกอบลักษณะสัมพันธ์กันสมบูรณ์	1629.31	240	.000	.807	.739
4.โมเดลไม่มีตัวประกอบลักษณะ	1790.14	265	.000	.786	.737
5.โมเดลที่มีตัวประกอบวิธี 2 ตัว	48.87	239	1.000	.994	.992
6.โมเดลที่มีตัวประกอบวิธี 1 ตัว	318.73	235	.001	.952	.934
7.โมเดลที่ไม่มีตัวประกอบวิธี	342.49	265	.001	.948	.937

การเปรียบเทียบโมเดล	ดัชนีความแตกต่างระหว่างโมเดล		
1. โมเดล 1 กับ โมเดล 2	7.57	10	.66
2. โมเดล 2 กับ โมเดล 3	1555.54	10	.00
3. โมเดล 2 กับ โมเดล 4	1721.37	35	.00
4. โมเดล 2 กับ โมเดล 5	19.90	9	.02
5. โมเดล 2 กับ โมเดล 6	249.96	5	.00
6. โมเดล 2 กับโมเดล 7	273.72	35	.00

ตารางที่ 15 เมตริคซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบลักษณะและตัวประกอบวิธี (Φ) ของโมเดลเต็ม

		trait factor					method factor				
		T1	T2	T3	T4	T5	NR	A	AA	H	AH
trait factor	T1	1									
	T2	.544	1								
	T3	.409	.437	1							
	T4	.473	.565	.423	1						
	T5	.424	.564	.394	.506	1					
method factor	NR	0	0	0	0	0	1				
	A	0	0	0	0	0	.700*	1			
	AA	0	0	0	0	0	.600*	.900*	1		
	H	0	0	0	0	0	.900*	.800*	.700*	1	
	AH	0	0	0	0	0	.900*	.900*	.900*	.900*	1

หมายเหตุ ค่าที่มีเครื่องหมาย * คือการกำหนดค่าที่ fix ให้เท่ากับค่าที่ปรากฏ ส่วนค่า 0 และ 1 คือค่าที่ fix ให้เท่ากับค่าที่ปรากฏตามโครงสร้างของโมเดลเต็ม

1.3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ประมาณได้จากโมเดลเต็ม

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ประมาณได้สำหรับโมเดลเต็มในเมตริคซ์น้ำหนักตัวประกอบ (Δ) และเมตริคซ์ตัวประกอบคลาดเคลื่อน (uniqueness หรือ Θ) แสดงในตารางที่ 16 ส่วนเมตริคซ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบ (Φ) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 15 แล้ว จากค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 16 ได้แสดงน้ำหนักต่างๆที่เป็นผลมาจากตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธี และตัวประกอบคลาดเคลื่อน ดังนี้

(ก) ตัวประกอบลักษณะ ส่งผลต่อตัวแปรแต่ละตัวด้วยน้ำหนักสูงในช่วง .719-.990 ซึ่งแสดงถึงความตรงแบบลู่เข้าของสูตรการให้คะแนนแต่ละวิธี โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม มีน้ำหนักบนตัวประกอบลักษณะทุกตัวประกอบสูงสุด (.977-.990) ซึ่งมีน้ำหนักสูงใกล้เคียงกันกับตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน (.974-.981)และตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (.971-.984) ส่วนตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีน้ำหนักบนตัวประกอบวิธีสูงเช่นเดียวกัน คือช่วง .796-.865 และ .719-.811 แต่เมื่อเทียบน้ำหนักของตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนใน 3 สูตรแรก คือสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนของแฮมดานแล้วจะพบว่าค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ของตัวแปรกับตัวประกอบมีความตรงแบบลู่เข้าต่ำกว่า

ตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการตั้งสมมติฐานสูงสุด (น้ำหนัก .990) และได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการชี้บ่งตัวแปรต่ำสุด (น้ำหนัก .977)

ตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนแบบอาร์โนลด์ได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการออกแบบการทดลองสูงสุด (น้ำหนัก .865) และ ได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการให้นิยามปฏิบัติการต่ำที่สุด (น้ำหนัก .796)

ตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการออกแบบการทดลองสูงสุด (น้ำหนัก .811) และ ได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการให้นิยามปฏิบัติการต่ำสุด (น้ำหนัก .719)

ตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนของแฮมดานได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการตีความหมายข้อมูลสูงสุด (น้ำหนัก .984) และ ได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการออกแบบการทดลองต่ำสุด (น้ำหนัก .971)

ตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการตั้งสมมติฐานสูงสุด (น้ำหนัก .981) และได้รับผลจากตัวประกอบวิธีต่ำสุด (น้ำหนัก .974)

ตารางที่ 16 ค่าน้ำหนักของตัวแปรบนตัวประกอบ ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณด้วย Lisrel maximum likelihood estimate ในโมเดลเต็ม

ตัวแปรที่วัดได้	trait factor					method factor					error factor
	T1	T2	T3	T4	T5	NR	A	AA	H	AH	
X_{11}	.977					.170					.015
X_{21}		.990				-.027					.019
X_{31}			.985			.104					.018
X_{41}				.980		.107					.026
X_{51}					.989	.091					.012
X_{12}	.852						.410				.098
X_{22}		.824					.501				.056
X_{32}			.796				.471				.136
X_{42}				.865			.398				.085
X_{52}					.845		.428				.094
X_{13}	.790							.514			.102
X_{23}		.744						.593			.078
X_{33}			.719					.586			.129
X_{43}				.811				.500			.082
X_{53}					.791			.522			.091
X_{14}	.972								.113		.040
X_{24}		.979							-.072		.037
X_{34}			.978						.047		.041
X_{44}				.971					.054		.053
X_{54}					.984				.042		.029
X_{15}	.974									.137	.030
X_{25}		.981								.039	.035
X_{35}			.977							.110	.033
X_{45}				.977						.110	.032
X_{55}					.976					.097	.037

(ข) ตัวประกอบวิธี มีผลต่อตัวแปรแต่ละตัวด้วยน้ำหนักต่ำจนถึงปานกลางในช่วง .027-.593 ซึ่งแสดงถึงผลของวิธีการให้คะแนนจากสูตรการให้คะแนนแต่ละสูตร นั่นคือ การที่ตัวแปรใดได้รับผลมาจากตัวประกอบวิธีที่สูงกว่าจะทำให้ความแปรปรวนของค่าของตัวแปรที่วัดได้ เป็นผลมาจากความแปรปรวนของวิธีวัดมากแทนที่จะเป็นผลมาจากความแปรปรวนของลักษณะที่มุ่งวัดมาก ซึ่งจะสังเกตได้จาก การที่ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่วัดด้วยลักษณะต่างกันจากวิธีเดียวกันจะมีค่าสูงเมื่อเทียบกับค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่วัดด้วยลักษณะที่ต่างกันที่วัดด้วยวิธีที่ต่างกัน ในเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ เมื่อเทียบค่าน้ำหนักของตัวประกอบวิธีจากสูตรการให้คะแนนแต่ละสูตรบนตัวแปรแต่ละตัวจะพบว่า น้ำหนักตัวประกอบวิธีที่เป็นผลมาจากสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน จะมีค่าค่อนข้างต่ำใกล้เคียงกัน คือช่วง .027-.170 สำหรับน้ำหนักตัวประกอบวิธีที่เป็นผลมาจากสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ช่วง .042-.113 สำหรับน้ำหนักตัวประกอบวิธีที่เป็นผลมาจากวิธีการให้คะแนนของแฮมดานและช่วง .039-.137 สำหรับน้ำหนักตัวประกอบวิธีที่เป็นผลมาจากสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน ส่วนน้ำหนักที่เป็นผลมาจากตัวประกอบวิธีที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของอาร์โนลด์จะมีค่าน้ำหนักตัวประกอบวิธีปานกลางในช่วง .398-.501 และ .500-.593 ตามลำดับ และจะมีค่าสูงเมื่อเทียบกับน้ำหนักของตัวประกอบวิธีที่ได้มาจากสูตรการให้คะแนน 3 สูตรแรก

ตัวประกอบวิธีของสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ให้น้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการตั้งสมมติฐาน (.027) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการชี้บ่งตัวแปร (.170)

ตัวประกอบวิธีของสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ให้น้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการออกแบบการทดลอง (.398) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการตั้งสมมติฐาน (.501)

ตัวประกอบวิธีของสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ให้น้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการออกแบบการทดลอง (.500) และ ให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการตั้งสมมติฐาน (.593)

ตัวประกอบวิธีของสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน ให้น้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการตีความหมายข้อมูล (.042) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการชี้บ่งตัวแปร (.113)

ตัวประกอบวิธีของสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานให้น้ำหนักตัวประกอบต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการตั้งสมมติฐาน (.039) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการชี้บ่งตัวแปร (.137)

(ค) ตัวประกอบคลาดเคลื่อน ให้ผลต่อตัวแปรแต่ละตัวด้วยน้ำหนักค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง .012-.102 ซึ่งเนื่องมาจากตัวประกอบแต่ละตัวได้รับผลการทำนายมาจากตัวประกอบลักษณะอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูงแล้ว และ อีกส่วนหนึ่งได้รับผลมาจากตัวประกอบวิธีแล้วบางส่วน สังเกตว่าตัวประกอบคลาดเคลื่อน สำหรับตัวแปรที่ได้รับผลมาจากสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนของแอมดาน สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแอมดานมีน้ำหนักบนตัวประกอบคลาดเคลื่อนต่ำมาก โดยที่สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมมีน้ำหนักช่วง .012-.022 สูตรการให้คะแนนของแอมดานมีน้ำหนัก .029-.053 และ สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแอมดานมีน้ำหนัก .030-.037 ส่วนน้ำหนักบนตัวประกอบวิธีที่ส่งผลต่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และ สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ต่ำ แต่เมื่อเทียบกับสูตรการให้คะแนน 3 สูตรแรก จะมีน้ำหนักสูงกว่า คือสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์มีน้ำหนัก .078-.129 และ สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีน้ำหนัก .029-.053

ตัวประกอบคลาดเคลื่อนของตัวแปรที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมมีน้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการตีความหมายข้อมูล (.012) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการออกแบบการทดลอง (.026)

ตัวประกอบคลาดเคลื่อนของตัวแปรที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ มีน้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการตั้งสมมติฐาน (.056) และ ให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่ที่เกี่ยวกับเกี่ยวกับทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ (.136)

ตัวประกอบคลาดเคลื่อนของตัวแปรที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีน้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการตั้งสมมติฐาน (.078) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ (.129)

ตัวประกอบคลาดเคลื่อนของตัวแปรที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนของแอมดาน มีน้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวทักษะการตีความหมายข้อมูล (.029) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการออกแบบการทดลอง (.053)

ตัวประกอบคลาดเคลื่อนของตัวแปรที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแอมดานมีน้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับการชี้บ่งตัวแปร (.030) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการตีความหมายข้อมูล (.037)

