บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของพัฒนาการทางด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการใช้การฝึกทางการเรียนที่แตกต่างกันคือ การใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการและการฝึกปกติ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ในขั้นวิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล และวิเคราะห์ค่าดัชนีที่บ่งบอกประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 5 ของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2548 จำนวน 140 คน ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนจากการวัดของทั้ง 3 ตัวแปร ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (one-way analysis of variance with repeated measures) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปร 3 ตัวแปรจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความตรงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยตัวแปร 2 ประเภท ได้แก่ตัวแปรจัดกระทำ (TREAT) และตัวแปรตามซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ตัวแปรสังเกตได้ และตัวแปรแฝง ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อภาษาอังกฤษ ที่ใช้สื่อความหมายแทนค่าสถิติชื่อตัวแปรที่สังเกตได้ และชื่อตัวแปรแฝงที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้คือ

ตัวแปรจัดกระทำ

TREAT หมายถึง ตัวแปรรูปแบบการฝึก มี 2 แบบได้แก่ การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) และการฝึกปกติ

ตัวแปรสังเกตได้

ACH1 หมายถึง คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1

ACH2 หมายถึง คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2

ACH3	หมายถึง	คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 3
ACH4	หมายถึง	คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 4
ATT1	หมายถึง	คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1
ATT2	หมายถึง	คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2
ATT3	หมายถึง	คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 3
ATT4	หมายถึง	คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 4
PRO1	หมายถึง	คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1
PRO2	หมายถึง	คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2
PRO3	หมายถึง	คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 3
PRO4	หมายถึง	คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 4

ตัวแปรแฝง

LEVEL	หมายถึง	ตัวแปรแฝงที่เป็นผลจากการวัดครั้งแรก
SLOPE	หมายถึง	ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง
SLEVEL	หมายถึง	ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงผลการวัดครั้งแรก
SSLOPE	หมายถึง	ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงความชัน
EACH2	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนจากการวัดครั้งที่ 2 ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์
EACH3	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนจากการวัดครั้งที่ 3 ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์
EACH4	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนจากการวัดครั้งที่ 4 ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์
EATT2	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนจากการวัดครั้งที่ 2 ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์
EATT3	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนจากการวัดครั้งที่ 3 ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์
EATT4	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนจากการวัดครั้งที่ 4 ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์
EPRO2	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนจากการวัดครั้งที่ 2 ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

EPRO3 หมายถึง ความคลาดเคลื่อนจากการวัดครั้งที่ 3 ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

EPRO4 หมายถึง ความคลาดเคลื่อนจากการวัดครั้งที่ 4 ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ค่าสถิติที่ใช้

$\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ย (mean)

S.D. หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(standard deviation)

C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย(coefficient of variation)

Median หมายถึง มัธยฐาน

Mode หมายถึง ฐานนิยม

Range หมายถึง พิสัย

MIN หมายถึง ค่าต่ำสุด(minimum)

MAX หมายถึง ค่าสูงสุด(maximum)

SK หมายถึง ค่าความเบ้ (skewness)

KU หมายถึง ค่าความโด่ง(kurtosis)

P หมายถึง ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

χ^2 หมายถึง ค่าสถิติไค – สแควร์

χ^2/ df หมายถึง ค่าสถิติไค – สแควร์สัมพันธ์

df หมายถึง ขั้นแห่งความเป็นอิสระ

GFI หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน

AGFI หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว

RMR หมายถึง ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือ (root mean squared residual)

LSR หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด (largest standardzed residual)

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ค่าสถิติขั้นพื้นฐานกลุ่มตัวอย่าง ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ส่วนที่ 2 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นเพื่อบรรยายลักษณะของตัวแปรสังเกตได้

ส่วนที่ 3 การนำเสนอผลการวิเคราะห์การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติขั้นพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาจำนวนผู้ทำแบบวัดทั้ง 3 ชุด ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมพบว่าจำนวนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีจำนวนเท่ากัน โดยในกลุ่มทดลองมีจำนวนเพศชายร้อยละ 42.86 กลุ่มควบคุมมีจำนวนเพศชายร้อยละ 41.43 นับว่าเป็นจำนวนที่ใกล้เคียงกัน ส่วนเพศหญิงกลุ่มทดลองมีจำนวนเพศหญิงร้อยละ 57.14 กลุ่มควบคุมมีจำนวนเพศหญิง ร้อยละ 58.57 นับว่าเป็นจำนวนที่ใกล้เคียงกัน ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เสนอไว้ในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

สถานภาพ	จำนวน	ร้อยละ
กลุ่มทดลอง		
เพศ		
ชาย	30	42.86
หญิง	40	57.14
รวม	70	100.00
กลุ่มควบคุม		
เพศ		
ชาย	29	41.43
หญิง	41	58.57
รวม	70	100.00

1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นเพื่อบรรยายลักษณะของตัวแปรสังเกตได้ ซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation) มัธยฐาน (median) ฐานนิยม (mode) พิสัย (range) คะแนนสูงสุด (maximum) คะแนนต่ำสุด (minimum) ความเบ้ (skewness) ความโด่ง (kurtosis) เป็นต้น การบรรยายค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้แยกเป็น 3 ชุด ชุดแรกเป็นข้อมูลคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่สองเป็นข้อมูลคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และชุดสุดท้ายเป็นข้อมูลคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลในแต่ละชุด เป็นการ

วัดข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยทำการเก็บข้อมูล เป็นจำนวนชุดละ 4 ครั้ง ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้เสนอไว้ในตาราง 4.2 ถึงตาราง 4.4

1.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 (ACH1 , ACH2 , ACH3 และ ACH4) ของกลุ่มทดลอง มีค่าเท่ากับ 21.557 29.597 35.686 และ 41.357 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.783 4.200 3.809 และ 3.401 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 4 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดครั้งที่ 3 ,2 และ 1 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันพบว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในครั้งที่ 1 มีความแปรผันมากที่สุด รองลงไปคือคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของคะแนนที่วัดครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 พบว่าค่าความเบ้มีค่าเท่ากับ -0.365, -0.409, -0.326 และ -0.264 ส่วนค่าความโด่งมีค่าเท่ากับ -0.574 -0.222 -0.722 และ 0.201 ชี้ให้เห็นว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งมีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางลบ และมีความโด่งค่อนข้างต่ำ ยกเว้นในครั้งที่ 4 ที่มีค่าความโด่งเป็นบวก จากค่าความเบ้และความโด่งที่ไม่สูงเกินไปและมีค่าเข้าใกล้ 0 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 17.549 , 14.191 , 10.764 และ 8.224 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันครั้งที่ 1 มีค่าสูงสุดรองลงมาคือครั้งที่ 2 , 3 , และ 4 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 (ACH1 , ACH2 , ACH3 และ ACH4) ของกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 20.500 , 23.229 , 30.957 และ 36.057 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.322 , 3.684 , 3.445 และ 3.737 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 4 มีค่าสูงสุด รองลงไปคือค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดครั้งที่ 3 , 2 , และ 1 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันพบว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 มีค่าสูงสุด รองลงไปคือคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 2 , 3 , และ 4 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในครั้งที่ 1 มีความแปรผันมากที่สุด สุดรองลงไปคือคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 2 , 3 , และ 4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของคะแนนที่วัดครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 พบว่าค่าความเบ้มีค่าเท่ากับ -0.537 , -0.015 , -0.906 และ -0.315 ตามลำดับ ส่วนค่าความโด่งมีค่าเท่ากับ -0.245 , -0.506 ,

3.267 , และ -0.723 ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้ง มีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางลบและมีความโด่งค่อนข้างต่ำ ยกเว้นในครั้งที่ 3 ที่มีค่าความโด่งเป็นบวก จากค่าความเบ้และความโด่งที่ไม่สูงเกินไปและมีค่าเข้าใกล้ 0 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 16.205 , 15.859 , 11.128 และ 10.364 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันครั้งที่ 1 มีค่าสูงสุดรองลงมาคือครั้งที่ 2 , 3 , และ 4 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 (ACH1 , ACH2 , ACH3 และ ACH4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 ของกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมทั้ง 4 ครั้ง ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทุกครั้งยกเว้นในครั้งที่ 1 นอกจากนี้คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มทดลองยังมีพิสัยกว้างกว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมอีกด้วย ยกเว้นในครั้งที่ 3 ของกลุ่มควบคุมที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลอง โดยคะแนนสูงสุด และต่ำสุดของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มแล้ว พบว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มมีการแจกแจงที่มีลักษณะเป็นเบ้ทางลบ และมีความโด่งต่ำเช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีลักษณะแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เสนอไว้ในตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ค่าสถิติ	กลุ่มทดลอง				กลุ่มควบคุม			
	ACH1	ACH2	ACH3	ACH4	ACH1	ACH2	ACH3	ACH4
Mean	21.557	29.597	35.686	41.357	20.500	23.229	30.957	36.057
S.D.	3.783	4.200	3.809	3.401	3.322	3.684	3.445	3.737
C.V.	17.549	14.191	10.764	8.224	16.205	15.859	11.128	10.364
Median	22.500	31.000	37.000	41.000	21.000	23.000	31.000	37.000
Mode	23.000	32.000	39.000	41.000	22.000	21.000	29.000	37.000
Range	16.000	18.000	15.000	17.000	15.000	16.000	21.000	14.000
Max	29.000	38.000	42.000	48.000	26.000	31.000	38.000	42.000
Min	13.000	20.000	27.000	31.000	11.000	15.000	17.000	28.000
SK	-0.365	-0.409	-0.326	-0.264	-0.537	-0.015	-0.906	-0.315
KU	-0.574	-0.222	-0.722	0.201	-0.245	-0.506	3.267	-0.723

1.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 (ATT1 , ATT2 , ATT3 และ ATT4) ของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 3.693 , 3.681 , 3.753 และ 4.069 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.291 , 0.318 , 0.327 และ 0.249 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 4 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดครั้งที่ 3 ,1 และ 2 ตามลำดับเมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์ความแปรผันพบว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 3 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 2 , 1 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในครั้งที่ 3 มีความแปรผันมากที่สุด รองลงไปคือคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 2 ,1 และ 4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของคะแนนที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 พบว่าค่าความเบ้มีค่าเท่ากับ -0.113 , -0.022 , 0.061 และ 0.221 ส่วนค่าความโด่งมีค่าเท่ากับ -0.737 , -0.108 , -0.317 และ -0.965 ชี้ให้เห็นว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งมีลักษณะการกระจายในครั้งที่ 1 และ 2 มีลักษณะเบ้ทางลบ ส่วนในครั้งที่ 3 และ 4 มีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางบวก และมีความโด่งค่อนข้างต่ำ ยกเว้นในครั้งที่ 3 ที่มีค่าความโด่งเป็นบวก จากค่าความเบ้ และความโด่งที่ไม่สูงเกินไปและมีค่าเข้าใกล้ 0 ดังที่กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 7.880 , 8.639 , 8.713

และ 6.119 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันครั้งที่ 3 มีค่าสูงสุดรองลงมาคือครั้งที่ 2 , 1 , และ 4 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 (ATT1 , ATT2 , ATT3 และ ATT4) ของกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 4.185 , 4.165 , 4.214 และ 4.273 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.346 , 0.308 , 0.359 และ 0.246 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 4 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดครั้งที่ 3 ,1 และ 2 ตามลำดับเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันพบว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 3 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 1 , 2 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในครั้งที่ 3 มีความแปรผันมากที่สุด รองลงไปคือคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 และ 4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของคะแนนที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 พบว่าค่าความเบ้มีค่าเท่ากับ -1.054 , -0.821 , -2.448 และ -0.950 ส่วนค่าความโด่งมีค่าเท่ากับ 0.836 , 0.258 ,11.160 และ 0.936 ชี้ให้เห็นว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งมีลักษณะการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางลบ และมีความโด่งค่อนข้างสูง แม้ค่าความโด่งมีค่าค่อนข้างสูงก็ตามแต่ก็มีค่าความเบ้ที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 8.268 , 7.395 , 8.519 และ 5.757 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันครั้งที่ 3 มีค่าสูงสุดรองลงมาคือครั้งที่ 1 , 2 , และ 4 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 (ATT1 , ATT2 , ATT3 และ ATT4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 ของกลุ่มทดลอง มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมทั้ง 4 ครั้ง ยกเว้นในครั้งที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกครั้งยกเว้นในครั้งที่ 1 นอกจากนี้คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มควบคุมยังมีพิสัยกว้างกว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองอีกด้วย ยกเว้นในครั้งที่ 2 ของกลุ่มทดลองที่มีค่ากว้างกว่ากลุ่มควบคุม โดยคะแนนสูงสุด และต่ำสุดของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มควบคุม มีค่าสูงกว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง ยกเว้นคะแนนต่ำสุดของกลุ่มทดลองในครั้งที่ 3 และ 4 มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มแล้ว พบว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มมีการแจกแจงที่มีลักษณะส่วนใหญ่เป็นเบ้ทางลบ และถึงแม้กลุ่มทดลองจะมีค่าความโด่งต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเช่นเดียวกัน ก็แสดงให้เห็นว่าคะแนน

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีลักษณะแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์เสนอไว้ในตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ค่าสถิติ	กลุ่มทดลอง				กลุ่มควบคุม			
	ATT1	ATT2	ATT3	ATT4	ATT1	ATT2	ATT3	ATT4
Mean	3.693	3.681	3.753	4.069	4.185	4.165	4.214	4.273
S.D.	0.291	0.318	0.327	0.249	0.346	0.308	0.359	0.246
C.V.	7.880	8.639	8.713	6.119	8.268	7.395	8.519	5.757
Median	3.700	3.720	3.760	4.020	4.280	4.260	4.260	4.360
Mode	3.920	3.760	3.320	4.020	4.400	4.360	4.400	4.400
Range	1.160	1.660	1.560	0.900	1.620	1.420	2.400	1.160
Max	4.280	4.540	4.520	4.540	4.800	4.660	4.680	4.640
Min	3.120	2.880	2.960	3.640	3.180	3.240	2.280	3.480
SK	-0.113	-0.022	0.061	0.221	-1.054	-0.821	-2.448	-0.950
KU	-0.737	-0.108	-0.317	-0.965	0.836	0.258	11.160	0.936

1.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 (PRO1 , PRO2 , PRO3 และ PRO4) ของกลุ่มทดลอง มีค่าเท่ากับ 19.429 , 29.100 , 34.029 และ 40.386 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.775 , 4.378 , 4.475 และ 3.708 ตามลำดับจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 4 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดครั้งที่ 3 ,2 และ 1 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันพบว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในครั้งที่ 1 มีความแปรผันมากที่สุด รองลงไปคือคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของคะแนนที่วัดครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 พบว่าค่าความเบ้มีค่าเท่ากับ -0.299 , -0.125 , 0.069 และ 0.052 ส่วนค่าความโด่งมีค่าเท่ากับ -0.313 , -0.266 , -0.752 และ -0.536 ชี้ให้เห็นว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งมีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางลบในการวัดครั้งที่ 1 และ 2 และมีลักษณะเบ้ทางบวกในครั้งที่ 3 และ 4 และมีความโด่งค่อนข้างต่ำ จากค่าความเบ้และความโด่ง

ที่ไม่สูงเกินไปและมีค่าเข้าใกล้ 0 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 19.430 , 15.045 , 13.151 และ 9.181 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันครั้งที่ 1 มีค่าสูงที่สุดรองลงมาคือครั้งที่ 2 , 3 , 4 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 (PRO1 , PRO2 , PRO3 และ PRO4) ของกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 19.000 , 22.657 , 28.543 และ 34.029 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.711 , 3.016 , 3.729 และ 3.401 ตามลำดับจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 4 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดครั้งที่ 3 ,2 และ 1 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันพบว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในครั้งที่ 1 มีความแปรผันมากที่สุด รองลงไปคือคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 2 ,3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของคะแนนที่วัดครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 พบว่าค่าความเบ้มีค่าเท่ากับ -0.345 , -0.248 , -0.706 และ 0.257 ส่วนค่าความโด่งมีค่าเท่ากับ 0.758 , 1.660 , 0.903 และ -0.701 ชี้ให้เห็นว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งมีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางลบในการวัดครั้งที่ 1 , 2 , 3 และมีลักษณะเบ้ทางบวกในครั้งที่ 4 และมีความโด่งค่อนข้างสูงในครั้งที่ 1 , 2 และ 3 ส่วนในครั้งที่ 4 มีค่าความโด่งค่อนข้างต่ำ จากค่าความเบ้และความโด่งที่ไม่สูงเกินไปและมีค่าเข้าใกล้ 0 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 19.532 , 13.312 , 13.064 และ 9.994 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนครั้งที่ 1 มีค่าสูงที่สุดรองลงมาคือครั้งที่ 2 , 3 , 4 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 (PRO1 , PRO2 , PRO3 และ PRO4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1 , 2 , 3 และ 4 ของกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมทั้ง 4 ครั้ง ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกครั้งยกเว้นในครั้งที่ 1 และ 4 นอกจากนี้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มทดลองยังมีพิสัยกว้างกว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมอีกด้วย ยกเว้นในครั้งที่ 1 ของกลุ่มควบคุมที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลอง โดยคะแนน

สูงสุด และต่ำสุดของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุม ยกเว้นคะแนนสูงสุดในกลุ่มทดลองในครั้งที่ 1 มีค่าน้อยกว่าในกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มแล้ว พบว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มควบคุมมีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางลบมากกว่ากลุ่มทดลอง และมีค่าความโด่งสูงกว่ากลุ่มทดลอง นั่นย่อมแสดงให้เห็นว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุม มีลักษณะแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติมากกว่ากลุ่มทดลอง ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เสนอไว้ในตาราง 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ค่าสถิติ	กลุ่มทดลอง				กลุ่มควบคุม			
	PRO1	PRO2	PRO3	PRO4	PRO1	PRO2	PRO3	PRO4
Mean	19.429	29.100	34.029	40.386	19.000	22.657	28.543	34.029
S.D.	3.775	4.378	4.475	3.708	3.711	3.016	3.729	3.401
C.V.	19.430	15.045	13.151	9.181	19.532	13.312	13.064	9.994
Median	20.000	29.000	33.000	40.500	19.000	22.500	29.000	34.000
Mode	21.000	29.000	31.000	41.000	19.000	22.000	29.000	32.000
Range	17.000	19.000	19.000	16.000	19.000	19.000	19.000	14.000
Max	28.000	38.000	43.000	48.000	28.000	32.000	36.000	42.000
Min	11.000	19.000	24.000	32.000	9.000	13.000	17.000	28.000
SK	-0.299	-0.125	0.069	0.052	-0.345	-0.248	-0.706	0.257
KU	-0.313	-0.266	-0.752	-0.536	0.758	1.660	0.903	-0.701

1.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของข้อมูลจากตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (ACH1 , ACH2 , ACH3 , ACH4) ตัวแปรคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 (ATT1 , ATT2 , ATT3 , ATT4) และตัวแปรคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (PRO1 , PRO2 , PRO3 , PRO4) และทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

1.3.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 (ACH1 , ACH2 , ACH3 , ACH4) ครั้งพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (ACH1 , ACH2 , ACH3 , ACH4)ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (ACH1) ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 , 3 , 4 (ACH2 , ACH3 , ACH4) ของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม

1.3.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวตัวแปรคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 (ATT1 , ATT2 , ATT3 , ATT4) ครั้งพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (ATT1 , ATT2 , ATT3 , ATT4)ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 , 3 , 4 (ATT2 , ATT3 , ATT4) ของกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลอง ยกเว้นค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 4 ของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม

1.3.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวตัวแปรคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (PRO1 , PRO2 , PRO3 , PRO4) พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (PRO1 , PRO2 , PRO3 , PRO4) ระหว่างกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (PRO1) ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 , 3 , 4 (PRO2 , PRO3 , PRO4) ของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวทางเดียว (one-way analysis of variance) เสนอไว้ใน

ตาราง 4.5

ตาราง 4.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

Dependent variable	Source	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig
ACH1	Between Group	39.114	1	39.114	3.087	.081
	Within Group	1748.771	138	12.672		
	Total	1787.886	139			
ACH2	Between Group	1584.579	1	1584.579	101.556*	.000
	Within Group	2153.214	138	15.603		
	Total	3737.793	139			
ACH3	Between Group	782.579	1	782.579	59.340*	.000
	Within Group	1819.957	138	13.188		
	Total	2602.536	139			
ACH4	Between Group	983.150	1	983.150	77.007*	.000
	Within Group	1761.843	138	12.767		
	Total	2744.993	139			
ATT1	Between Group	8.462	1	8.462	82.742*	.000
	Within Group	14.114	138	.102		
	Total	22.576	139			
ATT2	Between Group	8.189	1	8.189	83.574*	.000
	Within Group	13.522	138	0.090		
	Total	21.712	139			
ATT3	Between Group	7.443	1	7.443	63.212*	.000
	Within Group	16.249	138	.118		
	Total	23.692	139			
ATT4	Between Group	1.452	1	1.452	23.743*	.000
	Within Group	8.442	138	.061		
	Total	9.895	139			
PRO1	Between Group	6.429	1	6.429	.459	.499
	Within Group	1933.143	138	14.008		
	Total	1939.571	139			
PRO2	Between Group	1452.864	1	1452.864	102.814*	.000
	Within Group	1950.071	138	14.131		
	Total	3402.936	139			
PRO3	Between Group	1053.257	1	1053.257	62.080*	.000
	Within Group	2341.314	138	16.966		
	Total	3394.571	139			
PRO4	Between Group	1414.464	1	1414.464	111.762*	.000
	Within Group	1746.529	138	12.656		
	Total	3160.993	139			

* $p < .05$

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ เป็นนำเสนอผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างของเซนทรอยด์ (centroid) คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (ACH1) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (PRO1) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ มีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป ดังนี้ กรณีที่ตัวแปรจากการวัดครั้งที่ 1 ตัวแปรใด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยของคะแนนตัวแปรจากการวัดครั้งที่ 1 ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจะดำเนินการนำตัวแปรนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance : ANCOVA) เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรจากการวัด 3 ครั้งระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้คะแนนจากการวัดครั้งที่ 1 เป็นตัวแปรร่วม (covariance) ดังนั้นผลการวิเคราะห์ในตอนนี้ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ส่วนที่แรกเป็น ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม ส่วนที่สองเป็นผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบความแตกต่างของเซนทรอยด์(centroid)ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) ผู้วิจัยได้ทดสอบ Bartlett's test of sphericity ซึ่งเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 3 ตัว คือคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (ACH1) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (PRO1) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของตัวแปรทั้ง 3 ตัว มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น เรื่องความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม (variance – covariance) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วย Box's test of equality of covariance matrices พบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม ของตัวแปรทั้ง 3 ตัวมีความแตกต่างกัน ระหว่าง กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีขนาดเท่ากัน ดังนั้นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นครั้งนี้จึงมีผลกระทบน้อย นั่นคือการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตัวแปรพหุนามยังคงมีความแกร่ง (robust) (Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. and Black, W.C., 1998)

ผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมด้วย Levene's test of equality of error variances พบว่าความแปรปรวนของตัวแปรทั้ง 3 ตัว มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เนื่องจากผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น พบว่าข้อมูลสอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นเกือบทั้งหมด ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามเพื่อตรวจสอบความแตกต่างของเซนทรอยด์ (centroid) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของเซนทรอยด์คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (ACH1) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (PRO1) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้ค่า Pillai's Trace = .401 , Wilks' Lambda = .599 , Hotelling Trace = .668 โดย F = 30.302 ได้ค่า p เป็น .000 แสดงว่าเซนทรอยด์ของตัวแปรทั้ง 3 ตัว มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการตรวจสอบตรวจสอบความแตกต่างของเซนทรอยด์ (centroid) ของตัวแปรทั้ง 3 ตัวเสนอไว้ใน ตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเซนทรอยด์ของตัวแปรทั้ง 3 ตัว ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

Effect	Value	F	Hypothesis df	Eror df	sig
Pillai's Trace	.401	30.302*	3.000	136.000	.000
Wilks' Lambda	.599	30.302*	3.000	136.000	.000
Hotelling Trace	.688	30.302*	3.000	136.000	.000

1 * $p < .05$

2 Bartlett's test of sphericity : likelihood ratio = .000 , approx chi-square = 504.179 , df = 5 , p = .000

3 Box's test of equality of covariance matrices = 20.503 , F = 3.336 , df1 = 6 , df2 = 137979 , p = .003

4 Levene's test of equality of error variances

ACH1 : F = 1.044 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .309

ATT1 : F = .835 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .362

PRO1 : F = .548 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .460

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (ACH1) คะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (PRO1) ก่อนทดลองใช้รูปแบบการฝึก โดยผู้

วิจัยแยกวิเคราะห์ตัวแปรทีละตัว พบว่า ก่อนการทดลองใช้รูปแบบการฝึก คะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) มีความความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แต่คะแนนเฉลี่ยความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (ACH1) และคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (PRO1) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบ ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 3 ตัว เสนอไว้ใน ตาราง 4.7

ตาราง 4.7 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 3 ตัวระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

Source	Dependent Variable	Type III Sum Square	df	Mean Square	F	sig
Treat	ACH1	39.114	1	39.114	3.087	.081
	ATT1	8.462	1	8.462	82.742*	.000
	PRO1	6.429	1	6.429	.459	.499

* $p < .05$

ผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงว่าก่อนการทดลอง ค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามจากการวัดทั้ง 3 ครั้งของตัวแปรคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ต้องใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance : ANCOVA) แทนการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 เป็นตัวแปรร่วม (covariance) ส่วนการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 3 ครั้ง กับคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดทั้ง 3 ครั้ง ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมสามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) ได้ ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอไว้ในตอนที่ 1.3

โดยปกติหลังจากมี การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance : one-way ANOVA) แยกเป็นรายตัวแปรตามแล้ว ควรจะต้องมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่(Post Hoc multiple comparisions) ด้วยแต่ในการวิจัยครั้งนี้มีเพียง 2 กลุ่ม ผู้วิจัยจึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยที่การวัดตัวแปรตามในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวัด โดยใช้แบบวัดชุดเดียวกันเพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการ ดังนั้นการวิเคราะห์ในตอนต่อ

ไป ผู้วิจัยจึงเสนอผลการทดสอบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยตัวแปรคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้งด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance : ANCOVA) ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance : ANCOVA) ของตัวแปรคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 ,ATT3 , ATT4) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) เป็นตัวแปรร่วม (covariance)

ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม แบบมีอิทธิพลหลักและอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับตัวแปรร่วมคะแนนเจตคติจากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) หากอิทธิพลปฏิสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าความชันของสมการถดถอยของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามไม่เท่ากัน ถ้าปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับตัวแปรร่วม (ATT1) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าความชันของสมการถดถอยของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามมีค่าเท่ากัน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรเจตคติจากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) เมื่อมีคะแนนเจตคติจากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) เป็นตัวแปรร่วม พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) เมื่อปรับแก้ด้วยค่าตัวแปรร่วม (ATT1) มีความแตกต่างกันระหว่าง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าในการวิจัยครั้งนี้ ในการเริ่มต้นของการทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความแตกต่างของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์นี้ เมื่อควบคุมให้มีค่าคงที่ ได้ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับตัวแปรร่วมคะแนนเจตคติจากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 แสดงว่าความชันของสมการถดถอยของตัวแปรร่วมกับตัวแปรจากการวัด 3 ครั้งตามมีค่าเท่ากัน สามารถใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบมีปฏิสัมพันธ์ ของตัวแปรเจตคติจากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4)เมื่อมีคะแนนเจตคติจากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) เป็นตัวแปรร่วม เสนอไว้ในตาราง 4.8

ตาราง 4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบมีปฏิสัมพันธ์ ของตัวแปรเจตคติจากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4)เมื่อมีคะแนนเจตคติจากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) เป็นตัวแปรร่วม

Dependent variable	Source	Type III Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig
ATT2	TREAT	.008	1	.008	.231	.632
	ATT1	8.128	1	8.128	221.723*	.000
	TREAT * ATT1	.019	1	.019	.541	.463
	Error	4.985	136	.036		
	Corrected total	21.712	139			
ATT3	TREAT	.002	1	.002	.034	.854
	ATT1	5.012	1	5.012	62.159*	.000
	TREAT * ATT1	.016	1	.016	.207	.650
	Error	10.965	136	.080		
	Corrected total	23.692	139			
ATT4	TREAT	.106	1	.106	2.626	.107
	ATT1	2.562	1	2.562	63.194*	.000
	TREAT * ATT1	.103	1	.103	2.529	.114
	Error	5.515	136	.040		
	Corrected total	9.895	139			

* $p < .05$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เพื่อศึกษาอิทธิพลของการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการที่มีต่อคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) เมื่อควบคุมตัวแปรร่วมคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) พบว่าการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการมีอิทธิพลต่อคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เฉพาะคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ครั้งที่ 2 และ 3 (ATT2 , ATT3) และคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) เมื่อควบคุมตัวแปรร่วมคะแนนเจตคติจากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) ที่การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการและตัวแปรร่วมคะแนนเจตคติจากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) สามารถอธิบายความแปรผันของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ได้ 76.9% 63.6% 43.2% ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของการ

ฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ ที่มีต่อคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง เสนอไว้ในตาราง 4.9

การวิเคราะห์ความแปรปรวมร่วม เพื่อศึกษาผลการทดสอบความเท่ากัน ของความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมด้วย Levene's test of equality of error variances ได้ค่าสถิติสำหรับ ATT2 : F = 10.819 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .001 ATT3 : 4.450 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .037 ATT4 : F = 10.629 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .001 สรุปว่า ความแปรปรวนของตัวแปรคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีขนาดเท่ากัน ดังนั้นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นครั้งนี้จึงมีผลกระทบน้อย นั่นคือการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามยังคงมีความแกร่ง (robust) (Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. and Black, W.C., 1998) ดังเสนอไว้ท้ายตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อศึกษาอิทธิพลของการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการที่มีต่อคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4)

Dependent variable	Source	Type III Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig
ATT2	ATT1	8.517	1	8.517	233.138*	.000
	TREAT	.226	1	.226	6.199*	.014
	Error	5.005	137	.036		
	Corrected total	21.712	139			
ATT3	ATT1	5.267	1	5.267	65.705*	.000
	TREAT	566	1	.566	7.055*	.009
	Error	10.982	137	.080		
	Corrected total	23.692	139			
ATT4	ATT1	2.825	1	2.825	68.899*	.000
	TREAT	.005	1	.005	.141	.708
	Error	5.617	137	.041		
	Corrected total	9.895	139			

* $p < .05$

Levene's test of equality of error variances

ATT2 : F = 10.819 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .001

ATT3 : F = 4.450 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .037

ATT4 : F = 10.629 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .001

ATT2 : a. R Squared = .769 (Adjusted R Squared = .766)

ATT3 : a. R Squared = .536 (Adjusted R Squared = .530)

ATT4 : a. R Squared = .432 (Adjusted R Squared = .424)

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (one-way analysis of variance with repeated measures) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม นำเสนอเป็น 3 ชุด ชุดแรกเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่สองเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดสุดท้ายเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยเสนอการ

วิเคราะห์สหสัมพันธ์ ของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 และ ACH4) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 และ ATT4) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 และ PRO4) เพื่อดูความสัมพันธ์คะแนนจากการวัดทั้ง 3 ครั้ง ในแต่ละตัวแปร ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรทั้ง 3 และส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (one-way analysis of variance with repeated measures) ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ของตัวแปร 3 ตัวได้แก่ คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 และ ACH4) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 และ ATT4) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 และ PRO4) ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

3.1.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่าง คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 และ ACH4) ผู้วิจัยได้ทดสอบ Bartlett's test of sphericity ซึ่งเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 3 ตัว คือคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 2 (ACH2) คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 3 (ACH3) และคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 4 (ACH4) พบว่าผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรทั้ง 3 ตัว มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่า Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy = .645 และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดแต่ละคู่ มีขนาดปานกลางถึงสูง โดยตัวแปรคู่ที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุด คือ คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 3 (ACH3) กับครั้งที่ 4 (ACH4) (r = 0.816) ส่วนตัวแปรคู่ที่มีความสัมพันธ์กันต่ำสุด คือคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 (ACH2) กับครั้งที่ 4 (ACH4) (r = 0.535) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทุกคู่เป็นทิศทางเดียวกัน (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็นบวก) แสดงว่า ตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มนี้หากตัวแปรตัวหนึ่งมีขนาดสูงตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีขนาดสูงด้วย หรือหากตัวแปรตัวหนึ่งมีขนาดต่ำตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีขนาดต่ำด้วย เช่น ถ้านักเรียนมีคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในครั้งที่ 3 สูง จะมีคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในครั้งที่ 4 สูงด้วย เป็นต้น ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เสนอไว้ในตาราง 4.10

ตาราง 4.10 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH 3 และ ACH 4)

ตัวแปร	ACH 2	ACH 3	ACH 4
ACH 2	1.000		
ACH 3	.675**	1.000	
ACH 4	.535**	.816**	1.000
Mean	26.593	33.321	38.707
S.D.	5.186	4.327	4.444

1. Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy = .645
2. Bartlett's test of sphericity : approx chi-square = 234.392 , df = 3 , p = .000

3.1.2 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ตัวแปรคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่าง คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 และ ATT4) ผู้วิจัยได้ทดสอบ Bartlett's test of sphericity ซึ่งเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 3 ตัว คือคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 2 (ATT2) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 3 (ATT3) และคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 4 (ATT4) พบว่าผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 3 ตัว มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่า Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy = .706 และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดแต่ละคู่มีขนาดค่อนข้างสูงถึงสูง โดยตัวแปรคู่ที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดคือ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 3 (ATT3) กับครั้งที่ 4 (ATT4) (r = 0.898) ส่วนตัวแปรคู่ที่มีความสัมพันธ์กันต่ำสุด คือคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 (ATT2) กับครั้งที่ 4 (ATT4) (r = 0.737) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทุกคู่เป็นทิศทางเดียวกัน (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็นบวก) แสดงว่า ตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มนี้หากตัวแปรตัวหนึ่งมีขนาดสูงตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีขนาดสูงด้วย หรือหากตัวแปรตัวหนึ่งมีขนาดต่ำตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีขนาดต่ำด้วย เช่น ถ้านักเรียนมีคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในครั้งที่ 3 สูง จะมีคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในครั้งที่ 4 สูงด้วย เป็นต้น ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์เสนอไว้ในตาราง 4.11

ตาราง 4.11 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT 3 และ ATT 4)

ตัวแปร	ATT 2	ATT 3	ATT 4
ATT 2	1.000		
ATT 3	.839**	1.000	
ATT 4	.737**	.898**	1.000
Mean	3.923	3.984	4.171
S.D.	.395	.413	.267

1 Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy = .706

2. Bartlett's test of sphericity : approx chi-square = 337.439 , df = 3 , p = .000

3.1.3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ตัวแปรคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ระหว่างคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 และ PRO4) ผู้วิจัยได้ทดสอบ Bartlett's test of sphericity ซึ่งเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 3 ตัว คือคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 (PRO 2) คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 3 (PRO 3) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 4 (PRO 4) พบว่าผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 3 ตัว มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่า Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy = .739 และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดแต่ละคู่มีขนาดค่อนข้างสูงถึงสูง โดยตัวแปรคู่ที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดคือ คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 3 (PRO3) กับครั้งที่ 4 (PRO4) (r = 0.899) ส่วนตัวแปรคู่ที่มีความสัมพันธ์กันต่ำสุด คือ คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 (PRO2) กับครั้งที่ 4 (PRO4) (r = 0.777) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทุกคู่เป็นทิศทางเดียวกัน (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็นบวก) แสดงว่า ตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มนี้หากตัวแปรตัวหนึ่งมีขนาดสูงตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีขนาดสูงด้วย หรือหากตัวแปรตัวหนึ่งมีขนาดต่ำตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีขนาดต่ำด้วย เช่น ถ้านักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในครั้งที่ 3 สูง จะมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในครั้งที่ 4 สูงด้วย เป็นต้น ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เสนอไว้ในตาราง 4.12

พอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.12 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 และ PRO4)

ตัวแปร	PRO2	PRO3	PRO4
PRO2	1.000		
PRO3	.786**	1.000	
PRO4	.777**	.899**	1.000
Mean	25.879	31.286	37.207
S.D.	4.948	4.942	4.769

1. Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy = .739

2. Bartlett's test of sphericity : approx chi-square = 367.774 , df = 3 , p = .000

โดยสรุปคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) เมื่อวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าคะแนนการวัดทั้ง 3 ครั้งในแต่ละตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางถึงสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

ผลการวิเคราะห์ในตอนนี้ เป็นผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง (one-way analysis of variance with repeated measures) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม นำเสนอเป็น 3 ชุด ชุดแรกเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่สองเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดสุดท้ายเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

3.2.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยตรวจสอบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่ ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น ที่จะนำเสนอในตอนนี้มี 3 หัวข้อคือ (1) การทดสอบ ความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม (variance – covariance) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วย Box's test of equality of covariance matrices ได้ค่า Box's test of equality of covariance matrices = 19.249 , F = 3.133 , df1 = 6 , df2 = 137979 , p = .005 และพบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวน

ความแปรปรวนร่วม ของตัวแปรตามจากการวัด 3 ครั้ง มีความแตกต่างกัน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีขนาดเท่ากัน ดังนั้นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นครั้งนี้จึงมีผลกระทบน้อย นั่นคือการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำยังคงมีความแกร่ง (robust) (Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. and Black, W.C., 1998) (2) การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นโดยใช้ผลการทดสอบ Mauchly's test of sphericity ซึ่งเป็นการวัดความเป็นอิสระของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) ได้ค่า Mauchly's Test of Sphericity : Mauchly's W = .655 , Approx. Chi-Square = 57.866 , df = 2 , p = .000 และพบว่า คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดทั้ง 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) มีความสัมพันธ์กันในรูปเมทริกซ์สหสัมพันธ์ไม่ใช่เมทริกซ์เอกลักษณ์ ดังนั้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) ผู้วิจัยจึงต้องใช้ค่าสถิติประเภท sphericity not assumed นั่นคือต้องวิเคราะห์ค่าสถิติทั้ง 3 แบบได้แก่ Greenhouse-Geisser , Huynh – Feldt , Lower-bound (3) ผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมด้วย Levene's test of equality of error variances ได้ค่า ACH2 : F = .679 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .411 ACH3 : F = 4.377 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .038 ACH4 : F = 1.821 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .179 ความแปรปรวนของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 และ 4 (ACH2 , ACH4) มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ความแปรปรวนของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 3 (ACH3) มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) ได้ค่า Pillai's Trace = .879 , Wilks' Lambda = .121 , Hotelling Trace = 7.297 , F = 499.822 , p = .000 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปร จากการวัด 3 ครั้งมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) กับรูปแบบการฝึก ได้ค่า Pillai's Trace = .076 , Wilks' Lambda = .924 , Hotelling Trace = .083 , F = 5.670 , p = .004 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปร จากการวัด 3 ครั้ง มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังเสนอไว้ในตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำตัวแปรพหุนาม เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่มีรูปแบบการฝึกต่างกัน

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	sig
ACH	Pillai's Trace	.879	499.822*	2.000	137.000	.000
	Wilks' Lambda	.121	499.822*	2.000	137.000	000
	Hotelling Trace	7.297	499.822*	2.000	137.000	000
ACH * TREAT	Pillai's Trace	.076	5.670*	2.000	137.000	.004
	Wilks' Lambda	.924	5.670*	2.000	137.000	004
	Hotelling Trace	.083	5.670*	2.000	137.000	.004

1 * $p < .05$

2 Box's test of equality of covariance matrices = 19.249 , F = 3.133 , df1 = 6 , df2 = 137979 , p = .005

3. Mauchly's Test of Sphericity : Mauchly's W = .655 , Approx. Chi-Square = 57.866 , df = 2 , p = .000

4 Levene's test of equality of error variances

ACH2 : F = .679 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .411

ACH3 : F = 4.377 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .038

ACH4 : F = 1.821 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .179

การเสนอผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำในตาราง 4.13 เป็นผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate anova) โปรแกรม SPSS ได้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรเดียว (univariate anova) ดังตาราง 4.14

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมพบว่าคะแนนเฉลี่ยความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า F = 718.177 p = .000 และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) แสดงว่าชนิดของรูปแบบการฝึกมีผลต่อค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นที่น่าสังเกตว่าผลการวิเคราะห์จากตาราง 4.13 และ 4.14 ได้ผลการวิเคราะห์ตรงกัน

ตาราง 4.14 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4)

Source		Type III Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig
ACH	Sphericity Assumed	10314.990	2	5157.495	718.177*	.000
	Greenhouse-Geisser	10314.990	1.488	6934.324	718.177*	.000
	Huynh-Feldt	10314.990	1.511	6827.149	718.177*	.000
	Lower-bound	10314.990	1.000	10314.990	718.177*	.000
ACH* TREAT	Sphericity Assumed	718.177	2	37.143	5.172*	.006
	Greenhouse-Geisser	718.177	1.488	49.939	5.172*	.013
	Huynh-Feldt	718.177	1.511	49.167	5.172*	.012
	Lower-bound	718.177	1.000	74.286	5.172*	.024
Error(ACH)	Sphericity Assumed	1982.057	276	7.181		
	Greenhouse-Geisser	1982.057	205.279	9.655		
	Huynh-Feldt	1982.057	208.501	9.506		
	Lower-bound	1982.057	138.000	14.363		

* $p < .05$

เนื่องจากผลการวิเคราะห์แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยของ คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ระหว่างคะแนนการวัดแต่ละครั้ง ภายในหน่วยตัวอย่าง (within subject comparisons) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.15 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่าง การวัดครั้งที่ 2 และ 3 ได้ F = 764.124, p = .000 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่าง การวัดครั้งที่ 3 และ 4 ได้ F = 11.882 , p = .000 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ครั้ง (ACH2 , ACH 3, ACH4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับรูปแบบการฝึก แสดงค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการวัดครั้งที่ 2 และ 3 (ACH2 , ACH 3)มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้ F = 6.325, p = .013 และค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ระหว่าง การวัดครั้งที่ 3 และ 4 (ACH3 , ACH4)มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้ F = 10.892 , p = .001 นั่นคือ อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับรูปแบบ

การฝึก ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์เสนอไว้ใน ตาราง 4.15

ตาราง 4.15 การเปรียบเทียบรายคู่ของคะแนนเฉลี่ยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการวัดทั้ง 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4)

Source	ACH	Type III Sum of Squares	df	Mean square	F	sig
ACH	ACH2 - ACH3	5523.051	1	5523.051	764.124*	.000
	ACH3 - ACH4	28.051	1	28.051	11.882*	.001
ACH * TREAT	ACH2 - ACH3	45.714	1	45.714	6.325*	.013
	ACH3 - ACH4	25.714	1	25.714	10.892*	.001
Error (ACH)	ACH2 - ACH3	997.457	138	7.228		
	ACH3 - ACH4	325.790	138	2.361		

* $p < .05$

3.2.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยตรวจสอบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่ ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นที่จะนำเสนอในตอนนี้มี 3 หัวข้อคือ (1) การทดสอบ ความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม (variance – covariance) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วย Box's test of equality of covariance matrices ได้ค่า Box's test of equality of covariance matrices = 18.550 , F = 3.019 , df1 = 6 , df2 = 137979 , p = .006 และพบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวนความแปรปรวนร่วม ของตัวแปรตามจากการวัด 3 ครั้ง มีความแตกต่างกัน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีขนาดเท่ากัน ดังนั้นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นครั้งนี้จึงมีผลกระทบน้อย นั่นคือการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำยังคงมีความแกร่ง (robust) (Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. and Black, W.C., 1998) (2) การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นโดยใช้ผลการทดสอบ Mauchly's test of sphericity ซึ่งเป็นการวัดความเป็นอิสระของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ได้ค่า Mauchly's Test of Sphericity : Mauchly's W = .691 , Approx. Chi-Square = 50.705 , df = 2 , p = .000 และ

พบว่า คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดทั้ง 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) มีความสัมพันธ์กันในรูปเมทริกซ์สหสัมพันธ์ไม่ใช่เมทริกซ์เอกลักษณ์ ดังนั้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ผู้วิจัยจึงต้องใช้ค่าสถิติประเภท sphericity not assumed นั่นคือต้องวิเคราะห์ค่าสถิติทั้ง 3 แบบ ได้แก่ Greenhouse-Geisser , Huynh – Feldt , Lower-bound (3) ผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมด้วย Levene's test of equality of error variances ได้ค่า ATT2 : F = .006 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .939 , ATT3 : F = .051 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .821 , ATT4 : F = .258 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .613 ความแปรปรวนของตัวแปรคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ได้ค่า Pillai's Trace = .683 , Wilks' Lambda = .317 , Hotelling Trace = 2.152 , F = 147.442 , p = .000 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปร จากการวัด 3 ครั้งมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) กับรูปแบบการฝึก ได้ค่า Pillai's Trace = .467 , Wilks' Lambda = .533 , Hotelling Trace = .875 , F = 59.905 , p = .000 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปร จากการวัด 3 ครั้ง มีความแตกต่างกันระหว่าง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังเสนอไว้ในตาราง 4.16

ตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำตัวแปรพหุนาม เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่มีรูปแบบการฝึกต่างกัน

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	sig
ATT	Pillai's Trace	.683	147.442*	2.000	137.00	.000
	Wilks' Lambda	.317	147.442*	2.000	137.00	.000
	Hotelling Trace	2.152	147.442*	2.000	137.00	.000
ATT * TREAT	Pillai's Trace	.467	59.905*	2.000	137.00	.000
	Wilks' Lambda	.533	59.905*	2.000	137.00	.000
	Hotelling Trace	.875	59.905*	2.000	137.00	.000

1 * p <. 05

2 Box's test of equality of covariance matrices = 18.550 , F = 3.019 , df1 = 6 , df2 = 137979 , p = .006

3 Mauchly's Test of Sphericity Mauchly's W = .691 , Approx. Chi-Square = 50.705 , df = 2 , p = .000

4 Levene's test of equality of error variances

ATT2 : F = .006 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .939

ATT3 : F = .051 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .821

ATT4 : F = .258 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .613

การเสนอผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำในตาราง 4.16 เป็นผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate anova) โปรแกรม SPSS ได้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรเดียว (univariate anova) ดังตาราง 4.17

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมพบว่าคะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า F = 82.160 p = .000 และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) แสดงว่าชนิดของรูปแบบการฝึกมีผลต่อค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นที่น่าสังเกตว่าผลการวิเคราะห์จากตาราง 4.16 และ 4.17 ได้ผลการวิเคราะห์ตรงกัน

ตาราง 4.17 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4)

Source		Type III Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig
ATT	Sphericity Assumed	4.659	2	2.330	82.160*	.000
	Greenhouse-Geisser	4.659	1.527	3.050	82.160*	000
	Huynh-Feldt	4.659	1.552	3.002	82.160*	000
	Lower-bound	4.659	1.000	4.659	82.160*	.000
ATT* TREAT	Sphericity Assumed	1.694	2	.847	29.867*	.000
	Greenhouse-Geisser	1.694	1.527	1.109	29.867*	.000
	Huynh-Feldt	1.694	1.552	1.091	29.867*	.000
	Lower-bound	1.694	1.000	1.694	29.867*	000
Error(ATT)	Sphericity Assumed	7.826	276	0.028		
	Greenhouse-Geisser	7.826	210.793	0.037		
	Huynh-Feldt	7.826	214.219	0.037		
	Lower-bound	7.826	138.000	0.057		

* $p < .05$

เนื่องจากผลการวิเคราะห์แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยของ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ระหว่างคะแนนการวัดแต่ละครั้ง ภายในหน่วยตัวอย่าง (within subject comparisons) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.18 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ระหว่าง การวัดครั้งที่ 2 และ 3 ได้ F = 51.665 , p = .000 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ระหว่าง การวัดครั้งที่ 3 และ 4 ได้ F = 14.051 , p = .000 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาลตร์ทั้ง 3 ครั้ง (ATT2 , ATT 3, ATT4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์กับรูปแบบการฝึก แสดงค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการวัดครั้งที่ 2 และ 3 (ATT2 , ATT3) มีความแตกต่างกัน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้ F = 12.477 , p = .001 และค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ระหว่าง การวัดครั้งที่ 3 และ 4 (ATT3 , ATT4)มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้ F = 12.094 , p = .001 นั่นคือ อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์กับรูปแบบการฝึก ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ครั้ง (ATT2 , ATT 3,

ATT4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์เสนอไว้ใน ตาราง 4.18

ตาราง 4.18 การเปรียบเทียบรายคู่ของคะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในการวัดทั้ง 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4)

Source	ATT	Type III Sum of Squares	df	Mean square	F	sig
ATT	ATT2 - ATT3	1.474	1	1.474	51.665*	.000
	ACH3 - ACH4	.249	1	.249	14.051*	.000
ATT * TREAT	ATT2 - ATT3	.356	1	.356	12.477*	.001
	ATT3 - ATT4	.215	1	.215	12.094*	.001
Error (ATT)	ATT2 - ATT3	3.938	138	0.029		
	ATT3 - ATT4	2.448	138	0.018		

* $p < .05$

3.2.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยทดสอบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่ ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นที่จะนำเสนอในตอนนี้มี 3 หัวข้อคือ (1) การทดสอบ ความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนความแปรปรวนร่วม (variance – covariance) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วย Box's test of equality of covariance matrices ได้ค่า Box's test of equality of covariance matrices = 31.129 , F = 5.066 , df1 = 6 , df2 = 137979 , p = .000 และพบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวนความแปรปรวนร่วม ของตัวแปรตามจากการวัด 3 ครั้ง มีความแตกต่างกัน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีขนาดเท่ากัน ดังนั้นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นครั้งนี้จึงมีผลกระทบน้อย นั่นคือการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำยังคงมีความแกร่ง (robust) (Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. and Black, W.C., 1998) (2) การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นโดยใช้ผลการทดสอบ Mauchly's test of sphericity ซึ่งเป็นการวัดความเป็นอิสระของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) ได้ค่า Mauchly's Test of Sphericity : Mauchly's W = .793 , Approx. Chi-Square = 31.768 ,

df = 2 , p = .000 และพบว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดทั้ง 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) มีความสัมพันธ์กันในรูปเมทริกซ์สหสัมพันธ์ไม่ใช่เมทริกซ์เอกลักษณ์ ดังนั้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) ผู้วิจัยจึงต้องใช้ค่าสถิติประเภท sphericity not assumed นั่นคือต้องวิเคราะห์ค่าสถิติทั้ง 3 แบบ ได้แก่ Greenhouse-Geisser , Huynh - Feldt , Lower-bound (3) ผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมด้วย Levene's test of equality of error variances ได้ค่า PRO2 : F = 7.219 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .008 PRO3 : F = 5.414 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .021 PRO4 : F = .373 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .542 ความแปรปรวนของตัวแปรคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 และ 3 (PRO2 , PRO3) มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ความแปรปรวนจากตัวแปรคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 4 (PRO4) มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) ได้ค่า Pillai's Trace = .937 , Wilks' Lambda = .063 , Hotelling Trace = 14.940 , F = 1023.399 , p = .000 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรจากการวัด 3 ครั้งมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง(PRO2 , PRO3 , PRO4) กับรูปแบบการฝึก ได้ค่า Pillai's Trace = .047 , Wilks' Lambda = .953 , Hotelling Trace = .050 , F = 3.405 , p = .036 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปร จากการวัด 3 ครั้ง มีความแตกต่างกันระหว่าง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังเสนอไว้ในตาราง 4.19

ตาราง 4.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำตัวแปรพหุนาม เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 ,PRO4) ระหว่าง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่มีรูปแบบการฝึกต่างกัน

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	sig
PRO	Pillai's Trace	.937	1023.399*	2.000	137.000	000
	Wilks' Lambda	.063	1023.399*	2.000	137.000	000
	Hotelling Trace	14.940	1023.399*	2.000	137.000	000
PRO * TREAT	Pillai s Trace	047	3.405*	2.000	137.000	.036
	Wilks' Lambda	.953	3.405*	2.000	137.000	.036
	Hotelling Trace	.050	3.405*	2.000	137.000	.036

1. * $p < .05$
2. Box's test of equality of covariance matrices = 31.129 , F = 5.066 , df1 = 6 , df2 = 137979 , p = .000
3. Mauchly's Test of Sphericity : Mauchly's W = .793 , Approx. Chi-Square = 31.768 , df = 2 , p = .000
4. Levene's test of equality of error variances
   - PRO2 : F = 7.219 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .008
   - PRO3 : F = 5.414 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .021
   - PRO4 : F = .373 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .542

การเสนอผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำในตาราง 4.19 เป็นผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate anova) โปรแกรม SPSS ได้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรเดียว (univariate anova) ดังตาราง 4.20

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมพบว่าคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า F = 1054.943 , p = .000 และพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ ระหว่างรูปแบบการฝึก กับคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) แสดงว่าชนิดของรูปแบบการฝึกมีผลต่อค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นที่น่าสังเกตว่าผลการวิเคราะห์จากตาราง 4.19 และ 4.20 ได้ผลการวิเคราะห์ตรงกัน

ตาราง 4.20 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการ วัดทั้ง 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4)

Source		Type III Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig
PRO	Sphericity Assumed	8989.729	2	4494.864	1054.943*	.000
	Greenhouse-Geisser	8989.729	1.657	5425.139	1054.943*	.000
	Huynh-Feldt	8989.729	1.687	5329.370	1054.943*	.000
	Lower-bound	8989.729	1.000	8989.729	1054.943*	.000
PRO* TREAT	Sphericity Assumed	19.633	2	9.817	2.304	.102
	Greenhouse-Geisser	19.633	1.657	11.848	2.304	.112
	Huynh-Feldt	19.633	1.687	11.639	2.304	.111
	Lower-bound	19.633	1.000	19.633	2.304	.131
Error(PRO)	Sphericity Assumed	1175.971	276	4.261		
	Greenhouse-Geisser	1175.971	228.673	5.143		
	Huynh-Feldt	1175.971	232.782	5.052		
	Lower-bound	1175.971	138.000	8.522		

* $p < .05$

เนื่องจากผลการวิเคราะห์แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยของ คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 05 จึงวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ระหว่างคะแนนการวัดแต่ละครั้ง ภายในหน่วยตัวอย่าง (within subject comparisons) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.21 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่าง การวัดครั้งที่ 2 และ 3 (PRO 2 , PRO 3) ได้ F = 1054.582 , p = .000 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่าง การวัดครั้งที่ 3 และ 4 (PRO 3 , PRO 4) ได้ F = 1.920 , p = .168 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่าง การวัดครั้งที่ 2 และ 3 (PRO 2 , PRO 3) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่าง การวัดครั้งที่ 3 และ 4 (PRO 3 , PRO 4) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับรูปแบบการฝึก แสดงค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการวัดครั้งที่ 2 และ 3 (PRO2 , PRO3)มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติได้ F = 1.024 , p = .313 และค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ระหว่าง การวัดครั้งที่ 3 และ 4 (PRO 3 , PRO 4)มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้ F = 6.067 , p = .015 นั่นคือ อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับรูปแบบการฝึก ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการวัดครั้งที่ 2 และ 3 (PRO2 , PRO3) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการวัดครั้งที่ 3 และ 4 (PRO3, PRO4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์เสนอไว้ในตาราง 4.21

ตาราง 4.21 การเปรียบเทียบรายคู่ของคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการวัดทั้ง 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4)

Source	PRO	Type III Sum of Squares	df	Mean square	F	sig
PRO	PRO 2 - PRO 3	4356.864	1	4356.864	1054.582*	.000
	PRO 3 - PRO 4	4.114	1	4.114	1.920	.168
PRO * TREAT	PRO 2 - PRO 3	4.229	1	4.229	1.024	.313
	PRO 3 - PRO 4	13.003	1	13.003	6.067*	.015
Error (PRO)	PRO 2 - PRO 3	570.129	138	4.131		
	PRO 3 - PRO 4	295.771	138	2.143		

* $p < .05$

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความตรงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม 3 ตัว การเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ดังกล่าว ผู้วิจัยเปรียบเทียบลักษณะของกราฟ 2 ลักษณะคือ ลักษณะกราฟที่เป็นเส้นตรง (linear) และลักษณะกราฟที่ไม่เป็นเส้นตรง (Quadratic) ขั้นตอนที่สอง การตรวจสอบความตรงของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 แบบ คือโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) และโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 แบบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และขั้นตอนสุดท้าย การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลง (SLOPE) ของตัวแปรตาม 3

ตัว คือคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4)คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO 3 , PRO 4) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้เป็นผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ การเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ ผู้วิจัยเปรียบเทียบลักษณะของกราฟ 2 ลักษณะคือ ลักษณะกราฟที่เป็นเส้นตรง (linear) และลักษณะกราฟที่ไม่เป็นเส้นตรง (Quadratic) ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ จากตัวแปรค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) ตัวแปรค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) และตัวแปรค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way anaiysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบ ลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) ตัวแปรค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) และตัวแปรค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) พบว่าลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปรมีลักษณะกราฟที่เป็นเส้นตรง (linear) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 3 ตัว เสนอไว้ในตาราง 4.22

ตาราง 4.22 การเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปร 3 ตัวแปร

Dependent variable	Source	Term	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig
SACH	Between Group	Linear	10272.914	1	10272.914	471.508*	.000
		Quadratic	42.076	1	42.076	1.931	.165
	Within Group		9085.321	417	21.787		
	Total		19400.312	419			
SATT	Between Group	Linear	4.285	1	4.285	32.316*	.000
		Quadratic	.374	1	.374	2.819	.094
	Within Group		55.298	417	.133		
	Total		59.957	419			
SPRO	Between Group	Linear	8983.557	1	8983.557	376.175*	.000
		Quadratic	6.171	1	6.171	.258	.611
	Within Group		9958.500	417	23.881		
	Total		18948.229	419			

* $p < .05$

4.2 การตรวจสอบความตรงของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 แบบ

ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 แบบ คือโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) และโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 แบบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของตัวแปรทั้ง 3 ตัว ผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 แบบ ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ส่วนที่สองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 แบบ ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และส่วนสุดท้ายการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 แบบ ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

4.2.1 การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝง และกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ 26.595 (SE = 0.419 ; t = 63.498) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 9.419

(SE = 0.298; t =31.618) อัตราการเปลี่ยนแปลงจากการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ 0.714 อัตราการเปลี่ยน แปลงจากการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 1.286 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ 5.043(SE = 0.320 ; t =15.742) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -3.347(SE = 0.282 ; t = -11.856) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งที่ 2 และความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.596 (SE = 0.061 ; t =9.695) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 2 , 3 และ 4 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้นคือ 1.311(SE = 0.202 ; t =6.482)

โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ 27.138 (SE = 0.410 ; t = 66.130) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 11.632 (SE = 0.370; t = 31.449) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ5.130 (SE = 0.317; t = 16.187) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ –4.459 (SE = 0.383 ; t = -11.652) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งที่ 2 และความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.603 (SE = 0.058 ; t = 10.424) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 2 , 3 และ 4 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้นคือ 1.076 (SE = 0.291 ; t =3.697) โดยกำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้ง 3 ครั้งมีค่าเท่ากับ 0 , 0.500 และ 1.000 ตามลำดับ

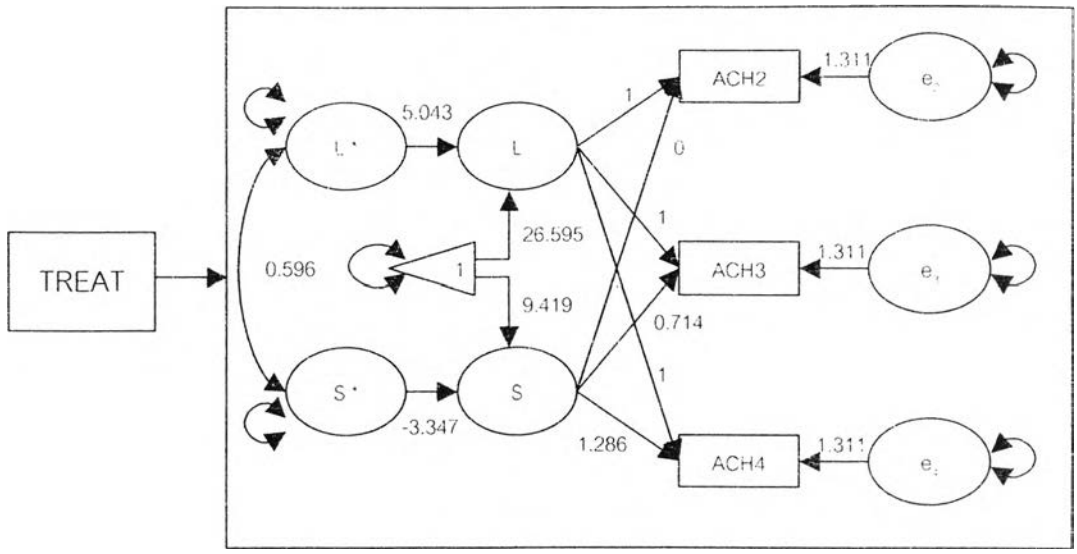
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบมีสภาพตามความเป็นจริงดังนี้ ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สิ่งที่ใช้เป็น เกณฑ์ในการพิจารณาเป็นอันดับแรก คือค่าสถิติไค-สแควร์ เกณฑ์ต่อไป คือ ความสามารถในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของตัวแปรแฝงที่ศึกษา ในที่นี้ได้แก่พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 (mean level) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาเท่ากัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในกรณีการวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาการวัดเท่ากัน โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งที่ 2 (mean level) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 (mean level) ที่

คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 26.595 (SE = 0.419 ; t = 63.498) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) เท่ากับ 9.419 (SE = 0.298 ; t = 31.618) เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่าค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 0.057 และ 10.203 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/ df) มีค่าเท่ากับ 0.029 และ 5.102 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีค่าความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (residual) หรือความคลาดเคลื่อนได้แก่ ดัชนี RMR ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.171 และ 15.017 ตามลำดับ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนในรูปมาตรฐานคะแนนสูงสุด (largest standardized residual) ของโมเดลทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 0.040 และ 3.192 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีค่ามากกว่า และพบว่า ค่าความน่าจะเป็น (p) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.972 และ 0.006 ตามลำดับ มีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 1.00 และ 0.965 ตามลำดับ และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .999 และ 0.823 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่า โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) แสดงให้เห็นว่า คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง มีรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบ เสนอไว้ในตาราง 4.23

ตาราง 4.23 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบ

ก. การประมาณค่าด้วยไลค์ลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood Estimates)		
ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล	โมเดลที่ 1 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง	โมเดลที่ 2 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง
1 → L (ML)	26.595 (0.419)	27.138 (0.410)
1 → S (MS)	9.419 (0.298)	11.632 (0.370)
S → ACH2	0 (= =)	0 (= =)
S → ACH3	0.714 (= =)	0.500 (= =)
S → ACH4	1.286 (= =)	1.000 (= =)
L* → L (DL)	5.043 (0.320)	5.130 (0.317)
S* → S (DS)	-3.347 (0.282)	-4.459 (0.383)
L* ↔ S* (RLS)	0.596 (0.061)	0.603 (0.053)
EACH2 → ACH2	1.311 (0.202)	1.076 (0.291)
EACH3 → ACH3	1.311 (0.020)	1.076 (0.291)
EACH4 → ACH4	1.311 (0.202)	1.076 (0.291)
ข. ความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Goodness of fit of model to empirical data)		
ค่าดัชนีความสอดคล้อง		
χ^2	0.057	10.203
df	2	2
P	0.972	0.006
χ^2 / df	0.029	5.102
GFI	1.000	0.965
AGFI	0.999	0.823
RMR	0.171	15.017
LSR	0.040	3.192

หมายเหตุ : = = หมายถึง ค่าพารามิเตอร์กำหนด



แผนภาพที่ 4.1 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ ในการวัดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการด้านคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4.2.2 การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ 3.908 (SE = 0.034 ; t = 114.825) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 0.161 (SE = 0.013 ; t =12.358) อัตราการเปลี่ยนแปลงจากการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ 0.394 อัตราการเปลี่ยนแปลงจากการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 1.600 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ 0.471(SE = 0.025 ; t =18.916) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.075(SE = 0.024 ; t = 3.120) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้ง ที่ 2 และความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ –1.626 (SE = 0.427 ; t = -3.812) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 2 , 3 และ 4 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้นคือ 0.151(SE = 0.009 ; t =16.673)

โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ 3.872 (SE = 0.039 ; t = 100.139) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ

0.293 (SE = 0.024; t = 12.145) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ 0.473 (SE = 0.027; t = 17.319) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.290 (SE = 0.024 ; t = 12.107) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้ง ที่ 2 และความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ –0.866 (SE = 0.027 ; t = -32.067) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 2 , 3 และ 4 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้นคือ 0.082 (SE = 0.016 ; t =5.240) โดยกำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้ง 3 ครั้งมีค่าเท่ากับ 0 , 0.500 และ 1.000 ตามลำดับ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบมีสภาพตามความเป็นจริงดังนี้ ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สิ่งที่ใช้เป็น เกณฑ์ในการพิจารณาเป็นอันดับแรก คือค่าสถิติไค-สแควร์ เกณฑ์ต่อไป คือ ความสามารถในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของตัวแปรแฝงที่ศึกษา ในที่นี้ได้แก่พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 (mean level) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาเท่ากัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในกรณีการวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาการวัดเท่ากัน โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งที่ 2 (mean level) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 (mean level) ที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 3.908 (SE = 0.034 ; t = 114.825) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) เท่ากับ 0.161 (SE = 0.013 ; t =12.358) เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่าค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 5.476 และ 59.511 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/ df) มีค่าเท่ากับ 2.738 และ 29.756 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีค่าความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (residual) หรือความคลาดเคลื่อนได้แก่ ดัชนี RMR ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.012 และ 0.150 ตามลำดับ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนในรูปมาตรฐานคะแนนสูงสุด (largest standardized residual) ของโมเดลทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ

0.446 และ 4.008 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีค่ามากกว่า และพบว่าค่าความน่าจะเป็น (p) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.065 และ 0.000 ตามลำดับ มีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.981 และ 0.824 ตามลำดับ และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .903 และ 0.118 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่า โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) แสดงให้เห็นว่า คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง มีรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบ เสนอไว้ในตาราง 4.24

ตาราง 4.24 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบ

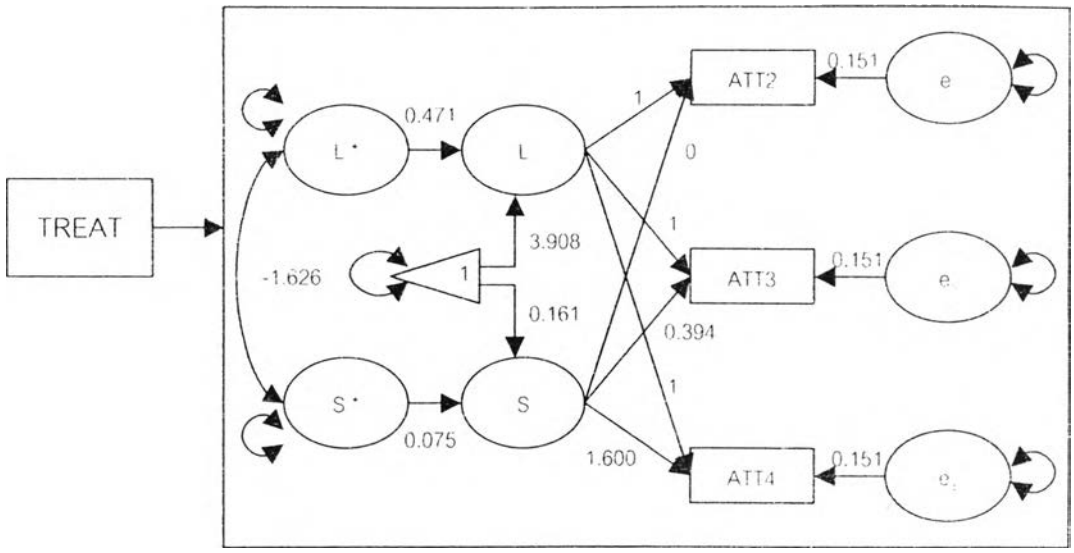
ก. การประมาณค่าด้วยไลค์ลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood Estimates)

ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล	โมเดลที่ 1 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง	โมเดลที่ 2 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง
1 → L (ML)	3.908 (0.034)	3.872 (0.039)
1 → S (MS)	0.161 (0.013)	0.293 (0.024)
S → ATT2	0 (= =)	0 (= =)
S → ATT3	0.394(= =)	0.500 ( )
S → ATT4	1.600 (= =)	1.000 ( )
L* → L (DL)	0.471 (0.025)	0.473 (0.027)
S* → S (DS)	0.075 (0.024)	0.290 (0.024)
L* ↔ S* (RLS)	-1.626 (0.427)	-0.866 (0.027)
EATT2 → ATT2	0.151 (0.009)	0.082 (0.016)
EATT3 → ATT3	0.151 (0.009)	0.082 (0.016)
EATT4 → ATT4	0.151 (0.009)	0.082 (0.016)

ข. ความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Goodness of fit of model to empirical data)

ค่าดัชนีความสอดคล้อง		
χ^2	5.476	59.511
df	2	2
P	0.065	0.000
χ^2/ df	2.738	29.756
GFI	0.981	0.824
AGFI	0.903	0.118
RMR	0.012	0.150
LSR	0.446	4.008

หมายเหตุ = = หมายถึง ค่าพารามิเตอร์กำหนด



แผนภาพที่ 4.2 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ ในการวัดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการด้านคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์

4.2.3 การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝง และกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ 25.880 (SE = 0.411 ; t = 62.966) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 8.366 (SE = 0.202 ; t =41.467) อัตราการเปลี่ยนแปลงจากการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ 0.646 อัตราการเปลี่ยนแปลงจากการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 1.354 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ 4.549 (SE = 0.312 ; t =14.588) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -1.391(SE = 0.292 ; t = -4.767) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งที่ 2 และความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.198 (SE = 0.147 ; t =1.351) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 2 , 3 และ 4 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้นคือ 1.848 (SE = 0.111 ; t =16.673)

โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2

เท่ากับ 25.698 (SE = 0.414 ; t = 62.011) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 11.471 (SE = 0.254; t = 45.221) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ 4.987 (SE = 0.302; t = 16.539) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ –2.739 (SE = 0.322 ; t = -8.505) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งที่ 2 และความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.392 (SE = 0.085 ; t = 4.641) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 2 , 3 และ 4 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้นคือ 1.225 (SE = 0.171 ; t =7.150) โดยกำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้ง 3 ครั้งมีค่าเท่ากับ 0 , 0.500 และ 1.000 ตามลำดับ

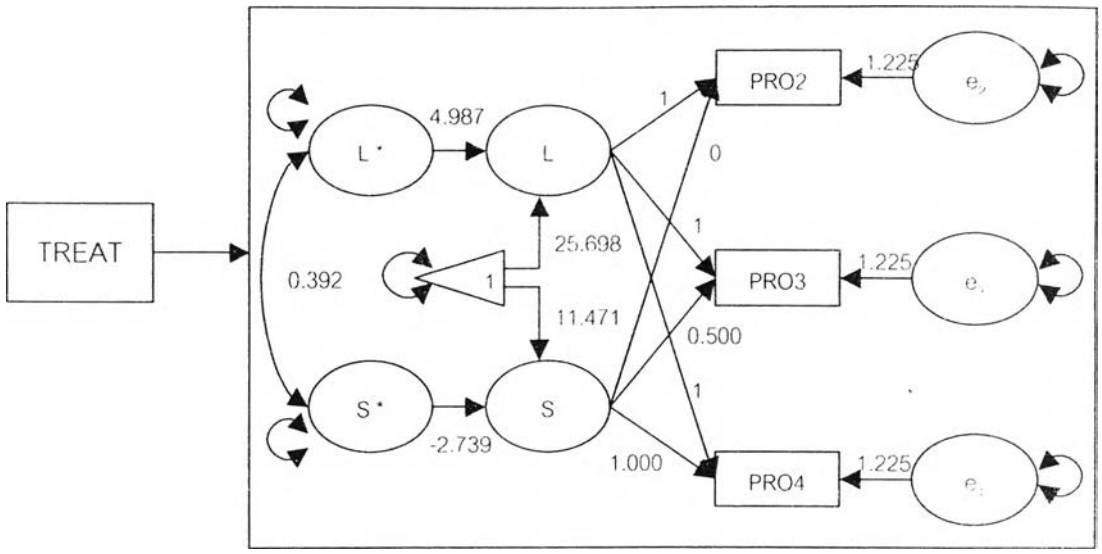
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบมีสภาพตามความเป็นจริงดังนี้ ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สิ่งที่ใช้เป็น เกณฑ์ในการพิจารณาเป็นอันดับแรก คือค่าสถิติไค-สแควร์ เกณฑ์ต่อไป คือ ความสามารถในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของตัวแปรแฝงที่ศึกษา ในที่นี้ได้แก่พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 (mean level) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาเท่ากัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในกรณีการวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาการวัดเท่ากัน โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในส่วนนี้ดีที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งที่ 2 (mean level) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 (mean level) ที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 25.880 (SE = 0.411 ; t = 62.966) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) เท่ากับ 8.366 (SE = 0.202 ; t =41.467) แต่เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่าค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 23.342 และ 4.221 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/ df) มีค่าเท่ากับ 7.781 และ 2.111 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีค่าความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (residual) หรือความคลาดเคลื่อนได้แก่ ดัชนี RMR ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.826 และ 4.241 ตามลำดับ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนในรูปมาตรฐานคะแนนสูงสุด

(largest standardized residual) ของโมเดลทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 0.469 และ 1.348 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีค่ามากกว่า และพบว่าค่าความน่าจะเป็น (p) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.000 และ 0.121 ตามลำดับ มีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.923 และ 0.985 ตามลำดับ และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .742 และ 0.925 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่า โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) แสดงให้เห็นว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง มีรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model)ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบ เสนอไว้ในตาราง 4.25

ตาราง 4.25 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบ

ก. การประมาณค่าด้วยไลค์ลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood Estimates)		
ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล	โมเดลที่ 1 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง	โมเดลที่ 2 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง
1 → L (ML)	25.880 (0.411)	25.698 (0.414)
1 → S (MS)	8.366 (0.202)	11.471 (0.254)
S → PRO2	0 (= =)	0 (= =)
S → PRO3	0.646(= =)	0.500 (= =)
S → PRO4	1.354 (= =)	1.000 (= =)
L* → L (DL)	4.549 (0.312)	4.987 (0.302)
S* → S (DS)	-1.391 (0.292)	-2.739 (0.322)
L* ↔ S* (RLS)	0.198 (0.147)	0.392 (0.085)
EPRO2 → PRO2	1.848 (0.111)	1.225 (0.171)
EPRO3 → PRO3	1.848 (0.111)	1.225 (0.171)
EPRO4 → PRO4	1.848 (0.111)	1.225 (0.171)
ข. ความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Goodness of fit of model to empirical data)		
ค่าดัชนีความสอดคล้อง		
χ^2	23.342	4.221
df	3	2
P	0.000	0.121
χ^2/ df	7.781	2.111
GFI	0.923	0.985
AGFI	0.742	0.925
RMR	0.826	4.241
LSR	0.469	1.348

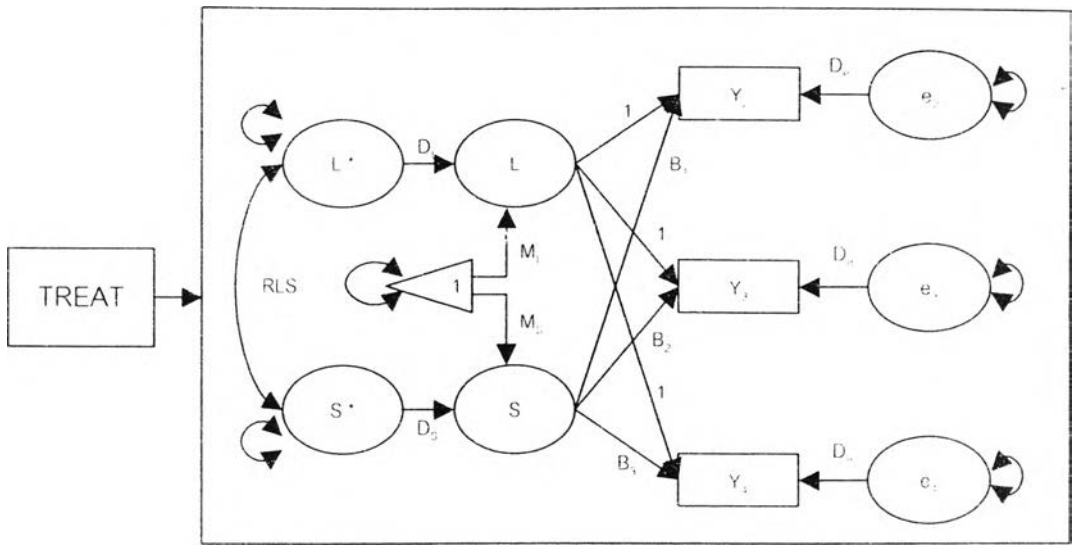
หมายเหตุ : = = หมายถึง ค่าพารามิเตอร์กำหนด



แผนภาพที่ 4.3 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงในการวัดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการด้านคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.3 การทดสอบความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการทดสอบความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลง (slope) ตัวแปรตามทั้ง 3 ตัวแปร ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) เป็นการทดสอบความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลง (slope) ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โมเดลการวิเคราะห์ แสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



แผนภาพที่ 4.4 กรอบแนวคิดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการวิจัย

โดยกรอบแนวคิดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการวิจัย ลามารถใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละตัวแปรสามารถใช้กรอบแนวคิดเดียวกัน และเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันและเกิดความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล จึงกำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อภาษาอังกฤษเพื่อใช้แทนชื่อเต็มภาษาไทย ดังนี้

ACH หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ATT หมายถึง เจตคติทางวิทยาศาสตร์

PRO หมายถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในการวิเคราะห์ตัวแปรด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ใช้ ACH2 , ACH3 , ACH4 แทน Y2 , Y3 , Y4 ตามลำดับ เป็นต้น ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้มาจากการวิเคราะห์ในตอนที่ 4.2

โดยที่ผู้วิจัยประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง (slope) ของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน โดยกำหนดสัญลักษณ์ อัตราการเปลี่ยนแปลง (slope) ของตัวแปรทั้ง 3 ดังนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ = (SACH)

อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ = (SATT)

อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ = (SPRO)

มีการประมาณค่าตามสมการ ที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ดังนี้

SACH = 0.888 ACH2 + 0.928 ACH3 + 0.947 ACH4

SATT = 0.819 ATT2 + 0.825 ATT3 + 0.841 ATT4

SPRO = 0.936 PRO2 + 0.957 PRO3 + 0.969 PRO4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลง (slope) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA)ผู้วิจัยนำเสนอค่าสถิติ ได้แก่ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH) อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SPRO)

ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH) ของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 98.884 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.248 ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) มีค่าเท่ากับ 9.533 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.650 ส่วนค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SPRO) มีค่าเท่ากับ 98.937 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.293

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH) ของกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 83.501 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.278 ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) มีค่าเท่ากับ 10.481 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.695 ส่วนค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SPRO) มีค่าเท่ากับ 81.496 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.062

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH)ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH)ของกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH) ของกลุ่มควบคุม ด้านค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) ของกลุ่มทดลอง มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) ของกลุ่มควบคุม ด้านค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SPRO) พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SPRO) ของกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SPRO) ของกลุ่มควบคุม ดังรายละเอียดเสนอไว้ในตาราง 4.26

ตาราง 4.26 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม 3 ตัว ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ค่าสถิติ	กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม		
	SACH	SATT	SPRO	SACH	SATT	SPRO
Mean	98.884	9.533	98.937	83.501	10.481	81.496
S.D.	9.248	0.650	11.293	7.278	0.695	8.062

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบความแตกต่างของเซนทรอยด์ (centroid) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) ผู้วิจัยได้ทดสอบ Bartlett's test of sphericity ซึ่งเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 3 ตัว คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH) อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) และอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SPRO) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของอัตราการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทั้ง 3 ตัว มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น เรื่องความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม (variance – covariance) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วย Box's test of equality of covariance matrices พบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม ของอัตราการเปลี่ยนแปลง(slope) ตัวแปรทั้ง 3 ตัว (SACH . SATT, SPRO) มีความแตกต่างกัน ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีขนาดเท่ากัน ดังนั้นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นครั้งนี้จึงมีผลกระทบน้อย นั่นคือการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามยังคงมีความแกร่ง (robust) (Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. and Black, W.C., 1998)

ผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมด้วย Levene's test of equality of error variances พบว่าความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทั้ง 3 ตัว มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้น อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เนื่องจากผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น พบว่าข้อมูลสอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นเกือบทั้งหมด ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม

เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของเซนทรอยด์ (centroid) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของเซนทรอยด์ อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH) อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) และอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SPRO) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ได้ค่า Pillai's Trace = .670 Wilks' Lambda = .330 Hotelling Trace = 2.026 F = 91.853 , p = .000 แสดงว่าเซนทรอยด์ ของอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทั้ง 3 ตัว มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการตรวจสอบความแตกต่างของเซนทรอยด์ เสนอไว้ในตาราง 4.27

ตาราง 4.27 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเซนทรอยด์ของอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทั้ง 3 ตัวระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

Effect	Value	F	Hypothesis df	Eror df	sig
Pillai's Trace	.670	91.853*	3.000	136.000	.000
Wilks' Lambda	.330	91.853*	3.000	136.000	.000
Hotelling Trace	2.026	91.853*	3.000	136.000	.000

1. * $p < .05$
2. Bartlett's test of sphericity : likelihood ratio = .000 , approx chi-square = 575.882 , df = 5 , p = .000
3. Box's test of equality of covariance matrices = 26.940 , F = 4.384 , df1 = 6 , df2 = 137979 , p = .000
4. Levene's test of equality of error variances
   SACH : F = 5.148 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .025
   SATT : F = .001 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .979
   SPRO : F = 7.763 , df1 = 1 , df2 = 138 , p = .006

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH)ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SPRO) จากการใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) โดยแยกวิเคราะห์อัตราการการเปลี่ยนแปลง (slope) ของตัวแปรทีละตัว พบว่าการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) มีอิทธิพลให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH)ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SPRO) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่าง

กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทั้ง 3 ตัว เสนอไว้ในตาราง 4.28

ตาราง 4.28 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทั้ง 3 ตัว ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

Source	Dependent Variable	Type III Sum Square	df	Mean Square	F	sig
Treat	SACH	8281.407	1	8281.407	119.595*	.000
	SATT	31.450	1	31.450	69.514*	.000
	SPRO	10645.882	1	10645.882	110.599*	.000

* $p < .05$

ผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทั้ง 3 ตัวระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