



ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 1

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 1 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างสำนักทางด้านจำนวน และตัวแปรคัดสรร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ศึกษา
2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างกันของตัวแปรที่ศึกษาทั้งหมด
3. การตรวจสอบปัญหาเกี่ยวกับข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์เส้นทาง
4. ผลการวิเคราะห์เส้นทางตามรูปแบบสมมติฐาน (Hypothesis Model) และรูปแบบสมมติฐานที่ปรับปรุงใหม่ (Parsimonous Model)
5. การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างรูปแบบสมมติฐานที่ปรับปรุงใหม่ กับข้อมูลเชิงประจักษ์
6. การแยกส่วนความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลของตัวแปรทั้งหมดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และสำนักทางด้านจำนวน

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 1

ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 1 ซึ่งเป็นผลของการวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของสำนักทางด้านจำนวน และตัวแปรคัดสรร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์เพื่อใช้แทนตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

X_1	แทน	เพศของนักเรียน (SEX)
X_2	แทน	วุฒิของครู (DEG)
X_3	แทน	ประสบการณ์ของครู (EXP)
X_4	แทน	จำนวนคาบที่สอน/สัปดาห์ (PRD)
X_5	แทน	ความรู้พื้นฐานเดิม (BAS)
X_6	แทน	ความสามารถในการแยกส่วนและการประกอบกันใหม่ (PIC)
X_7	แทน	แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (MOT)

X_8	แทน	ความสนใจ (INT)
X_9	แทน	อัตตมโนทัศน์ (SEC)
X_{10}	แทน	นิสัยการเรียน (HAB)
X_{11}	แทน	คุณลักษณะของครู (CHIA)
X_{12}	แทน	คุณภาพการสอน (TQU)
X_{13}	แทน	แบบการคิดนิ้งนา/อิสระ (COG)
X_{14}	แทน	สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล (REAS)
X_{15}	แทน	สมรรถภาพทางสมองด้านการรับรู้ทางตา (PER)
X_{16}	แทน	สมรรถภาพทางสมองด้านความจำ (MEMO)
X_{17}	แทน	สมรรถภาพทางสมองด้านการแปลงรูป (TRANS)
X_{18}	แทน	สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน (NUM)
X_{19}	แทน	บรรยากาศในห้องเรียน (ATM)
X_{20}	แทน	ความยืดหยุ่นในการคิด (FLEX)
X_{21}	แทน	ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (PROB)
X_{22}	แทน	สำนักทางด้านจำนวน (NS)
Y_1	แทน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ (ACH)
Y_2	แทน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านเจตคติ (ATT)
X	แทน	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
C.V.	แทน	สัมประสิทธิ์การกระจาย
r_{ij}	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Observed Correlation)
F_{ij}	แทน	สัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient) จากตัวแปร สาเหตุ j ไปยังตัวแปรผล i
r_{xy}	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Reproduced Correlation)
R	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation Coefficient)
R^2	แทน	สัมประสิทธิ์การอธิบาย
$1-R^2$	แทน	ค่า Residual
F	แทน	อัตราส่วนเอฟที่ใช้ทดสอบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของ ตัวแปรทำนาย

t	แทน	อัตราส่วนที่ ใช้ทดสอบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บุคคล
*	แทน	ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
**	แทน	ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น พบว่า กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 1,245 คน คิดเป็นนักเรียนชาย 687 คน คิดเป็นร้อยละ 55.18 และนักเรียนหญิง 558 คน คิดเป็นร้อยละ 44.82

ส่วนกลุ่มครูคณิตศาสตร์ที่เป็นผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยระยะที่ 1 นั้นจำนวนทั้งสิ้น 22 คน เป็นชาย 5 คน คิดเป็นร้อยละ 22.73 เป็นหญิง 17 คน คิดเป็นร้อยละ 77.27 มีอายุน้อยกว่า 35 ปี มี 8 คน คิดเป็นร้อยละ 36.36 และอายุตั้งแต่ 35 ปีขึ้นไป มี 14 คน คิดเป็นร้อยละ 63.64 เป็นวุฒิปริญญาตรีทั้งหมด 22 คน ประสบการณ์ในการสอนน้อยกว่า 10 ปี มี 2 คน คิดเป็นร้อยละ 9.09 และมีประสบการณ์ในการสอนตั้งแต่ 10 ปี ขึ้นไป มี 20 คน คิดเป็นร้อยละ 90.91 โดยมีประสบการณ์การสอนเฉลี่ยเป็น 16 ปี

1. ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ศึกษา

ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ร้อยละของค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ สัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) โดยผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์การกระจายของตัวแปรสาเหตุ และตัวแปรผลที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ตัวแปร	\bar{X}	คิดเป็นร้อยละ	S.D.	C.V. (%)
ครู				
ประสบการณ์การสอนของครู	15.7430(30)	52.47	3.0005	19.0593
จำนวนคาบที่สอน/สัปดาห์	11.7968(18)	65.54	6.6058	55.9965
คุณลักษณะของครู	3.9688(5)	79.38	0.4319	10.8824

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ตัวแปร	\bar{X}	คิดเป็นร้อยละ	S.D.	C.V. (%)
คุณภาพการสอนของครู นักเรียน	19.8056(30)	66.02	11.8945	60.0562
ความรู้พื้นฐานเดิม	18.9149(40)	47.29	6.4814	34.2661
ความสามารถในการแยกส่วน และการประกอบชิ้นใหม่	14.7799(29)	50.97	4.9729	33.6464
แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์	3.2797(5)	65.59	0.5018	15.3002
ความสนใจในการเรียน	2.5726(5)	51.45	0.6339	24.6404
อึดทนโน้ทน	2.9005(5)	58.01	0.4932	17.0040
นิสัยการเรียน	2.3311(5)	46.62	0.6782	29.0936
แบบการคิดพึ่งพา/อิสระ	15.0080(25)	60.03	4.8410	32.2561
สมรรถภาพทางสมองด้าน เหตุผล	10.0305(40)	25.08	3.5851	35.7420
สมรรถภาพทางสมองด้าน การรับรู้ทางตา	26.2193(40)	65.55	8.9300	34.0589
สมรรถภาพทางสมองด้าน ความจำ	19.2562(30)	64.19	16.6395	34.4798
สมรรถภาพทางสมองด้าน การแปลงรูป	16.4024(30)	54.67	5.6070	34.1840
สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน	9.4787(30)	31.60	3.2397	34.1787
บรรยากาศในชั้นเรียน	3.2161(4)	80.40	0.3166	9.8442
ความยืดหยุ่นในการคิด	31.8273(80)	39.78	9.8146	30.8370
ความสามารถในการแก้ปัญหา	24.5293(50)	49.06	7.8026	31.7278
สำนักทางด้านจำนวน	27.2177(60)	45.36	8.8759	32.6108
ผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้และทักษะ	23.7639(50)	47.53	7.6495	32.1896
ผลสัมฤทธิ์ด้านเจตคติ	3.3478(5)	66.96	0.4040	12.0676

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ คะแนนเต็ม

จากตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวกับตัวครู จะเห็นว่าครูส่วนใหญ่ที่มีประสบการณ์ในการสอนเฉลี่ยประมาณ 16 ปี มีจำนวนการสอนเฉลี่ยประมาณ 12 คาบต่อสัปดาห์ สำหรับตัวแปรคุณลักษณะของครู ซึ่งได้แก่ ความสนใจและความรับผิดชอบในการสอน มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 3.9688(5) คิดเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 79.38 ซึ่งหมายความว่า ครูมีความสนใจและมีความรับผิดชอบในการสอนอยู่ในระดับดี ส่วนตัวแปรคุณภาพการสอนของครูมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 19.8056(30) โดยคิดเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.02 ซึ่งหมายความว่า คุณภาพการสอนของครูอยู่ในระดับปานกลาง (ตามเกณฑ์การประเมินคุณภาพการสอนของครูที่ตั้งไว้)

เมื่อพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวกับตัวนักเรียนจะเห็นว่า ตัวแปรบรรยากาศในห้องเรียนซึ่งมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต เท่ากับ 3.2161(4) มีร้อยละของค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 80.40 ซึ่งหมายความว่า บรรยากาศในห้องเรียนตามการรับรู้ของนักเรียนอยู่ในระดับดี ส่วนตัวแปรผลสัมฤทธิ์ด้านเจตคติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต เท่ากับ 3.3478(5) มีร้อยละของค่าเฉลี่ยสูงรองลงมา เท่ากับ 66.96 หมายความว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านเจตคติของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนตัวแปรสมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล มีร้อยละของค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 25.08

เมื่อพิจารณาดังสัมประสิทธิ์การกระจายของตัวแปรทั้งหมด พบว่า คุณภาพการสอนของครู มีสัมประสิทธิ์การกระจายสูงสุด เท่ากับ 60.0562 ส่วนตัวแปรบรรยากาศในห้องเรียน มีสัมประสิทธิ์การกระจายต่ำสุด เท่ากับ 9.8442

จากผลการศึกษาเฉพาะสำนักทางด้านจำนวนของนักเรียน พบว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนทั้งหมด เท่ากับ 27.2177 จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน คิดเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ย เท่ากับ 45.36 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 8.8759 และมีสัมประสิทธิ์การกระจาย คิดเป็นร้อยละ 32.618 ค่าของคะแนนสูงสุด คือ 52 และค่าของคะแนนต่ำสุด คือ 7 แสดงให้เห็นว่า คะแนนเฉลี่ยของสำนักทางด้านจำนวนของนักเรียนอยู่ในระดับต่ำ

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างกันของตัวแปรที่ศึกษาทั้งหมด

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างกัน (Intercorrelation) ของตัวแปรที่ศึกษาทั้งหมด คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรอิสระ และตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ดังปรากฏผลในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

	Sex	Deg	Exp	PRD	Bas	Pic	Mot	Int	Sec	Hab	Cha	Tqu	Cog	Reas	Per	Memo	TRANS	Num	ATM	Flex	Prob	Ns	Ach	Att	
ตัวแปร	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	Y ₁	Y ₂	
Sex	X ₁	1.0000																							
Deg	X ₂	-.0223	1.0000																						
Exp	X ₃	-.0159	.3776*	1.0000																					
PRD	X ₄	-.0187	-.3943*	-.2976*	1.0000																				
Bas	X ₅	-.0243	-.2218*	-.1477*	.1753*	1.0000																			
Pic	X ₆	-.0134	-.1997*	-.1475*	.1040*	.6693*	1.0000																		
Mot	X ₇	.0123	-.0960*	-.0661*	.1374*	.1528*	.1455*	1.0000																	
Int	X ₈	.0289	-.1843*	-.0662*	.2901*	.1924*	.2812*	.3545*	1.0000																
Sec	X ₉	.0069	-.0808*	-.0367*	.1097*	.2076*	.1735*	.4996*	.3545*	1.0000															
Hab	X ₁₀	.0489	-.2196*	-.0883*	.3120*	.2630*	.3573*	.3471*	.8042*	.4005*	1.0000														
Cha	X ₁₁	-.0909	-.1298*	-.1468*	.3579*	.0467*	-.0818*	.0282*	.0874*	.0333*	.0819*	1.0000													
Tqu	X ₁₂	.0486	-.4798*	-.3385*	.6822*	.4232*	.3718*	.1662*	.2942*	.1692*	.3459*	.3811*	1.0000												
Cog	X ₁₃	-.1113	-.1694*	-.1078*	.1432*	.6352*	.5989*	.1184*	.2387*	.1820*	.2800*	.1181*	.3970*	1.0000											
Reas	X ₁₄	-.0244	-.1282*	-.0825*	.0487*	.7035*	.6162*	.1172*	.1414*	.1526*	.1849*	-.0202*	.3176*	.5860*	1.0000										
Per	X ₁₅	-.0229	-.2533*	-.1371*	.1940*	.6603*	.6579*	.1756*	.3351*	.2213*	.4053*	.0048*	.4980*	.6477*	.5561*	1.0000									
Memo	X ₁₆	-.0136	-.1820*	-.0625*	.0623*	.6170*	.5950*	.1262*	.2428*	.1605*	.2931*	.0567*	.3691*	.6301*	.5799*	.7125*	1.0000								
TRANS	X ₁₇	-.0434	-.2113*	-.1447*	.0515*	.6770*	.7693*	.1380*	.2828*	.1802*	.3612*	-.1087*	.3584*	.6601*	.6520*	.7074*	.6872*	1.0000							
Num	X ₁₈	-.0185	-.1828*	-.1138*	.0838*	.7718*	.7078*	.1281*	.1979*	.1616*	.2422*	-.0599*	.3495*	.5870*	.7759*	.6474*	.6291*	.7254*	1.0000						
ATM	X ₁₉	-.0152	-.1511*	-.0441*	.1486*	.1811*	.1842*	.3133*	.3568*	.4557*	.4812*	.0208*	.2022*	.1458*	.1465*	.2063*	.1470*	.1524*	.1631*	1.0000					
Flex	X ₂₀	-.0442	-.1477*	-.0872*	.0298*	.6784*	.6528*	.1243*	.1932*	.1773*	.2374*	-.0921*	.3087*	.5980*	.6206*	.5880*	.5870*	.7067*	.6609*	.1138*	1.0000				
Prob	X ₂₁	-.0106	-.2208*	-.1518*	.1625*	.8993*	.6710*	.1520*	.1808*	.1861*	.2468*	.0316*	.4045*	.6505*	.7231*	.6359*	.6297*	.6942*	.7718*	.1689*	.6854*	1.0000			
Ns	X ₂₂	-.0556	-.1750*	-.1229*	.1396*	.8905*	.6716*	.1266*	.1374*	.1660*	.1810*	.0317*	.3623*	.6724*	.7407*	.6005*	.6207*	.6898*	.7965*	.1380*	.7147*	.9103*	1.0000		
Ach	Y ₁	-.0374	-.2244*	-.1532*	.1605*	.9210*	.6907*	.1604*	.1876*	.2035*	.2521*	.0205*	.4170*	.6627*	.7315*	.6484*	.6333*	.7104*	.7990*	.1876*	.7115*	.9402*	.9265*	1.0000	
Att	Y ₂	-.0136	-.1071*	-.0001	.1289*	.1996*	.1667*	.4465*	.3932*	.4205*	.4682*	.0416*	.1790*	.1666*	.1667*	.1662*	.1101*	.1380*	.1583*	.5078*	.1439*	.1899*	.1688*	.2029*	1.0000

* p < .05

จากตารางที่ 7 เมื่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ด้านความรู้และทักษะ เป็นตัวแปรเกณฑ์ จะเห็นว่า ตัวแปรทำนายกับตัวแปรเกณฑ์มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เกือบทุกค่า ยกเว้น เพศของนักเรียน (X_1) และคุณลักษณะของครู (X_{11}) ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญ และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้และทักษะสูงตั้งแต่ .75 ขึ้นไป มี 4 ตัวแปร คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (X_{21}) สัมพันธทางด้านจำนวน (X_{22}) ความรู้พื้นฐานเดิม (X_5) และสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน (X_{18}) ตามลำดับ ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้และทักษะสูงอยู่ในช่วง .50-.74 มี 7 ตัวแปร คือ สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล (X_{14}) ความยืดหยุ่นในการคิด (X_{20}) ความสามารถในการแปลงรูป (X_{17}) ความสามารถในการแยกส่วน/ประกอบชิ้นใหม่ (X_8) แนวการคิดฟังษา/อิสระ (X_{13}) สมรรถภาพทางสมองด้านการรับรู้ทางตา (X_{15}) และสมรรถภาพทางสมองด้านความจำ (X_{16}) ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ตัวแปรทำนายส่วนใหญ่ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้และทักษะ ค่อนข้างสูง จนถึงสูงมาก

เมื่อผลสัมฤทธิ์ด้านเจตคติ เป็นตัวแปรเกณฑ์ จะเห็นว่า ไม่มีตัวแปรทำนายใดเลยที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ด้านเจตคติสูงตั้งแต่ .75 ขึ้นไป ส่วนตัวแปรทำนายที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ด้านเจตคติอยู่ในช่วง .50 -.74 มีเพียงตัวเดียวคือ บรรยากาศในห้องเรียน (X_{19}) และตัวแปรทำนายส่วนใหญ่ มีความสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 มีอยู่ 3 ตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 คือ เพศของนักเรียน (X_1) ประสิทธิภาพในการสอนของครู (X_9) และคุณลักษณะของครู (X_{11}) จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ตัวแปรทำนายส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ด้านเจตคติ ในระดับปานกลาง จนถึงค่อนข้างต่ำ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสัมพันธทางด้านจำนวนกับผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้และทักษะ จะเห็นว่า มีความสัมพันธ์กันสูง แต่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ด้านเจตคติ ค่อนข้างต่ำ

3. การตรวจสอบปัญหาเกี่ยวกับข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์เส้นทาง

1. การตรวจสอบความเส้นตรง (linearity) ผู้วิจัยได้พิจารณาจากผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากเมตริกซ์สหสัมพันธ์ในตารางที่ 7 ซึ่งพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่มีค่าค่อนข้างสูง และมีนัยสำคัญทางสถิติเกือบทุกคู่ แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวมีลักษณะเป็นเส้นตรง

2. การตรวจสอบที่ดูหาความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรทำนายกับตัวแปรทำนาย (Multicollinearity)

จากเมตริกซ์สหสัมพันธ์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายกับตัวแปรทำนาย บางตัวมีค่าสูงเข้าใกล้ 1 นั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายกับตัวแปรทำนายที่มีค่าเกิน 0.7000 มีอยู่ 18 คู่ คิดเป็นร้อยละ 6.5217 ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งหมด อาจก่อให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรทำนาย (Multicollinearity) ซึ่งมีผลทำให้สัมประสิทธิ์การทำนายสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรเกณฑ์ได้ไม่ชัดเจน นั่นคือถ้าตัวแปรทำนายมีความสัมพันธ์กันสูง จะทำให้ตัวแปรทำนายที่เข้าสู่สมการในลำดับถัดไป สามารถอธิบายความแปรปรวนสะสมของตัวแปรเกณฑ์ได้น้อยลง

ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบปัญหา Multicollinearity โดยดำเนินการตามขั้นตอนของฮาร์เนทท์ และเมอร์ฟี (Harnett & Murphy) ดังนี้

1) นิยามสมการโครงสร้างจากฐานสมมติฐาน โดยเลือกเฉพาะสมการที่มีตัวแปรทำนายเกิน 1 ตัวขึ้นไป จาก แผนภูมิที่ 3 และแผนภูมิที่ 4 พบว่า มีสมการที่จะต้องตรวจสอบทั้งหมด 14 สมการ คือ

- สมการที่ 1 คุณลักษณะของครูเป็นตัวแปรเกณฑ์ (X_{11}) วุฒิของครู (X_2) ประสิทธิภาพการสอนของครู (X_3) และจำนวนคาบที่สอนต่อสัปดาห์ (X_4) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 2 คุณภาพการสอนของครูเป็นตัวแปรเกณฑ์ (X_{12}) และคุณลักษณะของครู (X_{11}) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 3 แนวความคิด (X_{13}) เป็นตัวแปรเกณฑ์ และเพศของนักเรียน (X_1) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 4 สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล (X_{14}) เป็นตัวแปรเกณฑ์ และเพศของนักเรียน (X_1) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 5 สมรรถภาพทางสมองด้านความรู้ทางตา (X_{15}) เป็นตัวแปรเกณฑ์ และเพศของนักเรียน (X_1) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 6 สมรรถภาพทางสมองด้านความจำ (X_{16}) เป็นตัวแปรเกณฑ์ และเพศของนักเรียน (X_1) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 7 สมรรถภาพทางสมองด้านการแปลงรูป (X_{17}) เป็นตัวแปรเกณฑ์ และเพศของนักเรียน (X_1) เป็นตัวแปรทำนาย

- สมการที่ 8 สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน (X_{18}) เป็นตัวแปรเกณฑ์ และเพศของนักเรียน (X_1) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 9 บรรยากาศในห้องเรียน (X_{19}) เป็นตัวแปรเกณฑ์ และเพศของนักเรียน (X_1) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 10 ความยืดหยุ่นในการคิด (X_{20}) เป็นตัวแปรเกณฑ์ เพศของนักเรียน (X_1) และบรรยากาศในห้องเรียน (X_{19}) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 11 ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (X_{21}) เป็นตัวแปรเกณฑ์ ความรู้พื้นฐานเดิม (X_5) สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล (X_{14}) และสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน (X_{18}) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 12 สำนึกทางด้านจำนวน (X_{22}) เป็นตัวแปรเกณฑ์ ความรู้พื้นฐานเดิม (X_5) ความสามารถในการแยกแยะและประกอบชิ้นใหม่ (X_6) คุณลักษณะของครู (X_{11}) คุณภาพการสอนของครู (X_{12}) แบบการคิดฟุ้งพา/อิสระ (X_{13}) สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล (X_{14}) สมรรถภาพทางสมองด้านมารู้ทางตา (X_{15}) สมรรถภาพทางสมองด้านความจำ (X_{16}) สมรรถภาพทางสมองด้านการแปลงรูป (X_{17}) สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน (X_{18}) บรรยากาศในห้องเรียน (X_{19}) ความยืดหยุ่นในการคิด (X_{20}) และความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (X_{21}) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 13 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ (Y_1) เป็นตัวแปรเกณฑ์ เพศของนักเรียน (X_1) ความรู้พื้นฐานเดิม (X_5) แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (X_7) ความสนใจในการเรียน (X_8) อัดมโนทัศน์ (X_9) นิสัยการเรียน (X_{10}) คุณภาพการสอนของครู (X_{12}) สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล (X_{14}) สมรรถภาพทางสมองด้านรับรู้ทางตา (X_{15}) สมรรถภาพทางสมองด้านความจำ (X_{16}) สมรรถภาพทางสมองด้านการแปลงรูป (X_{17}) สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน (X_{18}) บรรยากาศในห้องเรียน (X_{19}) ความยืดหยุ่นในการคิด (X_{20}) ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (X_{21}) และสำนึกทางด้านจำนวน (X_{22}) เป็นตัวแปรทำนาย
- สมการที่ 14 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านเจตคติ (Y_2) เป็นตัวแปรเกณฑ์ เพศของนักเรียน (X_1) ความรู้พื้นฐานเดิม (X_5) แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (X_7) ความสนใจในการเรียน (X_8) อัดมโนทัศน์ (X_9) นิสัยการเรียน (X_{10})

คุณภาพการสอนของครู (X_{12}) สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล (X_{14})
 สมรรถภาพทางสมองด้านวิธีปฏิบัติ (X_{15}) สมรรถภาพทางสมองด้าน
 ความจำ (X_{16}) สมรรถภาพทางสมองด้านการแปลงรูป (X_{17}) สมรรถภาพ
 ทางสมองด้านจำนวน (X_{18}) บรรยายภาคใ้เห็นแว้เรียน (X_{19}) ความยืดหยุ่น
 ในการคิด (X_{20}) ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (X_{21}) และ
 สำนักทางด้านจำนวน (X_{22}) เป็นตัวแปรทำนาย

- 2) หาค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายในแต่ละสมการ
- 3) หาค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรทำนายกับตัวแปรทำนาย เมื่อให้ตัวแปรทำนาย
 แต่ละตัวเป็นตัวแปรเกณฑ์ และตัวแปรทำนายที่เหลือทั้งหมดในสมการ เป็นตัวแปรทำนาย
- 4) ในแต่ละสมการ เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรเกณฑ์กับตัวแปรทำนาย
 และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรทำนายกับตัวแปรทำนายที่เหลือทั้งหมด ถ้าสมการโครงสร้าง
 ได้มีค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรเกณฑ์กับตัวแปรทำนาย มากกว่าค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปร
 ทำนายกับตัวแปรทำนาย ก็ยังคงสมการโครงสร้างนั้นไว้ แต่ถ้าสมการโครงสร้างได้มีค่าสหสัมพันธ์
 พหุคูณระหว่างตัวแปรเกณฑ์กับตัวแปรทำนาย น้อยกว่า ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรทำนายกับ
 ตัวแปรทำนาย จะตัดสมการโครงสร้างนั้นออก

รายละเอียดของการตรวจสอบปัญหา Multicollinearity ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง.
 ซึ่งผลปรากฏว่า ในสมการที่ 1 และสมการที่ 6 ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรเกณฑ์กับตัวแปรทำนาย
 มีค่าน้อยกว่าค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรทำนายกับตัวแปรทำนายด้วยกัน กล่าวคือ ในสมการที่ 1
 เมื่อคุณลักษณะของครูซึ่งเป็นตัวแปรเกณฑ์หลุดออกไปทงประสิทธิภาพในการสอน จำนวนคาบที่สอนต่อสัปดาห์
 และวุฒิของครู ซึ่งเป็นตัวแปรทำนาย ได้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ เท่ากับ 0.3613 แต่ถ้าให้ประสิทธิภาพใน
 การสอน จำนวนคาบที่สอนต่อสัปดาห์ และวุฒิของครู เป็นตัวแปรเกณฑ์โดยแต่ละตัวแปร หลุดออกไปทง
 ตัวแปรทำนายที่เหลือในสมการ จะพบว่า ได้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ 0.4108 0.4257 และ
 0.4794 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าทุกค่า ดังนั้นจึงตัดสมการโครงสร้างสมการที่ 1 ออกจาก
 รูปแบบสมมติฐาน

ในสมการที่ 6 เมื่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านเจตคติซึ่งเป็นตัวแปร
 เกณฑ์ หลุดออกไปทง เพศของนักเรียน ความรู้พื้นฐานเดิม แรงจูงใจใ้สัมฤทธิ์ ความสนใจใน
 การเรียน อัดมโนทัศน์ นิสัยการเรียน คุณภาพการสอนของครู สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล

สมรรถภาพทางสมองด้านการรับรู้ทางตา สมรรถภาพทางสมองด้านความจำ สมรรถภาพทางสมองด้านการแปลงรูป สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน ความยืดหยุ่นในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และสำนักทางด้านจำนวนซึ่งเป็นตัวแปรทำนาย ได้ค่าสหสัมพันธ์กับคุณเท่ากับ 0.6383 แต่ถ้าให้ เพศของนักเรียน ความรู้พื้นฐานเดิม แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความสนใจในการเรียน อุตมโนทัศน์ นิสัยการเรียน คุณภาพการสอนของครู สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล สมรรถภาพทางสมองด้านการรับรู้ทางตา สมรรถภาพทางสมองด้านความจำ สมรรถภาพทางสมองด้านการแปลงรูป สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน บรรยากาศในชั้นเรียน ความยืดหยุ่นในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และสำนักทางด้านจำนวน เป็นตัวแปรเกณฑ์ โดยให้แต่ละตัวแปร ถอดออกไปในตัวแปรทำนายที่เหลือในสมการ จะพบว่าได้ค่าสหสัมพันธ์กับคุณเท่ากับ 0.1482 0.9241 0.5396 0.8119 0.6102 0.8493 0.5486 0.8105 0.8220 0.7740 0.8399 0.8670 0.5754 0.7790 0.9345 และ 0.9390 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 0.6383 เกือบทุกค่า ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหา Multicollinearity ได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตัดสมการโครงสร้างสมการที่ 6 ออกจากรูปแบบสมมติฐาน นั่นคือ ตัดรูปแบบสมมติฐานที่ 2 ออกไป

4. ผลการวิเคราะห์เส้นทางตามรูปแบบสมมติฐาน (Hypothesis Model) และรูปแบบสมมติฐานที่ปรับปรุงใหม่ (Parsimonous Model)

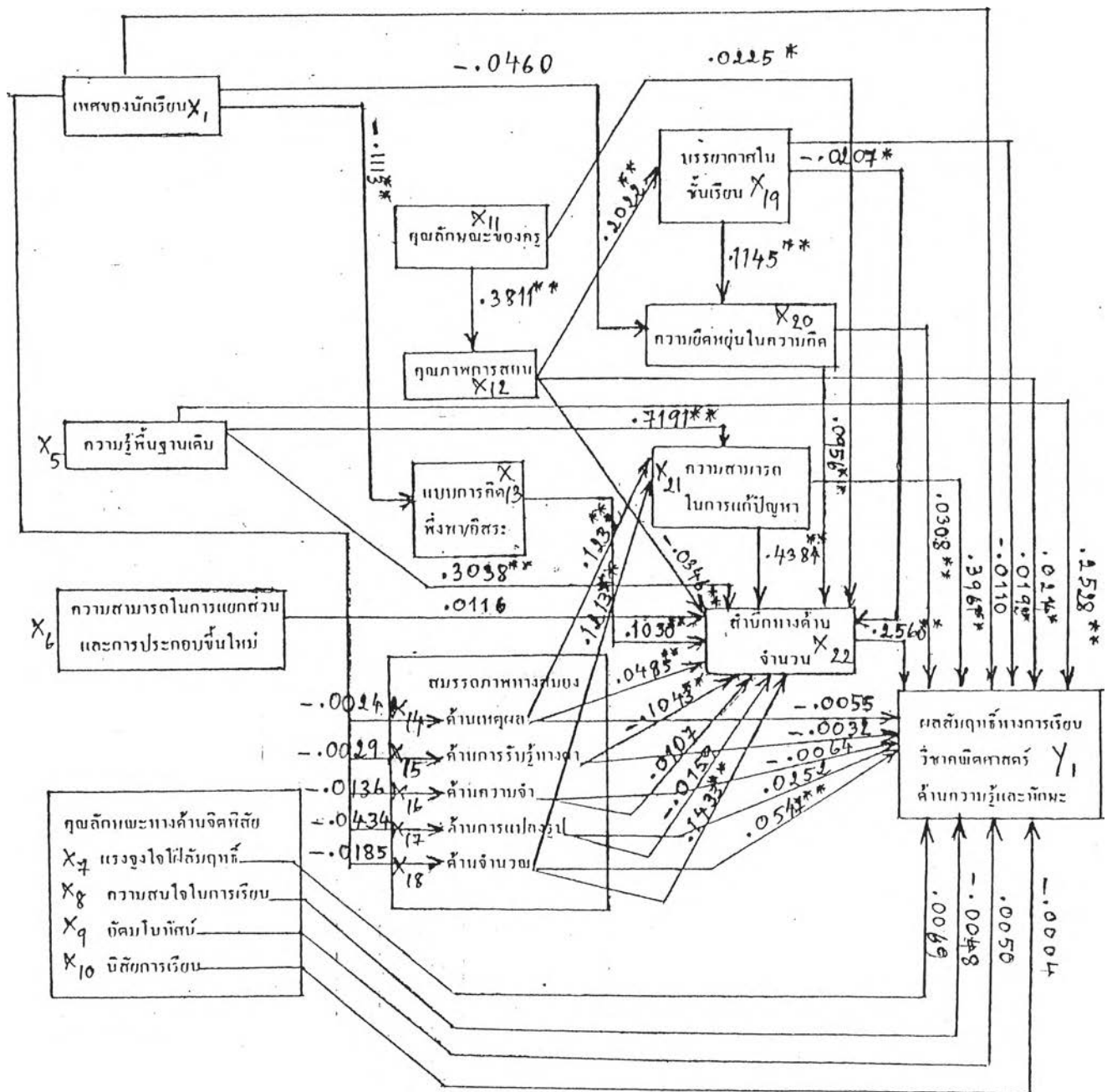
ในการหารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เส้นทางนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางจากรูปแบบสมมติฐาน
ขั้นที่ 2 พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่นัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significance) ที่ระดับ .05 และในขณะเดียวกันก็พิจารณาค่านัยสำคัญทางปฏิบัติควบคู่ไปด้วย โดยถ้าวัดค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางใดที่มีค่าต่ำกว่า .05 ถือว่า ไร้ความหมาย (Kerlinger and Pedhazur 1973 : 318) จึงตัดเส้นทางนั้นทิ้งไป แล้วคำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางจากรูปแบบใหม่ที่ปรับปรุงแล้ว

ขั้นที่ 3 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) จากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางจากการวิเคราะห์ในขั้นที่สอง แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากสูตรของเพียร์สัน ถ้าค่าที่ได้ใกล้เคียงกันมาก ถือว่า รูปแบบนั้นมีความสอดคล้องกับที่มุลเชิงประจักษ์ในระดับสูง (Blalock 1964 : 75) แต่ถ้ามีผลต่างเกิน .05 ขึ้นไป ถือว่า รูปแบบนั้นไม่มีความ

สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (ประทัย เปี่ยมสมบูรณ์ 2527 : 97) ในกรณีนี้จะต้องทำการปรับปรุงรูปแบบใหม่ โดยตัดเส้นทางที่มีผลต่างของคู่สหสัมพันธ์เกิน .05 ทิ้งไป แล้วดำเนินการวิเคราะห์เส้นทางจากรูปแบบที่ปรับปรุงใหม่ โดยดำเนินการเช่นเดียวกับที่ที่ 3 ต่อไป

ผลการวิเคราะห์เส้นทางตามรูปแบบสมมติฐาน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 ดังต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 8 รูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ เมื่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ด้านความรู้ และทักษะ เป็นตัวแปรเกณฑ์ จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1

ตารางที่ 8 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์เส้นทางตามรูปแบบสมมติฐาน ครั้งที่ 1

สมการโครงสร้าง (Structural Equation)	สัมประสิทธิ์ เส้นทาง	ค่าที่	F	R ²	1-R ²	$\sqrt{1-R^2}$
$Z_{12} = P_{12\ 11} Z_{11} + e_{12}$	$P_{12\ 11} = 0.3811$	14.532	211.1925	0.1452	0.8548	0.9246
$Z_{13} = P_{13\ 1} Z_1 + e_{13}$	$P_{13\ 1} = -0.1113$	-3.949	15.5923	0.0124	0.9876	0.9938
$Z_{14} = P_{14\ 1} Z_1 + e_{14}$	$P_{14\ 1} = -0.0244$	-0.859	0.7375	0.0006	0.9994	0.9997
$Z_{15} = P_{15\ 1} Z_1 + e_{15}$	$P_{15\ 1} = -0.0229$	-0.806	0.6501	0.0005	0.9995	0.9997
$Z_{16} = P_{16\ 1} Z_1 + e_{16}$	$P_{16\ 1} = -0.0136$	-0.480	0.2307	0.0002	0.9998	0.9999
$Z_{17} = P_{17\ 1} Z_1 + e_{17}$	$P_{17\ 1} = -0.0434$	-1.531	2.3438	0.0019	0.9981	0.9990
$Z_{18} = P_{18\ 1} Z_1 + e_{18}$	$P_{18\ 1} = -0.0185$	-0.653	0.4262	0.0003	0.9997	0.9998
$Z_{19} = P_{19\ 12} Z_{12} + e_{19}$	$P_{19\ 12} = 0.2022$	7.278	52.9642	0.0409	0.9591	0.9793
$Z_{20} = P_{20\ 1} Z_1 + P_{20\ 19} Z_{20} + e_{20}$	$P_{20\ 1} = -0.0460$ $P_{20\ 19} = 0.1145$	-1.632 4.065	9.4962	0.0151	0.9849	0.9924

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สมการโครงสร้าง (Structural Equation)	สัมประสิทธิ์ เส้นทาง	ค่าที	F ของสมการ	R ²	1-R ²	$\sqrt{1-R^2}$
$Z_{21} = P_{21\ 14}Z_{14} +$	$P_{21\ 14} = 0.1232$	6.395	2009.9357	0.8293	0.1707	0.4132
$P_{21\ 18}Z_{18} +$	$P_{21\ 18} = 0.1213$	5.634				
$P_{21\ 5}Z_5 + e_{21}$	$P_{21\ 5} = 0.7191$	37.689				
$Z_{22} = P_{22\ 5}Z_5 +$	$P_{22\ 5} = 0.3038$	12.706	717.7919	0.8834	0.1166	0.3415
$P_{22\ 6}Z_6 +$	$P_{22\ 6} = 0.0166$	5.689				
$P_{22\ 11}Z_{11} +$	$P_{22\ 11} = 0.0225$					
$P_{22\ 12}Z_{12} +$	$P_{22\ 12} = 0.0346$	-2.713				
$P_{22\ 13}Z_{13} +$	$P_{22\ 13} = 0.1030$	-6.832				
$P_{22\ 14}Z_{14} +$	$P_{22\ 14} = 0.0485$	2.926				
$P_{22\ 15}Z_{15} +$	$P_{22\ 15} = -0.1043$	-6.055				
$P_{22\ 16}Z_{16} +$	$P_{25\ 16} = 0.0107$	0.683				
$P_{22\ 17}Z_{17} +$	$P_{22\ 17} = -0.0159$	-0.827				
$P_{22\ 18}Z_{18} +$	$P_{22\ 18} = 0.1433$	7.342				
$P_{22\ 19}Z_{19} +$	$P_{22\ 19} = -0.027$	-2.055				
$P_{22\ 20}Z_{20} +$	$P_{22\ 20} = 0.0956$					
$P_{22\ 21}Z_{21} +$	$P_{22\ 21} = 0.4384$	18.143				
e_{22}						
$y_1 = P_{y1\ 1}Z_1 +$	$P_{y1\ 1} = 0.0110$	-1.432	1015.3424	0.9297	0.0703	0.2651
$P_{y1\ 5}Z_5 +$	$P_{y1\ 5} = 0.2528$	12.770				
$P_{y1\ 7}Z_7 +$	$P_{y1\ 7} = 0.0069$	0.766				
$P_{y1\ 8}Z_8 +$	$P_{y1\ 8} = -0.0050$	-0.385				
$P_{y1\ 9}Z_9 +$	$P_{y1\ 9} = 0.0048$	0.498				
$P_{y1\ 10}Z_{10} +$	$P_{y1\ 10} = -0.0004$	-0.025				

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สมการโครงสร้าง (Structural Equation)	สัมประสิทธิ์ เส้นทาง	ค่าที่	F	R ²	1-R ²	$\sqrt{1-R^2}$
$P_{y1\ 12}Z_{12} +$	$P_{y1\ 12} =$	0.0214*	2.365			
$P_{y1\ 14}Z_{14} +$	$P_{y1\ 14} =$	-0.0055	-0.427			
$P_{y1\ 15}Z_{15} +$	$P_{y1\ 15} =$	-0.0032	-0.240			
$P_{y1\ 16}Z_{16} +$	$P_{y1\ 16} =$	-0.0064	-0.539			
$P_{y1\ 17}Z_{17} +$	$P_{y1\ 17} =$	0.0252	1.807			
$P_{y1\ 18}Z_{18} +$	$P_{y1\ 18} =$	0.0547**	3.600			
$P_{y1\ 19}Z_{19} +$	$P_{y1\ 19} =$	0.0192*	2.073			
$P_{y1\ 20}Z_{20} +$	$P_{y1\ 20} =$	0.0308*	2.551			
$P_{y1\ 21}Z_{21} +$	$P_{y1\ 21} =$	0.3961**	18.644			
$P_{y1\ 22}Z_{12} + e_{y1}$	$P_{y1\ 22} =$	0.2560**	11.642			

* หมายถึง $p < .05$ ** หมายถึง $p < .01$

จากตารางที่ 8 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient) ที่มีความสำคัญทางสถิติ (Statistical Significance) และทางปฏิบัติ (Practical Significance) มีอยู่ทั้งหมด 18 ค่า ส่วนที่เหลืออีก 24 ค่า เป็นค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ไม่มีความสำคัญทางสถิติและทางปฏิบัติ ซึ่งผู้วิจัยได้ตัดออกไปจากรูปแบบสมมติฐาน นั่นคือ คงเหลือเส้นทางที่อยู่ในรูปแบบที่ปรับปรุงใหม่ทั้งหมด 18 เส้นทาง โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์เส้นทางจากรูปแบบใหม่ได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 10 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์เส้นทางตามรูปแบบสมมติฐานที่ปรับปรุงใหม่ ครั้งที่ 2

สมการโครงสร้าง (Structural Equation)	สัมประสิทธิ์ เส้นทาง	ค่าที่	F	R ²	1-R ²	$\sqrt{1-R^2}$
$Z_{12} = P_{12\ 11} Z_{11} + e_{12}$	$P_{12\ 11} = 0.3811$	14.532	211.1925	0.1452	0.8548	0.9246
$Z_{13} = P_{13\ 1} Z_1 + e_{13}$	$P_{13\ 1} = -0.1113$	-3.949	15.5920	0.0120	0.9880	0.9940
$Z_{19} = P_{19\ 12} Z_{12} + e_{19}$	$P_{19\ 12} = 0.2022$	7.278	52.9642	0.0409	0.9591	0.9793
$Z_{20} = P_{20\ 19} Z_{19} + e_{20}$	$P_{20\ 19} = 0.1138$	4.038	16.3066	0.0130	0.9871	0.9935
$Z_{21} = P_{21\ 5} Z_5 + P_{21\ 14} Z_{14} + P_{21\ 18} Z_{18} + e_{21}$	$P_{21\ 5} = 0.7191$ $P_{21\ 14} = 0.1232$ $P_{21\ 18} = 0.1213$	6.395 5.634 37.639	2009.9357	0.8293	0.1707	0.4132
$Z_{22} = P_{22\ 5} Z_5 + P_{22\ 13} Z_{13} + P_{22\ 14} Z_{11} + P_{22\ 15} Z_{15} + P_{22\ 18} Z_{18} + P_{22\ 20} Z_{20} + P_{22\ 21} Z_{21} + e_{22}$	$P_{22\ 5} = 0.3020$ $P_{22\ 13} = 0.1062$ $P_{22\ 14} = 0.0483$ $P_{22\ 15} = -0.1192$ $P_{22\ 18} = 0.1419$ $P_{22\ 20} = 0.0932$ $P_{22\ 21} = 0.4371$	12.687 7.363 2.912 -8.134 7.545 6.368 18.124	1320.8894	0.8820	0.1180	0.3435

ตารางที่ 9 (ต่อ)

สมการโครงสร้าง (Structural Equation)	สัมประสิทธิ์ เส้นทาง	ค่าที่	F	R ²	1-R ²	$\sqrt{1-R^2}$
$Z_{23} = P_{23\ 5} Z_5 +$	$P_{23\ 5} = 0.2679^{**}$	13.904	3981.7927	0.9278	0.0722	0.0269
$P_{23\ 18} Z_{18} +$	$P_{23\ 18} = 0.0691^{**}$	5.305				
$P_{23\ 21} Z_{21} +$	$P_{23\ 21} = 0.4070^{**}$	19.392				
$P_{23\ 22} Z_{22} + e_{23}$	$P_{23\ 22} = 0.2625^{**}$	12.552				

* หมายถึง $P < .05$ ** หมายถึง $P < .01$

จากตารางที่ 9 ปรากฏผลดังนี้

ในสมการที่ 1 จำนวนคาบที่สอนต่อสัปดาห์ส่งผลต่อคุณลักษณะของครู โดยจำนวนคาบที่สอนต่อสัปดาห์สามารถอธิบายคุณลักษณะของครูได้ประมาณร้อยละ 12.81

ในสมการที่ 2 คุณลักษณะของครูส่งผลต่อคุณภาพการสอน โดยคุณลักษณะของครูสามารถอธิบายคุณภาพการสอนได้ประมาณร้อยละ 14.52

ในสมการที่ 3 เพศส่งผลในทางลบต่อแบบการคิดนึ่งนา/อิสระ โดยเพศสามารถอธิบายแบบการคิดนึ่งนา/อิสระได้ประมาณร้อยละ 1.20

ในสมการที่ 4 คุณภาพการสอนส่งผลต่อบรรยากาศในชั้นเรียน โดยคุณภาพการสอนสามารถอธิบายบรรยากาศในชั้นเรียนได้ประมาณร้อยละ 4.09

ในสมการที่ 5 บรรยากาศในชั้นเรียนส่งผลต่อความยืดหยุ่นในการคิด โดยบรรยากาศในชั้นเรียนสามารถอธิบายความยืดหยุ่นในการคิดได้ประมาณร้อยละ 1.30

ในสมการที่ 6 ความรู้พื้นฐานเดิมเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มากที่สุด รองลงมาคือสมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล และสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวนตามลำดับ โดยตัวแปรทั้งหมดสามารถร่วมกันอธิบายความสามารถในการแก้ปัญหาได้ประมาณร้อยละ 82.93

ในสมการที่ 7 ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ส่งผลต่อสำนักทางด้านจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือความรู้พื้นฐานเดิม สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน สมรรถภาพทางสมองด้านารรับรู้ทางตา แบบการคิดนึ่งนา/อิสระ ความยืดหยุ่นในการคิด และสมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล ตามลำดับ โดยตัวแปรทั้งหมดร่วมกันทำนายสำนักทางด้านจำนวน ได้ประมาณร้อยละ 88.20

ในสมการที่ 8 ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะมากที่สุด รองลงมาคือความรู้พื้นฐาน สำนักทางด้านจำนวน และสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน ตามลำดับ โดยตัวแปรทั้งหมดร่วมกันทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ได้ประมาณร้อยละ 92.78

5. การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างรูปแบบสมมติฐานที่ปรับปรุงใหม่ กับข้อมูลเชิงประจักษ์

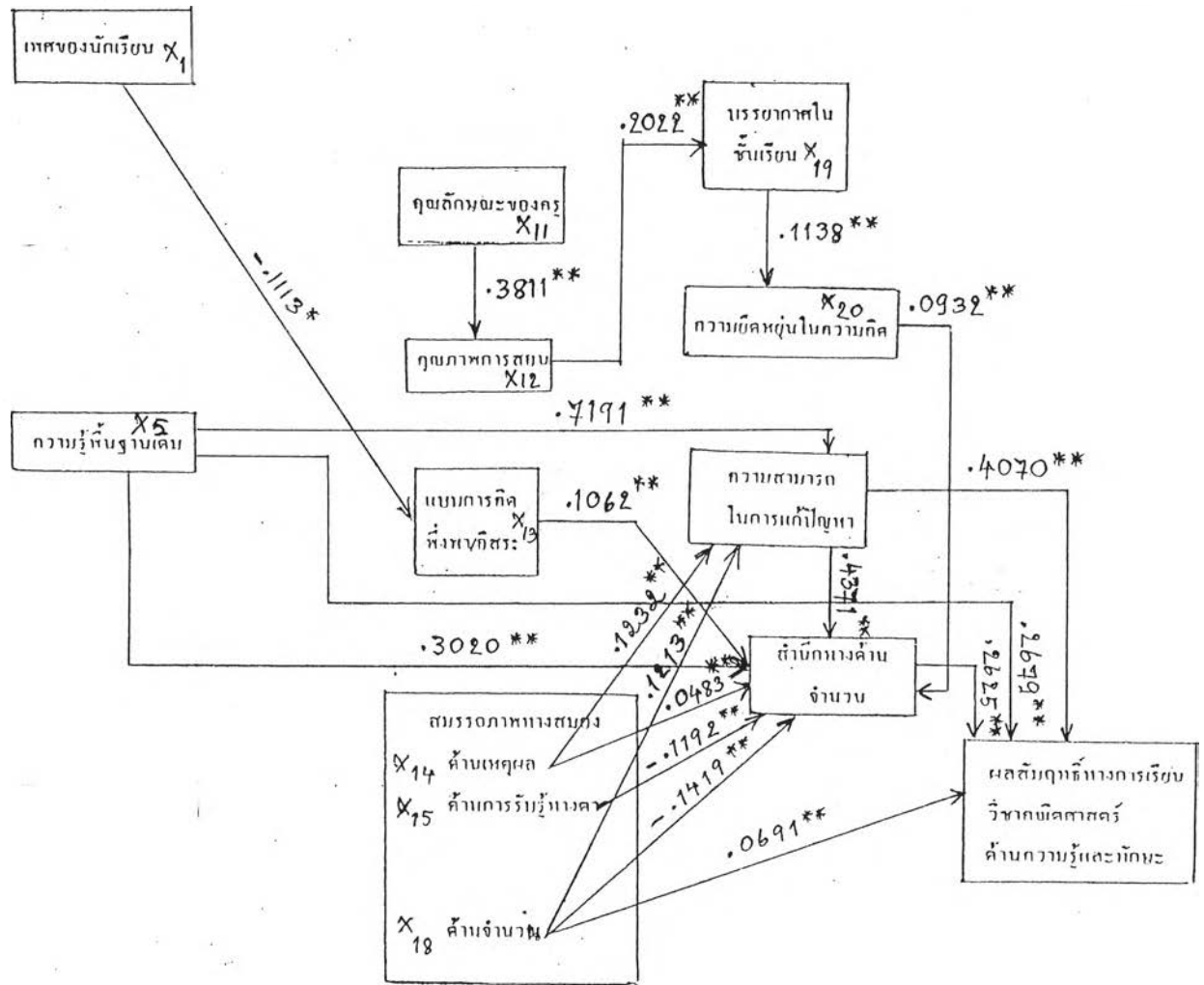
การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างรูปแบบสมมติฐานที่ปรับปรุงใหม่ กับข้อมูลเชิงประจักษ์ กระทำได้โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางตามรูปแบบสมมติฐานที่ปรับปรุงใหม่ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากสูตรของเพียร์สัน ดังปรากฏผลในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณจากสูตรของเพียร์สัน

ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์	$r_{1\ 13}$	$r_{4\ 11}$	$r_{11\ 12}$	$r_{12\ 19}$	$r_{19\ 20}$	$r_{14\ 21}$	$r_{18\ 21}$	$r_{5\ 21}$	$r_{14\ 22}$	$r_{15\ 22}$	$r_{18\ 22}$	$r_{13\ 22}$	$r_{5\ 22}$	$r_{20\ 22}$	$r_{21\ 22}$	$r_{18\ 23}$	$r_{5\ 23}$	$r_{21\ 23}$	$r_{22\ 23}$
จากสูตรของ																			
Pearson	-.1113	.3579	.3810	.2022	.1138	.7232	.7719	.8994	.7407	.6005	.7966	.6724	.8906	.7147	.9103	.7991	.9210	.9402	.9266
จากค่าสัมประสิทธิ์																			
เส้นทาง	-.1113	.3579	.3811	.2022	.1138	.7231	.7718	.8993	.7407	.6005	.7965	.6724	.8905	.7147	.9103	.7990	.9210	.9402	.9265
ค่าความแตกต่าง	.0000	.0000	.0001	.0000	.0000	.0001	.0001	.0001	.0000	.0000	.0001	.0000	.0001	.0000	.0000	.0001	.0000	.0000	.0001

จากตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณจากสูตรของเพียร์สัน ทุกคู่มีค่าใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือมีค่าความแตกต่างไม่เกิน 0.05 แสดงว่า รูปแบบที่ได้รับการปรับปรุงใหม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูง

รูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ปรับปรุงใหม่ ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว ได้แสดงไว้ในแผนภูมิที่ 10



แผนภูมิที่ 10 รูปแนวความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ที่ปรับปรุงใหม่ โดยผ่านการตรวจสอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว

จากแผนภูมิที่ 10 มีรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ ปรากฏดังนี้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะได้รับอิทธิพลที่เห็นสาเหตุทางตรง จากความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากที่สุด กล่าวคือได้รับผลกระทบทางตรงเชิงนิมิตเท่ากับ .4070 รองลงมา ได้แก่ความรู้พื้นฐานเดิม สำนักทางด้านจำนวน และสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน กล่าวคือ ได้รับผลกระทบทางตรงเชิงนิมิตเท่ากับ .2679 .2625 และ .0691 ตามลำดับ และในบรรดาตัวแปรเหล่านี้ ความรู้พื้นฐานเดิมและสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน ส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ โดยทั้งสองตัวแปรต่างก็ส่งผลผ่านมาทางความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และสำนักทางด้านจำนวน ตามลำดับ

สำหรับตัวแปรอื่น ๆ ที่ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีดังนี้
เพศของนักเรียน ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ โดยส่งผลผ่านมาทางแบบการคิดพิจารณา/อิสระ และสำนักทางด้านจำนวน ตามลำดับ

คุณลักษณะของครู ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ โดยส่งผลผ่านมาทางคุณภาพการสอน บรรยากาศในชั้นเรียน ความยืดหยุ่นในการคิด และสำนักทางด้านจำนวน ตามลำดับ

คุณภาพการสอน ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ โดยส่งผลผ่านมาทางบรรยากาศในชั้นเรียน ความยืดหยุ่นในการคิดและสำนักทางด้านจำนวน ตามลำดับ

แบบการคิดพิจารณา/อิสระ ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ โดยส่งผลผ่านมาทางสำนักทางด้านจำนวน

สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ โดยส่งผลผ่านมาทางความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และสำนักทางด้านจำนวน ตามลำดับ

สมรรถภาพทางสมองด้านการรับรู้ทางตา ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ โดยส่งผลผ่านมาทางสำนักทางด้านจำนวน

บรรยากาศในชั้นเรียน ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ โดยส่งผลผ่านมาทางความยืดหยุ่นในการคิด และสำนักทางด้านจำนวน ตามลำดับ

ความยืดหยุ่นในการคิด ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยส่งผลผ่านมาทางสำนักทางด้านจำนวน

ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยส่งผลผ่านมาทางสำนักทางด้านจำนวน

จากผลสรุปที่ได้ เมื่อพิจารณาในรายละเอียดของเส้นทางการความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ เป็นดังนี้

ตัวแปร : เพศ

ผลทางอ้อม

เพศ \longrightarrow แบบการคิดผังพา/อิสระ \longrightarrow สำนักทางด้านจำนวน \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

จากแผนภาพเพศส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยผ่านทางแบบการคิดผังพา/อิสระ และสำนักทางด้านจำนวน ซึ่งผลทางอ้อมมีค่าเท่ากับ $-.0031$

ตัวแปร : ความรู้พื้นฐานเดิม

ผลทางตรง

ความรู้พื้นฐานเดิม \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

ผลทางอ้อม

ความรู้พื้นฐานเดิม \longrightarrow ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

ความรู้พื้นฐานเดิม \longrightarrow ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ \longrightarrow สำนักทางด้านจำนวน \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

ความรู้พื้นฐานเดิม \longrightarrow สำนักทางด้านจำนวน \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

จากแผนภาพความรู้พื้นฐานเดิมส่งผลทางตรงซึ่งนิยามต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ (ผลทางตรง = $.2679$) และส่งผลทางอ้อมผ่านมาทางความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังส่งผลทางอ้อมผ่านมาทางความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และสำนักทางด้านจำนวน ตามลำดับ รวมทั้งส่งผลทางอ้อมผ่านมาทางสำนักทางด้านจำนวนเพียงตัวแปรเดียว (ผลทางอ้อม = $.4545$)

ตัวแปร : คุณลักษณะของครู

ผลทางอ้อม

คุณลักษณะของครู → คุณภาพการสอน → บรรยากาศในห้องเรียน →
 ความยืดหยุ่นในการคิด → สำนักทางด้านจำนวน → ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 วิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

จากแผนภาพคุณลักษณะของครูส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
 ด้านความรู้และทักษะ ผ่านมาทางคุณภาพการสอน บรรยากาศในห้องเรียน ความยืดหยุ่นในการคิด
 และสำนักทางด้านจำนวน ตามลำดับ (ผลทางอ้อม = .0002)

ตัวแปร : คุณภาพการสอน

ผลทางอ้อม

คุณภาพการสอน → บรรยากาศในห้องเรียน → ความยืดหยุ่นในการคิด →
 สำนักด้านจำนวน → ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

จากแผนภาพ คุณภาพการสอนส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
 ด้านความรู้และทักษะ ผ่านมาทาง บรรยากาศในห้องเรียน ความยืดหยุ่นในการคิด และสำนักทาง
 ด้านจำนวนตามลำดับ (ผลทางอ้อม = .0006)

ตัวแปร : แบบการคิดผังพา/อิสระ

ผลทางอ้อม

แบบการคิดผังพา/อิสระ → สำนักทางด้านจำนวน → ผลสัมฤทธิ์ทางการ
 เรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

จากแผนภาพ แบบการคิดผังพา/อิสระ ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
 คณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ ผ่านมาทางสำนักทางด้านจำนวน (ผลทางอ้อม = .0279)

ตัวแปร : สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล

ผลทางอ้อม

สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล → ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 → สำนักทางด้านจำนวน → ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
 ด้านความรู้และทักษะ

สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล \longrightarrow ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล \longrightarrow สำนึกทางด้านจำนวน \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทาง
 การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

จากแผนภาพ สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการ
 เรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ ผ่านมาทางความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 และสำนึกทางด้านจำนวนตามลำดับ

นอกจากนี้ยังส่งผลทางอ้อม ผ่านมาทางสำนึกทางด้านจำนวนโดยไม่ผ่านความสามารถ
 ในการแก้ปัญหา รวมทั้งส่งผลทางอ้อมผ่านมาทางความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดย
 ไม่ผ่านสำนึกทางด้านจำนวน (ผลทางอ้อม = .0268)

ตัวแปร : สมรรถภาพทางสมองด้านการรับรู้ทางตา

ผลทางอ้อม

สมรรถภาพทางสมองด้านการรับรู้ทางตา \longrightarrow สำนึกทางด้านจำนวน \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์
 ทาง การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

จากแผนภาพ สมรรถภาพทางสมองด้านการรับรู้ทางตา ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทาง
 การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ ผ่านทางสำนึกทางด้านจำนวน (ผลทางอ้อม = -.0313)

ตัวแปร : สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน

ผลทางตรง

สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้าน
 ความรู้และทักษะ

ผลทางอ้อม

สมรรถภาพทางด้านจำนวน \longrightarrow ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ \longrightarrow

สำนึกทางด้านจำนวน \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน \longrightarrow ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

\longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน \longrightarrow สำนึกทางด้านจำนวน \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทาง

การ เรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ

จากแผนภาพ สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวนส่งผลทางตรงเชิงนิมิตต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ผลทางตรง = .0691) และส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ผ่านมาทางความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และสำนักทางด้านจำนวน นอกจากนี้สมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน ยังส่งผลทางอ้อมผ่านความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยไม่ผ่านความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (ผลทางอ้อม = .1005)

ตัวแปร : บรรยากาศในห้องเรียน

ผลทางอ้อม

บรรยากาศในห้องเรียน \longrightarrow ความยืดหยุ่นในการคิด \longrightarrow สำนักทางด้านจำนวน
 \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

จากแผนภาพ บรรยากาศในห้องเรียนส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผ่านทางความยืดหยุ่นในการคิด และสำนักทางด้านจำนวน ตามลำดับ (ผลทางอ้อม = .0028)

ตัวแปร : ความยืดหยุ่นในการคิด

ผลทางอ้อม

ความยืดหยุ่นในการคิด \longrightarrow สำนักทางด้านจำนวน \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

จากแผนภาพ ความยืดหยุ่นในการคิดส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผ่านทางสำนักทางด้านจำนวน (ผลทางอ้อม = .0245)

ตัวแปร : ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ผลทางตรง

ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ผลทางอ้อม

ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ \longrightarrow สำนักทางด้านจำนวน \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

จากแผนภาพ ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ส่งผลทางตรงเชิงนิมิตต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ผลทางตรง = .4070) และส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผ่านทางสำนักทางด้านจำนวน (ผลทางอ้อม = .1147)

ตัวแปร : สำนักทางด้านจำนวน

ผลทางตรง

สำนักทางด้านจำนวน \longrightarrow ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

จากแผนภาพ สำนักทางด้านจำนวน ส่งผลทางตรงเชิงนิมิตต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาคณิตศาสตร์ (ผลทางตรง = .2625)

การแยกส่วนความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลของตัวแปรทั้งหมดที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาคณิตศาสตร์

เมื่อแยกส่วนความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลของตัวแปรทั้งหมดที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทาง
การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะ ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การแยกส่วนความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลของตัวแปรทั้งหมดที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ด้านความรู้และทักษะ)

ตัวแปร	ความสัมพันธ์ รวมทั้งหมด	ผลทางตรง	ผลทางอ้อม	ผลรวม
เพศของนักเรียน	-.0374	-	-.0031	-.0031
ความรู้พื้นฐานเดิม	.9210	.2679	.4545	.7224
คุณลักษณะของครู	.0205	-	.0002	.0002
คุณภาพการสอน	.4170	-	.0006	.0006
แบบการคิดพินิจ/อิสระ	.6627	-	.0279	.0279
สมรรถภาพทางสมอง				
ด้านเหตุผล	.7315	-	.0268	.0268
สมรรถภาพทางสมอง				
ด้านการรับรู้ทางตา	.6484	-	-.0313	-.0313
สมรรถภาพทางสมอง				
ด้านจำนวน	.7990	.0691	.1005	.1696
บรรยากาศในห้องเรียน	.1876	-	.0028	.0028
ความยืดหยุ่นในการคิด	.7115	-	.0245	.0245
ความสามารถในการ				
แก้ปัญหาคณิตศาสตร์	.9402	.4070	.1147	.5217
สำนักทางด้านจำนวน	.9265	.2625	-	.2625

จากตารางที่ 11 เมื่อพิจารณาจากผลรวมของความสัมพันธ์ พบว่า ตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะมากที่สุด คือ ความรู้พื้นฐานเดิม รองลงมาคือความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และสำนักทางด้านจำนวน ตามลำดับ ถ้าพิจารณาจากผลทางตรง พบว่า ตัวแปรที่ส่งผลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะมากที่สุด คือความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ รองลงมาคือ ความรู้พื้นฐานเดิม และสำนักทางด้านจำนวน ตามลำดับ และถ้าพิจารณาจากผลทางอ้อม พบว่า ตัวแปรที่ส่งผลทางอ้อม

ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านความรู้และทักษะมากที่สุด คือ ความรู้พื้นฐานเดิม รองลงมาคือ ความสามารถในการแก้โจทย์คณิตศาสตร์ และสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน ตามลำดับ

การแยกส่วนความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลของตัวแปรทั้งหมดที่ส่งผลต่อสำนักทางด้านจำนวน เมื่อแยกส่วนความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลของตัวแปรทั้งหมดที่ส่งผลต่อสำนักทางด้านจำนวน ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การแยกส่วนความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลของตัวแปรทั้งหมดที่ส่งผลต่อสำนักทางด้านจำนวน

ตัวแปร	ความสัมพันธ์ รวมทั้งหมด	ผลทางตรง	ผลทางอ้อม	ผลรวม
เพศของนักเรียน	-.0556	-	-.0118	-.0118
ความรู้พื้นฐานเดิม	.8905	.3020	.3143	.6163
คุณลักษณะของครู	.0317	-	.0003	.0003
คุณภาพการสอน	.3623	-	.0021	.0021
แบบการคิดผังนา/อิสระ	.6724	.1062	-	.1062
สมรรถภาพทางสมอง ด้านเหตุผล	.7407	.0483	.0538	.1022
สมรรถภาพทางสมอง ด้านการรับรู้ทางตา	.6005	-.1192	-	-.1192
สมรรถภาพทางสมอง ด้านจำนวน	.7965	.1419	.0530	.1949
บรรยากาศในชั้นเรียน	.1380	.1138	.0106	.1244
ความยืดหยุ่นในการคิด	.71147	.0932	-	.0932
ความสามารถในการแก้ โจทย์คณิตศาสตร์	.9103	.4371	-	.4371

จากตารางที่ 12 เมื่อพิจารณาจากผลรวมของความสัมพันธ์ พบว่า ตัวแปรที่ส่งผลต่อ
 สำนึกทางด้านจำนวน มากที่สุด คือ ความรู้พื้นฐานเดิม รองลงมา คือ ความสามารถในการ
 แก้ไขหาคณิตศาสตร์ และสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน ตามลำดับ ถ้าพิจารณาจากผลทางตรง
 พบว่า ตัวแปรที่ส่งผลต่อสำนึกทางด้านจำนวนมากที่สุด คือความสามารถในการแก้ไขหาคณิตศาสตร์
 รองลงมาคือ ความรู้พื้นฐานเดิม และสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน ตามลำดับ และถ้าพิจารณา
 จากผลทางอ้อม พบว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อสำนึกทางด้านจำนวนมากที่สุด คือ ความรู้พื้นฐานเดิม รอง
 ลงมาคือ สมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล และสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน ตามลำดับ