1.3.3 การตัดสินคุณภาพด้านความตรงเชิงทฤษฎีของสูตรการให้คะแนนต่างๆ

การประเมินถึงคุณภาพด้านความตรงตามทฤษฎีของสูตรการให้คะแนนต่างๆพิจารณาจากความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธี และตัวประกอบคลาดเคลื่อนแยกกันแต่ละตัวโดยการยกกำลังสองของน้ำหนักของตัวแปรบนตัวประกอบที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธี ดังแสดงผลในตารางที่ 16 เพื่อคำนวณหาค่าความแปรปรวนของตัวแปรที่วัดได้ที่เกี่ยวข้องกับตัวประกอบ ส่วนความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบคลาดเคลื่อนที่ได้จากค่าประมาณพารามิเตอร์ในเมตริคซ์ความคลาดเคลื่อน (Θ) ซึ่งเป็นค่าความแปรปรวนที่เกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนในแต่ละตัวแปรที่วัดได้อยู่แล้ว (ในการรายงานนี้ได้นำค่าตามเส้นทะแยงมุมของเมตริคซ์ความคลาดเคลื่อนใส่ไว้ ในช่องที่เกี่ยวกับตัวประกอบคลาดเคลื่อนในตารางที่ 16) แสดงผลการแยกความแปรปรวนต่างๆแต่ละสูตรการให้คะแนนดังตารางที่ 17 พบว่า

(ก) จากค่าเฉลี่ยของกำลังสองของน้ำหนักตัวประกอบในตารางที่ 17 พบว่า โดยภาพรวม ความแปรปรวนของตัวประกอบลักษณะส่งผลต่อความแปรปรวนทั้งหมดสูงสุดร้อยละ 83.59 และความแปรปรวนเนื่องจากตัวประกอบวิธีส่งผลต่อความแปรปรวนทั้งหมดร้อยละ 10.45 ในขณะที่ความแปรปรวนตัวประกอบคลาดเคลื่อนมีร้อยละ 5.64 ต่ำสุด

(ข) สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน มีค่าความแปปรรวนตัวประกอบลักษณะสูงสุดใกล้เคียงกัน ร้อยละ 96.9 95.7 และ 95.5 ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะที่เกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน ดังตารางที่ 18 แล้ว พบว่ามีค่าความแปรปรวนตัวประกอบไม่แตกต่างกัน ($p>.01$) สำหรับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีค่าความแปรปรวนตัวประกอบลักษณะต่ำสุดร้อยละ 60.3 ซึ่งต่ำกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ที่มีค่าความแปรรวนตัวประกอบลักษณะร้อยละ 70.7

(ค) สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนของแฮมดานให้ค่าความแปรปรวนตัวประกอบวิธีต่ำสุดใกล้เคียงกันร้อยละ 1.2 1.1 และ 0.5 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของอาร์โนลด์ ให้ค่าความแปรปรวนตัวประกอบวิธีสูงเมื่อเทียบกับสูตรการให้คะแนน 3 สูตรแรก ร้อยละ 19.8 และ 29.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 17 ค่าความแปรปรวนที่เป็นผลมาจากตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธี และตัวประกอบคลาดเคลื่อน ในแต่ละทักษะ

แหล่งความแปรปรวน	ทักษะ T1	T2	T3	T4	T5	เฉลี่ย	%
สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม							
trait	.955	.980	.970	.960	.978	.969	96.9
method	.029	.001	.011	.011	.008	.012	1.2
error	.015	.019	.018	.026	.012	.018	1.8
สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์							
trait	.726	.679	.634	.748	.714	.700	70.7
method	.168	.251	.222	.158	.183	.196	19.8
error	.098	.056	.136	.085	.094	.094	9.5
สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์							
trait	.624	.554	.517	.658	.626	.596	60.3
method	.264	.352	.343	.250	.272	.296	29.9
error	.102	.078	.129	.082	.091	.096	9.7
สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน							
trait	.945	.958	.956	.943	.968	.954	95.5
method	.013	.005	.002	.003	.002	.005	0.5
error	.040	.037	.041	.053	.029	.040	4.0
สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน							
trait	.949	.962	.955	.955	.953	.955	95.7
method	.019	.002	.012	.012	.009	.011	1.1
error	.030	.035	.033	.032	.037	.033	3.3

หมายเหตุ ความแปรปรวนบนตัวประกอบแปลงมาจากค่ากำลังสองของน้ำหนักบนตัวประกอบลักษณะและตัวประกอบวิธีจากตารางที่ 16 และค่าความแปรปรวนคลาดเคลื่อนที่ไม่ยกกำลังสอง

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะของตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนสูตรต่างๆ

สูตรการให้คะแนน	สถิติทดสอบ t				
	NR	A	AA	H	AH
NR (.969)		7.15**	7.99**	1.88	1.74
A (.700)			6.26**	8.79**	10.23**
AA (.596)				7.24**	8.11**
H (.954)					0.13
AH (.955)					

**p<.01

(ง) สำหรับค่าความแปรปรวนตัวประกอบคลาดเคลื่อน สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีการของแฮมดาน สูตรการให้คะแนนของแฮมดานให้ค่าความแปรปรวนตัวประกอบคลาดเคลื่อนต่ำสุดใกล้เคียงกันร้อยละ 1.8 3.3 และ 4.0 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ซึ่งมีความแปรปรวนของตัวประกอบคลาดเคลื่อนสูงกว่า 3 วิธีแรก ร้อยละ 9.5 และ 9.7 ตามลำดับ

จากการพิจารณาคุณภาพด้านความตรงเชิงทฤษฎีของสูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นให้ข้อสรุปว่าสูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้น 2 สูตรคือสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน รวมทั้งสูตรการให้คะแนนแบบเดิมอีก 3 สูตร คือ สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม มีความตรงเชิงทฤษฎี นั่นคือ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสูตรการให้คะแนนต่างๆ เป็นผลมาจากความแปรปรวนของตัวประกอบลักษณะสูง เฉลี่ยร้อยละ 83.59 และเป็นผลมาจากตัวประกอบวิธีและตัวประกอบคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ร้อยละ 10.45 และ 5.64 ตามลำดับ

สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีความตรงเชิงทฤษฎีสูงกว่า สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ พิจารณาจากค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะที่สูงกว่า และ ค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบวิธี และตัวประกอบคลาดเคลื่อนที่ต่ำกว่า ซึ่งเป็นหลักฐานให้ปฏิเสธสมมติฐานของการวิจัยข้อ 1 ที่กำหนดให้สูตรการให้คะแนนทั้ง 2 นี้มีความตรงเชิงทฤษฎีไม่แตกต่างกัน

สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีการของแอมดาน มีความตรงเชิงทฤษฎีไม่แตกต่างจากสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม และสูตรการให้คะแนนของแอมดาน และมีความตรงเชิงทฤษฎีสูงกว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ ส่วนสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีความตรงเชิงทฤษฎีต่ำสุดเมื่อเทียบกับสูตรการให้คะแนนแบบอื่นๆ ซึ่งเป็นหลักฐานทำให้ปฏิเสธสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 ที่กำหนดว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแอมดาน และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีความตรงเชิงทฤษฎีสูงกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของแอมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

เพื่ออธิบายถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนทำให้ปฏิเสธสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ทั้ง 2 ข้อ ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ถึงรูปแบบการตอบของผู้ตอบที่ใช้ตอบคำถามตามคำชี้แจงในการให้แสดงความรู้บางส่วนในการตอบ และวิเคราะห์ถึงปริมาณตัวลวงที่นักเรียนสามารถตัดออกได้แต่ละข้อ ซึ่งเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้สูตรการให้คะแนนในการวิจัยนี้

ผลการนำแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยการวัดทักษะต่างๆกัน 5 ทักษะ คือทักษะการชี้บ่งตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ ทักษะการออกแบบทดลอง และ ทักษะการตีความหมายข้อมูล ทดสอบนักเรียนโดยให้นักเรียนตอบด้วยคำชี้แจงที่ให้นักเรียนแสดงความรู้บางส่วนตามที่ได้รับการฝึกไป มีจำนวนนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด 726 คน จากการวิเคราะห์รูปแบบคำตอบที่นักเรียนใช้ ได้รายละเอียดที่สำคัญสรุปได้ดังนี้

(ก) จากนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด 726 คน ด้วยข้อสอบ 40 ข้อ มีจำนวนนักเรียนที่ตอบโดยใช้รูปแบบการเดาคำตอบทั้งหมด 12 คน และใช้ รูปแบบคำตอบแบบแน่ใจคำตอบทุกข้อ 5 คน นอกจากนั้นนักเรียนจะใช้รูปแบบคำตอบต่าง ๆ ปะปนกันไปในการตอบข้อสอบ 40 ข้อ

(ข) เมื่อวิเคราะห์ถึงรูปแบบคำตอบที่นักเรียนใช้โดยเฉลี่ย นักเรียนจะใช้รูปแบบคำตอบแบบแน่ใจคำตอบร้อยละ 45.25 และใช้รูปแบบคำตอบแบบตัดตัวเลือกออกหมดทุกตัว แล้วจึงเลือกตัวเลือกที่ถูก ร้อยละ 22.80 รูปแบบคำตอบที่นักเรียนใช้รองลงมา คือ รูปแบบเดาคำตอบร้อยละ 12.87 นอกจากนั้นเป็นรูปแบบคำตอบแบบตัดตัวลวงออก 2 ตัว ร้อยละ 14.20 รูปแบบคำตอบแบบตัดตัวลวงออก 1 ตัว เป็นรูปแบบที่นักเรียนใช้น้อยที่สุดร้อยละ 5.98 ซึ่งอัตราการใช้รูปแบบคำตอบดังกล่าวในการตอบข้อสอบมีสัดส่วนใกล้เคียงกันในทั้ง 4 ทักษะ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 19

(ค) เมื่อวิเคราะห์ถึงจำนวนตัวลวงที่ผู้ตอบสามารถตัดออกได้อย่างถูกต้อง พบว่า โดยเฉลี่ยนักเรียนสามารถตัดตัวลวงออกได้ครบทั้ง 3 ตัว ในอัตราใกล้เคียงกับจำนวนตัวลวงที่นักเรียนไม่สามารถตัดออกได้เลย ร้อยละ 42.77 และ 41.80 ตามลำดับ รองลงมา คือ จำนวนตัวลวงที่นักเรียนสามารถตัดออกได้อย่างถูกต้อง 2 ตัว ร้อยละ 10.40 และจำนวนตัวลวงที่นักเรียนตัดออกได้อย่างถูกต้อง 1 ตัวร้อยละ 5.03 ซึ่งมีปริมาณตัวลวงที่นักเรียนสามารถตัดออกได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงกันใน 5 ทักษะ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 20

ตารางที่ 19 ความถี่ และ ร้อยละของรูปแบบคำตอบของนักเรียนจากการตอบในแบบสอบย่อย วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทักษะต่างๆ

ทักษะ	รูปแบบคำตอบ						รวม
	ไม่ตอบ	เดาคำตอบ	ตัด 1 ตัว	ตัด 2 ตัว	ตัด 3 ตัว	แน่ใจคำตอบ	
การชี้บ่งตัวแปร	1	701	326	749	1292	2739	5808
	(.01)	(12.07)	(5.61)	(12.90)	(22.25)	(47.16)	
การตั้งสมมติฐาน	2	863	437	803	1319	2384	5808
	(.03)	(14.86)	(7.52)	(13.82	(22.71)	(41.05)	
การให้นิยามปฏิบัติการ	17	675	421	905	1224	2566	5808
	(.29)	(11.62)	(7.25)	(15.58)	(21.07)	(44.18)	
การออกแบบการทดลอง	4	866	281	778	1342	2537	5808
	(.07)	(14.91)	(4.84)	(13.40)	(23.11)	(43.68)	
การตีความหมายข้อมูล	7	632	271	748	1234	2916	5808
	(.12)	(10.88)	(4.67)	(12.88)	(21.25)	(50.21)	
รวม	31	3737	1736	3983	6411	13142	29040
%	(.11)	(12.87)	(5.98)	(14.20)	(22.80)	(45.25)	

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บแสดงจำนวนร้อยละ

ต้นฉบับ หน้าขาดหาย

(4) จากคำตอบที่ให้นักเรียนตอบโดยแสดงความรู้บางส่วน พบว่า โดยเฉลี่ยแล้วนักเรียนมีความสามารถในการตัดตัวลวงออกได้อย่างถูกต้องมากกว่า 1 ตัวขึ้นไป ($\bar{X}$=1.54) โดยสามารถตัดตัวลวงออกได้โดยเฉลี่ยในทุกทักษะมากกว่า 1 ตัวขึ้นไปในอัตราใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงรายละเอียดของค่าเฉลี่ยของจำนวนตัวลวงที่นักเรียนสามารถตัดออกได้อย่างถูกต้อง ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ยของจำนวนตัวลวงที่นักเรียนสามารถตัดออกได้อย่างถูกต้องในแต่ละทักษะ

ทักษะ	จำนวนตัวลวงที่ตัดออกได้ถูกต้องเฉลี่ยต่อ 1 ข้อ				
	MIN	MAX	จำนวนตัวลวง	$\bar{X}$	SD
ชี้บ่งตัวแปร	0	3	3	1.44	0.66
การตั้งสมมติฐาน	0	3	3	1.62	0.66
การให้นิยามปฏิบัติการ	0	3	3	1.49	0.59
การออกแบบการทดลอง	0	3	3	1.53	0.68
การตีความหมายข้อมูล	0	3	3	1.54	0.68
รวมทั้งฉบับ	0	3	3	1.54	0.53

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความตรงตามเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนน

ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความตรงตามเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนนไว้ 2 ข้อ คือ

1. สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีค่าความตรงตามเกณฑ์ไม่แตกต่างกัน

2. สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีค่าความตรงตามเกณฑ์สูงกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม โดยที่สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมมีความตรงตามเกณฑ์ต่ำสุด

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสูตรการให้คะแนนด้วยสูตรต่าง ๆ จากแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับคะแนนที่ได้จากการตอบแบบสอบความคิดเชิงเหตุผล ซึ่งให้คะแนนแตกต่างกัน 2 แบบ คือให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (กรณีที่ตอบถูกทั้งคำตอบและเหตุผล) กับให้คะแนนตามระดับความถูกต้องของเหตุผล พบความตรงตามเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนนสูตรต่างๆ ดังนี้

2.1 สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีค่าความตรงตามเกณฑ์สูงสุด รองลงมาคือสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม และสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน ส่วนสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีการของอาร์โนลด์ ได้ค่าความตรงตามเกณฑ์ต่ำกว่า 3 สูตรแรก ทั้งในกรณีที่ให้คะแนนเกณฑ์แบบประเพณีนิยมและแบบให้คะแนนตามระดับความถูกต้องของเหตุผล อย่างไรก็ตามทุกสูตรการให้คะแนนให้ค่าความตรงตามเกณฑ์ในช่วงใกล้เคียงกันคือช่วง .495-.624 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์กับเกณฑ์อยู่ในระดับปานกลาง ดังรายละเอียดในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ค่าความตรงตามเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนนสูตรต่างๆ

สูตรการให้คะแนน	คะแนนความคิดเชิงเหตุผล	
	แบบประเพณีนิยม	แบบระดับความถูกต้องของเหตุผล
NR	.618***	.604***
A	.557***	.543***
AA	.510***	.495***
H	.614***	.600***
AH	.624***	.612***

*** $p<.001$

2.2 จากการทดสอบค่าความแตกต่างระหว่างค่าสหสัมพันธ์คะแนนที่ให้ด้วยสูตรต่างๆกับเกณฑ์แต่ละคู่พบว่าค่าสหสัมพันธ์ทุกคู่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งในกรณีของเกณฑ์ที่ให้คะแนนแบบประเพณีนิยมและเกณฑ์ที่ให้คะแนนตามระดับความถูกต้องของเหตุผล แสดงผลการทดสอบนัยสำคัญเป็นรายคู่ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ผลการทดสอบนัยสำคัญแต่ละคู่ระหว่างค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนจากสูตรการให้คะแนนต่างๆ กับ เกณฑ์

สูตรการให้คะแนน	ค่าสถิติทดสอบ t				
	NR	A	AA	H	AH
เกณฑ์ที่ให้คะแนนแบบประเพณีนิยม					
NR					
A	1.08				
AA	1.96	.78			
H	.07	1.02	1.90		
AH	.10	1.19	2.07	.17	
เกณฑ์ที่ให้คะแนนตามระดับความถูกต้องของเหตุผล					
NR					
A	1.07				
AA	1.95	.79			
H	.07	1.00	1.90		
AH	.14	1.21	2.09	.20	

$p > .01$

เมื่อพิจารณาด้านความตรงตามเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนนต่างๆ พบว่าให้หลักฐานที่สนับสนุนสมมติฐานในการวิจัยข้อ 1 ที่ว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีค่าความตรงตามเกณฑ์ไม่แตกต่างกัน แต่ให้หลักฐานที่ปฏิเสธสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ที่กำหนดว่า สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีค่าความตรงตามเกณฑ์สูงกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม แต่ให้หลักฐานที่แสดงถึงความไม่แตกต่างกันในด้านความตรงเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนนต่างๆในการวิจัยนี้

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความเที่ยงของสูตรการให้คะแนน

ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้ 2 ข้อ คือ

1. สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในไม่แตกต่างกัน

2. สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในสูงกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม โดยที่สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมมีความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในต่ำที่สุด

ผลการวิเคราะห์ถึงค่าความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนต่างๆในการวัดแต่ละทักษะด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน 2 แบบ คือค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา ซึ่งสามารถคำนวณได้เฉพาะสูตรการให้คะแนนรายข้อ ได้แก่สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม และเพื่อให้สามารถตรวจสอบค่าความเที่ยงที่เปรียบเทียบกันได้ทั้ง 5 สูตรการให้คะแนน จึงคำนวณค่าความเที่ยงแบบแบ่งครึ่งข้อสอบสำหรับสูตรการให้คะแนนทุกสูตร ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของคะแนนแบบความสอดคล้องภายใน ด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟา เพื่อแสดงความเป็นเอกพันธ์ของข้อสอบที่วัดทักษะแต่ละทักษะ สามารถวิเคราะห์ได้เฉพาะสูตรการให้คะแนนที่เป็นการให้คะแนนรายข้อ คือ สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการคะแนนให้คะแนนของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ได้ค่าความเที่ยงของคะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนแต่ละสูตรอยู่ในเกณฑ์ต่ำจนถึงปานกลาง ในช่วง .299-.641 สำหรับความเที่ยงที่คำนวณจากแบบสอบย่อยแต่ละทักษะและเมื่อวิเคราะห์ค่าความเที่ยงรวมทั้งฉบับจะได้ค่าความเที่ยงในช่วง .810-.879 ค่าความเที่ยงของคะแนนที่ได้จากวิธีการให้ด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีค่าสูงสุด เมื่อเทียบกับสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม และค่าความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมจะมีค่าความเที่ยงต่ำสุด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 24

เมื่อเปรียบเทียบนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนแต่ละคู่ จากแบบสอบทั้งฉบับ พบว่า ค่าความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีค่าสูงกว่าค่าความเที่ยงของคะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ (t=14.36, p<.01) และมีค่าสูงกว่าค่าความเที่ยงของคะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (t=9.74, p<.01) ในขณะที่ค่าความเที่ยงของคะแนนจากสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์สูงกว่าค่าความเที่ยงของคะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (t=5.62, p<.01)

3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบแบ่งครึ่งข้อสอบ (split-half method) และคำนวณค่าความเที่ยงแบบเต็มฉบับด้วยสูตร Spearman-Brown จากสูตรการให้คะแนนแต่ละทักษะให้ค่าความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ต่ำจนถึงปานกลางในช่วง .296-.646 เมื่อวิเคราะห์แยกในแต่ละแบบสอบย่อยแต่ละทักษะ และเมื่อวิเคราะห์แบบสอบทั้งฉบับ จะให้ค่าความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์สูง ทุกสูตรการให้คะแนน ช่วง .781-.847

พบว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ให้ค่าความเที่ยงแบบแบ่งครึ่งข้อสอบสูงสุด (.847) รองลงมาคือสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ (.814) ส่วนสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (.787) สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (.781) และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน (.788) มีค่าความเที่ยงแบบแบ่งครึ่งข้อสอบมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนคะแนนที่ได้จากสูตรการการให้คะแนนของแฮมดานมีค่าความเที่ยงต่ำสุด ดังแสดงผลในตารางที่ 24

เมื่อทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของความเที่ยงแบบแบ่งครึ่งข้อสอบเป็นรายคู่ของแบบสอบเต็มฉบับพบว่า ค่าความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (.847) สูงกว่าค่าความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ (.814) อย่างมีนัยสำคัญ (t=11.62, p<.10) และค่าความเที่ยงของคะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และ สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์มีค่าสูงกว่าค่าความเที่ยงที่ได้จากสูตรการให้คะแนนสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ คือ สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนของแฮมดานและ สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน ไม่พบความแตกต่างของค่าความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม กับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน (t=.58, p>.01) และ ไม่พบความแตกต่างของความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของแฮมดาน (t=3.05, p>.01) และ ไม่พบความแตกต่างของความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม กับ สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (t=2.32, p<.01)

ตารางที่ 24 ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในที่คำนวณด้วย สัมประสิทธิ์อัลฟา และวิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ ของสูตรการให้คะแนนสูตรต่างๆในแต่ละทักษะ

	สูตรการให้คะแนน				
	NR	A	AA	H	AH
ความเที่ยงสัมประสิทธิ์อัลฟา					
ทักษะการบ่งชี้ตัวแปร	.450	.508	.567		
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	.521	.589	.641		
ทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ	.299	.350	.482		
ทักษะการออกแบบทดลอง	.423	.558	.632		
ทักษะการตีความหมายข้อมูล	.558	.568	.634		
ทั้งฉบับ	.810	.846	.879		
ความเที่ยงแบบแบ่งครึ่งข้อสอบ					
ทักษะการชี้บ่งตัวแปร	.486	.540	.589	.487	.497
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	.478	.488	.553	.466	.436
ทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ	.308	.354	.472	.296	.273
ทักษะการออกแบบทดลอง	.419	.575	.643	.392	.415
ทักษะการตีความหมายข้อมูล	.586	.597	.646	.364	.545
ทั้งฉบับ	.787	.814	.847	.781	.788

ตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบค่าความเที่ยงจากสูตรการให้คะแนนแต่ละคู่ ด้วยแบบสอบเต็มฉบับ

สูตรการให้คะแนน	ค่าสถิติทดสอบ t			
	A	AA	H	AH
ความเที่ยงแบบสัมประสิทธิ์อัลฟา				
NR (.810)	5.62**	9.74**		
A (.846)		14.36**		
AA (.879)				
ความเที่ยงแบบแบ่งครึ่งข้อสอบ				
NR (.787)	3.62**	7.12**	2.32	.58
A (.814)		11.62**	4.04**	3.72**
AA (.847)			7.30**	7.40**
H (.781)				3.05
AH (.788)				

** $p<.01$

3.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการให้คะแนนวิธีต่างๆในด้านความยาวของแบบสอบจากค่าความเที่ยงของคะแนนที่คำนวณได้แต่ละวิธี ด้วยสูตรที่ Coomb et. al. (1956)เสนอคือ $k=[r_{kk}(1-r_{ii})]/[r_{ii}(1-r_{kk})]$ เมื่อ k คือ จำนวนเท่าของข้อสอบที่จะต้องเพิ่มขึ้นสำหรับค่าความเที่ยงแบบ r_{ii} ที่จะต้องการให้มีค่าความเที่ยงเท่ากับค่าความเที่ยงแบบ r_{kk} จากการเปรียบเทียบค่าความเที่ยงที่คำนวณด้วยวิธีแบ่งครึ่งข้อสอบในวิธีการให้คะแนนแต่ละคู่พบว่า

สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีประสิทธิภาพด้านความยาวสูงสุด เมื่อเทียบกับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน จะมีประสิทธิภาพด้านความยาวสูงเป็น 1.50 1.55 และ 1.48 เท่าที่จะทำให้สูตรการให้คะแนนดังกล่าวมีความเที่ยงสูงเท่ากับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ นั่นคือ จะต้องใช้ข้อสอบที่มีความยาวเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 55 และ 48 ตามลำดับสำหรับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานตามลำดับส่วนสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์จะมีประสิทธิภาพด้านความยาวเป็น 1.18 1.23 และ 1.18

1.18 เท่า ของสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน นั่นคือจะต้องเพิ่มความยาวขึ้นร้อยละ 18 สำหรับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน และร้อยละ 23 ของสูตรการให้คะแนนของแฮมดานจึงจะมีความเที่ยงเท่ากับสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์

ส่วนสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน มีประสิทธิภาพด้านความยาวใกล้เคียงกัน โดยพิจารณาตามเกณฑ์ของ Lord (1975) ที่เสนอว่าความเที่ยงที่เพิ่มขึ้นจะมีนัยสำคัญถ้าสามารถทำให้แบบสอบมีความเที่ยงเพิ่มขึ้นกว่าการใช้ความเที่ยงแบบเดิม 1 ใน 8 เท่า นั่นคือประมาณร้อยละ 11 ที่จะทำให้ความยาวของแบบสอบเพิ่มขึ้น ซึ่งสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนของแฮมดานมีประสิทธิภาพด้านความยาวไม่แตกต่างกันในเกณฑ์นี้ แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความยาวของสูตรการให้คะแนนดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 จำนวนเท่าของความยาวของข้อสอบที่ต้องเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบสูตรการให้คะแนนสูตร ต่างๆ จากค่าความเที่ยงแบบแบ่งครึ่งข้อสอบ

สูตรการให้คะแนน	จำนวนเท่าของความยาวที่ต้องเพิ่มขึ้นเมื่อใช้สูตรการให้คะแนนที่มีค่าความเที่ยงมากเป็นฐานในการเปรียบเทียบ			
	A	AA	H	AH
NR (.787)	1.18	1.50	1.04	1.01
A (.814)		1.26	1.23	1.18
AA (.847)			1.55	1.48
H (.781)				1.04
AH (.788)				

3.4 เมื่อพิจารณาค่าความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนสูตรต่างๆด้วยค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในพบว่า สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีความเที่ยงสูงกว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน ซึ่งเป็นหลักฐานที่ทำให้ปฏิเสธสมมติฐานข้อ 1 ของการวิจัย และพบว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีความเที่ยงสูงกว่าสูตร

การให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยข้อ 2 แต่สำหรับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน มีค่าความเที่ยงไม่แตกต่างจากสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมและสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และมีค่าความเที่ยงต่ำกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ ซึ่งให้การปฏิเสธสมมติฐานที่ 2 ของการวิจัยเกี่ยวกับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานที่จะมีค่าความเที่ยงสูงกว่าสูตรการให้คะแนนแบบเดิมคือสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

ตอนที่ 4 <u>สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการวิเคราะห์คุณภาพของสูตรการให้คะแนนด้านความตรงเชิงทฤษฎี ด้านความตรงตามเกณฑ์ และด้านความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน</u>

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ข้อสรุปดังนี้

4.1 การเปรียบเทียบคุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน

ในด้านความตรงเชิงทฤษฎี สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของแฮมดานมีค่าสูงกว่าสังเกตจากตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์ จากวิธีของแฮมดานมีความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะ (ร้อยละ 95.7) สูงกว่าความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (ซึ่งมีค่าความแปรปรวนร้อยละ 60.3) ในขณะที่ตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบวิธี (ร้อยละ 1.1) และความแปรปรวนบนตัวประกอบคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 3.3) ซึ่งต่ำกว่าค่าความแปรปรวนที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของอาร์โนลด์ที่ให้ค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบวิธี ร้อยละ 29.9 และค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบคลาดเคลื่อนร้อยละ 9.7

ในด้านความตรงตามเกณฑ์ สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีความตรงตามเกณฑ์ (.624 และ .612) ไม่แตกต่างไปจากความตรงตามเกณฑ์ที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (.510 และ .495) ทั้งเกณฑ์ที่ให้คะแนนแบบประเพณีนิยมและเกณฑ์ที่ให้คะแนนตามระดับความถูกต้องของเหตุผล

ในด้านความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของ

อาร์โนลด์มีค่าความเที่ยง (.847) สูงกว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน (.788) โดยมีประสิทธิภาพด้านความยาวสูงกว่าเท่ากับ 1.48 เท่า

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวให้หลักฐานที่ยืนยันสมมติฐานการวิจัยข้อ 1 ในทางส่วนที่ว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีความตรงตามเกณฑ์ไม่แตกต่างกัน แต่ปฏิเสธสมมติฐานการวิจัยในเรื่องความตรงเชิงทฤษฎี ซึ่งสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานสูงกว่า และปฏิเสธในเรื่องความเที่ยง ซึ่งสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีค่าสูงกว่า

4.2 การเปรียบเทียบคุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์ขึ้นในการวิจัยกับสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

4.2.1 สำหรับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์

ด้านความตรงเชิงทฤษฎี สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์มาจากวิธีของอาร์โนลด์มีความตรงเชิงทฤษฎีต่ำกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สังเกตได้จาก ตัวแปรที่ให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะต่ำที่สุดร้อยละ 60.3 และมีค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบวิธี และตัวประกอบคลาดเคลื่อนสูงสุด ร้อยละ 29.9 และ 9.7 ตามลำดับ ในขณะที่สูตรการให้คะแนนแบบแฮมดานให้ค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะร้อยละ 95.5 ความแปรปรวนบนตัวประกอบวิธีและตัวประกอบคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.5 และ 4.0 ตามลำดับ ส่วนสูตรการให้คะแนนแบบอาร์โนลด์ให้ค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะร้อยละ 70.7 และค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบวิธีและตัวประกอบคลาดเคลื่อนร้อยละ 19.8 และ 9.5 ตามลำดับ และสำหรับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมให้ค่าความความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะร้อยละ 96 9 และความแปรปรวนบนตัวประกอบวิธีและตัวประกอบคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.2 และ 1.8 ตามลำดับ

ด้านความตรงตามเกณฑ์ สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีความตรงตามเกณฑ์ (.510 และ .495) ไม่แตกต่างจากสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ (.557 และ .543) สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (.614 และ .600) สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (.618 และ .604) ทั้งเกณฑ์ที่ให้คะแนนแบบประเพณีนิยมและตามระดับความถูกต้องของเหตุผล

ด้านความเที่ยง สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (.847) สูงกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ (.814) สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (.781) สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (.787) โดยมีประสิทธิภาพด้านความยาวสูงกว่า เท่ากับ 1.26 1.55 และ 1.50 เท่า ตามลำดับ

สำหรับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ให้หลักฐานที่ยืนยันสมมติฐานการวิจัยในข้อ 2 บางส่วนในเรื่องความเที่ยงที่สูงกว่าสูตรการให้คะแนนแบบอื่นๆ แต่ปฏิเสธในเรื่องความตรงเชิงทฤษฎี และความตรงตามเกณฑ์

4.2.2 สำหรับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน

ด้านความตรงตามทฤษฎี สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีความตรงเชิงทฤษฎีไม่แตกต่างจากสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม แต่มีความตรงเชิงทฤษฎีสูงกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ สังเกตได้จากค่าความแปรปรวนของตัวแปรบนตัวประกอบลักษณะที่มากกว่า และ ความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบวิธี และตัวประกอบคลาดเคลื่อนที่มีน้อยกว่า

ด้านความตรงตามเกณฑ์ สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีความตรงตามเกณฑ์(.624 และ .612) ไม่แตกต่างสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (.614 และ .600) สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ (.510 และ .543) และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (.618 และ .604) ทั้งเกณฑ์ที่ให้คะแนนแบบประเพณีนิยมและเกณฑ์ที่ให้คะแนนตามระดับความถูกต้องของเหตุผล

ด้านความเที่ยง สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของฉอมดานมีค่าความเที่ยง (.788) ต่ำกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ (.814) และมีค่าความเที่ยงไม่แตกต่างกันจากสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (.781) และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (.787) โดยมีประสิทธิภาพด้านความยาวต่ำกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ 1.18 เท่า แต่มีประสิทธิภาพด้านความยาวไม่แตกต่างจากสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

สำหรับสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานให้หลักฐานที่ปฏิเสธสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 ที่สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานนี้มีความตรงเชิงทฤษฎีไม่ได้

แตกต่างจากสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม และมีค่าความตรงตามเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน ไม่ได้แตกต่างจากสูตรการให้คะแนนแบบอื่นในขณะที่ความเที่ยงมีค่าต่ำกว่าสูตรการให้คะแนนแบบอาร์โนลด์ และไม่แตกต่างจากความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

4.2.3 สำหรับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

ด้านความตรงเชิงทฤษฎี สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมให้ค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะ ร้อยละ 96.9 และความแปรปรวนบนตัวประกอบวิธีและตัวประกอบคลาดเคลื่อน ร้อยละ 1.2 และ 1.8 ตามลำดับ ความตรงเชิงทฤษฎีของสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมไม่แตกต่างจากสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน แต่มีความตรงเชิงทฤษฎี สูงกว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์และสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์

ด้านความตรงตามเกณฑ์ สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม มีความตรงตามเกณฑ์ (.618 และ .604) ไม่แตกต่างสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน (.624 และ .612) สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (.510 และ .495) สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ (.557 และ .543) และสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (.614 และ .600) ทั้งเกณฑ์ที่ให้คะแนนแบบประเพณีนิยม และเกณฑ์ที่ให้คะแนนตามระดับความถูกต้องของเหตุผล

ด้านความเที่ยง สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมมีค่าความเที่ยง (.787) ไม่แตกต่างจากสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน (.788) และสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (.781) แต่มีค่าความเที่ยงต่ำกว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (.847) และสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ (.814) โดยมีประสิทธิภาพด้านความยาวต่ำกว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ 1.50 และ 1.18 เท่า ตามลำดับ

สำหรับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมให้หลักฐานที่ปฏิเสธสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 ที่สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมมีค่าความตรงเชิงทฤษฎี ความตรงตามเกณฑ์ และความเที่ยงต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับสูตรการให้คะแนนอื่นๆทั้งนี้เพราะสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม มีความตรงเชิงทฤษฎี ความตรงตามเกณฑ์ และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ไม่แตกต่างจากสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน