

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อใช้ทฤษฎีการอ้างอิงสรุป สำหรับการวิเคราะห์ความตรง
 ลู่เข้าของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในองค์ประกอบของข้อกระทงและวิธีวัด
 พร้อมทั้งตรวจสอบความตรงข้ามกลุ่มจากสูตรความตรงลู่เข้าที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือ
 เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย
 ด้วย 3 วิธีวัด คือแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 แบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มไว้
 จำนวน 2 กลุ่ม ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 186 คน และกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล จำนวน
 183 คน ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะ
 กรรมการศึกษาเอกชน ในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้วัดนักเรียนนั้นมี 3 ลักษณะ ซึ่งเป็น
 คະแนนที่ได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละวิธีวัด จากนั้นนำคະแนนของนักเรียนไป
 วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป GENOVA (Crick & Brennan, 1983)
 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีการอ้างอิงสรุป
 (Generalizability Theory)

เพื่อความสะดวกในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำเอาสัญลักษณ์ และ
 อักษรย่อมาใช้ ดังต่อไปนี้

อักษรย่อหรือสัญลักษณ์ที่ใช้

SS	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสอง (sum of squares)
SS _t	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองทั้งหมด (total sum of squares)
SS _p	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียน
SS _t	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของข้อกระทง
SS _{p1,...}	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือ
SS _t	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธีวัด
SS _{p1,...}	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือ
SS _{p1}	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง
SS _{p2}	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับวิธีวัด
SS _{t2}	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของผลร่วมระหว่างข้อกระทงกับวิธีวัด
SS _{p1,...}	ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือ
MS	กำลังสองเฉลี่ย (mean of squares)
MS _t	กำลังสองเฉลี่ยทั้งหมด (total mean of squares)
MS _p	กำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน
MS _t	กำลังสองเฉลี่ยของข้อกระทง
MS _{p1,...}	กำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ
MS _t	กำลังสองเฉลี่ยของวิธีวัด
MS _{p1,...}	กำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ
MS _{p1}	กำลังสองเฉลี่ยของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง
MS _{p2}	กำลังสองเฉลี่ยของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับวิธีวัด
MS _{t2}	กำลังสองเฉลี่ยของผลร่วมระหว่างข้อกระทงกับวิธีวัด
MS _{p1,...}	กำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ
df	ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)
α	ระดับความมีนัยสำคัญ (level of significance)
n_t	จำนวนข้อมูลรวมทั้งหมด (total sample size)
p	นักเรียน (person)
i	ข้อกระทง (item)
p, i, m	แทน ผล (effect) ของพาเซตนักเรียน ข้อกระทง และวิธีวัด ในเอกภพของการสังเกตที่สามารถยอมรับได้
im, pm, pi	แทน ผลร่วมระหว่างข้อกระทงกับวิธีวัด นักเรียนกับวิธีวัด และ นักเรียนกับข้อกระทงตามลำดับ

$p_{i,e}$	แทน ผลร่วมระหว่างนักเรียนและข้อกระทงซึ่งปะปนอยู่กับความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่มที่ไม่สามารถระบุแหล่งได้
$p_{m,e}$	แทน ผลร่วมระหว่างนักเรียนและวิธีวัดซึ่งปะปนอยู่กับความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่มที่ไม่สามารถระบุแหล่งได้
$p_{im,e}$	แทน ผลร่วมระหว่างนักเรียน วิธีวัด และข้อกระทงซึ่งปะปนอยู่กับความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่มที่ไม่สามารถระบุแหล่งได้
G-Study	ชั้นการศึกษา G หรือ ชั้นการสรุปอ้างอิง (Generalizability Study or G Study)
D-Study	ชั้นการศึกษา D หรือชั้นการตัดสินใจ (Decision Studies or D Study))
$\sigma^2(\delta)$	ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (relative error variance)
$\sigma^2(\Delta)$	ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error variance)
$\sigma^2(X)$	ความแปรปรวนของคะแนนสังเกตที่คาดหวัง (expected observed score variance)
$\sigma^2(\bar{X})$	ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ย (mean variance)
$E\rho^2$	สัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ (ρ -coefficient for relative decision) ในลักษณะของความเที่ยง
ϕ	สัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์ (ρ -coefficient for absolute decision) ในลักษณะของความเที่ยง
Ω	สัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ (ρ -coefficient for relative decision) ในลักษณะของความตรงลู่เข้า
P	สัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์ (ρ -coefficient for absolute decision) ในลักษณะของความตรงลู่เข้า
λ_{δ}	ค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์
λ_{Δ}	ค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์

สำหรับรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำเสนอเป็น 4 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1 การประมาณค่าความเที่ยงตามทฤษฎีการอ้างอิงสรุป
- ตอนที่ 2 การประมาณค่าความตรงลู่เข้าตามทฤษฎีการอ้างอิงสรุป
- ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัด
- ตอนที่ 4 การตรวจสอบความตรงข้ามกลุ่มจากกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล

ตอนที่ 1 การประมาณค่าความเที่ยงตามทฤษฎีการอ้างอิงสรุป

การประมาณค่าความเที่ยง ได้จำแนกตามวิธีวัดต่อไปนี้

- 1.1 การประมาณค่าความเที่ยงจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ
- 1.2 การประมาณค่าความเที่ยงจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ
- 1.3 การประมาณค่าความเที่ยงจากแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 1.4 การเปรียบเทียบความเที่ยงระหว่างวิธีวัด

ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูล ต่อไปนี้

1.1 การประมาณค่าความเที่ยงจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ
 การประมาณค่าความเที่ยง จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ
 เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป โดยได้ข้อมูลจากคะแนนนักเรียนทุกคนที่ตอบข้อ
 กระทบ ในลักษณะ cross design ที่มีรูปแบบ $p \times i$ design เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์
 ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จำนวน 186 คน จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์
 ทางกรเรียนแบบเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ และตามด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของ
 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ ดังผลการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนน จาก
 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ ในชั้นการศึกษา G

Source of Variation	df	Sums of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	185	193.5197	1.0461	0.0288	11.4604
Item (i)	29	221.6810	7.6442	0.0401	15.9570
Residual (pi,e)	5365	978.6523	0.1824	0.1824	72.5826
Total	5579	1393.8530		0.2513	100.0000

ส่วนแรกของตารางนี้ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของข้อกระทบ และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลรวมความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือมีค่าสูงสุด คือมีค่า 978.6523 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของข้อกระทบมีค่า 221.6810 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียนมีค่าน้อยที่สุด คือ 193.5197

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของข้อกระทงมีค่าสูงสุด คือ 7.6442 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 29 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน มีค่า 1.0461 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 185 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 0.1824 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 5365

ส่วนที่ 2 ของตารางนี้ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

จากตารางเมื่อวิธีวัดเป็นแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แบบเลือกตอบ โดยที่เอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน และข้อกระทง ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 แหล่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง (σ^2_{e}) ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ซึ่งแสดงให้เห็นความสามารถไม่คงเส้นคงวาของผู้สอบแต่ละคนในการตอบข้อสอบแต่ละข้อ มีค่าความแปรปรวน 0.1824 หรือประมาณร้อยละ 73 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของข้อกระทง (σ^2_c) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของความยากของข้อกระทงมีค่า 0.0401 หรือประมาณร้อยละ 16 ของความแปรปรวนรวม

และความแปรปรวนของนักเรียน (σ^2_p) เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ หรือความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ มีค่า 0.0288 หรือประมาณร้อยละ 11 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 9 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ จำแนกตามขนาดความยาวของวิธีวิต

Source of Variation	Estimated G Study Variance Components	Alternative Estimated D Studies Design Variance Component					
		20	25	30	35	40	45
Person (p)	0.0288	0.0288	0.0288	0.0288	0.0288	0.0288	0.0288
Item (i)	0.0401	0.0020	0.0016	0.0013	0.0012	0.0010	0.0009
Residual (pi,e)	0.1824	0.0091	0.0073	0.0061	0.0052	0.0046	0.0041
$\sigma^2(\delta)$		0.0091	0.0073	0.0061	0.0052	0.0046	0.0041
$\sigma^2(\Delta)$		0.0111	0.0089	0.0074	0.0064	0.0056	0.0050
$\sigma^2(\bar{X})$		0.0022	0.0018	0.0015	0.0013	0.0012	0.0011
$\sigma^2(X)$		0.0379	0.0361	0.0349	0.0340	0.0334	0.0328
$E\rho^2$ (g-coefficient for relative decision)		0.7594	0.7978	0.8256	0.8467	0.8633	0.8766
λ_{δ} (signal-noise ratio for relative decision)		3.1563	3.9454	4.7345	5.5236	6.3127	7.1017
ϕ (g-coefficient for absolute decision)		0.7212	0.7638	0.7951	0.8191	0.8381	0.8534
λ_{Δ} (signal-noise ratio for absolute decision)		2.5873	3.2342	3.8810	4.5278	5.1746	5.8215

จากตารางที่ 9 ผลของการศึกษา θ ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของข้อกระทบจำนวนหลากหลาย ตั้งแต่ข้อกระทบจำนวน 20 ข้อ ถึง 45 ข้อ โดยที่ผลของข้อกระทบและผลของส่วนที่เหลือ ต่างมีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อเพิ่มขึ้น ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ มีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อกระทบเพิ่มขึ้น มีค่า .0091 .0060 และ .0046 เมื่อมีข้อกระทบจำนวน 20 30 และ 40 ข้อตามลำดับ เช่นเดียวกับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ ที่มีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อกระทบเพิ่มขึ้น โดยมีค่า .0111 .0074 และ .0056 เมื่อมีข้อกระทบจำนวน 20 30 และ 40 ข้อ ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป มีค่าแตกต่างกันเมื่อจำนวนข้อแตกต่างกัน สัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินแบบสัมพัทธ์ ของจำนวนข้อกระทบ 30 ข้อ และ 45 ข้อ มีค่า .7978 และ .8766 ตามลำดับ และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินแบบสัมพัทธ์ของข้อกระทบจำนวน 30 ข้อและ 45 ข้อ มีค่า 4.7345 และ 7.1017 ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปและค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินแบบสัมบูรณ์ของข้อกระทบจำนวน 30 ข้อ และ 45 ข้อ มีค่า .7951 และ .8534 ตามลำดับ และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินแบบสัมบูรณ์ของข้อกระทบจำนวน 30 ข้อ และ 45 ข้อ มีค่า 3.8810 และ 5.8215 ตามลำดับ

1.2 การประมาณค่าความเที่ยงจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ
 การประมาณค่าความเที่ยง จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ
 เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป โดยได้ข้อมูลจากคะแนนนักเรียนทุกคนที่ตอบข้อ
 กระทบ ในลักษณะ cross design ที่มีรูปแบบ $p \times i$ design เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์
 ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จำนวน 186 คน จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์
 ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ จำนวน 30 ข้อ ดังผลการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และการประมาณค่าความแปรปรวนของแบบสอบ
 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ในชั้นการศึกษา G

Source of Variation	df	Sums of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	185	212.5041	1.1487	0.0335	13.7239
Item (i)	29	358.9837	12.3788	0.0658	26.9562
Residual (pi,e)	5365	776.7163	0.1448	0.1448	59.3199
Total	5579	1348.2041		0.2441	100.0000

ส่วนแรกของตารางนี้ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทาง
 การเรียนแบบเติมคำตอบ ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนัก
 เรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของข้อกระทบ และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลร่วม
 ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือมีค่าสูงสุด คือมีค่า
 776.7163 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของข้อกระทบมีค่า 358.9837 และ
 ผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียนมีค่าน้อยที่สุด คือ 212.5041

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของข้อกระทงมีค่าสูงสุด คือ 12.3788 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 29 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน มีค่า 1.1487 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 185 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 0.1448 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 5365

ส่วนที่ 2 ของตารางนี้ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

จากตาราง เมื่อวิธีวัดเป็นแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แบบเติมคำตอบ โดยที่เอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน และข้อกระทง ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 แห่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียน กับข้อกระทง ($\sigma_{\text{รวม}}^2$) ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ซึ่งแสดงให้เห็นความสามารถไม่คงเส้นคงวาของผู้สอบแต่ละคนในการตอบข้อสอบแต่ละข้อ มีค่าความแปรปรวน 0.1448 หรือประมาณร้อยละ 59 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของข้อกระทง ($\sigma_{\text{กระทง}}^2$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของความยากของข้อกระทงมีค่า 0.0658 หรือประมาณร้อยละ 27 ของความแปรปรวนรวม

และความแปรปรวนของนักเรียน ($\sigma_{\text{นักเรียน}}^2$) เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอื่นเนื่องจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ หรือความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ มีค่า 0.0335 หรือประมาณร้อยละ 14 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 11 การประมาณค่าความแปรปรวนในชั้นการสุปร้องอิง (G-study) ชั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การอ้างอิง
 สรปของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ จำแนกตามขนาดความยาวของวิธีวัด

Source of Variation	Estimated G Study Variance Components	Alternative Estimated D Studies Design Variance Components					
		20	25	30	35	40	45
Person (p)	0.0335	0.0335	0.0335	0.0335	0.0335	0.0335	0.0335
Item (i)	0.0658	0.0033	0.0026	0.0022	0.0019	0.0016	0.0015
Residual (pi,e)	0.1448	0.0072	0.0058	0.0048	0.0041	0.0036	0.0032
$\sigma^2(\delta)$		0.0072	0.0058	0.0048	0.0041	0.0036	0.0032
$\sigma^2(\Delta)$		0.0105	0.0084	0.0070	0.0060	0.0052	0.0047
$\sigma^2(\bar{X})$		0.0035	0.0028	0.0024	0.0021	0.0018	0.0017
$\sigma^2(X)$		0.0407	0.0393	0.0383	0.0376	0.0371	0.0367
$E\rho^2$ (g-coefficient for relative decision)		0.8222	0.8525	0.8740	0.8900	0.9024	0.9123
λ_δ (signal-noise ratio for relative decision)		4.6228	5.7785	6.3942	8.0899	9.2456	10.4013
ϕ (g-coefficient for absolute decision)		0.7607	0.7989	0.8267	0.8476	0.8641	0.8773
λ_Δ (signal-noise ratio for absolute decision)		3.1787	3.9733	4.7680	5.5627	6.3573	7.1520

จากตารางที่ 11 ผลของการศึกษา D ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของข้อกระทบจำนวนหลากหลาย ตั้งแต่ข้อกระทบจำนวน 20 ข้อ ถึง 45 ข้อ โดยที่ผลของข้อกระทบและผลของส่วนที่เหลือ ต่างมีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อเพิ่มขึ้น ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ มีค่าลดลง เมื่อจำนวนข้อกระทบเพิ่มขึ้น โดยมีค่า .0072 .0048 และ .0036 เมื่อมีข้อกระทบจำนวน 20 30 และ 40 ข้อตามลำดับ เช่นเดียวกับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ ที่มีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อกระทบเพิ่มขึ้น มีค่า .0105 .0070 และ .0052 เมื่อมีข้อกระทบจำนวน 20 30 และ 40 ข้อตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป มีค่าแตกต่างกันเมื่อจำนวนข้อแตกต่างกัน สัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ ของจำนวนข้อกระทบ 30 ข้อ และ 45 ข้อ มีค่า .8740 และ .9123 ตามลำดับ และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ของข้อกระทบจำนวน 30 ข้อและ 45 ข้อ มีค่า 6.3942 และ 10.4013 ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปและค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์ของข้อกระทบจำนวน 30 ข้อ และ 45 ข้อ มีค่า .8267 และ .8773 ตามลำดับ และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์ของข้อกระทบจำนวน 30 ข้อ และ 45 ข้อ มีค่า 4.7680 และ 7.1520 ตามลำดับ

1.3 การประมาณค่าความเที่ยงจากแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประมาณค่าความเที่ยง จากแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป โดยได้ข้อมูลจากคะแนนนักเรียนทุกคนที่ตอบข้อกระทงในลักษณะ cross design ที่มีรูปแบบ $p \times i$ design เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จำนวน 186 คน จากแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ จำนวน 30 ข้อ ดังผลการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจากแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในชั้นการศึกษา G

Source of Variation	df	Sums of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	185	4387.4667	23.7160	0.7796	62.2187
Item (i)	29	787.5118	27.1556	0.1442	11.5084
Residual (pi,e)	5365	1766.2215	0.3291	0.3292	26.2729
Total	5579	6941.2000		1.2530	100.0000

ส่วนแรกของตารางนี้ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของข้อกระทง และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลรวมความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียน มีค่าสูงสุด คือมีค่า 4387.4667 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือ มีค่า 1766.2215 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของข้อกระทงมีค่าน้อยที่สุด คือ 787.5118

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของข้อกระทงมีค่าสูงสุด คือ 27.1556 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 29 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน มีค่า 23.7160 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 185 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 0.3291 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 5365

ส่วนที่ 2 ของตารางนี้ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

จากตาราง เมื่อวิธีวัดเป็นแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยที่เอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน และข้อกระทง ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 แห่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของนักเรียน ($\sigma^2_{\text{นักเรียน}}$) เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ หรือความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ มีค่า 0.7796 หรือประมาณร้อยละ 62 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียน กับข้อกระทง ($\sigma^2_{\text{ส่วนที่เหลือ}}$) ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ซึ่งแสดงให้เห็นความสามารถไม่คงเส้นคงวาของผู้สอบแต่ละคนในการตอบข้อสอบแต่ละข้อ มีค่าความแปรปรวน 0.3292 หรือประมาณร้อยละ 26 ของความแปรปรวนรวม

และความแปรปรวนของข้อกระทง ($\sigma^2_{\text{ข้อกระทง}}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของความยากของข้อกระทงมีค่า 0.1442 หรือประมาณร้อยละ 12 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 13 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำแนกตามขนาดความยาวของวิธีวิต

Source of Variation	Estimated G Study Variance Components	Alternative Estimated D Studies Design Variance Components					
		20	25	30	35	40	45
Person (p)	0.7796	0.7796	0.7796	0.7796	0.7796	0.7796	0.7796
Item (i)	0.1442	0.0072	0.0058	0.0048	0.0041	0.0036	0.0032
Residual (p _{i,e})	0.3291	0.0165	0.0131	0.0110	0.0094	0.0082	0.0073
$\sigma^2(\delta)$		0.0165	0.0131	0.0110	0.0094	0.0082	0.0073
$\sigma^2(\Delta)$		0.0237	0.0189	0.0158	0.0135	0.0118	0.0105
$\sigma^2(\bar{X})$		0.0115	0.0100	0.0091	0.0084	0.0078	0.0074
$\sigma^2(X)$		0.7960	0.7927	0.7905	0.7890	0.7878	0.7869
$E\rho^2$ (g-coefficient for relative decision)		0.9793	0.9834	0.9861	0.9881	0.9896	0.9907
λ_c (signal-noise ratio for relative decision)		47.5392	59.1990	71.0388	82.8786	94.7184	106.4973
ϕ (g-coefficient for absolute decision)		0.9706	0.9763	0.9802	0.9829	0.9850	0.9867
λ_Δ (signal-noise ratio for absolute decision)		32.9318	41.1647	49.3976	57.6306	65.8636	74.0323

จากตารางที่ 13 ผลของการศึกษา θ ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของข้อกระทบจำนวนหลากหลาย ตั้งแต่ข้อกระทบจำนวน 20 ข้อ ถึง 45 ข้อ โดยที่ผลของข้อกระทบและผลของส่วนที่เหลือ ต่างมีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อเพิ่มขึ้น ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ มีค่าลดลง เมื่อจำนวนข้อกระทบเพิ่มขึ้น โดยมีค่า .0165 .0110 และ .0082 เมื่อมีข้อกระทบจำนวน 20 30 และ 40 ข้อตามลำดับ เช่นเดียวกับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ ที่มีค่าลดลง เมื่อจำนวนข้อกระทบเพิ่มขึ้น โดยมีค่า .0237 .0158 และ .0118 เมื่อมีข้อกระทบจำนวน 20 30 และ 40 ข้อตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป มีค่าแตกต่างกันเมื่อจำนวนข้อแตกต่างกัน สัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ ของจำนวนข้อกระทบ 30 ข้อ และ 45 ข้อ มีค่า .9861 และ .9907 ตามลำดับ และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ของข้อกระทบจำนวน 30 ข้อและ 45 ข้อ มีค่า 71.0388 และ 106.4973 ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปและค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์ของข้อกระทบจำนวน 30 ข้อ และ 45 ข้อ มีค่า .9802 และ .9867 ตามลำดับ และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์ของข้อกระทบจำนวน 30 ข้อ และ 45 ข้อ มีค่า 49.3976 และ 74.0323 ตามลำดับ

1.4 การเปรียบเทียบความเที่ยงระหว่างวิธีวัด
 การเปรียบเทียบความเที่ยงระหว่างวิธีวัด เป็นการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป
 จากวิธีวัดต่าง ๆ ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ
 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และ แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 จำแนกตามจำนวนข้อกระทงและวิธีวัด

วิธีวัด	Alternative Estimated D Studies Variance Components					
	20	25	30	35	40	45
เลือกตอบ						
$E\rho^2$ (g-coefficient for relative decision)	0.7594	0.7978	0.8256	0.8467	0.8633	0.8766
ϕ (g-coefficient for absolute decision)	0.7212	0.7638	0.7951	0.8191	0.8380	0.8534
เติมคำตอบ						
$E\rho^2$ (g-coefficient for relative decision)	0.8222	0.8525	0.8740	0.8900	0.9024	0.9123
ϕ (g-coefficient for absolute decision)	0.7606	0.7989	0.8267	0.8476	0.8641	0.8773
ประเมิน						
$E\rho^2$ (g-coefficient for relative decision)	0.9793	0.9834	0.9861	0.9881	0.9896	0.9907
ϕ (g-coefficient for absolute decision)	0.9706	0.9763	0.9802	0.9829	0.9850	0.9867

เมื่อความยาวของข้อกระหังมีขนาดความยาวต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ขนาดความยาวของข้อกระหังเป็น 20 25 30 35 40 และ 45 ข้อตามลำดับนั้น จะมีค่าความเที่ยงแตกต่างกันภายในวิธีวัดเดียวกัน และมีค่าความเที่ยงแตกต่างกันในระหว่างวิธีวัดที่ต่างกันด้วย

จากตารางนี้ เมื่อความยาวของข้อกระหังเป็น 20 ข้อ ในทกวิธีวัดแล้ว แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความเที่ยงสูงสุด กล่าวคือค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ และค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจสัมบูรณ์ มีค่า 0.9793 และ 0.9706 ตามลำดับ ค่าความเที่ยงที่รองลงมา คือ ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ โดยค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ และค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจสัมบูรณ์ มีค่า 0.8222 และ 0.7606 ตามลำดับ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ มีค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปต่ำสุด กล่าวคือค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ และค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจสัมบูรณ์ มีค่า 0.7594 และ 0.7212 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 การประมาณค่าความตรงลู่เข้าตามทฤษฎีการอ้างอิงสรุป

ประมาณค่าความตรงลู่เข้าตามทฤษฎีการอ้างอิงสรุป จำแนกตามวิธีวัดต่อไปนี้

2.1 ประมาณค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ

2.2 ประมาณค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3 ประมาณค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.4 ประมาณค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตั้งผลการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปนี้

2.1 ประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ

การประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป โดยได้ข้อมูลจากคะแนนนักเรียนทุกคน ที่ตอบข้อกระทงจากวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ลักษณะ cross design ที่มีรูปแบบ $p \times m$ design เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จำนวน 186 คน จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ดังผลการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และการประมวลค่าความแปรปรวนของ 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ตามรูปแบบ $p \times m$ design ในชั้นการศึกษา G

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	185	10843.4731	58.6134	25.5856	71.9967
Method (m)	1	474.1936	474.1936	2.5094	7.0613
Residual (pm,e)	185	1376.8064	7.4422	7.4422	20.9420
รวม	371	12694.4731		35.5372	100.0000

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของวิธีวัด และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลร่วม ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียนมีค่าสูงสุด คือมีค่า 10843.4731 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือ มีค่า 1376.8064 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธีวัด มีค่าน้อยที่สุด คือ 1376.8064

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น พบว่ากำลังสองเฉลี่ยของวิธีวัดมีค่าสูงสุด คือ 474.1936 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 1 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน มีค่า 58.6134 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 185 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 7.4422 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 185

จากตารางที่ 15 เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน และวิธีวัด ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 แห่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของนักเรียน ($\sigma^2_{\text{นักเรียน}}$) ซึ่งเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ที่แสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ มีค่า 25.5856 หรือประมาณร้อยละ 72 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียน กับวิธีวัด ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ($\sigma^2_{\text{ส่วนที่เหลือ}}$) มีค่าความแปรปรวน 7.4422 หรือประมาณร้อยละ 21 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของวิธีวัด ($\sigma^2_{\text{วิธีวัด}}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธีวัด มีค่า 2.5094 หรือประมาณร้อยละของ 7 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 16 ประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป ของ 2 วิธิต จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ตามรูปแบบ $p \times m$ Design

Source of Variation	Estimated G Study Variance Component	Estimated D Studies Variance Components
Person (p)	25.5856	25.5856
Method (m)	2.5094	1.2547
Residual (pm,e)	7.4422	3.7211
$\sigma^2(\delta)$		3.7211
$\sigma^2(\Delta)$		4.9758
$\sigma^2(\bar{X})$		1.4123
$\sigma^2(X)$		29.3067
Ω (g-coefficient for relative decision)		0.8730
λ_{δ} (signal-noise ratio for relative decision)		6.8758
Φ (g-coefficient for absolute decision)		0.8372
λ_{Δ} (signal-noise ratio for absolute decision)		5.1420

จากตารางที่ 16 ผลของการศึกษา D ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนที่ใช้วิธิต 2 วิธิต ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์มีค่า 3.7211 และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ มีค่า 4.9758 ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปและ ค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ มีค่า .8730 และ 6.8758 ตามลำดับ ในขณะที่ ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์ มีค่า .8372 และ 5.1420 ตามลำดับ

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนน จาก 2 วิธีวัด ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ รูปแบบ $p \times i \times m$ design ของชั้นการศึกษา G

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	185	362.2524	1.9581	0.0292	11.6962
Item (i)	29	441.2266	15.2147	0.0263	10.5707
Method (m)	1	0.3334	0.3334	(0.0)*	0.0000
pi	5365	986.7234	0.1839	0.0192	7.7170
pm	185	31.2833	0.1691	0.0007	0.2814
im	29	155.7499	5.3707	0.0280	11.2540
Residual (pim,e)	5365	781.1334	0.1456	0.1455	58.4807
Total	11159	2758.7024		0.2488	100.0000

* หมายถึง ค่าลบ ปรับเป็น 0

ส่วนแรกของตารางนี้ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจาก 2 วิธีวัด ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของข้อกระทง ผลของวิธีวัด ผลของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง ผลของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับวิธีวัด ผลของผลร่วมระหว่างข้อกระทง กับวิธีวัด และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลร่วมระหว่างนักเรียน ข้อกระทงกับวิธีวัด ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของผลร่วม ระหว่างนักเรียน กับข้อกระทง มีค่าสูงสุด คือมีค่า 986.7233 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของผลของส่วนที่เหลือ มีค่า 781.1334 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธีวัด มีค่าน้อยที่สุด คือ 0.3334

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของข้อกระทงมีค่าสูงสุด คือ 15.2147 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 29 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของผลรวมของข้อกระทง กับ วิธีวิต มีค่า 5.3706 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 29 และกำลังสองเฉลี่ยของวิธีวิต มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 0.0034 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 1

ส่วนที่ 2 ของตารางนี้ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนน จาก 2 วิธีวิต ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติม คำตอบ ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

จากตาราง เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน ข้อกระทง และวิธีวิต ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 7 แหล่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียน วิธีวิต และข้อกระทง ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ (σ_{error}^2) มีค่าความแปรปรวน 0.1455 หรือประมาณร้อยละ 58 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของนักเรียน ($\sigma_{\text{student}}^2$) เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนน เอกภพ ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ หรือความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ มีค่า 0.0291 หรือประมาณร้อยละ 12 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลรวมระหว่างข้อกระทงกับวิธีวิต (σ_{item}^2) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของวิธีวิตในการตอบข้อกระทงแต่ละข้อมีค่า 0.0280 หรือประมาณร้อยละ 11 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของข้อกระทง (σ_{item}^2) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของความยากของข้อกระทงมีค่า 0.0263 หรือประมาณร้อยละ 11 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลรวมระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง ($\sigma_{\text{student-item}}^2$) ซึ่งแสดงถึงความไม่คงเส้นคงวาของนักเรียนแต่ละคนในการตอบข้อกระทงแต่ละข้อ มีค่า 0.0192 หรือประมาณร้อยละ 8 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลรวมระหว่างนักเรียนกับวิธีวิต ($\sigma_{\text{student-method}}^2$) ซึ่งแสดงให้เห็นความสามารถของนักเรียนในวิธีวิตแต่ละวิธีวิต มีค่า 0.0007 หรือประมาณไม่ถึงร้อยละ 1 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของวิธีวิต (σ_{method}^2) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธีวิต มีค่า 0

ตารางที่ 18 ประมาณค่าความแปรปรวนในชั้นการสร้อยอ้างอิง (G-study) ชั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสร้อยของ 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ตามรูปแบบ $p \times i \times m$ Design จำแนกตามขนาดความยาวของวิธีวัด

Source of Variation	Estimated G Study Variance Component	Alternative Estimated D Studies Design Variance Components					
		20	25	30	35	40	45
Person (p)	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292
Item (i)	0.0263	0.0013	0.0010	0.0009	0.0008	0.0006	0.0006
Method (m)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
pi	0.0192	0.0010	0.0008	0.0006	0.0006	0.0005	0.0004
pm	0.0007	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
im	0.0280	0.0007	0.0006	0.0005	0.0004	0.0004	0.0003
Residual (pim,e)	0.1456	0.0036	0.0029	0.0024	0.0020	0.0018	0.0016
$\sigma^2(\delta)$		0.0050	0.0041	0.0034	0.0030	0.0027	0.0024
$\sigma^2(\Delta)$		0.0070	0.0057	0.0048	0.0042	0.0037	0.0033
$\sigma^2(\bar{X})$		0.0020	0.0018	0.0015	0.0013	0.0012	0.0011
$\sigma^2(X)$		0.0342	0.0333	0.0326	0.0322	0.0318	0.0316

จากตารางที่ 18 ผลของการศึกษา D ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของข้อกระทงจำนวนหลากหลาย ตั้งแต่ข้อกระทงจำนวน 20 ข้อ ถึงข้อกระทงจำนวน 45 ข้อ โดยที่ผลของข้อกระทงและผลของส่วนที่เหลือ ต่างมีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อเพิ่มขึ้น ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์มีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อกระทงเพิ่มขึ้น โดยมีค่า 0.0050 0.0034 และ 0.0027 เมื่อมีข้อกระทงจำนวน 20 30 และ 40 ข้อตามลำดับ เช่นเดียวกับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ ที่มีค่าลดลง เมื่อจำนวนข้อกระทงเพิ่มขึ้น โดยมีค่า 0.0070 0.0048 และ 0.0037 เมื่อมีข้อกระทงจำนวน 20 30 และ 40 ข้อตามลำดับ

2.2 ประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป ได้ข้อมูลจากคะแนนนักเรียนทุกคนที่ตอบข้อกระทงจากวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในลักษณะ cross design ที่มีรูปแบบ $p \times m$ design เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจำนวน 186 คน จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบและแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวน และการประมาณค่าความแปรปรวนของ 2 วิธิต จากแบบสอนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรูปแบบ $p \times m$ design ของชั้นการศึกษา G

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	185	86555.6452	467.8684	96.6496	2.8722
Method (m)	1	557109.7204	557109.7204	2993.7374	88.9681
Residual (pm,e)	185	50795.2796	274.5691	274.5691	8.1597
Total	371	694460.6452		3364.9561	100.0000

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของวิธิต และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลรวม ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธิต มีค่าสูงสุด คือมีค่า 557109.7204 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียน มีค่า 86555.6451 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือ มีค่าน้อยที่สุด คือ 50795.2795

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของวิธิต มีค่าสูงสุด คือ 557109.7204 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 1 รองลงมาก็คือกำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน มีค่า 467.8683 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 185 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 274.5690 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 185

จากตารางที่ 22 เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน และวิธิต ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 แห่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ความแปรปรวนของวิธิต (σ_u^2) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธิต มีค่า 2993.7373 หรือประมาณร้อยละ 89 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียน กับวิธีวัด ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ($\sigma^2_{pm,e}$) มีค่าความแปรปรวน 274.5690 หรือประมาณร้อยละ 8 ของความแปรปรวนรวม ความแปรปรวนของนักเรียน (σ^2_p) ซึ่งเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ที่แสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ มีค่า 96.6496 หรือประมาณร้อยละ 3 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 20 ประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป ของ 2 วิธีวัด จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เต็มคำตอบ ตามรูปแบบ p x m Design

Source of Variation	Estimated G Study Variance Components	Estimated D Studies Variance Component
Person (p)	96.6496	96.6496
Method (m)	2993.7373	1496.8687
Residual (pm,e)	274.5690	137.2845
$\sigma^2(\delta)$		137.2845
$\sigma^2(\Delta)$		1634.1532
$\sigma^2(\bar{X})$		1498.1264
$\sigma^2(X)$		233.9342
Ω (g-coefficient for relative decision)		0.4132
λ_g (signal-noise ratio for relative decision)		0.7040
P (g-coefficient for absolute decision)		0.0558
λ_Δ (signal-noise ratio for absolute decision)		0.0591

จากตารางที่ 20 ผลของการศึกษา 0 ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของคชแนที่ใช้วิธีวัด 2 วิธี ปรากฏว่าความแปรปรวนของคชแนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์มีค่า 137.2845 และความแปรปรวนของคชแนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์มีค่า 1634.1532

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์มีค่า .4132 และ ค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์มีค่า 0.7040 ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์มีค่า .0558 และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์มีค่า 0.0591

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ 2 วิธีวัด และการประมาณค่าความแปรปรวนของ
คะแนน ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียน รูปแบบ $p \times i \times m$ design ของชั้นการศึกษา G

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	185	2890.1932	15.6227	0.2494	10.0865
Item (i)	29	19041.1504	656.6038	1.7144	69.3359
Method (m)	1	19.2917	19.2918	0.0002	0.0081
pi	5365	3383.1563	0.6306	0.2210	8.9380
pm	185	40.5082	0.2190	0.0010	0.0405
im	29	534.1975	18.4206	0.0980	3.9634
Residual (pim,e)	5365	1012.0025	0.1886	0.1886	7.6276
Total	11159	26920.8598		2.4726	100.0000

ส่วนแรกของตารางนี้ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจาก 2 วิธีวัด ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของข้อกระทง ผลของวิธีวัด ผลของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง ผลของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับวิธีวัด ผลของผลร่วมระหว่างข้อกระทง กับวิธีวัด และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลร่วมระหว่างนักเรียน ข้อกระทงกับวิธีวัด ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของข้อกระทง มีค่าสูงสุด คือมีค่า 19041.1504 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของผลร่วม ระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง มีค่า 3383.1563 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธีวัด มีค่าน้อยที่สุด คือ 19.2917

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของข้อกระทงมีค่าสูงสุด คือ 656.603815.2147 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 29 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของวิธีวัด มีค่า 19.2918 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 1 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 0.1886 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 5365

ส่วนที่ 2 ของตารางนี้ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนน จาก 2 วิธีวัด ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

จากตาราง เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน ข้อกระทง และ วิธีวัดซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 7 แห่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของข้อกระทง (σ^2_{τ}) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของความยากของข้อกระทงมีค่า 1.7144 หรือประมาณร้อยละ 69 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของนักเรียน (σ^2_{μ}) เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ หรือความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ มีค่า 0.2494 หรือประมาณร้อยละ 10 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง ($\sigma^2_{\mu\tau}$) ซึ่งแสดงถึงความไม่คงเส้นคงวาของนักเรียนแต่ละคนในการตอบข้อกระทงแต่ละข้อ มีค่า 0.2210 หรือประมาณร้อยละ 9 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลร่วม ระหว่างนักเรียน วิธีวัด และข้อกระทง ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ($\sigma^2_{\mu\tau\epsilon}$) มีค่าความแปรปรวน 0.1886 หรือประมาณร้อยละ 8 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างข้อกระทงกับวิธีวัด ($\sigma^2_{\tau\epsilon}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของวิธีวัดในการตอบข้อกระทงแต่ละข้อ มีค่า 0.0980 หรือประมาณร้อยละ 4 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับวิธีวัด ($\sigma^2_{\mu\epsilon}$) ซึ่งแสดงให้เห็นความสามารถของนักเรียนในวิธีวัดแต่ละวิธีวัด มีค่า 0.0019 หรือประมาณไม่ถึงร้อยละ 1 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของวิธีวัด (σ^2_{ϵ}) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธีวัด มีค่า 0.0002 หรือประมาณไม่ถึงร้อยละ 1 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 22 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปร่าง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การ
 อ้างอิงสรุปร่างของ 2 วิธีวัด จากแบบสอนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตาม
 รูปแบบ p x i x m Design จำแนกตามขนาดความยาวของวิธีวัด

Source of Variation	Estimated G Study Variance Component	Alternative Estimated D Studies Design Variance Components					
		20	25	30	35	40	45
Person (p)	0.2494	0.2494	0.2494	0.2494	0.2494	0.2494	0.2494
Item (i)	1.7144	0.0857	0.0686	0.0572	0.0490	0.0429	0.0381
Method (m)	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
pi	0.2210	0.0111	0.0088	0.0074	0.0063	0.0055	0.0049
pm	0.0010	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
im	0.0980	0.0024	0.0020	0.0016	0.0014	0.0012	0.0011
Residual (pim,e)	0.1886	0.0047	0.0038	0.0031	0.0027	0.0024	0.0021
$\sigma^2(\delta)$		0.0163	0.0131	0.0110	0.0095	0.0084	0.0075
$\sigma^2(\Delta)$		0.1045	0.0837	0.0699	0.0599	0.0526	0.0468
$\sigma^2(\bar{X})$		0.0897	0.0720	0.0603	0.0519	0.0456	0.0406
$\sigma^2(X)$		0.2656	0.2625	0.2604	0.2589	0.2578	0.2569

จากตารางที่ 22 ผลของการศึกษา D ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วย การประมาณค่าความแปรปรวนของข้อกระทงจำนวนหลาย
 หลาย ตั้งแต่ข้อกระทงจำนวน 20 ข้อ ถึงข้อกระทงจำนวน 45 ข้อ โดยที่ผลของข้อกระทงและผลของส่วนที่เหลือ ต่างมีค่าลดลงเมื่อจำนวน
 ข้อเพิ่มขึ้น ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์มีค่าลดลง เมื่อจำนวนข้อกระทงเพิ่มขึ้น โดยมีค่า 0.0163 0.0110
 และ 0.0084 เมื่อมีข้อกระทงจำนวน 20 30 และ 40 ข้อตามลำดับ เช่นเดียวกับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์
 ที่มีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อกระทงเพิ่มขึ้น โดยมีค่า 0.1045 0.0699 และ 0.0526 เมื่อมีข้อกระทงจำนวน 20 30 และ 40 ข้อตามลำดับ

2.3 ประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบกับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป โดยได้ข้อมูลจากคะแนนนักเรียนทุกคน ที่ตอบข้อกระทงจากวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในลักษณะ cross design ที่มีรูปแบบ $p \times m$ design เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจำนวน 186 คน จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบและแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการประมวลค่าความแปรปรวนของ 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรูปแบบ $p \times m$ design ของชั้นการศึกษา G

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	185	87862.3226	474.9314	101.8901	2.8749
Method (m)	1	590091.0108	590091.0107	3171.0745	89.4744
Residual (pm,e)	185	50162.9892	271.1512	271.1512	7.6507
Total	371	728116.3226		3544.1158	100.0000

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความผันแปรของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของวิธีวัด และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลรวมความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธีวัดมีค่าสูงสุด คือมีค่า 590091.0108 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียน มีค่า 87862.3225 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือ มีค่าน้อยที่สุด คือ 50162.9892

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของวิธีวัด มีค่าสูงสุด คือ 590091.0107 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 1 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน มีค่า 474.9314 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 185 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 271.1512 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 185

จากตารางที่ 23 เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน และวิธีวัด ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 แห่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ความแปรปรวนของวิธีวัด ($\sigma^2_{\text{วิธีวัด}}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธีวัด มีค่า 3171.0745 หรือประมาณร้อยละของ 89 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียน กับวิธีวัด ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ($\sigma^2_{\text{ส่วนที่เหลือ}}$) มีค่าความแปรปรวน 271.1512 หรือประมาณร้อยละ 8 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของนักเรียน ($\sigma^2_{\text{นักเรียน}}$) ซึ่งเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ที่แสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ มีค่า 101.8901 หรือประมาณร้อยละ 3 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 24 ประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปของ 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามรูปแบบ $p \times m$ Design

Source of Variation	Estimated G Study Variance Component	D Studies Variance Component
Person (p)	101.8901	101.8901
Method (m)	3171.0745	1585.5373
Residual (pm,e)	271.1512	135.5757
$\sigma^2(\delta)$		135.5757
$\sigma^2(\Delta)$		1721.1130
$\sigma^2(\bar{X})$		1586.8140
$\sigma^2(X)$		237.4657
Ω (g-coefficient for relative decision)		0.4291
λ_{δ} (signal-noise ratio for relative decision)		0.7515
P (g-coefficient for absolute decision)		0.0559
λ_{Δ} (signal-noise ratio for absolute decision)		0.0592

จากตารางที่ 24 ผลของการศึกษา D ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนที่ใช้วิธีวัด 2 วิธี ปรากฏว่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์มีค่า 135.5757 และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์มีค่า 1721.1130

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์มีค่า 0.4291 และ ค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์มีค่า 0.7515 ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์มีค่า .0559 และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์มีค่า 0.0592

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ 2 วิธิตและการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนน ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รูปแบบ $p \times i \times m$ design ของชั้นการศึกษา G

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	185	2940.1854	15.8929	0.2548	9.8898
Item (i)	29	20293.7767	699.7854	1.8321	71.1108
Method (m)	1	51.3485	51.3485	0.0060	0.2329
pi	5365	3245.8065	0.6050	0.2163	8.3954
pm	185	32.0349	0.1732	0.0000	0.0000
im	29	516.2349	17.8012	0.0948	3.6796
Residual (pim,e)	5365	924.8818	0.1724	0.1724	6.6915
Total	11159	28004.2687		2.5764	100.0000

ส่วนแรกของตารางนี้ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจาก 2 วิธิต ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของข้อกระทง ผลของวิธิต ผลของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง ผลของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับวิธิต ผลของผลร่วมระหว่างข้อกระทง กับวิธิต และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลร่วมระหว่างนักเรียน ข้อกระทงกับวิธิต ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของข้อกระทง มีค่าสูงสุด คือมีค่า 20293.7767 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของผลร่วม ระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง มีค่า 3245.8065 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของผลร่วม ระหว่างนักเรียนกับวิธิต มีค่าน้อยที่สุด คือ 32.0349

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของข้อกระทงมีค่าสูงสุด คือ 699.7854 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 29 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของวิธีวัด มีค่า 54.3485 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 1 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 0.1724 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 5365

ส่วนที่ 2 ของตารางนี้ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนน จาก 2 วิธีวัด ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

จากตาราง เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน ข้อกระทง และวิธีวัด ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 7 แหล่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของข้อกระทง ($\sigma^2_{\text{ข}}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของความยากของข้อกระทงมีค่า 1.8321 หรือประมาณร้อยละ 71 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของนักเรียน ($\sigma^2_{\text{น}}$) เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ หรือความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ มีค่า 0.2548 หรือประมาณร้อยละ 10 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง ($\sigma^2_{\text{นข}}$) ซึ่งแสดงถึงความไม่คงเส้นคงวาของนักเรียนแต่ละคนในการตอบข้อกระทงแต่ละข้อ มีค่า 0.2163 หรือประมาณร้อยละ 8 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลร่วม ระหว่างนักเรียน วิธีวัด และข้อกระทง ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ($\sigma^2_{\text{เหลือ}}$) มีค่าความแปรปรวน 0.1724 หรือประมาณร้อยละ 7 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างข้อกระทงกับวิธีวัด ($\sigma^2_{\text{ขวิ}}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของวิธีวัดในการตอบข้อกระทงแต่ละข้อ มีค่า 0.0948 หรือประมาณร้อยละ 4 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของวิธีวัด ($\sigma^2_{\text{วิ}}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธีวัด มีค่า 0.0002 หรือประมาณไม่ถึงร้อยละ 1 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับวิธีวัด ($\sigma^2_{\text{นวิ}}$) ซึ่งแสดงให้เห็นความสามารถของนักเรียนในวิธีวัดแต่ละวิธีวัด มีค่า 0.0

ตารางที่ 26 ประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป ของ 2 วิธีวัด จากแบบสอบถามเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามรูปแบบ $p \times i \times m$ Design จำแนกตามขนาดความยาวของวิธีวัด

Source of Variation	Estimated G Study Variance Component	Alternative D Studies		
		30	40	50
Person (p)	0.2548	0.2548	0.2548	0.2548
Item (i)	1.8321	0.0611	0.0458	0.0366
Method (m)	0.0060	0.0030	0.0030	0.0030
pi	0.2163	0.0072	0.0054	0.0043
pm	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
im	0.0948	0.0016	0.0012	0.0010
Residual (pim,e)	0.1724	0.0029	0.0022	0.0017
$\sigma^2(\delta)$		0.0101	0.0076	0.0060
$\sigma^2(\Delta)$		0.0757	0.0576	0.0466
$\sigma^2(\bar{X})$		0.0670	0.0514	0.0420
$\sigma^2(X)$		0.2649	0.2624	0.2609

จากตารางที่ 26 ผลของการศึกษา D ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของข้อกระทง จำนวนตั้งแต่ข้อกระทงจำนวน 30 ข้อ ถึงข้อกระทงจำนวน 50 ข้อ โดยที่ผลของข้อกระทงและผลของส่วนที่เหลือ ต่างมีค่าลดลง เมื่อจำนวนข้อเพิ่มขึ้น ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ มีค่าลดลง เมื่อจำนวนข้อกระทงเพิ่มขึ้น โดยมีค่า .0101 0.0076 และ .0060 เมื่อมีข้อกระทงจำนวน 30 40 และ 50 ข้อตามลำดับ เช่นเดียวกับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ ที่มีค่าลดลง เมื่อจำนวนข้อกระทงเพิ่มขึ้น โดยมีค่า .0757 .0576 และ .0466 เมื่อมีข้อกระทงจำนวน 30 40 และ 50 ข้อตามลำดับ

2.4 ประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบและแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และ แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป โดยได้ข้อมูลจากคะแนนนักเรียนทุกคนที่ตอบข้อกระทงจากวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบและแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ลักษณะ cross design ที่มีรูปแบบ $p \times m$ design เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจำนวน 186 คน จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบและแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการประมาณค่าความแปรปรวนของ 3 วิธีวัด
ในรูปแบบ $p \times m$ design ของชั้นการศึกษา G

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	185	75574.8745	408.5128	74.7084	3.2273
Method (m)	2	765116.6165	382558.3082	2055.7738	88.8073
Residual (pm,e)	370	68223.3835	184.3875	184.3875	7.9654
Total	557	90891.8746		2314.8697	100.0000

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของวิธีวัด และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลรวม ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธีวัด มีค่าสูงสุด คือมีค่า 765116.6165 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียนมีค่า 75574.8745 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือมีค่าน้อยที่สุด คือ 68223.3835

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของวิธีวัด มีค่าสูงสุด คือ 382558.3082 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 2 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน มีค่า 408.5128 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 185 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 184.3875 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 370

จากตารางที่ 30 เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน และวิธีวัด ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 แห่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ความแปรปรวนของวิธีวัด (σ_u^2) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธีวัด มีค่า 2055.7738 หรือประมาณร้อยละของ 89 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียน กับวิธีวัด ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ (σ^2_{error}) มีค่าความแปรปรวน 184.3875 หรือประมาณร้อยละ 8 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของนักเรียน ($\sigma^2_{\text{student}}$) ซึ่งเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของ คะแนนเอกภพ ที่แสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ มีค่า 74.7084 หรือประมาณร้อยละ 3 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 28 ประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปของ 3 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามรูปแบบ $p \times m$ Design

Source of Variation	Estimated G Study Variance Component	D Study Variance Component
Person (p)	74.7084	74.7084
Method (m)	2055.7738	685.2579
Residual (pm,e)	184.3875	61.4625
$\sigma^2(\delta)$		61.4625
$\sigma^2(\Delta)$		746.7204
$\sigma^2(\bar{X})$		685.9900
$\sigma^2(X)$		136.1710
Ω (g-coefficient for relative decision)		0.5486
λ_{δ} (signal-noise ratio for relative decision)		1.2155
P (g-coefficient for absolute decision)		0.0910
λ_{Δ} (signal-noise ratio for absolute decision)		0.1001

จากตารางที่ 28 ผลของการศึกษา D ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนที่ใช้วิธีวัด 3 วิธี ปรากฏว่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์มีค่า 61.4625 และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์มีค่า 746.7204

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์มีค่า 0.5486 และ ค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์มีค่า 1.2155 ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์มีค่า .0910 และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์มีค่า 0.1001

ตารางที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนน จาก 3 วิธีวัด ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รูปแบบ $p \times i \times m$ design ของชั้นการศึกษา G

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	185	2530.5905	13.6789	0.1437	6.6524
Item (i)	29	26163.4557	902.1881	1.5946	73.8026
Method (m)	2	62.0272	31.0136	0.0034	0.1574
pi	5365	3839.4220	0.7156	0.1804	8.3515
pm	370	74.4839	0.2013	0.0009	0.0417
im	58	687.5713	11.8547	0.0628	2.9073
Residual (pim,e)	10730	1870.5842	0.1743	0.1743	8.0691
Total	16739	35228.1350		2.1601	100.0000

ส่วนแรกของตารางนี้ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจาก 3 วิธีวัด ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของข้อกระทง ผลของวิธีวัด ผลของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง ผลของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับวิธีวัด ผลของผลร่วมระหว่างข้อกระทง กับวิธีวัด และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลร่วมระหว่างนักเรียน ข้อกระทงกับวิธีวัด ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของข้อกระทง มีค่าสูงสุด คือมีค่า 26163.4557 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสอง ของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง มีค่า 3839.4220 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธีวัด มีค่าน้อยที่สุด คือ 62.0272

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของข้อกระทงมีค่าสูงสุด คือ 902.1881 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 29 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของวิธีวัด มีค่า 31.0136 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 2 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 0.1743 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 10730

ส่วนที่ 2 ของตารางนี้ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนน จาก 3 วิธีวัด ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบ เลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

จากตาราง เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน ข้อกระทง และ วิธีวัดซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 7 แห่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของข้อกระทง ($\sigma^2_{\text{ข้อ}}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของความยากของข้อกระทงมีค่า 1.5946 หรือประมาณร้อยละ 74 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับข้อกระทง ($\sigma^2_{\text{นักเรียน, ข้อ}}$) ซึ่งแสดงถึงความไม่คงเส้นคงวาของนักเรียนแต่ละคนในการตอบข้อกระทงแต่ละข้อ มีค่า 0.1804 หรือประมาณร้อยละ 8 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลร่วม ระหว่างนักเรียน วิธีวัด และข้อกระทง ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ($\sigma^2_{\text{นักเรียน, ข้อ, วิธีวัด}}$) มีค่าความแปรปรวน 0.1743 หรือประมาณร้อยละ 8 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของนักเรียน ($\sigma^2_{\text{นักเรียน}}$) เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ หรือความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ มีค่า 0.1437 หรือประมาณร้อยละ 7 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างข้อกระทงกับวิธีวัด ($\sigma^2_{\text{ข้อ, วิธีวัด}}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของวิธีวัดในการตอบข้อกระทงแต่ละข้อ มีค่า 0.0628 หรือประมาณร้อยละ 3 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของวิธีวัด ($\sigma^2_{\text{วิธีวัด}}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องจากวิธีวัด มีค่า 0.0034 หรือประมาณร้อยละ 2 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของผลร่วมระหว่างนักเรียนกับวิธีวัด ($\sigma^2_{\text{นักเรียน, วิธีวัด}}$) ซึ่งแสดงให้เห็นความสามารถของนักเรียนในวิธีวัดแต่ละวิธีวัด มีค่า 0.0009 หรือประมาณไม่ถึงร้อยละ 1 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 30 ประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปร่าง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การสรุปร่างของ 3 วิธีวัด ตามรูปแบบ $p \times i \times m$ Design จำแนกตามขนาดความยาวของวิธีวัด

Source of Variation	Estimated G Study Variance Component	Alternative Estimated D Studies Design Variance Components					
		20	25	30	35	40	45
Person (p)	0.1437	0.1437	0.1437	0.1437	0.1437	0.1437	0.1437
Item (i)	1.5946	0.0797	0.0638	0.0532	0.0456	0.0399	0.0354
Method (m)	0.0034	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011
pi	0.1804	0.0090	0.0072	0.0060	0.0052	0.0045	0.0040
pm	0.0009	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
im	0.0628	0.0011	0.0009	0.0008	0.0006	0.0005	0.0005
Residual (pim,e)	0.1743	0.0029	0.0023	0.0019	0.0016	0.0015	0.0013
$\sigma^2(\delta)$		0.0122	0.0098	0.0082	0.0071	0.0063	0.0056
$\sigma^2(\Delta)$		0.0941	0.0756	0.0633	0.0544	0.0478	0.0426
$\sigma^2(\bar{X})$		0.0828	0.0666	0.0558	0.0481	0.0423	0.0379
$\sigma^2(X)$		0.1560	0.1536	0.1520	0.1509	0.1500	0.1493

จากตาราง ผลของการศึกษา θ ที่แสดงในตารางประกอบการประมาณค่าความแปรปรวนของข้อกระทงจำนวนหลากหลาย ตั้งแต่ข้อกระทงจำนวน 20 ข้อ ถึงข้อกระทงจำนวน 45 ข้อ โดยที่ผลของข้อกระทงและผลของส่วนที่เหลือ ต่างมีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อเพิ่มขึ้น ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ มีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อกระทงเพิ่มขึ้น โดยมีค่า 0.0122 0.0082 และ 0.0063 เมื่อมีข้อกระทงจำนวน 20 30 และ 40 ข้อตามลำดับ เช่นเดียวกับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ ที่มีค่าลดลง เมื่อจำนวนข้อกระทงเพิ่มขึ้น โดยมีค่า .0941 .0633 และ .0478 เมื่อมีข้อกระทงจำนวน 20 30 และ 40 ข้อตามลำดับ

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัด

การเปรียบเทียบความตรงลู่เข้าตามทฤษฎีการอ้างอิงสรุป โดยการแปลงค่าความตรงลู่เข้าให้เป็นค่าสหสัมพันธ์ ด้วยการถอดรากที่สองของความตรงลู่เข้าให้เป็นค่าสหสัมพันธ์ แล้วทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าสหสัมพันธ์ ด้วยการใช้สถิติทดสอบ t (t -test) ที่เสนอโดย Hotelling (1940) จำแนกตามวิธีวัดต่อไปนี้

3.1 เปรียบเทียบความตรงลู่เข้า ของความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2 เปรียบเทียบความตรงลู่เข้า ของความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3 เปรียบเทียบความตรงลู่เข้า ของความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปนี้

3.1 เปรียบเทียบความตรงลู่เข้า ของความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 31

ตารางที่ 31 เปรียบเทียบความตรงลู่เข้าของความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิธีวัด	ค่าความตรงลู่เข้า	r	t
เลือกตอบ-เติมคำตอบ	0.8730	0.9343	13.8431*
เลือกตอบ-ประเมิน	0.4131	0.6427	

* $p < .01$

จากตาราง แสดงถึงความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบกับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบกับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีค่าความตรงลู่เข้าในลักษณะของสัมประสิทธิ์การอ้างอิงรูปแบบสัมพัทธ์ เป็น 0.8730 และ 0.4131 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.9343 และ 0.6427 ตามลำดับ

ค่าสถิติ t ที่ได้จากการคำนวณมีค่า 13.8431 มากกว่าค่าวิกฤต t ที่ได้จากการเปิดตาราง แสดงว่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบกับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .01

3.2 เปรียบเทียบความตรงลู่เข้า ของความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 32

ตารางที่ 32 เปรียบเทียบความตรงลู่เข้า ของความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิธีวัด	ค่าความตรงลู่เข้า	r	t
เลือกตอบ-เติมคำตอบ	0.8730	0.9343	12.8193 *
เติมคำตอบ-ประเมิน	0.4290	0.6549	

* $p < .01$

จากตาราง แสดงถึงความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบกับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบกับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีความตรงลู่เข้าในลักษณะของสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรูปแบบสัมพันธ์ เป็น 0.8730 และ 0.4290 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.9343 และ 0.6549 ตามลำดับ

ค่าสถิติ t ที่ได้จากการคำนวณมีค่า 12.8193 มากกว่าค่าวิกฤต t ที่ได้จากการเปิดตาราง แสดงว่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบกับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบกับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .01

3.3 เปรียบเทียบความตรงลู่เข้า ของความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 เปรียบเทียบความตรงลู่เข้า ของความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิธีวัด	ค่าความตรงลู่เข้า	r	t
เลือกตอบ-ประเมิน	0.4131	0.6427	0.6074
เติมคำตอบ-ประเมิน	0.4290	0.6549	

* p < .01

จากตาราง แสดงถึงความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบกับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความตรงลู่เข้าในลักษณะของสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปแบบสัมพัทธ์ เป็น 0.4131 และ 0.4290 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.6427 และ 0.6549 ตามลำดับ

ค่าสถิติ t ที่ได้จากการคำนวณมีค่า 0.6074 น้อยกว่าค่าวิกฤต t ที่ได้จากการเปิดตาราง แสดงว่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบกับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบกับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่มีความแตกต่างกัน

ตอนที่ 4 การตรวจสอบความตรงข้ามกลุ่มจากกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล

เป็นการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากการสอบและประเมินนักเรียน จำนวน 2 กลุ่ม อันประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 186 คน และกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล จำนวน 183 คน ที่สุ่มมาจากประชากรเดียวกัน โดยมุ่งที่จะตรวจสอบความตรงข้ามกลุ่ม ระหว่างความตรงลู่เข้าที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปนี้

4.1 การประมาณค่าความตรงลู่เข้าจากกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล

4.2 การตรวจสอบความตรงลู่เข้าข้ามกลุ่ม

ตั้งรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การประมาณค่าความตรงลู่เข้าจากกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล จำแนกตามวิธีวัดต่อไปนี้

4.1.1 ประมาณค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ

4.1.2 ประมาณค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1.3 ประมาณค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1.4 ประมาณค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตั้งผลการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปนี้

4.1.1 ประมาณค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล

การประมาณค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป โดยได้ข้อมูลจากคะแนนนักเรียนทุกคนในกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ที่ตอบข้อกระขงจากวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ในลักษณะ cross design รูปแบบ $p \times m$ design เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จำนวน 183 คน จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ตั้งผลการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 34

ตารางที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนน จาก 2 วิธีวัด ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ในรูปแบบ $p \times m$ design

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	182	7537.6284	41.4155	15.6597	53.1506
Method (m)	1	688.5355	688.5355	3.7073	12.5829
Residual (pm,e)	182	1837.4644	10.0959	10.0959	34.2665
Total	365	10063.6284		29.4629	100.0000

ส่วนแรกของตารางนี้เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนใน 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบและแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของวิธีวัด และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลรวม ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียนมีค่าสูงสุด คือมีค่า 7537.6284 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือ มีค่า 1837.4644 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธีวัด มีค่าน้อยที่สุด คือ 688.5355

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น พบว่ากำลังสองเฉลี่ยของวิธีวัดมีค่าสูงสุด คือ 688.5355 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 1 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน มีค่า 41.4155 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 182 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 10.0959 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 182

ส่วนที่ 2 ของตารางนี้ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของ 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ

จากตาราง เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน และวิธีวัด ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 แหล่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของนักเรียน ($\sigma^2_{\text{นักเรียน}}$) ซึ่งเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ที่แสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ มีค่า 15.6597 หรือประมาณร้อยละ 53 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียนกับวิธีวัด ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ($\sigma^2_{\text{รวม}}$) มีค่าความแปรปรวน 10.0959 หรือประมาณร้อยละ 34 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของวิธีวัด ($\sigma^2_{\text{วิธีวัด}}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธีวัด มีค่า 3.7073 หรือประมาณร้อยละของ 13 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 35 ประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) ของ 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ ตามรูปแบบ $p \times m$ Design ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล

Source of Variation	Estimated G Study Variance Component	Estimated D Study Variance Component
Person (p)	15.6597	15.6597
Method (m)	3.7073	1.8536
Residual (pm,e)	10.0959	5.0479
$\sigma^2(\delta)$		5.0479
$\sigma^2(\Delta)$		6.9016
$\sigma^2(\bar{X})$		1.9668
$\sigma^2(X)$		20.7077
Ω (g-coefficient for relative decision)		0.7562
λ_{δ} (signal-noise ratio for relative decision)		3.1022
β (g-coefficient for absolute decision)		0.6941
λ_{Δ} (signal-noise ratio for absolute decision)		2.2690

จากตารางที่ 35 ผลของการศึกษา D ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของวิธีวัด 2 วิธี ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ มีค่า 5.0479 และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ มีค่า 6.9016

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ มีค่า .7562 และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ มีค่า 3.1022 ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสมบูรณ์ มีค่า 0.6941 และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสมบูรณ์ มีค่า 2.2690

4.1.2 ประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล

การประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป โดยได้ข้อมูลจากคะแนนนักเรียนทุกคน ที่ตอบข้อกระทงจากวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในลักษณะ cross design ที่มีรูปแบบ $p \times m$ design เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจำนวน 183 คน จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 36

ตารางที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการประมวลค่าความแปรปรวนของคะแนนใน 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ในรูปแบบ $p \times m$ design

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	182	72846.6284	400.2562	70.6982	3.0358
Method (m)	1	366130.5355	366130.5355	1999.2987	85.8489
Residual (pm,e)	182	47112.4644	258.8596	258.8596	11.1153
Total	365	486089.6284		2328.8565	100.0000

ส่วนแรกของตารางนี้เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนใน 2 วิธิต จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของวิธิต และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลรวม ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธิต มีค่าสูงสุด คือมีค่า 366130.5355 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียน มีค่า 72846.6284 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือมีค่าน้อยที่สุด คือ 47112.4644 สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของวิธิต มีค่าสูงสุด คือ 366130.5355 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 1 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน มีค่า 400.2562 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 182 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 258.8596 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 182

ส่วนที่ 2 ของตารางนี้ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของ 2 วิธิต จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

จากตาราง เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน และวิธิต ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 แห่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของวิธิต ($\sigma^2_{\text{วิธิต}}$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธิต มีค่า 1999.2987 หรือประมาณร้อยละ 86 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียนกับวิธิต ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ($\sigma^2_{\text{เหลือ}}$) มีค่าความแปรปรวน 258.8596 หรือประมาณร้อยละ 11 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของนักเรียน ($\sigma^2_{\text{นักเรียน}}$) ซึ่งเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ที่แสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ มีค่า 70.6982 หรือประมาณร้อยละ 3 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 37 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปของ 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ในรูปแบบ $p \times m$ design

Source of Variation	Estimated G Study Variance Component	Estimated D Study Variance Component
Person (p)	70.6982	70.6982
Method (m)	1999.2987	999.6493
Residual (pm,e)	258.8596	129.4298
$\sigma^2(\delta)$		129.4298
$\sigma^2(\Delta)$		1129.0792
$\sigma^2(\bar{X})$		1000.7430
$\sigma^2(X)$		200.1281
Ω (g-coefficient for relative decision)		0.3532
λ_s (signal-noise ratio for relative decision)		0.5462
β (g-coefficient for absolute decision)		0.0589
λ_a (signal-noise ratio for absolute decision)		0.0626

จากตารางที่ 37 ผลของการศึกษา D ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของวิธีวัด 2 วิธี ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ มีค่า 129.4298 และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ มีค่า 1129.0792

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ มีค่า .3532 และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ มีค่า 0.5462 ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสมบูรณ์ มีค่า 0.0589 และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสมบูรณ์ มีค่า 0.0626

4.1.3 ประเมินค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประเมินค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป โดยได้ข้อมูลจากคะแนนนักเรียนทุกคนที่ตอบข้อกระทงจากวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในลักษณะ cross design ที่มีรูปแบบ $p \times m$ design เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล จำนวน 183 คน จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบและแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตาราง 38

ตารางที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนใน 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ในรูปแบบ $p \times m$ design

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
person (p)	182	77540.1530	426.0448	93.6487	3.7324
method (m)	1	398574.0000	398574.0000	2176.6953	86.7523
Residual (pm,e)	182	43452.0000	238.7472	238.7472	9.5153
Total	365	519566.1530		2509.0912	100.0000

ส่วนแรกของตารางนี้เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ 2 วิธีวัด จาก แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของวิธีวัด และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลรวม ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธีวัดมีค่าสูงสุด คือมีค่า 398574.0000 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียน มีค่า 77540.1530 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือ มีค่าน้อยที่สุด คือ 43452.0000

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของวิธีวัด มีค่าสูงสุด คือ 590091.0107 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 1 รองลงมาคือกำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน มีค่า 474.9314 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 182 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 271.1512 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 182

ส่วนที่ 2 ของตารางนี้ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของ 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์แบบเลือกตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

จากตารางที่ 40 เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน และวิธีวัด ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 แหล่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของวิธีวัด (σ_w^2) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธีวัด มีค่า 2176.6953 หรือประมาณร้อยละของ 87 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียนกับวิธีวัด ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ (σ_{e}^2) มีค่าความแปรปรวน 238.7472 หรือประมาณร้อยละ 10 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของนักเรียน (σ_s^2) ซึ่งเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ที่แสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ มีค่า 93.6487 หรือประมาณร้อยละ 4 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 39 การประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปอ้างอิง (G-study) ขั้นการตัดสินใจ (D-study) และสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปของ 2 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ในรูปแบบ $p \times m$ design

Source of Variation	Estimated G Study Variance Component	Estimated D Study Variance Component
Person (p)	93.6487	93.6487
Method (m)	2176.6953	1088.3476
Residual (pm,e)	238.7472	119.3736
$\sigma^2(\delta)$		119.3736
$\sigma^2(\Delta)$		1207.7213
$\sigma^2(\bar{X})$		1089.5117
$\sigma^2(X)$		213.0224
Ω (g-coefficient for relative decision)		0.4396
λ_{δ} (signal-noise ratio for relative decision)		0.7845
ρ (g-coefficient for absolute decision)		0.0719
λ_{Δ} (signal-noise ratio for absolute decision)		0.0775

จากตารางที่ 39 ผลของการศึกษา D ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของวิธีวัด 2 วิธี ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ มีค่า 119.3736 และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ มีค่า 1207.7213

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินแบบสัมพัทธ์ มีค่า .4396 และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินแบบสัมพัทธ์ มีค่า 0.7845 ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินแบบสัมบูรณ์ มีค่า 0.0719 และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินแบบสัมบูรณ์ มีค่า 0.0775

4.1.4 ประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล

การประมวลค่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และ แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุป ได้ข้อมูลจากคะแนนนักเรียนทุกคน ที่ตอบข้อกระทงจากวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในลักษณะ cross design ที่มีรูปแบบ $p \times m$ design เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจำนวน 183 คน จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบและแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตั้งผลการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 40

ตารางที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการประมาณค่าความแปรปรวนของ 3 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผลในรูปแบบ $p \times m$ design

Source of Variation	df	Sum of Squares	Mean Squares	Estimated Variance Component	Percentage of Total Variance
Person (p)	182	63561.8834	349.2411	60.0022	3.6982
Method (m)	2	510262.0473	255131.0236	1393.2338	85.8711
Residual (pm,e)	364	61601.2859	169.2343	169.2343	10.4307
Total	548	635425.2167		1622.4703	100.0000

ส่วนแรกของตารางนี้ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ 3 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้ในการแบ่งความแปรผันของคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนออกเป็นผลของนักเรียน ผลของวิธีวัด และผลของส่วนที่เหลือ ซึ่งประกอบด้วยผลรวม ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่ศึกษา และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

จากตารางนี้ ค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของวิธีวัด มีค่าสูงสุด คือมีค่า 510262.0473 รองลงมาเป็นค่าผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของนักเรียนมีค่า 63561.8834 และผลรวมความเบี่ยงเบนกำลังสองของส่วนที่เหลือมีค่าน้อยที่สุด คือ 61601.2859

สำหรับกำลังสองเฉลี่ยนั้น ปรากฏว่ากำลังสองเฉลี่ยของวิธีวัด มีค่าสูงสุด คือ 255131.0236 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 2 รองลงมาเป็นกำลังสองเฉลี่ยของนักเรียน มีค่า 349.2411 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 182 และกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ มีค่าต่ำสุด คือมีค่า 169.2343 ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ 364

ส่วนที่ 2 ของตารางนี้ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของ 3 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

จากตาราง เมื่อเอกภพของการสังเกตประกอบด้วย นักเรียน และวิธีวัด ซึ่งมีขนาดไม่จำกัด จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 แหล่ง โดยเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนรวม มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ความแปรปรวนของวิธีวัด ($\sigma_{\text{วิธีวัด}}^2$) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธีวัด มีค่า 1393.2338 หรือประมาณร้อยละของ 86 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ ที่แสดงถึงความแปรปรวนของผลรวม ระหว่างนักเรียนกับวิธีวัด ความแปรปรวนที่เป็นระบบที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบ และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ ($\sigma_{\text{ส่วนที่เหลือ}}^2$) มีค่าความแปรปรวน 169.2343 หรือประมาณร้อยละ 10 ของความแปรปรวนรวม

ความแปรปรวนของนักเรียน ($\sigma_{\text{นักเรียน}}^2$) ซึ่งเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ ที่แสดงถึงความแตกต่างอันเนื่องมาจากความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ มีค่า 60.0022 หรือประมาณร้อยละ 4 ของความแปรปรวนรวม

ตารางที่ 41 ประมาณค่าความแปรปรวนในขั้นการสรุปอ้างอิง ขั้นการตัดสินใจ และสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปของ 3 วิธีวัด จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ในรูปแบบ $p \times m$ design

Source of Variation	Estimated G Study Variance Component	Estimated D Study Variance Component
Person (p)	60.0022	60.0022
Method (m)	1393.2338	464.4112
Residual (pm,e)	169.2343	56.4114
$\sigma^2(\delta)$		56.4114
$\sigma^2(\Delta)$		520.8227
$\sigma^2(\bar{X})$		465.0474
$\sigma^2(X)$		116.4137
Ω (g-coefficient for relative decision)		0.5154
λ_{δ} (signal-noise ratio for relative decision)		1.0636
ρ (g-coefficient for absolute decision)		0.1033
λ_{Δ} (signal-noise ratio for absolute decision)		0.1152

จากตารางที่ 41 ผลของการศึกษา D ที่แสดงในตาราง ประกอบด้วยการประมาณค่าความแปรปรวนของวิธีวัด 2 วิธี ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ มีค่า 56.4114 และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ มีค่า 520.8227

ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ มีค่า .5154 และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมพัทธ์ มีค่า 1.0636 ค่าสัมประสิทธิ์การอ้างอิงสรุปสำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์ มีค่า 0.1033 และค่า signal-noise ratio สำหรับการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์ มีค่า 0.1152

4.2 การตรวจสอบความตรงลู่เข้าข้ามกลุ่ม

การตรวจสอบนี้ กระทำโดยการแปลงค่าความตรงลู่เข้า ที่ได้จากการวิเคราะห์ ข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล จำนวน 186 คน และ 183 คน ตามลำดับ ให้เป็นค่าสหสัมพันธ์ ด้วยการถอดรากที่สองของความตรงลู่เข้าให้เป็นค่าสหสัมพันธ์ แล้วแปลงค่าสหสัมพันธ์ให้เป็นค่าสหสัมพันธ์ของ Fisher's Z จากนั้นทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่า Fisher's Z ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ด้วยการใช้สถิติทดสอบ Z (Z-test)

ทั้งนี้ขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการตรวจสอบความตรงข้ามกลุ่ม จากความตรงลู่เข้าต่อไปนี้

- 4.2.1. ความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 4.2.2. ความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ
- 4.2.3 ความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 4.2.4. ความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตั้งผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 42

ตารางที่ 42 การตรวจสอบความตรงข้ามกลุ่มจากความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัด ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง และกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล

Ω		r		Z_r		d_z	Z
Ω_I	Ω_{II}	r_I	r_{II}	Z_{r_I}	$Z_{r_{II}}$		
เลือกตอบ-เติมคำ-ประเมิน							
.5486	.5154	.7406	.7179	.9500	.8900	.0600	.5715
เลือกตอบ-เติมคำ							
.8730	.7562	.9343	.8695	1.7000	1.2900	.4100	3.9056*
เลือกตอบ-ประเมิน							
.4131	.3532	.6427	.5943	.7600	.6800	.0800	.7620
เติมคำ-ประเมิน							
.4290	.4396	.6549	.6630	.7800	.7900	-.0100	-.0952

* $p < .01$

จากตารางปรากฏผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.2.1. ความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ค่าสถิติทดสอบ Z ที่ได้จากการคำนวณ มีค่า .5715 ซึ่งน้อยกว่าค่าวิกฤต Z ที่ได้จากการเปิดตาราง แสดงว่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ และ แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ไม่มีความแตกต่างกัน

4.2.2. ความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ

ค่าสถิติทดสอบ Z ที่ได้จากการคำนวณ มีค่า 3.9056 ซึ่งมากกว่าค่าวิกฤต Z ที่ได้จากการเปิดตาราง แสดงว่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ จากกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ .01

4.2.3 ความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ค่าสถิติทดสอบ Z ที่ได้จากการคำนวณ มีค่า .7620 ซึ่งน้อยกว่าค่าวิกฤต Z ที่ได้จากการเปิดตาราง แสดงว่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ไม่มีความแตกต่างกัน

4.2.4. ความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ค่าสถิติทดสอบ Z ที่ได้จากการคำนวณ มีค่า -.0952 ซึ่งน้อยกว่าค่าวิกฤต Z ที่ได้จากการเปิดตาราง แสดงว่าความตรงลู่เข้าระหว่างวิธีวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเติมคำตอบ กับแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่างสอบทานผล ไม่มีความแตกต่างกัน