

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐาน

1.1 การแจกแจงความถี่ และร้อยละของตัวแปรข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับตัวนักเรียน

1.2 ค่ามัธยฐานเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความเบ้ (Skeness)

และค่าความโค้ง (Kurtosis) ของตัวแปรต่อเนื่องที่ใช้ในการศึกษาโมเดลการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นรายคู่ เป็นการวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สันทั้งหมดใน โมเดล

ตอนที่ 3 โมเดลการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตอนที่ 4 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาของ โมเดลการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 5 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มของ โมเดลการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์หาคะแนนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล

ตอนที่ 7 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่ม

ตอนที่ 1 การนำเสนอตารางค่าสถิติพื้นฐาน

1.1 ตารางแจกแจงความถี่ร้อยละของตัวแปรข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับตัวนักเรียน

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามประเภทของตัวแปรข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับตัวนักเรียน

ตัวแปร	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	232	51.12
หญิง	218	48.88
2. ระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์		
ในชั้น ม.1 ภาคเรียนที่ 1		
0	2	.40
1	81	18.00
2	178	39.60
3	144	32.00
4	45	10.00
3. ระดับคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรวมทุกวิชาในชั้น ม.1 ภาคเรียนที่ 1		
ต่ำกว่า 1.50	8	4.00
1.51 - 2.00	81	18.00
2.01 - 2.50	87	19.30
2.51 - 3.00	144	32.00
3.01 - 3.50	89	19.80
3.51 ขึ้นไป	31	6.90
4. ระดับการศึกษาของบิดา		
สูงกว่าปริญญาตรี	-	-
ปริญญาตรี	62	13.80
อนุปริญญาหรือเทียบเท่า	13	2.90
มัธยมศึกษาปีที่ 6 หรือเทียบเท่า	24	5.30
มัธยมศึกษาปีที่ 3	41	9.10
ประถมศึกษาปีที่ 6	288	64.00
ต่ำกว่าประถมศึกษาปีที่ 6	22	4.90

ตัวแปร	จำนวน	ร้อยละ
5. ระดับการศึกษาของมารดา		
สูงกว่าปริญญาตรี	2	.40
ปริญญาตรี	57	12.70
อนุปริญญาหรือเทียบเท่า	11	2.40
มัธยมศึกษาปีที่ 6 หรือเทียบเท่า	8	1.80
มัธยมศึกษาปีที่ 3	26	5.80
ประถมศึกษาปีที่ 6	310	68.90
ต่ำกว่าประถมศึกษาปีที่ 6	36	8.00
6. รายได้ของบิดามารดารวมกันต่อเดือน		
ต่ำกว่า 5,000 บาท	125	27.80
5,001 - 5,500 บาท	135	30.00
5,501 -10,000 บาท	112	27.10
10,001-20,000 บาท	30	6.60
20,001-25,000 บาท	27	6.00
25,001-30,000 บาท	13	2.80
30,001 ขึ้นไป	8	1.70

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 ตารางค่ามัธยฐานเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโค้ง (Kurtosis) ของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการศึกษาโมเดลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 2 ค่ามัธยฐานเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโค้ง (Kurtosis) ของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการศึกษาโมเดลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

ตัวแปร	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	skewness	Kurtosis
กลุ่มตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน					
ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	20	11.59	3.54	-.03	-.39
ความสามารถในการนำความรู้ไปใช้	20	9.9	4.81	.32	.90
ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	20	9.6	2.90	7.71	14.71
เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์	20	13.62	1.69	2.72	14.42
กลุ่มตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน					
ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	20	14.10	3.41	-.57	-.29
ความสามารถในการนำความรู้ไปใช้	20	13.48	4.17	.09	-.54
ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	20	12.49	2.81	-.55	-.21
เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์	20	14.09	1.78	2.21	10.64
กลุ่มตัวแปรลักษณะนักเรียน					
ความสามารถเชิงเหตุผล	15	10.70	1.89	-.08	.46
ลักษณะนิสัยในการเรียน	25	16.68	1.41	.12	.58
พื้นฐานความรู้เดิม	4	2.33	.9	.09	-6.39
กลุ่มตัวแปรสภาพแวดล้อมทางครอบครัว					
ระดับการศึกษาของบิดามารดา	7	5.28	1.41	1.49	.94
การสนับสนุนและส่งเสริมทางการเรียน	20	14.15	2.15	.23	-1.08
ฐานะทางเศรษฐกิจ	20	15.83	2.75	.56	.15

จากตารางแสดงค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน พบว่าค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความเบ้ ความโค้งของตัวแปรแต่ละตัวแตกต่างกัน โดย ตัวแปรความรู้ความเข้าใจในพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มีค่ามัชฌิมเลขคณิตสูงกว่าตัวแปรตัวอื่นๆ ค่าไคล้เบ้ทางลบ แสดงว่า คนส่วนใหญ่จะมีคะแนนสูงกว่าค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนตัวแปร ความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และตัวแปร เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ มีค่าไคล้เบ้ทางบวก โดยเฉพาะตัวแปร ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีค่าไคล้เบ้ทางบวกสูงมากแสดงว่าคนส่วนใหญ่มีคะแนนต่ำกว่าค่ามัชฌิมเลขคณิต และลักษณะการแจกแจงของข้อมูลไม่เป็นโค้งปกติ

เมื่อพิจารณากลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน พบว่า ค่ามัชฌิมเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความเบ้ ความโค้งของตัวแปรแต่ละตัวไม่แตกต่างกันมากนัก แตกต่างกัน โดย ส่วนใหญ่จะมี ค่าไคล้เบ้ทางลบ แสดงว่า คนส่วนใหญ่จะมีคะแนนสูงกว่าค่ามัชฌิมเลขคณิต ยกเว้น ตัวแปรเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เพียงตัวเดียว มีค่าไคล้เบ้ทางบวก

ในกลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะนักเรียน ตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝงนี้มีค่ามัชฌิมเลขคณิตที่ใกล้เคียงกัน การแจกแจงของตัวแปรเกือบเป็นโค้งปกติ สำหรับตัวแปรสังเกตได้ ระดับพื้นฐานความรู้เดิมนั้นที่มีค่ามัชฌิมเลขคณิตต่ำเพราะผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยซึ่งผู้วิจัยได้ให้คะแนนเต็มเพียง 4 เท่านั้น

ในกลุ่มตัวแปรสภาพแวดล้อมทางครอบครัว ค่ามัชฌิมเลขคณิตของตัวแปรมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน การแจกแจงของตัวแปรเกือบเป็นโค้งปกติ ยกเว้นตัวแปรระดับการศึกษาของบิดามารดา ซึ่งวัดจากข้อคำถามเพียง 2 ข้อ ดังนั้นจึงทำให้ค่ามัชฌิมเลขคณิตของตัวแปรนี้มีค่าต่ำ ค่าความเบ้ของตัวแปรระดับการศึกษาของบิดามารดา มีค่าทางบวก แสดงว่าระดับการศึกษาของบิดามารดาของคนส่วนใหญ่อยู่ในระดับก่อนข้างต่ำ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้

สำหรับการเสนอตารางในส่วนนี้ผู้วิจัยกำหนดคีย์ชื่อย่อภาษาอังกฤษแทนตัวแปรแฝงทั้ง 4 ตัวแปร และตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 14 ตัวแปร ดังนี้

ตัวแปรแฝง

SCIE 1	=	คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียน
SCIE 2	=	คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อหลังเรียน
STD	=	คุณลักษณะของนักเรียน
ENV	=	สภาพแวดล้อมทางครอบครัว

ตัวแปรสังเกตได้

KNO	=	ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน
USE	=	ความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ก่อนเรียน
SK	=	ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน
ATT	=	เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน
PKN	=	ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หลังเรียน
PUS	=	ความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้หลังเรียน
PSK	=	ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน
PAT	=	เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน
REA	=	ความสามารถเชิงเหตุผล
HA	=	นิสัยในการเรียน
BAS	=	พื้นฐานความรู้เดิม
PED	=	ระดับการศึกษาของบิดามารดา
SUP	=	การให้การส่งเสริมและการสนับสนุนทางการเรียน
ECO	=	ฐานะทางเศรษฐกิจ

ตารางที่ 8 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทาง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียน

	REA	HA	BAS	PED	SUP	ECO	KNO	USE	SK	ATT	PKN	PUS	PSK	ATT
REA	1.00**													
HA	.33**	1.00**												
BAS	.44**	.47**	1.00**											
PED	.19**	.12*	.26**	1.00**										
SUP	.20**	.18**	.37**	.32**	1.00**									
ECO	.11*	.05	.11*	.36**	.38**	1.00**								
KNO	.26**	.24**	.30**	.38**	.22**	.16*	1.00**							
USE	.23**	.21*	.28**	.30**	.22**	.10	.46**	1.00**						
SK	.28**	.22**	.19**	.19**	.18**	.22**	.33**	.32**	1.00**					
ATT	.12*	.23**	.11*	.10	.06	.07	.30**	.34**	.19**	1.00**				
PKN	.33**	.28**	.34**	.33**	.25**	.21**	.57**	.50**	.41**	.29**	1.00**			
PUS	.32**	.24**	.28**	.27**	.20**	.12*	.45**	.57**	.35**	.23**	.56**	1.00**		
PSK	.37**	.29**	.37**	.25**	.18**	.23**	.51**	.40**	.38**	.21**	.55**	.47**	1.00**	
PAT	.10	.24**	.16**	.12*	.10	.07	.29**	.33**	.20**	.87**	.32**	.26**	.20**	1.00**

P < .05

** P < .01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

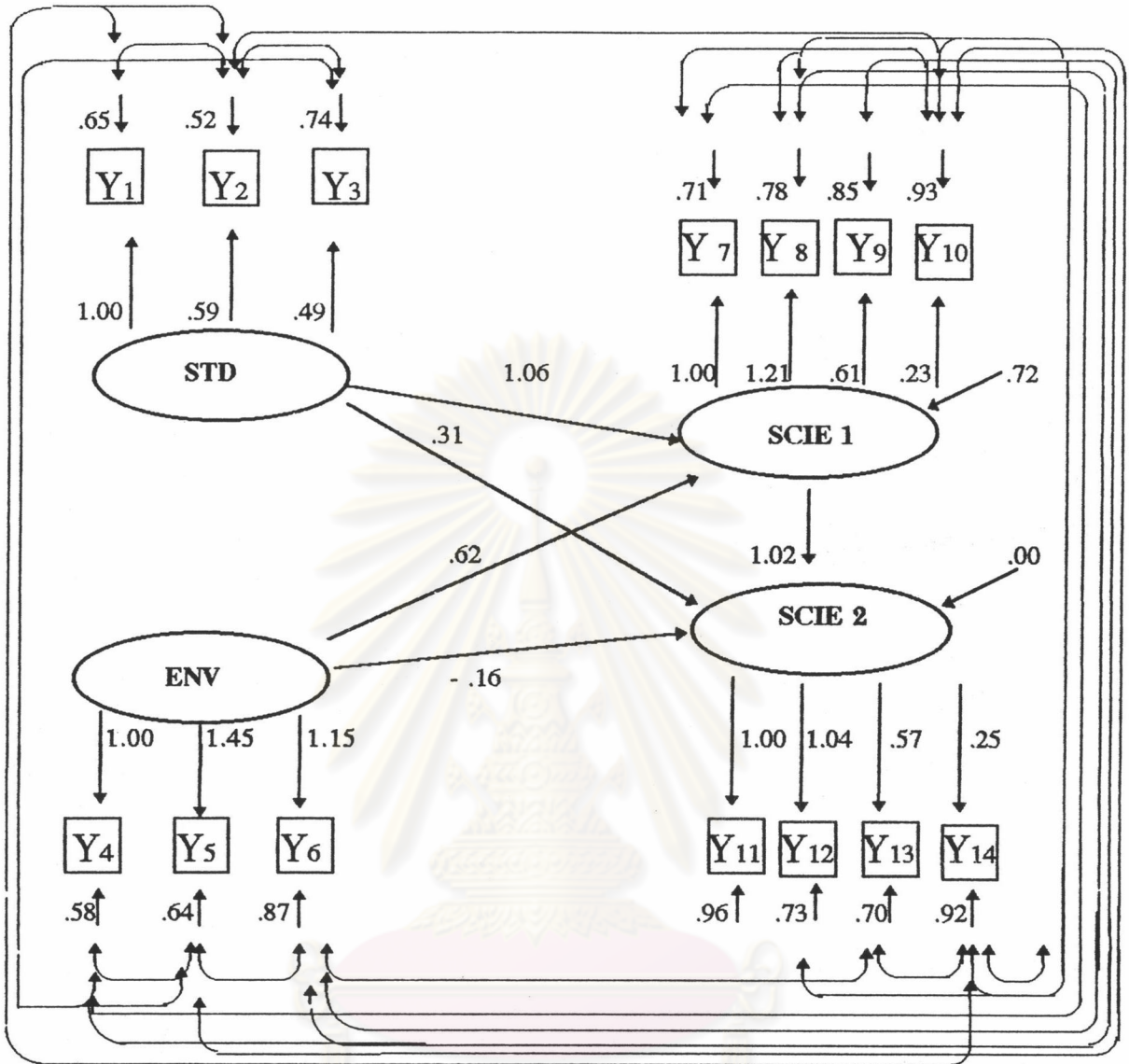
เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ที่อยู่ภายในกลุ่มเดียวกัน ส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความสัมพันธ์อยู่ในช่วง .12 - .56 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อหลังเรียนที่มีค่าสูงสุด คือ ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หลังเรียน (PKN) และความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (PUS) ในกลุ่มตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด คือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หลังเรียน (KNO) และความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (USE) มีค่าเท่ากับ .46 ในกลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะนักเรียน ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด คือ พื้นฐานความรู้เดิม กับนิสัยในการเรียน ในกลุ่มตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัว ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ได้แก่ ฐานะทางเศรษฐกิจและระดับการศึกษาของบิดามารดา มีค่าเท่ากับ .40 สำหรับค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝงอื่นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนใหญ่จะมีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .11 - .87 ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่า กลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียนและหลังเรียนจะมีความสัมพันธ์กันสูงมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลาก่อนเรียนและหลังเรียนนั้น ผู้เรียนที่มีคะแนนคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนสูง ส่วนใหญ่คะแนนหลังเรียนจะสูงด้วย ส่วนผู้ที่มีคะแนนคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนต่ำ ส่วนใหญ่คะแนนหลังเรียนจะต่ำด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะตัวแปร เจตคติทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่า สหสัมพันธ์สูงถึง .87 ซึ่งมีค่าสูงกว่าตัวแปรในกลุ่มตัวแปรแฝงเดียวกัน

เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝง สภาพแวดล้อมทางครอบครัว กับลักษณะนักเรียนจะมีค่าความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ และระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มนี้มีความแตกต่างกันมาก โดยมีค่าสหสัมพันธ์ตั้งแต่ .06 ถึง .37 ซึ่งตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงทั้งสองกลุ่มที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ได้แก่ นิสัยในการเรียนกับการได้รับการสนับสนุนทางการเรียน และตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำสุด ได้แก่ นิสัยในการเรียน กับฐานะทางเศรษฐกิจ

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์โมเดลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

3.1 แผนภาพแสดงเส้นอิทธิพลระหว่างตัวแปรของ โมเดลการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.2 ตารางค่าสถิติผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ โมเดลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์



แผนภาพที่ 8 โมเดลแสดงอิทธิพลของโมเดลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของโมเดลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

ตัวแปรผล ตัวแปรสาเหตุ	SCIE1			SCIE 2		
	TE	IB	DE	TE	IE	DE
STD	1.06** (.17)		1.06** (.17)	1.38** (.18)	1.07** (.20)	.31 (.17)
ENV	.62** (.19)		.62 ** (.19)	.48 * (.17)	.62 * (.21)	-.16 (.12)
SCIE 1				1.02** (.12)		1.02** (.12)

ค่าสถิติ * P < .05 ** P < .01

ไค-สแควร์ = 46.90 ; P = .67 df= 52 GFI = .99 RMR = .14

ตัวแปร Y1 Y2 Y3 Y 4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 Y11 Y12 Y13 Y14
 ความเที่ยง .43 .27 .45 .66 .58 .23 .50 .39 .27 .12 .63 .46 .50 .15
 สมการโครงสร้างตัวแปร STD ENV SCIE1 SCIE2
 R SQUARE - - .47 1.00

เมื่อพิจารณาผลจากตารางผลการวิเคราะห์อิทธิพลของโมเดลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการทดสอบไค-สแควร์ (Chi-Square) มีค่า 46.90 P = 0.67 ที่องศาอิสระ = 52 และ GFI = 0.99 RMR = 0.14 กราฟพิวพล็อตมีความชันกว่าแนวเส้นทแยง มีค่าเสมอเหลือในรูปคะแนนมาตรฐานระหว่างตัวแปรสูงสุด 1.94 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสม (2.00) ค่าความเที่ยงของตัวแปรสังเกตได้ระดับการศึกษาของบิตามารดา มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.66 ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ หรือ R² ตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่า 1.00 ซึ่งแสดงว่าตัวแปรในโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนในตัวแปร คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ได้ในทั้งหมด (อัตราร้อยละ 100)

เมื่อพิจารณาค่าอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมที่ส่งผลต่อตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน พบว่า ตัวแปรคุณลักษณะหลังเรียนนั้น ได้รับอิทธิพลทางตรงจากตัวแปร ตัวแปร

ลักษณะนักเรียน (STD) คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน (SCIE1) และตัวแปรสภาพแวดล้อมทางครอบครัว (ENV) มีค่าเท่ากับ 1.38 , 1.02 และ -1.6 ตามลำดับ

สำหรับตัวแปรลักษณะนักเรียนนั้นนอกจากจะมีอิทธิพลทางตรงต่อตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนสูงสุดแล้วยังมีอิทธิพลทางอ้อมต่อคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน โดยผ่านทางตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนอีกด้วย แสดงให้เห็นว่าตัวแปรคุณลักษณะของนักเรียนมีอิทธิพลต่อทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนทั้งทางตรงและทางอ้อม

เมื่อพิจารณาอิทธิพลจากตัวแปรสภาพแวดล้อมทางครอบครัว พบว่า ค่าผลรวมอิทธิพลจากตัวแปรสภาพแวดล้อมทางครอบครัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าเพียง .48 แต่มีอิทธิพลทางอ้อมสูงถึง .62 และเป็นค่าทางตรง -1.6 แสดงว่าสภาพแวดล้อมทางครอบครัวเป็นสาเหตุให้นักเรียนมีคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนทางอ้อมสูง แต่กลับมีผลทางตรงทำให้คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนต่ำลง

ตอนที่ 4 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาของโมเดลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์โมเดลการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้แสดงผลการวิเคราะห์ในตอน ที่ 3 นั้น เป็นผลการวิเคราะห์เพื่อทดสอบว่าโมเดลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนั้น มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่เพียงใด แต่ในการที่จะนำโมเดลที่พัฒนาขึ้นนั้นมาหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องนั้น หลังจากที่ได้โมเดลการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์แล้วก่อนที่จะนำมาแทนค่าพารามิเตอร์ลงในสมการ โครงสร้างและสมการการวัดเพื่อวิเคราะห์หาคะแนนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนนั้น ผู้วิจัยจำเป็นต้องทำการตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาของโมเดลก่อน เพื่อให้มั่นใจได้ว่าการวัดตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ครั้งนั้น เป็นการวัดตัวแปรแฝงตัวเดียวกันและการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างแท้จริง

สำหรับการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาของตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์นั้นผู้วิจัยได้กำหนดให้โมเดลการวิจัยมีตัวแปรแฝงเพียง 2 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ซึ่งความจริงแล้ว ตัวแปรแฝงทั้ง 2 ตัวนี้ คือตัวแปรแฝงเดียวกัน เพียงแต่ได้ทำการวัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน สำหรับการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาของโมเดลนั้นผู้วิจัยได้กำหนด

ที่แตกต่างกัน สำหรับการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาของ โมเดลนั้นผู้วิจัยได้กำหนด โมเดลในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาเป็น 4 โมเดล ตามเงื่อนไขบังคับ (constraints) ที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น แล้วทำการทดสอบระดับความกลมกลืนของแต่ละโมเดล ดังนี้

โมเดลที่ 1 กำหนดให้ตัวแปรทุกตัวเป็นตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมด โดยให้ตัวแปรแต่ละตัวไม่มีความสัมพันธ์กัน การศึกษาในโมเดลนี้เป็นการศึกษาโมเดลพื้นฐาน (Baseline Model) เพื่อประมาณค่าตัวแปรสังเกตได้

โมเดลที่ 2 กำหนดให้โมเดลประกอบไปด้วยตัวแปรแฝงที่จะทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเพียง 2 ตัวเท่านั้น คือ ตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการกำหนดให้คะแนนจริงของตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนในโมเดลนี้มีความสัมพันธ์กันเป็น 1 ซึ่งในการกำหนดให้คะแนนจริงของตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนในโมเดลนี้มีความสัมพันธ์กันเป็น 1 ผู้วิจัยได้จัดกระทำโดยการกำหนดให้เส้นอิทธิพลระหว่างตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเป็น 1

โมเดลที่ 3 ประกอบด้วยตัวแปรแฝง 2 ตัว เหมือนกับโมเดลที่ 2 แต่ไม่ต้องกำหนดว่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจริงของตัวแปรแฝงแต่ละตัวต้องมีความสัมพันธ์กันเป็น 1

โมเดลที่ 4 กำหนดให้คะแนนจริงของตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โมเดลมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ($r=1$) เหมือนโมเดลที่ 2 แต่จะแตกต่างจากโมเดลที่ 2 ตรงที่ ในโมเดลที่ 4 นี้ จะยอมให้เทอมความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้มีความสัมพันธ์กัน

สำหรับผลการวิเคราะห์ระดับความกลมกลืนของแต่ละโมเดลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาของโมเดลการวัด
คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

โมเดลที่	df	χ^2	GFI
1	28	1637.05 ***	.45
2	20	604.67 ***	.80
3	19	599.64 ***	.82
4	14	6.72	.94

ค่าสถิติ *** P < .001

ผลการทดสอบโมเดลที่ 1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมดโดยไม่มีตัวแปรแฝงเลย และตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวเป็นอิสระต่อกัน ผลการทดสอบ χ^2 มีค่า 1637.05 ที่องศาอิสระ = 28 P < .001 GFI = .45 แสดงให้เห็นว่าโมเดลที่ 1 นี้ ไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

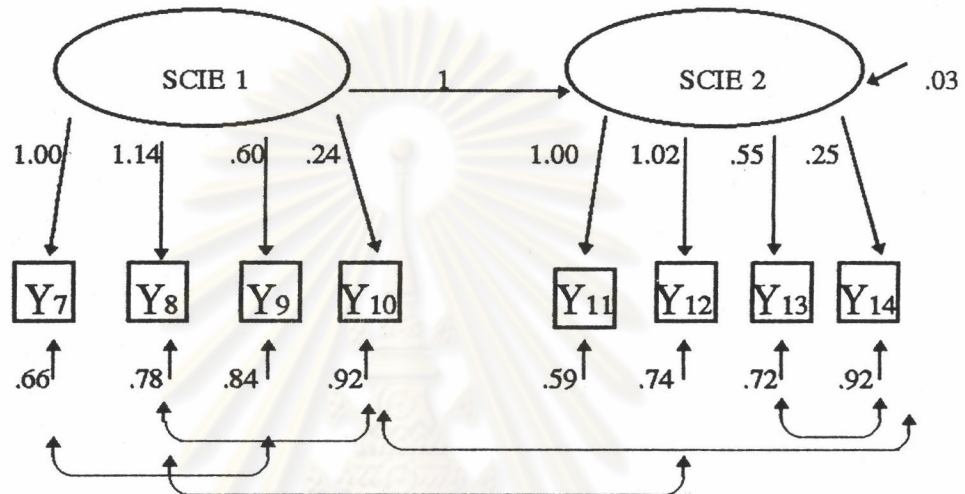
ผลการทดสอบโมเดลที่ 2 เมื่อกำหนดให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียนและหลังเรียน มีความสัมพันธ์กันเป็น 1 โดยไม่ยอมให้เทอมความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวมีความสัมพันธ์กัน ผลการทดสอบ χ^2 มีค่า 604.67 ที่องศาอิสระ = 20 P < .001 GFI = .80 แสดงว่าโมเดลที่ 2 ไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ผลการทดสอบโมเดลที่ 3 เมื่อกำหนดให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นพารามิเตอร์อิสระ โดยไม่ยอมให้เทอมความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวมีความสัมพันธ์กัน ผลการทดสอบ χ^2 มีค่า 599.64 ที่องศาอิสระ = 19 P < .001 GFI = .82 แสดงว่าโมเดลที่ 3 ยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เช่นเดียวกับโมเดลที่ 1 และ 2

ผลการทดสอบโมเดลที่ 4 เมื่อกำหนดให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียนและหลังเรียน มีความสัมพันธ์กันเป็น 1 แต่แตกต่างจากโมเดลที่ 2 ตรงที่โมเดลนี้ยอมให้เทอมความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันได้ ผลการทดสอบ χ^2 มีค่า 6.72 ที่องศาอิสระ = 14 P < .001 GFI = .94 แสดงให้เห็นว่าโมเดลที่ 4 มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีมาก ดังนั้นผลการวิเคราะห์โมเดลที่ 4 จึงเป็นตัวแทนของผลการวิเคราะห์ที่แสดงให้เห็นว่าโมเดลการวัด

การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนั้นมีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลา

สำหรับแผนภาพแสดง โมเดลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีดังนี้



แผนภาพที่ 4 โมเดลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาของการวัดคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

จากผลการทดสอบระดับความกลมกลืนของโมเดลที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่ามีโมเดลที่ 4 เพียงโมเดลเดียวที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงให้เห็นว่าในการวัดตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ครั้ง เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตัวเดียวกันอย่างแท้จริง แต่ทว่าในช่วงเวลาที่ผู้วิจัยทำการวัดคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ครั้งนั้น ได้มีความคลาดเคลื่อนในการวัดเกิดขึ้น ซึ่งความคลาดเคลื่อนในการวัดนั้นอาจเกิดจากพฤติกรรมของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ผู้วิจัยทำการวัดคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ทั้งสองครั้ง หรืออาจเกิดจากปัจจัยบางประการที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีผลทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการวัดเกิดขึ้น จึงทำให้ผลการทดสอบโมเดลที่ 2 และ 3 ไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่เมื่อผู้วิจัยได้ผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นยอมให้มีความคลาดเคลื่อนในการวัดของตัวแปรสังเกตมีความสัมพันธ์กันได้ตามโมเดลที่ 4 จึงทำให้ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาของโมเดลการวัดคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตอนที่ 5 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มของ โมเดลการวัดคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มของโมเดลการวัด (measurement model) มีจุดมุ่งหมาย เพื่อเป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ของโมเดลการวัดระหว่างกลุ่ม โดยการทดสอบความคงที่ของค่าคงที่ของโมเดลการวัด (μ) ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรสังเกตได้บนตัวแปรแฝง (λ) และความคงที่ของความความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้ (ϵ) ของทุกกลุ่ม หากพบว่าค่าพารามิเตอร์ของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันแล้วนักวิจัยก็จะสามารถที่จะแทนค่าในสมการ โครงสร้างและสมการการวัดเพื่อคำนวณหาคะแนนการเปลี่ยนแปลง แล้วทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มได้ แต่ถ้าผลการทดสอบพบว่าค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดเมื่อนำไปวัดกับกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มนั้นไม่เท่ากัน นักวิจัยจำเป็นต้องปรับโมเดลเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลการวัดในแต่ละกลุ่มที่มีความแตกต่างกันก่อนที่จะนำค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้นั้นมาแทนค่าในสมการ เพื่อคำนวณหาคะแนนการเปลี่ยนแปลง หลังจากนั้นจึงนำคะแนนการเปลี่ยนแปลงของแต่ละกลุ่มนั้นมาเปรียบเทียบกัน

การวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มมาวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ ค่ามัชฌิมเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิเคราะห์แยกทีละกลุ่ม ทั้ง 3 กลุ่ม แล้วนำผลการวิเคราะห์ไปเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์โมเดลรวม (combine model) สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ ค่ามัชฌิมเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่ม มีดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้จากข้อมูลนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ที่ศึกษาในจังหวัดกำแพงเพชรที่อยู่ในเขตอำเภอเมือง

	REA	HA	BAS	PED	SUP	ECO	KNO	USE	SK	ATT	PKN	PUS	PSK	ATT
REA	1.00**													
HA	.24**	1.00**												
BAS	.29**	.47**	1.00**											
PED	.34**	.08	.26**	1.00**										
SUP	.28**	.30**	.24**	.37**	1.00**									
ECO	.32**	.10	.23*	.40**	.32**	1.00**								
KNO	.14	.20**	.22**	.21**	.21**	.11	1.00**							
USE	.06	.16	.22**	.19*	.28**	.14	.17	1.00**						
SK	.19*	.14	-.06	.07	.17	.18*	.15	.14	1.00**					
ATT	.19*	.13	.15	.23**	.23**	.21**	.21**	.30**	.10	1.00**				
PKN	.29**	.29**	.29**	.31**	.34**	.19**	.29**	.47**	.28**	.24**	1.00**			
PUS	.22**	.14	.05**	.23**	.22**	.04*	.23**	.51**	.24**	.21**	.63**	1.00**		
PSK	.32**	.26**	.27**	.23**	.25**	.28**	.38**	.30**	.14*	.06**	.45**	.34**	1.00**	
PAT	.18	.11	.15	.27**	.20**	.15	.19*	.33**	.10	.84**	.32**	.34**	.11	1.00**

P < .05

** P < .01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดกำแพงเพชรในเขตอำเภอเมือง พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความสัมพันธ์อยู่ในช่วง .10 - .63 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อหลังเรียนที่มีค่าสูงสุด คือ ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (PKN) และความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (PUS) ในกลุ่มตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด คือ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (ATT) กับความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (USB) มีค่าเท่ากับ .30 ในกลุ่มตัวแปรลักษณะนักเรียน ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด คือ พื้นฐานความรู้เคมี กับลักษณะนิสัยในการเรียน มีค่าเท่ากับ .47 ในกลุ่มตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัว ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ได้แก่ ฐานะทางเศรษฐกิจและระดับการศึกษาของบิดามารดา มีค่าเท่ากับ .40

สำหรับค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝงอื่นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์อยู่ในช่วง .10 - .84 ซึ่งกลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนจะมีความสัมพันธ์กันสูงมาก แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลา ก่อนเรียนและหลังเรียนนั้นซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลา ก่อนเรียนและหลังเรียนนั้น ผู้เรียนที่มีคะแนนคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนสูงส่วนใหญ่คะแนนหลังเรียนจะสูงด้วย ส่วนผู้ที่มีคะแนนคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนต่ำส่วนใหญ่คะแนนหลังเรียนจะต่ำด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะตัวแปรเจตคติทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าสหสัมพันธ์สูงถึง .84 ซึ่งมีค่าสูงกว่าตัวแปรในกลุ่มตัวแปรแฝงเดียวกัน

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝง สภาพแวดล้อมทางครอบครัว กับลักษณะนักเรียนจะมีค่าความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง โดยมีค่าสหสัมพันธ์ตั้งแต่ .20 ถึง .34 ซึ่งตัวแปรสังเกตของตัวแปรแฝงทั้งสองกลุ่มที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ได้แก่ ความสามารถเชิงเหตุผลกับระดับการศึกษาของบิดามารดา และตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำสุด ได้แก่ นิสัยทางการเรียนกับฐานะทางเศรษฐกิจ

ตารางที่ 7 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้จากข้อมูลนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ที่ศึกษาในจังหวัดกำแพงเพชรที่อยู่นอกเขตอำเภอเมือง

	REA	HA	BAS	PED	SUP	ECO	KNO	USE	SK	ATT	PKN	PUS	PSK	ATT
REA	1.00**													
HA	.46**	1.00**												
BAS	.45*	.56**	1.00**											
PED	.11	.07	.06	1.00**										
SUP	.18*	.23**	.25**	.15*	1.00**									
ECO	-.01	-.09	-.29**	.10	.20*	1.00**								
KNO	.36**	.29**	.26**	.21*	.14	.02	1.00**							
USE	.36**	.23**	.02	.22*	.14	.01	.44**	1.00**						
SK	.26**	.21**	-.01	.11	.01	.30**	.35**	.53**	1.00**					
ATT	.34**	.30**	.17	.14	.01	-.00	.37**	.47**	.36**	1.00**				
PKN	.34**	.28**	.12	.14	.20*	.18*	.41**	.47**	.45**	.33**	1.00**			
PUS	.44**	.34**	.18*	.21*	.16	.22*	.41**	.62**	.54**	.33**	.49**	1.00**		
PSK	.34**	.24**	.22**	.03	.06	.23*	.51**	.35**	.48**	.33**	.46**	.46**	1.00**	
PAT	.32**	.28**	.28**	.17*	.01	-.04	.28**	.41**	.37**	.91**	.27**	.30**	.26**	1.00**

P < .05

** P < .01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความสัมพันธ์อยู่ในช่วง .12 - .53 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียนที่มีค่าสูงสุด คือ และความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (USB) กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในกลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด คือ ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หลังเรียน (PKN) และความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (PUS) มีค่าเท่ากับ .49 ในกลุ่มตัวแปรแฝงลักษณะนักเรียน ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด คือ พื้นฐานความรู้เดิม กับนิสัยในการเรียน ในกลุ่มตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัว ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ได้แก่ ฐานะทางเศรษฐกิจกับการให้การส่งเสริมและสนับสนุนทางการเรียน มีค่าเท่ากับ .20 สำหรับค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝงอื่น ที่มีนัยสำคัญทางสถิติจะมีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในช่วง - .29 - .81 กลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียน และหลังเรียนจะมีความสัมพันธ์กันสูงมาก เช่นเดียวกับกับข้อมูลจากกลุ่มนักเรียนที่ศึกษาในเขตอำเภอเมือง

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัว กับลักษณะนักเรียนจะมีค่าความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำและระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรในกลุ่มนี้มีความแตกต่างกันมาก โดยมีค่าสหสัมพันธ์ตั้งแต่ -.09 ถึง .25 ซึ่งตัวแปรสังเกตของตัวแปรแฝงทั้งสองกลุ่มที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ได้แก่ นิสัยทางการเรียนกับฐานะทางเศรษฐกิจ และตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำสุด ได้แก่ พื้นฐานความรู้เดิมกับการให้การส่งเสริมและการสนับสนุนทางการเรียน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้จากข้อมูลนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ที่ศึกษาในกรุงเทพมหานคร

	REA	HA	BAS	PED	SUP	ECO	KNO	USE	SK	ATT	PKN	PUS	PSK	ATT
REA	1.00**													
HA	.31**	1.00**												
BAS	.43**	.52**	1.00**											
PED	.21*	.18	.40**	1.00**										
SUP	.25**	.19*	.39**	.42**	1.00**									
ECO	.20**	.15	.28*	.47**	.43**	1.00**								
KNO	.36**	.25**	.47**	.55**	.40**	.30*	1.00**							
USE	.28	.30	.54**	.46**	.31**	.20*	.60**	1.00**						
SK	.29**	.21*	.22*	.20*	.22**	.20**	.34**	.30**	1.00**					
ATT	.32**	.32**	.45**	.25**	.27**	.09	.52**	.56**	.90**	1.00**				
PKN	.37**	.21*	.50**	.46**	.39**	.35**	.77**	.58**	.39**	.47**	1.00**			
PUS	.31**	.30**	.48**	.34**	.27**	.16	.46**	.59**	.29**	.39**	.55**	1.00**		
PSK	.45**	.33**	.52**	.35**	.35**	.42**	.48**	.44**	.38**	.29**	.55**	.43**	1.00**	
PAT	.30**	.32**	.48**	.28**	.28**	.09	.58**	.61**	.23*	.91**	.57**	.48**	.31**	1.00**

P < .05

** P < .01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ ที่อยู่ภายในกลุ่มเดียวกัน ส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความสัมพันธ์อยู่ในช่วง .19 - .60 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียนที่มีค่าสูงสุด คือ และความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (USE) กับความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับทางวิทยาศาสตร์ (KN) ในกลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด คือ ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หลังเรียน (PKN) และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (PAT) มีค่าเท่ากับ .57 ในกลุ่มตัวแปรแฝงลักษณะนักเรียน ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด คือ พื้นฐานความรู้เดิม กับนิสัยในการเรียน มีค่าเท่ากับ .52 ในกลุ่มตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัว ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ได้แก่ ฐานะทางเศรษฐกิจกับระดับการศึกษาของบิดามารดา มีค่าเท่ากับ .47 สำหรับค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝงอื่นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์อยู่ในช่วง .15 - .91 กลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียนและหลังเรียนจะมีความสัมพันธ์กันสูงมากเช่นเดียวกับข้อมูลจากกลุ่มนักเรียนที่ศึกษาในเขตอำเภอเมือง และนอกเขตอำเภอเมือง ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝง สภาพแวดล้อมทางครอบครัว กับลักษณะนักเรียนจะมีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ตั้งแต่ .15 ถึง .39 ซึ่งตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงทั้งสองกลุ่มที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ได้แก่ นิสัยทางการเรียนกับการได้รับการสนับสนุนทางการเรียน และตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำสุด ได้แก่ ฐานะทางเศรษฐกิจกับนิสัยในการเรียน

ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้จากข้อมูลนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม ให้ข้อค้นพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงทั้ง 4 ตัว ได้แก่ ตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัวและตัวแปรแฝงลักษณะนักเรียน ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มนั้น มีความแตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ที่อยู่ในกลุ่มตัวแปรแฝงเดียวกันจะมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสูง ส่วนค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ที่อยู่ในกลุ่มตัวแปรแฝงต่างกันจะมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรค่อนข้างต่ำ มีสิ่งที่น่าสนใจอีกประการหนึ่ง คือ ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ ฐานะทางเศรษฐกิจ ซึ่งอยู่ในกลุ่มตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัวกับตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรลักษณะนักเรียน จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากกลุ่มนักเรียน ที่อยู่นอกเขตอำเภอเมือง จะมีความสัมพันธ์กันในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า ฐานะทางเศรษฐกิจ ของนักเรียนนอกกลุ่มอำเภอเมือง มีความ

สัมพันธ์ในทางลบกับ ความสามารถเชิงเหตุผล นิสัยในการเรียนและระดับพื้นฐานความรู้เดิม ซึ่ง ข้อมูลในส่วนนี้มีความแตกต่าง ไปจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากกลุ่มนักเรียนที่อยู่ใน กรุงเทพมหานครและนอกเขตอำเภอเมือง

ตารางที่ ๑ ผลการเปรียบเทียบค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของตัวแปร สังเกตได้ ที่ใช้ในการศึกษาโมเดลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะ ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ศึกษาอยู่ในจังหวัด กำแพงเพชร ในเขตอำเภอเมือง นอกเขตอำเภอเมือง และกรุงเทพมหานคร

ตัวแปร	ในอำเภอเมือง		นอกอำเภอเมือง		กรุงเทพมหานคร.	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
กลุ่มตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน						
ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	13.14	2.74	11.39	3.23	11.61	3.93
ความสามารถในการนำความรู้ไปใช้	11.25	4.19	8.28	4.04	10.41	4.87
ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	9.75	4.51	9.08	1.90	10.46	4.21
เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์	13.75	1.05	13.28	1.39	13.58	1.13
กลุ่มตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน						
ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	15.04	3.08	12.98	3.34	14.69	3.47
ความสามารถในการนำความรู้ไปใช้	15.24	3.56	12.51	3.84	14.05	4.25
ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	13.07	2.16	12.19	2.07	12.53	2.27
เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์	14.31	.99	13.64	1.46	13.93	1.28
กลุ่มตัวแปรลักษณะนักเรียน						
ความสามารถเชิงเหตุผล	12.62	1.80	12.79	1.91	12.79	2.06
ลักษณะนิสัยในการเรียน	11.73	1.09	11.46	1.36	11.77	1.42
พื้นฐานความรู้เดิม	2.50	.82	2.20	.84	2.35	.96
กลุ่มตัวแปรสภาพแวดล้อมที่บ้าน						
ระดับการศึกษาของบิดามารดา	2.70	1.40	2.56	1.13	3.04	1.70
การสนับสนุนและส่งเสริมทางการเรียน	14.98	2.50	10.07	2.54	16.33	2.87
ฐานะทางเศรษฐกิจ	2.70	1.40	2.56	1.13	3.04	1.70

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่ามัชฌิมเลขคณิต ของตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มตัวแปรแฝง
คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียนของกลุ่มอำเภอเมืองมีค่าสูงกว่านอกเขต
อำเภอเมืองและกรุงเทพมหานคร ส่วน ค่ามัชฌิมเลขคณิต ของกลุ่มตัวแปรแฝงคุณลักษณะ
นักเรียนและสภาพแวดล้อมทางครอบครัวของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน
เพียงเล็กน้อย

เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ความสามารถด้านทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และตัวแปรความรู้ความเข้าใจพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและ
หลังเรียนจะพบว่ามีค่าค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าคะแนนของตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 2 ตัวแปร
มีการกระจายสูง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลังจากที่ได้วิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ ค่ามัชฌิมเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ จากข้อมูลที่ผู้วิจัยได้รวบรวมมาแล้วทั้งหมดแล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ ค่ามัชฌิมเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้แต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระหว่างกลุ่ม โดยมีการกำหนดเงื่อนไขบังคับ (constraints) ในแต่ละโมเดล เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระหว่างกลุ่ม ตามที่ได้เสนอไว้ใน บทที่ 3 ตามลำดับดังนี้

โมเดลที่ 1 กำหนดให้ตัวแปรทุกตัวเป็นตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมด

โมเดลที่ 2 ทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าคงที่ ของโมเดลการวัด (ν) โดยกำหนดให้ความสัมพันธ์ของคะแนนจริงของตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ เมื่อก่อนเรียนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ($r=1$) แล้วให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรสังเกตได้บนตัวแปรแฝง (λ) และค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด (ϵ) เป็นพารามิเตอร์อิสระ แล้วกำหนดให้ค่าคงที่ของทุกกลุ่มมีค่าเป็นศูนย์

โมเดลที่ 3 ทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรสังเกตได้บนตัวแปรแฝง (λ) โดยกำหนดให้ความสัมพันธ์ของคะแนนจริงของตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อก่อนเรียนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ($r=1$) ในโมเดลนี้นอกจากจะกำหนดให้ค่าคงที่ของโมเดลการวัด (ν) ของทุกกลุ่มเท่ากันแล้วยังได้กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรสังเกตได้บนตัวแปรแฝง (λ) ในแต่ละกลุ่มให้เท่ากันด้วย

โมเดลที่ 4 ทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด (ϵ) โดยกำหนดให้ความสัมพันธ์ของคะแนนจริงของตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ เมื่อก่อนเรียนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ($r=1$) และได้กำหนดให้ค่าคงที่ของโมเดลการวัด (ν) ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรสังเกตได้บนตัวแปรแฝง (λ) และค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด (ϵ) ของทุกกลุ่มเท่ากัน

ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มของโมเดลการวัดแต่ละโมเดลมีดังนี้
 ตารางที่ 10 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มของค่าพารามิเตอร์ของโมเดล
 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

โมเดลที่	df	χ^2	GFI
1	273	-	
2	204	292.20 ***	.92
3	232	359.94***	.78
4	283	1494.61***	.52

ค่าสถิติ *** P < .001

จากตารางแสดงผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลที่ 1 นั้น เนื่องจากการวิเคราะห์ครั้งนี้มีจำนวนตัวแปรอิสระถึง 14 ตัวแปร ด้วยข้อจำกัดในด้านพื้นที่ในการวิเคราะห์ของโปรแกรมจึงทำให้ไม่สามารถที่ประมาณค่า χ^2 ของโมเดลที่ 1 ได้

ผลการทดสอบโมเดลที่ 2 เมื่อผู้วิจัยกำหนดให้ค่าคงที่ของโมเดลการวัด (ψ) มีค่าเท่ากันทุกกลุ่ม ผลการทดสอบ χ^2 มีค่า 292.20 ที่องศาอิสระ = 204 P < .00 GFI = .92

ผลการทดสอบโมเดลที่ 3 เมื่อผู้วิจัยกำหนดให้ค่าคงที่ของโมเดลการวัด (ψ) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรสังเกตได้บนตัวแปรแฝง (λ) มีค่าเท่ากันทุกกลุ่ม ผลการทดสอบ χ^2 มีค่า 359.94 ที่องศาอิสระ = 232 P < .00 GFI = .89

ผลการทดสอบโมเดลที่ 4 เมื่อผู้วิจัยกำหนดให้ค่าคงที่ของสมการการวัด (ψ) , ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรสังเกตได้บนตัวแปรแฝง (λ) และค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดของตัวแปรสังเกตได้ (ϵ) มีค่าเท่ากันทุกกลุ่ม ผลการทดสอบ χ^2 มีค่า 1494.61 ที่องศาอิสระ = 283 P < .00 GFI = .52

ผลจากการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มของทั้ง 4 โมเดล ทำให้สามารถสรุปได้ว่าทั้ง 3 โมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เลย ซึ่งแสดงให้เห็นค่าคงที่ของโมเดลการวัด (ψ) ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรสังเกตได้บนตัวแปรแฝง (λ) และค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดของแต่ละกลุ่มนั้นมีความแตกต่างกัน

เมื่อผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มของโมเดลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ในในการศึกษาครั้งนี้ ให้ข้อค้นพบว่าในการวัดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้ ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลการวัดในแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าโมเดลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความแปรเปลี่ยนไปเมื่อนำไปใช้ในกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกัน ซึ่งหากผู้วิจัยนำโมเดลการวัดนี้ไปวัดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละกลุ่ม แล้วนำผลการวัดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละกลุ่มนั้นมาเปรียบเทียบกัน จะทำให้ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้เพราะโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างนี้เป็นผลมาจากความแปรเปลี่ยนของโครงสร้างความสัมพันธ์หรือแบบแผนองค์ประกอบของตัวแปรเมื่อศึกษากับกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกัน ดังนั้น ในการที่จะหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงของแต่ละกลุ่มแล้วนำคะแนนการเปลี่ยนแปลงของแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกันนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมิสมการในการคำนวณคะแนนการเปลี่ยนแปลงของแต่ละกลุ่มที่มีค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับโมเดลเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการวัดและสมการโครงสร้างของแต่ละกลุ่มที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบหลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการปรับโมเดลจนกระทั่งได้ทำให้โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ผลการทดสอบครั้งสุดท้าย χ^2 มีค่า 288.54 ที่องศาอิสระ = 299 $P = .49$ $GFI = .94$ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่ได้จากการทดสอบครั้งสุดท้ายนี้เป็นตัวแทน และนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้ไปแทนค่าในสมการการวัดและสมการโครงสร้าง เพื่อคำนวณหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงของแต่ละกลุ่ม ซึ่งผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแต่ละกลุ่มมีดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลสมการโครงสร้างและสมการการวัด
จำแนกตามกลุ่มที่ตั้งโรงเรียน

ค่าพารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่เท่ากัน (common parameters)	ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เท่ากัน (uncommon parameters)			
		อำเภอเมือง	นอกอำเภอเมือง	กรุงเทพฯ ฯ	
ν_1	12.73	ν_2	11.63	12.51	11.63
ν_3	2.36	α_1	.00	.13	.13
ν_4	2.64	α_2	.00	.40	.40
ν_5	13.98	α_3	.00	-1.63	.89
ν_6	15.49	ψ_{21}	.78	.78	.16
ν_7	13.02	ψ_{22}	1.00	.29	1.00
ν_8	11.07	θ_{11}	7.26	2.34	7.26
ν_9	11.33	θ_{22}	3.66	1.45	3.66
ν_{10}	13.78	θ_{33}	1.47	.43	1.47
ν_{11}	15.14	θ_{44}	4.47	1.01	4.47
ν_{12}	15.14	θ_{55}	8.03	3.47	8.03
ν_{13}	13.38	θ_{66}	13.88	5.71	13.88
ν_{14}	14.27	θ_{77}	23.28	7.08	23.54
α_4	.00	θ_{88}	34.28	7.17	34.28
β_{31}	1.38	θ_{99}	32.06	1.87	32.06
β_{32}	.18	$\theta_{10\ 10}$	2.11	1.45	2.11
β_{41}	-.20	$\theta_{11\ 11}$	15.29	5.70	15.29
β_{42}	.11	$\theta_{12\ 12}$	26.97	6.38	26.97
λ_{11}	1.00	$\theta_{13\ 13}$	8.12	2.84	8.12
λ_{21}	.53	$\theta_{14\ 14}$	2.63	1.80	2.63
λ_{31}	1.00	$\theta_8\ 1$	-1.41	.03	-.69
λ_{42}	1.00	$\theta_9\ 3$	-.72	-.51	-.27
λ_{52}	1.35	$\theta_{12\ 6}$	-1.11	-.50	-1.22
λ_{62}	1.48	$\theta_{12\ 8}$	1.43	1.50	1.61
λ_{73}	1.00	$\theta_{13\ 7}$	.50	1.48	.31

ค่าพารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่เท่ากัน (common parameters)	ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เท่ากัน (uncommon parameters)			
		อำเภอเมือง	นอกอำเภอเมือง	กรุงเทพฯ ฯ	
λ_{93}	.81	$\theta_{14\ 13}$	-.13	-.10	-.18
$\lambda_{10\ 3}$	.32	$\theta_{14\ 3}$	.00	.17	.00
$\lambda_{11\ 4}$	1.00	$\theta_{8\ 3}$	.00	-1.06	.00
$\lambda_{12\ 4}$	1.13	$\theta_{6\ 3}$	.00	-.56	.00
$\lambda_{13\ 4}$	.48	$\theta_{6\ 9}$	.00	8.12	.00
$\lambda_{14\ 4}$	.24	$\theta_{5\ 3}$	.00	1.42	.00
		$\theta_{13\ 6}$	.00	1.00	.00
		$\theta_{9\ 5}$	.00	-.54	.00
		$\theta_{2\ 1}$	.00	.44	.00
		$\theta_{11\ 3}$	.00	-.52	.00
		$\theta_{11\ 6}$	.00	1.37	.00
		$\theta_{13\ 9}$	.00	.46	.00
		$\theta_{7\ 4}$	.00	.44	.00

ค่าสถิติ $\chi^2 = 228.54$ $P = .49$ $df = 229$ $GFI = .94$

- α แทน เวกเตอร์จุดตัดแกน (intercept) หรือค่าเฉลี่ยหรือค่าคงที่ของตัวแปรแฝงภายใน
- ν แทน เวกเตอร์จุดตัดแกน (intercept) หรือค่าเฉลี่ยหรือค่าคงที่ของตัวแปรสังเกตได้
- θ แทน ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรสังเกตได้
- λ แทน สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรสังเกตได้บนตัวแปรแฝง
- ψ แทน ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง
- β แทน อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงภายใน

จากตารางผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ โมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ของแต่ละกลุ่มนั้นจะมีบางค่าที่เท่ากันและมีบางค่าที่ไม่เท่ากัน ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่เท่ากันในทุกกลุ่ม แสดงว่า ค่าพารามิเตอร์ค่านั้นมีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม

สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่มีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม ได้แก่ ค่าคงที่ของโมเดลการวัดการวัดของตัวแปรสังเกตได้ (ψ) จำนวน 13 ตัว มีเพียงค่าคงที่ของตัวแปรสังเกตได้ นิสัยในการเรียน (ψ_2) เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม เมื่อพิจารณาในส่วนนี้ทำให้สามารถที่จะอธิบายได้ว่า มีความแตกต่างของโมเดลการวัดเกิดขึ้นระหว่างกลุ่ม ในด้านการวัดตัวแปรนิสัยในการเรียนของนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนนอกเขตอำเภอเมือง ค่าคงที่ของโมเดลการวัดจึงมีความแตกต่างไปจากกลุ่มอื่น ๆ

สำหรับอิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝง (β) ก็จะพบว่าทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าค่าอิทธิพลของตัวแปรแฝงที่มีต่อตัวแปรแฝง ในแต่ละกลุ่มนั้นไม่มีความแปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม

เมื่อพิจารณาค่าคงที่ของตัวแปรแฝง (α) แต่ละตัวในแต่ละกลุ่ม พบว่า ค่าคงที่ของตัวแปรแฝงลักษณะนักเรียน ตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัว ตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน ยกเว้นค่าคงที่ของตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเท่านั้นที่มีค่าเท่ากันในทุกกลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนในแต่ละกลุ่มมีคุณลักษณะของนักเรียน สภาพแวดล้อมทางครอบครัวและคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนที่เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนที่แตกต่างกัน โดย ค่าคงที่ของตัวแปรแฝงนักเรียน ตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัว ของนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในกรุงเทพมหานคร ในจังหวัดกำแพงเพชรนอกเขตอำเภอเมืองมีค่าเท่ากัน คือ .13 และ .40 ตามลำดับ ค่าคงที่ของตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนในกลุ่มนักเรียนที่ศึกษาอยู่นอกเขตอำเภอเมืองมีค่าเท่ากับ -1.63 ค่าคงที่ของตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนในกลุ่มนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในกรุงเทพมหานครมีค่าเท่ากับ .89 สำหรับค่าคงที่ของตัวแปรแฝงนักเรียน ตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัว ตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนในเขตอำเภอเมืองผู้วิจัยได้กำหนดค่าให้มีค่าเป็นศูนย์

เมื่อพิจารณาที่ค่าความความคลาดเคลื่อนในการวัด จะพบว่าความความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนในการวัดมาก จึงมีผลทำให้การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มของโมเดลการวัดเมื่อมีการกำหนดให้ความความคลาดเคลื่อนในการวัด (ϵ) ของทุกกลุ่มเท่ากัน ให้ผลการทดสอบที่มีค่า χ^2 ที่สูงมาก

ตอนที่ 6 คะแนนการเปลี่ยนแปลงเป็นรายบุคคล

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลาและและได้ค่าพารามิเตอร์ที่จะนำไปใช้แทนค่าในสมการวัดและสมการ โครงสร้างของแต่ละกลุ่มแล้ว นักวิจัยก็สามารถที่จะทำการวัดคะแนนการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนได้โดยการนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณค่าของโมเดลสมการโครงสร้างที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มาแทนค่าในสมการ แล้วคำนวณหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนเป็นรายบุคคล ดังนี้

จากโมเดลสมการโครงสร้าง

โมเดลสมการโครงสร้าง

$$E(\eta_3) = \alpha_3 + \beta_{31} E(\eta_1) + \beta_{32} E(\eta_2)$$

$$E(\eta_4) = \alpha_4 + \beta_{41} E(\eta_1) + \beta_{42} E(\eta_2) + \beta_{43} E(\eta_3)$$

จากนั้นจึงคำนวณหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงโดยนำ $E(\eta_4) - E(\eta_3)$

ดังนั้นจึงเขียนเป็นสมการ โครงสร้างสำหรับหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละกลุ่มได้ดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่กำลังศึกษาใน โรงเรียนจังหวัดกำแพงเพชรที่อยู่ในเขตอำเภอเมือง

$$SCIE\ 1 = 0 + 1.38 (STD) + .18 (ENV)$$

$$SCIE\ 2 = 0 + (-.20) (STD) + .11 (ENV) + 1.4 (SCIE\ 1)$$

กลุ่มนักเรียนที่กำลังศึกษาใน โรงเรียนจังหวัดกำแพงเพชรที่อยู่นอกเขตอำเภอเมือง

$$SCIE\ 1 = -1.63 + 1.38 (STD) + .18 (ENV)$$

$$SCIE\ 2 = 0 + (-.20) (STD) + .11 (ENV) + 1.4 (SCIE\ 1)$$

กลุ่มนักเรียนที่กำลังศึกษาในโรงเรียนในเขตกรุงเทพมหานคร

$$SCIE\ 1 = -.89 + 1.38 (STD) + .18 (ENV)$$

$$SCIE\ 2 = 0 + (-.20) (STD) + .11 (ENV) + 1.4 (SCIE\ 1)$$

สำหรับการประมาณคะแนนจริงของตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัวและคะแนนจริงของตัวแปรแฝงลักษณะนักเรียนนั้นสามารถที่จะคำนวณได้จาก ผลคูณระหว่างคะแนนดิบจากการวัดตัวแปรสังเกตแต่ละตัวที่เป็นตัวแปรองค์ประกอบของตัวแปรแฝงนั้นกับสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (factor scores regressions) ที่ได้มาจากผลการวิเคราะห์โมเดลที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยโปรแกรมลิสเรล ซึ่งสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (factor scores regressions) ของแต่ละกลุ่ม มีดังนี้

ตารางที่ 12 สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบของตัวแปรแฝงคุณลักษณะนักเรียนและสภาพแวดล้อมทางครอบครัว จำแนกตามกลุ่มโรงเรียนที่ศึกษา

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (factor scores regressions)		
	อำเภอเมือง	นอกเขตอำเภอเมือง	กรุงเทพมหานคร
ตัวแปรแฝงลักษณะนักเรียน			
ความสามารถเชิงเหตุผล	.13	.06	.06
นิสัยในการเรียน	.05	-.14	.05
พื้นฐานความรู้เดิม	.28	1.05	.13
ตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัว			
ระดับการศึกษาของบิดามารดา	.22	.17	.10
การสนับสนุนและส่งเสริม	.13	.06	.08
ฐานะทางเศรษฐกิจ	.09	.06	.05

สำหรับผลการวิเคราะห์หาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเป็นรายบุคคลและการเขียนคำสั่งในโปรแกรมการวิเคราะห์นั้นผู้วิจัยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง

ตอนที่ 7 การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนจริงก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ จำแนกตามกลุ่มโรงเรียน

ตารางที่ 18 ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนจริงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียนและคะแนนการเปลี่ยนแปลง จำแนกตามกลุ่มโรงเรียน

ตัวแปร	N	\bar{X}	S.D.
นักเรียนในจังหวัดกำแพงเพชรที่			
อยู่ในเขตอำเภอเมือง	150		
คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน		4.12	.52
คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน		5.89	1.62
คะแนนการเปลี่ยนแปลง		1.77	.19
นักเรียนในจังหวัดกำแพงเพชรที่			
อยู่นอกเขตอำเภอเมือง	150		
คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน		4.12	.50
คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน		5.84	.71
คะแนนการเปลี่ยนแปลง		1.72	.22
นักเรียนในกรุงเทพมหานคร			
	150		
คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน		4.24	.60
คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน		6.06	.85
คะแนนการเปลี่ยนแปลง		1.82	.26

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนจริงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน และคะแนนการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ได้ผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เพื่อเปรียบเทียบค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนจริง คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ศึกษาในจังหวัดกำแพงเพชรในเขตอำเภอเมือง นอกเขตอำเภอเมือง และกรุงเทพมหานคร

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F-ratio	F-prob.
ระหว่างกลุ่ม	2	1.52	.76	2.58	.07
ภายในกลุ่ม	447	131.96	.29		
รวม	449	343.43			

จากตารางที่ 14 พบว่า ยังไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะมาสนับสนุนว่าค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนจริงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนที่ศึกษาในจังหวัดกำแพงเพชรในเขตอำเภอเมือง นอกเขตอำเภอเมือง และนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในกรุงเทพมหานคร มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เพื่อเปรียบเทียบค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนจริงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ศึกษาอยู่ในจังหวัดกำแพงเพชรในเขตอำเภอเมือง นอกเขตอำเภอเมือง และกรุงเทพมหานคร

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F-ratio	F-prob.
ระหว่างกลุ่ม	2	3.89	1.95	3.42	.03
ภายในกลุ่ม	447	254.78	.57		
รวม	449	258.67			

จากตารางที่ 15 พบว่า มีอย่างน้อย 1 กลุ่ม ที่มีค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนจริงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบภายหลัง ค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนจริงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดย Tukey' s T Test

กลุ่ม	\bar{X}	ในเขตอำเภอเมือง	นอกเขตอำเภอเมือง	กรุงเทพมหานคร
ในเขตอำเภอเมือง	5.89	-	-	-
นอกเขตอำเภอเมือง	5.84	-	-	-
กรุงเทพมหานคร	6.06	-	.22 *	-

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบภายหลังโดยวิธีของ Tukey พบว่า ค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนจริงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ของนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในกรุงเทพมหานคร สูงกว่า นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในจังหวัดกำแพงเพชรนอกเขตอำเภอเมือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เพื่อเปรียบเทียบค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนการเปลี่ยนแปลง คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ศึกษาในจังหวัดกำแพงเพชรในเขตอำเภอเมือง นอกเขตอำเภอเมือง และ กรุงเทพมหานคร

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F-ratio	F- prob.
ระหว่างกลุ่ม	2	.61	.31	5.97	.002
ภายในกลุ่ม	447	22.99	.05		
รวม	449	23.60			

จากตารางที่ 17 พบว่า มีอย่างน้อย 1 กลุ่ม ที่มีค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบภายหลัง ค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนการเปลี่ยนแปลง
คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์โดย Tukey' s T Test

กลุ่ม	\bar{X}	ในเขตอำเภอเมือง	นอกเขตอำเภอเมือง	กรุงเทพมหานคร
ในเขตอำเภอเมือง	1.77	-	-	-
นอกเขตอำเภอเมือง	1.72	-	-	-
กรุงเทพมหานคร	1.81	-	.09 *	-

จากผลการเปรียบเทียบภายหลัง พบว่า ค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนการเปลี่ยนแปลง
คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในกรุงเทพมหานคร สูงกว่า นักเรียนที่ศึกษาอยู่
ในจังหวัดกำแพงเพชรนอกเขตอำเภอเมือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย