# บทที่ 4

## ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูปแบบ ที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของการพัฒนาทางกายและทางสติปัญญาของนักเรียนประถมศึกษา ในขั้นวิธีการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลและวิเคราะห์ค่าดัชนีที่บ่งบอกประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานครและสังกัดกรมสามัญศึกษาที่เรียนต่อชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2540 จำนวน 406 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยของ ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) และ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2536 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 592 คน ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 5 ตอน โดยเฉพาะตอนที่ 4 และ 5 มีส่วนคาบเกี่ยวกันจึงนำเสนอไว้ในตอนที่ 4 ตอนเดียว มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ คือ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น

ตอนที่ 2 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ น้ำหนัก และส่วนสูงระหว่างช่วงเวลา ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวที่มีการวัดตัวแปรซ้ำหลายครั้ง (repeated measures analysis of variance = MANOVA) เพื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหรือข้อมูลที่วัดแต่ละครั้ง โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอนย่อย คือ

2.1 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างช่วงเวลา

2.2 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรน้ำหนักระหว่างช่วงเวลา

2.3 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรส่วนสูงระหว่างช่วงเวลา

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาต่างกัน เพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 แบบ ด้วยโปรแกรมลิสเรลเพื่อตรวจสอบความตรงของโมเดลและเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลทั้ง 4 แบบ โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอนย่อย คือ

4.1 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

4.2 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของน้ำหนัก

4.3 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของส่วนสูง

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อภาษาอังกฤษที่ใช้สื่อความหมายแทนค่าสถิติ ชื่อตัวแปรสังเกตได้ และชื่อตัวแปรแฝงที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้ คือ

**ตัวแปรสังเกตได้**

$ACH_1$ หมายถึง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1

$ACH_2$ หมายถึง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2

$ACH_3$ หมายถึง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 3

$ACH_4$ หมายถึง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 4

$ACH_5$ หมายถึง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 5

$WEIGHT_1$ หมายถึง น้ำหนักของนักเรียนจากการชั่งครั้งที่ 1

$WEIGHT_2$ หมายถึง น้ำหนักของนักเรียนจากการชั่งครั้งที่ 2

$WEIGHT_3$ หมายถึง น้ำหนักของนักเรียนจากการชั่งครั้งที่ 3

$WEIGHT_4$ หมายถึง น้ำหนักของนักเรียนจากการชั่งครั้งที่ 4

$WEIGHT_5$ หมายถึง น้ำหนักของนักเรียนจากการชั่งครั้งที่ 5

$HIGHT_1$ หมายถึง ส่วนสูงของนักเรียนจากการวัดครั้งที่ 1

$HIGHT_2$ หมายถึง ส่วนสูงของนักเรียนจากการวัดครั้งที่ 2

$HIGHT_3$ หมายถึง ส่วนสูงของนักเรียนจากการวัดครั้งที่ 3

$HIGHT_4$ หมายถึง ส่วนสูงของนักเรียนจากการวัดครั้งที่ 4

$HIGHT_5$ หมายถึง ส่วนสูงของนักเรียนจากการวัดครั้งที่ 5

**ตัวแปรแฝง**

LACH หมายถึง ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดครั้งแรกของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

LWEIGHT หมายถึง ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดครั้งแรกของน้ำหนัก

LHIGHT หมายถึง ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดครั้งแรกของส่วนสูง

SACH หมายถึง ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

SWEIGHT หมายถึง ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก

SHIGHT หมายถึง ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงของส่วนสูง

EACH หมายถึง ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนสุ่มหรือคะแนนเศษเหลือที่เป็นตัวแปรสุ่มของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

EWEIGHT หมายถึง ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนสุ่มหรือคะแนนเศษเหลือที่เป็นตัวแปรสุ่มของน้ำหนัก

EHIGHT หมายถึง ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนสุ่มหรือคะแนนเศษเหลือที่เป็นตัวแปรสุ่มของส่วนสูง

**ค่าสถิติที่ใช้**

p หมายถึง ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

$\chi^2$ หมายถึง ค่าสถิติไค - สแควร์

$\chi^2/df$ หมายถึง ค่าสถิติไค - สแควร์สัมพัทธ์

df หมายถึง ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

GFI หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness - of - Fit Index)

RMR หมายถึง ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือ (Root Mean Squared Residual)

LSR หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด (Largest Standardized Residual)

LRT หมายถึง ร้อยละของค่าสถิติไค - สแควร์ (Likelihood Index) คำนวณจากสัดส่วนของผลต่างไค - สแควร์ของโมเดลโครงพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสถิติไค - สแควร์ของโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน

**ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้**

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นเพื่อบรรยายลักษณะของตัวแปรสังเกตได้ ซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard diviation) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation) ความโด่ง (kurtosis) ความเบ้ (skewness) ค่าพิสัย (range) คะแนน สูงสุด (maximum) และคะแนนต่ำสุด (minimum) เป็นต้น การบรรยายค่าสถิติเบื้องต้นดังกล่าวเป็นการบรรยายค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้แยกเป็นสามชุด ชุดแรกเป็นข้อมูลคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ชุดที่สองและชุดที่สามเป็นข้อมูลน้ำหนักและส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นเป็นดังนี้

**ข้อมูลชุดที่ 1**

การวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้ผู้วิจัยนำข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดไว้แล้วสามครั้ง โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลเพิ่มอีกสองครั้งจากประชากรนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานครที่เรียนต่อชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานครและกรมสามัญศึกษา ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ของ ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้เป็นกลุ่มประชากรในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 406 คน จำแนกเป็นเพศชาย 216 คน (ร้อยละ 53.2) เพศหญิง 190 คน (ร้อยละ 46.8)

1.ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ด้านคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการวัดตัวแปรสังเกตได้ด้านคะแนนแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 นั้น พบว่า จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่สมบูรณ์ ในการวัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีจำนวน 377, 383, 380, 367 และ 325 คน จากจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 406 คน โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สมบูรณ์มีค่าที่ขาดหาย (missing value) จำนวน 29, 23, 26, 39 และ 81 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 7.10, 5.70, 6.40, 9.60 และ 20.00 ตามลำดับ แต่เนื่องจากในการวิจัยนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงใช้วิธีจัดกระทำข้อมูลดังกล่าวโดยประมาณค่าที่ขาดหายไปด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอย (regression analysis) ตามระเบียบวิธีวิทยาการวิจัยที่ใช้ต่อไป

ค่าเฉลี่ยของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งได้จากการเตรียมข้อมูลข้างต้นที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 (ACH1, ACH2 ACH3, ACH4 และ ACH5) ของกลุ่มตัวอย่างชาย มีค่าเท่ากับ 22.880, 23.671, 23.940, 26.671 และ 26.079 คะแนน โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.835, 7.043, 8.042, 9.353 และ 8.498 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 5 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ โดยคะแนนสอบฯ ที่วัดในครั้งที่ 1, 2 และ 3

มีค่าใกล้เคียงกันมาก เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 4 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 5, 3, 1 และ 2 ตามลำดับนั้น แสดงให้เห็นว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 4 มีความแปรปรวนมากที่สุด รองลงไปคือ คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 5, 3, 1 และ 2 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของคะแนนที่วัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 พบว่า มีค่าความโด่งเท่ากับ 0.268, 0.856, 1.687, 0.249 และ 0.812 ส่วนความเบ้มีค่าเท่ากับ 0.810, 0.745, 1.059, 0.707 และ 0.850 ชี้ให้เห็นว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 5 ครั้ง มีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางบวกและมีความโด่งที่เข้าใกล้ศูนย์ มีเพียงคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดครั้งที่ 3 เท่านั้นที่มีความโด่งและความเบ้มากกว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดครั้งที่ 2, 5, 1 และ 4 จากค่าความโด่งและค่าความเบ้ที่เข้าใกล้ 0 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วย่อมแสดงให้เห็นว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของคะแนนที่ใกล้เคียงกันและมีค่าไม่สูงเกินไป โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายเท่ากับ 34.244, 29.754, 33.592, 35.068 และ 32.586 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะการวัดครั้งที่ 4 มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างหญิง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.205, 23.511, 24.953, 26.368 และ 26.032 คะแนนโดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.745, 7.798, 8.664, 8.227 และ 7.347 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 1, 2 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน แต่คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 4 และ 5 ก็มีค่าสูงกว่าครั้งที่ 1, 2 และ 3 โดยคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 4 มีค่ามากที่สุด เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 3 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 4, 5, 2 และ 1 ตามลำดับ แสดงว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 3 มีความแปรปรวนมากที่สุด และมีค่าใกล้เคียงกับคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 4 ซึ่งมีค่าสูงกว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 5, 2 และ 1 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของคะแนนที่วัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 พบว่า มีค่าความโด่งเท่ากับ 0.906, 1.012, 1.461, 0.617 และ 1.037 ส่วนความเบ้มีค่าเท่ากับ 0.925, 0.608, 1.092, 0.732 และ 0.886 ชี้ให้เห็นว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 5 ครั้ง มีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางบวกและมีความโด่งที่ไม่สูงเกินไป มีเพียงคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดครั้งที่ 3 เท่านั้นที่มีความโด่งและความเบ้มากกว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดครั้งที่ 5, 2, 1 และ 4 จากค่าความโด่งและค่าความเบ้ที่ไม่สูงเกินไปดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น แสดงให้เห็นว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4, และ 5 มีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของคะแนน คือ 29.067, 33.167, 34.721, 31.201 และ 30.144 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันไม่มาก โดยเฉพาะการวัดครั้งที่ 3 มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายสูงสุด

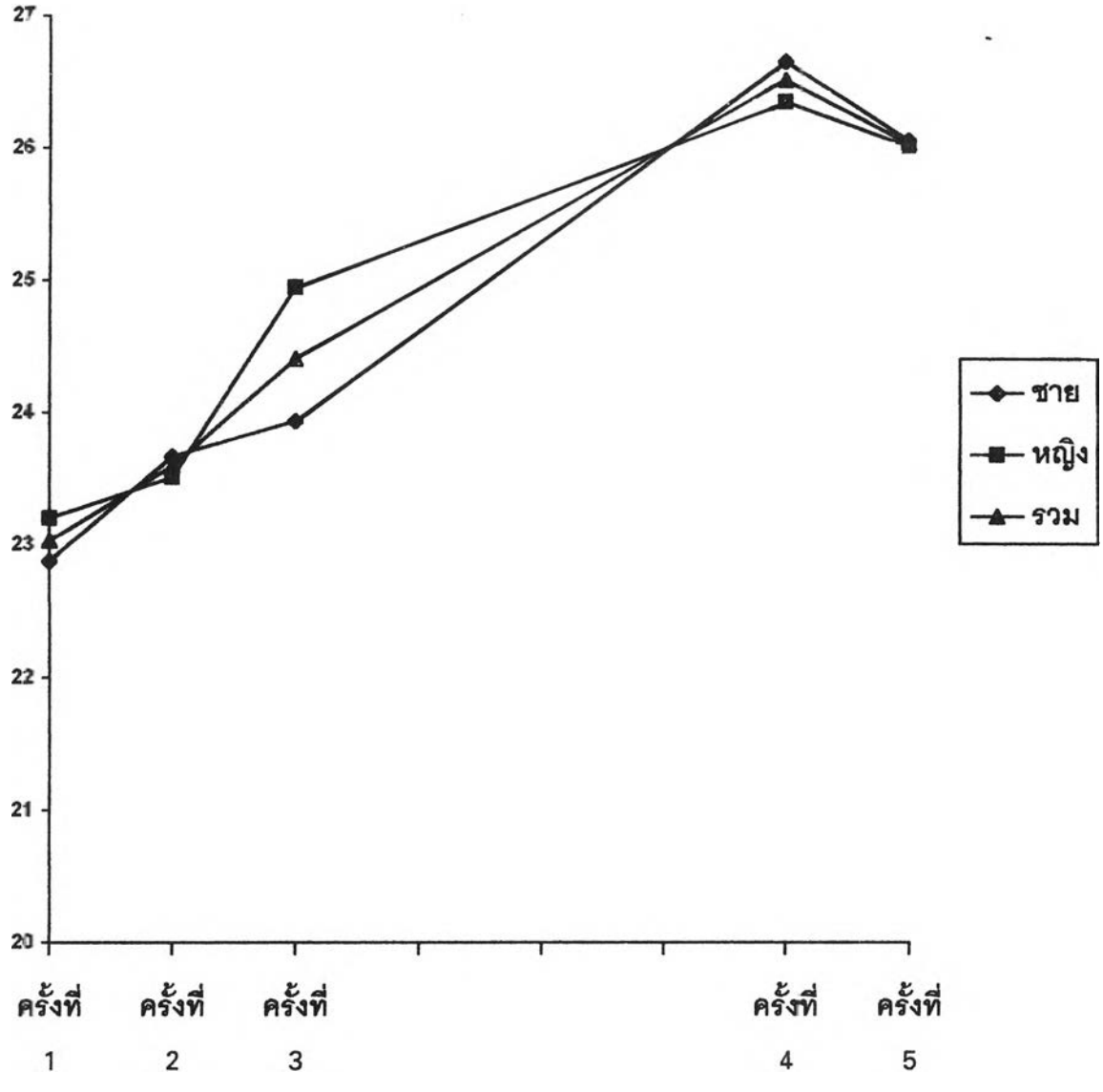
เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ที่วัดทั้ง 5 ครั้ง ของกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 23.032, 23.596, 24.414, 26.530 และ 26.057 คะแนน โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.338, 7.397, 8.344, 8.835 และ 8.190 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 5 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือ คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 4 โดยคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 1, 2 และ 3 มีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 4 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 3, 5, 2 และ 1 ตามลำดับ แสดงว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 4 มีความแปรปรวนมากที่สุด แม้ว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 1 และ 2 จะมีความแปรปรวนใกล้เคียงกัน แต่คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 3 และ 5 ก็ยังมีค่าสูงกว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 1 และ 2 เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของคะแนนที่วัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 พบว่า มีค่าความโด่งเท่ากับ 0.518, 0.957, 1.577, 0.419 และ 0.899 ส่วนความเบ้มีค่าเท่ากับ 0.845, 0.667, 1.082, 0.724 และ 0.865 ชี้ให้เห็นว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ครั้ง มีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางบวกและมีความโด่งที่ไม่สูงเกินไปและส่วนใหญ่มีค่าเข้าใกล้ 0 มีเพียงคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดครั้งที่ 3 เท่านั้นที่มีความโด่งและความเบ้มากกว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดครั้งที่ 5, 2, 1 และ 4 จากค่าความโด่งและค่าความเบ้ที่ไม่สูงเกินไปและมีค่าเข้าใกล้ 0 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของคะแนนที่ใกล้เคียงกัน คือ 31.860, 31.349, 34.177, 33.302 และ 31.431 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันไม่มาก โดยในการวัดครั้งที่ 3 มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายสูงสุด

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ครั้ง ระหว่างกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิงและกลุ่มตัวอย่างรวม พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการวัดครั้งที่ 4, 5 และ 2 ของกลุ่มตัวอย่างชายมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหญิงและกลุ่มตัวอย่างรวม มีเพียงคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 1 และ 3 ของกลุ่มตัวอย่างหญิงและกลุ่มตัวอย่างรวมเท่านั้นที่มีค่าสูงกว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่

วัดในครั้งที่ 1 และ 3 ของกลุ่มตัวอย่างชาย ส่วนคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดในครั้งที่ 2, 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างหญิงมีค่าสูงกว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างรวม มีเพียงการวัดครั้งที่ 1 และ 3 เท่านั้นที่กลุ่มตัวอย่างรวมมีคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหญิง เมื่อเปรียบเทียบความแปรปรวนของคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ครั้ง พบว่า ความแปรปรวนของคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 2 และ 3 ของทั้งสามกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ความแปรปรวนของคะแนนสอบในครั้งที่ 1, 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างชายมีค่าสูงกว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหญิงและกลุ่มตัวอย่างรวม มีเพียงการวัดในครั้งที่ 2 และ 3 ของกลุ่มตัวอย่างหญิงเท่านั้นที่มีคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างรวม นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายยังมีค่าใกล้เคียงกันในการวัดทั้ง 5 ครั้งอีกด้วย เมื่อพิจารณาพิสัยของคะแนน พบว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในการวัดครั้งที่ 1 และ 4 ของกลุ่มตัวอย่างรวมมีพิสัยของคะแนนกว้างกว่าพิสัยของคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิงในขณะที่พิสัยของคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการวัดครั้งที่ 2 ของกลุ่มตัวอย่างหญิงและกลุ่มตัวอย่างรวม และพิสัยในการวัดครั้งที่ 3 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างรวมยังมีขนาดเท่ากันอีกด้วย โดยคะแนนสูงสุดของคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการวัดครั้งที่ 1, 2 และ 3 ของกลุ่มตัวอย่างหญิงมีค่าสูงกว่าคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างชาย มีเพียงคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในครั้งที่ 4 และ 5 เท่านั้นที่กลุ่มตัวอย่างชายมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างหญิง ส่วนลักษณะการแจกแจงของคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่มีการวัดห้าครั้งของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มนี้มีการกระจายที่มีความเบ้ทางบวกและมีความโด่งเข้าใกล้ 0 โดยการแจกแจงของคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ครั้งที่ 1, 2, 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างหญิงมีความโด่งสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างรวม มีเพียงคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 3 กลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างรวมเท่านั้นที่มีความโด่งสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างหญิง นั่นย่อมแสดงให้เห็นแล้วว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของทั้งสามกลุ่มมีลักษณะการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของน้ำหนักตังได้กล่าวมาแล้วนั้น แสดงไว้ในตารางที่ 2 และแผนภาพที่ 12

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของนักเรียน

| ค่าสถิติ | ตัวแปรเพศ | ACH1 | ACH2 | ACH3 | ACH4 | ACH5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ค่าเฉลี่ย | ชาย | 22.880 | 23.671 | 23.940 | 26.671 | 26.079 |
| (Mean) | หญิง | 23.205 | 23.511 | 24.953 | 26.368 | 26.032 |
| | รวม | 23.032 | 23.596 | 24.414 | 26.530 | 26.057 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ชาย | 7.835 | 7.043 | 8.042 | 9.353 | 8.498 |
| (S.D.) | หญิง | 6.745 | 7.798 | 8.664 | 8.227 | 7.847 |
| | รวม | 7.338 | 7.397 | 8.344 | 8.835 | 8.190 |
| ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย | ชาย | 34.244 | 29.754 | 33.592 | 35.068 | 32.586 |
| (C.V.) | หญิง | 29.067 | 33.167 | 34.721 | 31.201 | 30.144 |
| | รวม | 31.860 | 31.349 | 34.177 | 33.302 | 31.431 |
| มัธยฐาน | ชาย | 21.5 | 23 | 22 | 25 | 25 |
| (Median) | หญิง | 22 | 23 | 24 | 25 | 25 |
| | รวม | 22 | 23 | 23 | 25 | 25 |
| ฐานนิยม | ชาย | 19 | 20 | 18 | 21 | 19 |
| (Mode) | หญิง | 22 | 18 | 24 | 22 | 20 |
| | รวม | 19 | 20 | 18 | 22 | 20 |
| พิสัย | ชาย | 36 | 37 | 48 | 47 | 48 |
| (Range) | หญิง | 37 | 42 | 44 | 48 | 45 |
| | รวม | 39 | 42 | 48 | 49 | 48 |
| คะแนนสูงสุด | ชาย | 46 | 49 | 55 | 57 | 58 |
| (Maximum) | หญิง | 49 | 53 | 54 | 56 | 56 |
| | รวม | 49 | 53 | 55 | 57 | 58 |
| คะแนนต่ำสุด | ชาย | 10 | 12 | 7 | 10 | 10 |
| (Minimum) | หญิง | 12 | 11 | 10 | 8 | 11 |
| | รวม | 10 | 11 | 7 | 8 | 10 |
| ความโด่ง | ชาย | 0.268 | 0.856 | 1.687 | 0.249 | 0.812 |
| (Kurtosis) | หญิง | 0.906 | 1.012 | 1.461 | 0.617 | 1.037 |
| | รวม | 0.518 | 0.957 | 1.577 | 0.419 | 0.899 |
| ความเบ้ | ชาย | 0.810 | 0.745 | 1.059 | 0.707 | 0.850 |
| (Skewness) | หญิง | 0.925 | 0.608 | 1.092 | 0.732 | 0.886 |
| | รวม | 0.845 | 0.667 | 1.082 | 0.724 | 0.865 |




**แผนภาพที่ 12 แสดงลักษณะพัฒนาการทางสติปัญญาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

**ข้อมูลชุดที่ 2 และชุดที่ 3**

การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองชุดนี้ผู้วิจัยนำข้อมูลน้ำหนักและส่วนสูงที่วัดไว้แล้ว 5 ครั้ง จากแบบบันทึกสุขภาพของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2536 - 2540 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้เป็นกลุ่มประชากรในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 592 คน จำแนกเป็นเพศชาย 321 คน (ร้อยละ 54.22) เพศหญิง 271 คน (ร้อยละ 45.78)

2. ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ด้านน้ำหนัก ในการวัดตัวแปรสังเกตได้ด้านน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างชายที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 (WEIGHT1, WEIGHT2, WEIGHT3, WEIGHT4 และ WEIGHT5) นั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 32.360, 35.195, 38.309, 43.026 และ 47.241 กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 5 มีค่าสูงสุด รองลงไปคือน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 7.593, 7.630, 7.877, 7.839 และ 7.548 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้ำหนักที่วัดทั้ง 5 ครั้ง มีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของน้ำหนักที่วัดทั้ง 5 ครั้ง มีค่าใกล้เคียงกันมากด้วย เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของน้ำหนักทั้ง 5 ครั้งพบว่าความโด่งมีค่าเท่ากับ -0.037, 0.151, 1.007, 1.819 และ 3.699 ส่วนความเบ้มีค่าเท่ากับ 0.607, 0.594, 0.659, 0.619 และ 0.929 ชี้ให้เห็นว่าน้ำหนักที่วัดทั้ง 5 ครั้งมีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางบวก และมีความโด่งสูง โดยน้ำหนักที่วัดครั้งที่ 5 มีความโด่งและความเบ้มากกว่าน้ำหนักที่วัดครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ส่วนน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1 และ 2 นั้นถึงแม้จะมีค่าความโด่งต่ำกว่าน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 3, 4 และ 5 ก็ตาม แต่ก็มีค่าความเบ้ที่เข้าใกล้ 0 จากค่าความโด่งซึ่งมีค่าไม่สูงมากเกินไปและความเบ้ที่มีค่าเข้าใกล้ 0 ดังที่กล่าวมาแล้วนั้น แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักทั้ง 5 ครั้งของกลุ่มตัวอย่างชายมีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของน้ำหนักเท่ากับ 23.464, 21.679, 20.562, 18.219 และ 15.978 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักที่วัดในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันไม่มากนัก โดยเฉพาะการวัดครั้งแรกนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายสูงสุด

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างหญิง พบว่ามีค่าเท่ากับ 33.113, 36.415, 39.723, 43.345 และ 45.864 กิโลกรัม โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.622, 6.841, 6.876, 6.220 และ 6.098 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 5 มีค่าสูงสุดรองลงไป คือ น้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักที่วัดทั้งห้าครั้งมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของน้ำหนักที่วัดได้นั้นก็มีค่าใกล้เคียงกันด้วย เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของน้ำหนักที่วัด ครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 พบว่ามีค่าความโด่งเท่ากับ -0.031, 0.266, 0.768, 1.119 และ 1.572 ส่วนความเบ้มีค่าเท่ากับ 0.341, 0.365, 0.486, 0.502 และ 0.733 แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักที่วัดได้ทั้งห้าครั้งมีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางบวกและมีความโด่งไม่สูงเกินไป

โดยน้ำหนักที่วัดครั้งที่ 5 มีความโด่งและความเบ้มากกว่าน้ำหนักที่วัดครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ส่วนน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, และ 3 นั้นถึงแม้จะมีค่าความโด่งต่ำกว่าน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 4 และ 5 ก็ตาม แต่ก็มีค่าความเบ้ที่ใกล้เคียงกันมากและมีค่าเข้าใกล้ 0 จากค่าความโด่งและค่าความเบ้ซึ่งมีค่าไม่สูงมากเกินไป ดังที่กล่าวข้างต้นนั้นแสดงว่าน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างหญิงทั้ง 5 ครั้ง มีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 19.998, 18.786, 17.310, 14.350 และ 13.296, ตามลำดับ โดยเฉพาะการวัดครั้งที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักที่วัดในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันไม่มาก

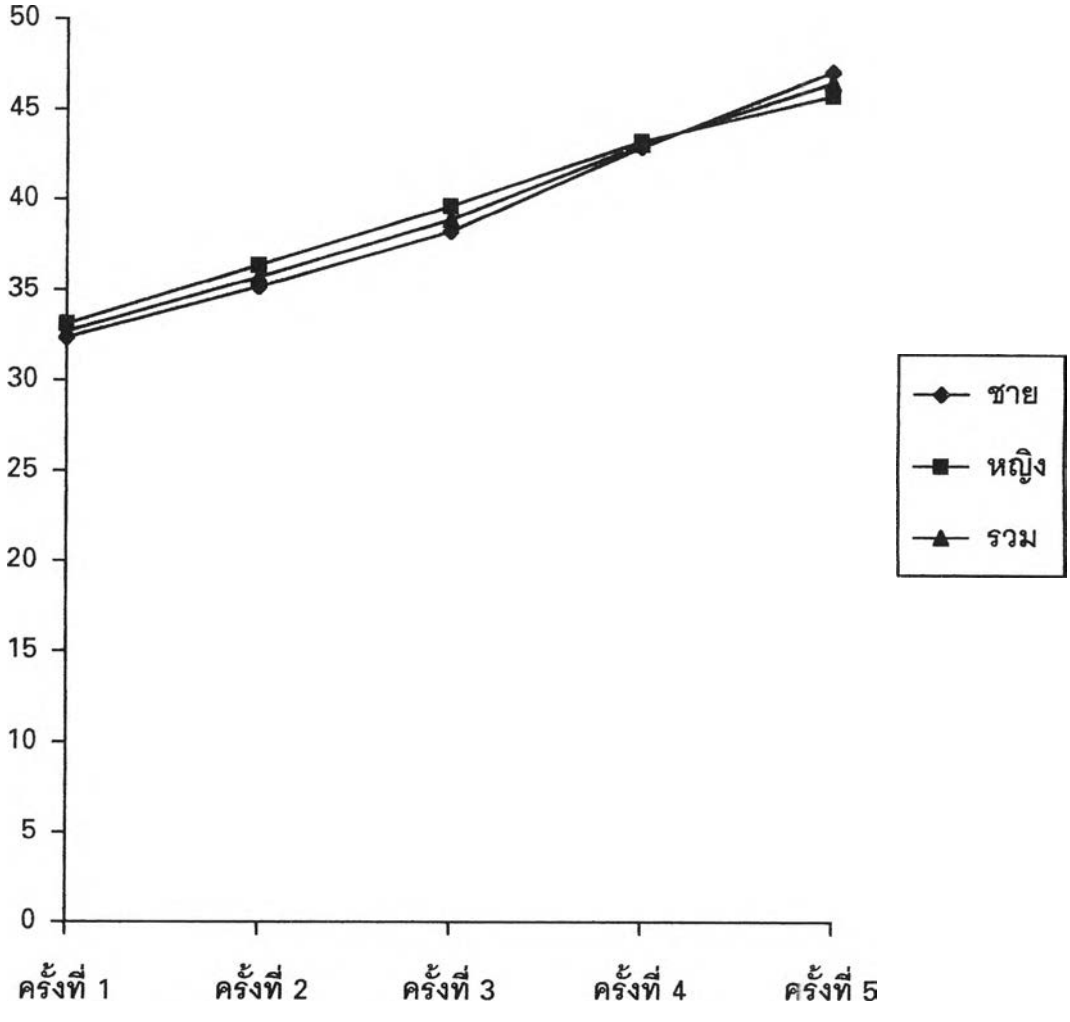
เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างรวม พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.704, 35.753, 38.956, 43.172 และ 46.611 กิโลกรัม โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.169, 7.298, 7.463, 7.139 และ 6.951 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 5 มีค่าสูงสุดรองลงไป คือ น้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักทั้งห้าครั้ง พบว่า มีค่าที่ใกล้เคียงกันมากนั้นแสดงให้เห็นว่า ความแปรปรวนของน้ำหนักที่วัดนั้นก็มีค่าใกล้เคียงกันด้วย เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของน้ำหนักที่วัด ครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 พบว่า มีค่าความโด่งเท่ากับ -0.029, 0.151, 0.688, 1.827 และ 3.433 ส่วนความเบ้มีค่าเท่ากับ 0.491, 0.476, 0.554, 0.579 และ 0.928 แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักที่วัดได้ทั้งห้าครั้งมีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางบวก และมีความโด่งค่อนข้างสูง ในการวัดครั้งที่ 5 มีเพียงน้ำหนักในการวัดครั้งที่ 1 และ 2 เท่านั้นที่มีความโด่งเข้าใกล้ 0 จากค่าความโด่งและค่าความเบ้ซึ่งมีค่าไม่สูงเกินไป ดังที่กล่าวข้างต้นนั้นย่อมแสดงว่าน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างรวมทั้ง 5 ครั้งมีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของน้ำหนักเท่ากับ 21.921, 20.412, 19.158, 16.536 และ 14.913 ตามลำดับ แสดงว่าน้ำหนักที่วัดในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันไม่มาก โดยในการวัดครั้งแรกนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ระหว่างกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิง และกลุ่มตัวอย่างรวม พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 5 ของกลุ่มตัวอย่างชายมีค่าสูงที่สุด และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักในการวัดครั้งที่ 3 มีค่าสูงที่สุด นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายทั้งสามกลุ่มยังมีค่าใกล้เคียงกันอีกด้วย แสดงให้เห็นว่า ความแปรปรวนของน้ำหนักที่วัดทั้งสามกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันด้วย เมื่อพิจารณาพิสัยของน้ำหนัก พบว่า น้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ของกลุ่มตัวอย่างรวมมีพิสัยกว้างเท่ากับน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างชายและยังมีพิสัยกว้างกว่ากลุ่มตัวอย่างชายในการวัดครั้งที่ 5 อีกด้วย นอกจากนี้น้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างรวมก็ยังมีพิสัยกว้างกว่าน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างหญิงด้วย โดยน้ำหนักสูงสุดของกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างรวมมีค่าเท่ากันและยังมีค่าสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างหญิงอีกด้วย ส่วนน้ำหนักต่ำสุดของทั้งสามกลุ่มมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากและมีค่าเท่ากันในการวัดครั้งที่ 1, 2 และ 4 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะแจกแจงของน้ำหนักทั้งห้าครั้งของทั้งสามกลุ่มแล้ว พบว่า น้ำหนักของทั้งสาม

กลุ่มมีการแจกแจงที่มีลักษณะเบ้ทางบวกเข้าใกล้ 0 และมีความโด่งไม่สูงเกินไปเช่นเดียวกัน โดยมีความโด่งของน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 5 และ 4 สูงกว่าน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2 และ 3 นั้นย่อมแสดงว่าน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มมีลักษณะการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของน้ำหนักดังได้กล่าวมาแล้วนั้น แสดงไว้ในตารางที่ 3 และแผนภาพที่ 13

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของนักเรียน

| ค่าสถิติ | ตัวแปร เพศ | WEIGHT1 | WEIGHT2 | WEIGHT3 | WEIGHT4 | WEIGHT5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ค่าเฉลี่ย | ชาย | 32.360 | 35.195 | 38.309 | 43.026 | 47.241 |
| | หญิง | 33.113 | 36.415 | 39.723 | 43.345 | 45.864 |
| (Mean) | รวม | 32.704 | 35.753 | 38.956 | 43.172 | 46.611 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ชาย | 7.593 | 7.630 | 7.877 | 7.839 | 7.548 |
| | หญิง | 6.622 | 6.841 | 6.876 | 6.220 | 6.098 |
| (S.D.) | รวม | 7.169 | 7.298 | 7.463 | 7.139 | 6.951 |
| ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย | ชาย | 23.464 | 21.679 | 20.562 | 18.219 | 15.978 |
| | หญิง | 19.998 | 18.786 | 17.310 | 14.350 | 13.296 |
| (C.V.) | รวม | 21.921 | 20.412 | 19.158 | 16.536 | 14.913 |
| มัธยฐาน | ชาย | 31.5 | 35 | 37 | 43 | 46 |
| | หญิง | 33 | 36 | 40 | 43 | 45 |
| (Median) | รวม | 32 | 35 | 38 | 43 | 46 |
| ฐานนิยม | ชาย | 30 | 35 | 35 | 40 | 45 |
| | หญิง | 30 | 35 | 36 | 45 | 45 |
| (Mode) | รวม | 30 | 35 | 36 | 45 | 45 |
| พิสัย | ชาย | 37 | 42 | 54 | 57 | 62 |
| | หญิง | 35 | 41 | 45 | 40 | 40 |
| (Range) | รวม | 37 | 42 | 54 | 57 | 63 |
| คะแนนสูงสุด | ชาย | 57 | 63 | 75 | 85 | 93 |
| | หญิง | 55 | 62 | 67 | 68 | 70 |
| (Maximum) | รวม | 57 | 63 | 75 | 85 | 93 |
| คะแนนต่ำสุด | ชาย | 20 | 21 | 21 | 28 | 31 |
| | หญิง | 20 | 21 | 22 | 28 | 30 |
| (Minimum) | รวม | 20 | 21 | 21 | 28 | 30 |
| ความโด่ง | ชาย | -0.037 | 0.151 | 1.007 | 1.819 | 3.699 |
| | หญิง | -0.001 | 0.266 | 0.768 | 1.119 | 1.572 |
| (Kurtosis) | รวม | -0.029 | 0.151 | 0.888 | 1.827 | 3.433 |
| ความเบ้ | ชาย | 0.607 | 0.594 | 0.659 | 0.619 | 0.929 |
| | หญิง | 0.341 | 0.365 | 0.486 | 0.502 | 0.733 |
| (Skewness) | รวม | 0.491 | 0.476 | 0.554 | 0.579 | 0.928 |




**แผนภาพที่ 13 แสดงลักษณะพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนักของนักเรียน**

3. ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ด้านส่วนสูง ในการวัดตัวแปรสังเกตได้ด้านส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างชาย ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 (HIGHT1, HIGHT2, HIGHT3, HIGHT4 และ HIGHT5) นั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยของส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 141.137, 144.941, 149.664, 155.274 และ 160.779 เซนติเมตร โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 10.199, 10.104, 9.600, 8.277 และ 6.865 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 5 มีค่าสูงสุด รองลงไปคือส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 4 , 3 , 2 และ 1 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือ ส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 2, 3, 4 และ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1 มีความแปรปรวนมากที่สุด รองลงไปคือ ส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของส่วนสูงทั้งห้าครั้ง พบว่าความโด่งมีค่าเท่ากับ -0.348, -0.410, -0.207, -0.370 และ -0.297 ส่วนความเบ้มีค่าเท่ากับ 0.282, 0.161, -0.211, -0.241, และ -0.242 ชี้ให้เห็นว่าส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าความโด่งใกล้เคียงกันมากและเข้าใกล้ 0 โดยมีการกระจายลักษณะเบ้ทางลบ มีเพียงส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1 และ 2 เท่านั้นที่มีการแจกแจงเบ้ทางบวกและมีความโด่งเข้าใกล้ 0 อีกด้วย จากค่าความโด่งและความเบ้ที่มีค่าเข้าใกล้ 0 ดังที่กล่าวมาแล้วนั้นย่อมแสดงให้เห็นว่าส่วนสูงทั้งห้าครั้งของกลุ่มตัวอย่างชายมีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของส่วนสูงมีค่าเท่ากับ 7.226, 6.971, 6.414, 5.331 และ 4.270 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักที่วัดในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันไม่มากนัก โดยเฉพาะในการวัดครั้งแรกนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายสูงสุด

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างหญิง พบว่า มีค่าเท่ากับ 140.821, 144.806, 148.845, 152.417 และ 155.325 เซนติเมตร โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.202, 7.503, 6.856, 5.754 และ 5.135 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 5 มีค่าสูงสุดรองลงไป คือ ส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนสูงทั้งห้าครั้ง พบว่า ความแปรปรวนของส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1 นั้นมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ความแปรปรวนของส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของส่วนสูงที่วัด ครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 พบว่า ความโด่งมีค่าเท่ากับ -0.264, -0.269, 0.181, 0.186 และ 0.086 ส่วนความเบ้มีค่าเท่ากับ -0.061, -0.053, -0.128, -0.011 และ 0.118 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าส่วนสูงที่วัดได้ทั้ง 5 ครั้ง มีการแจกแจงที่มีลักษณะเบ้ทางลบ มีเพียงส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 5 เท่านั้น ที่มีลักษณะการแจกแจงทางบวก และมีความโด่งเข้าใกล้ 0 จากค่าความโด่งและค่าความเบ้ที่เข้าใกล้ 0 ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างหญิงทั้งห้าครั้งมีการแจกแจงใกล้เคียงโค้งปกติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของส่วนสูงมีค่าเท่ากับ 5.824, 5.181, 4.606, 3.775 และ 3.306 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักที่วัดในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันไม่มาก โดยเฉพาะการวัดครั้งแรกนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายสูงที่สุด

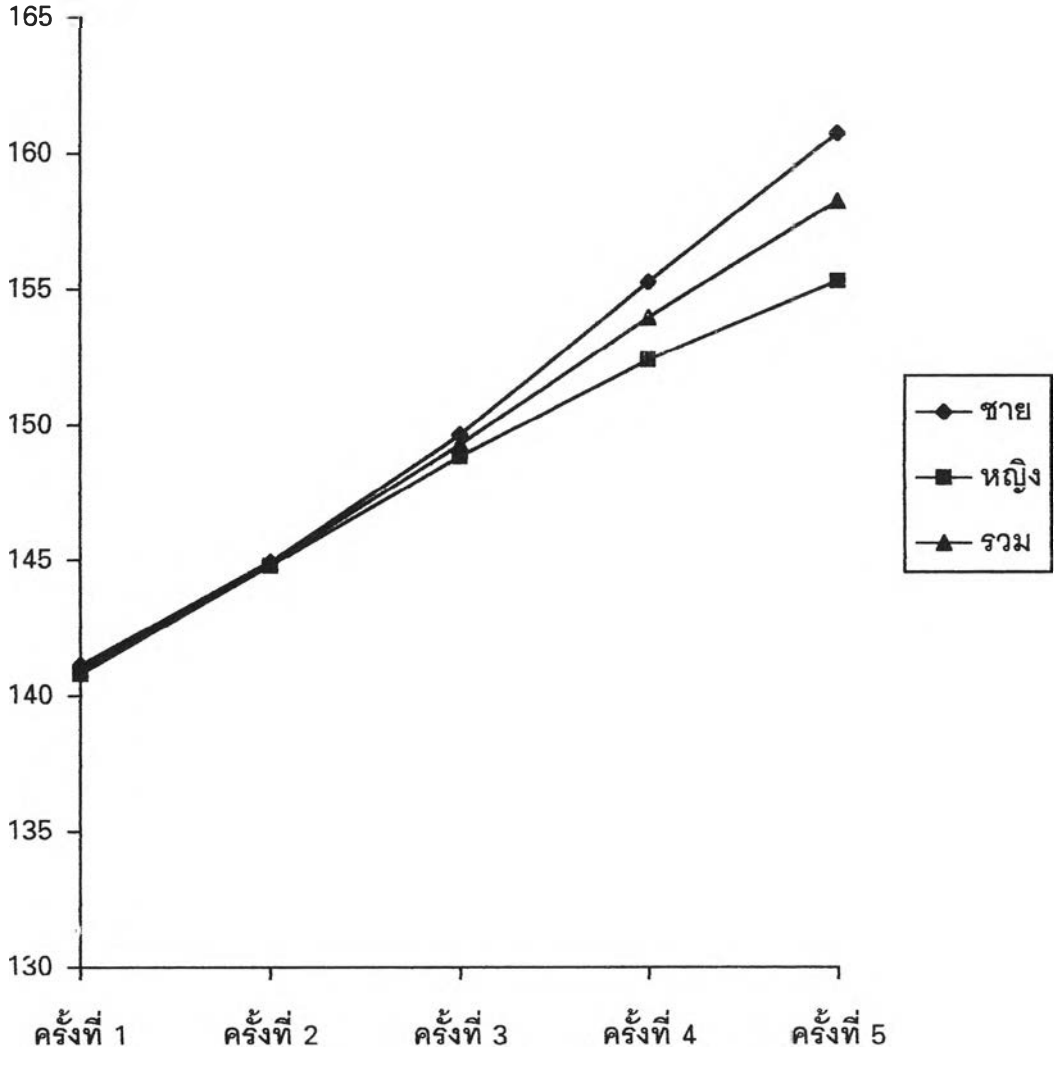
เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างรวม พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 140.992, 144.879, 149.289, 153.966 และ 158.282 เซนติเมตร โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.332, 9.000, 8.458, 7.366 และ 6.705 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 5 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงไป คือ ส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 4, 3, 2 และ 1 ในขณะที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนสูงในการวัดครั้งที่ 1 มีค่าสูงที่สุด รองลงไปคือ ส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 2, 3, 4 และ 5 นั้น แสดงให้เห็นว่าส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1 มีความแปรปรวนมากที่สุด รองลงไป คือ ส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของส่วนสูงที่วัด ครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 พบว่ามีค่าความโด่งเท่ากับ -0.201, -0.176, 0.115, -0.122 และ -0.352 ส่วนความเบ้มีค่าเท่ากับ 0.190, 0.115, -0.152, 0.001 และ 0.153 ชี้ให้เห็นว่าส่วนสูงที่วัดทั้ง 5 ครั้ง มีการแจกแจงในลักษณะเบ้ทางบวกและมีความโด่งเข้าใกล้ 0 นอกจากนี้ส่วนสูงที่ได้จากการวัดครั้งที่ 4 ยังมีค่าความเบ้เข้าใกล้ 0 มากที่สุดด้วย จากค่าความโด่งและค่าความเบ้ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 0 ดังกล่าวแล้วนั้นย่อมแสดงว่าลักษณะการแจกแจงของส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างรวมมีการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของส่วนสูงใกล้เคียงกัน เท่ากับ 6.619, 6.212, 5.666, 4.784 และ 4.236 ตามลำดับ โดยเฉพาะการวัดครั้งแรกนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายสูงที่สุด ซึ่งแสดงว่าน้ำหนักที่วัดในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันไม่มาก

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ระหว่างกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิง และกลุ่มตัวอย่างรวม พบว่า ค่าเฉลี่ยของส่วนสูงที่วัดทั้งห้าครั้งของกลุ่มตัวอย่างชายมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างหญิงและกลุ่มตัวอย่างรวม โดยค่าเฉลี่ยของส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 5 มีค่าสูงที่สุด นอกจากนี้ความแปรปรวนของส่วนสูงทั้งห้าครั้งของกลุ่มตัวอย่างชายยังมีค่าสูงกว่าความแปรปรวนของส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างหญิงและกลุ่มตัวอย่างรวมอีกด้วย แม้ว่าความแปรปรวนของส่วนสูงทั้งห้าครั้งของกลุ่มตัวอย่างรวมจะมีค่าสูงกว่าความแปรปรวนของส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างหญิงก็ตาม ทั้งที่ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของส่วนสูงทั้งห้าครั้งของกลุ่มตัวอย่างหญิงมีค่าสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างรวม เมื่อพิจารณาพิสัยของส่วนสูง พบว่า ส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างชายมีพิสัยเท่ากับส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างรวม มีเพียงการวัดครั้งที่ 1 เท่านั้นที่กลุ่มตัวอย่างรวมมีพิสัยกว้างกว่ากลุ่มตัวอย่างชาย นอกจากนี้ส่วนสูงในการวัดทั้ง 5 ครั้งของกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างรวมยังมีพิสัยกว้างกว่าส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างหญิงอีกด้วย มีเพียงส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 2 และ 4 เท่านั้นที่กลุ่มตัวอย่างหญิงมีพิสัยของส่วนสูงกว้างกว่ากลุ่มตัวอย่างชาย โดยค่าส่วนสูงที่สูงที่สุดของกลุ่มตัวอย่างชายมีค่าสูงกว่าส่วนสูงที่สูงที่สุดของกลุ่มตัวอย่างหญิงและมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างรวมอีกด้วย มีเพียงส่วนสูงที่สูงสุดที่วัดในครั้งที่ 1 ของกลุ่มตัวอย่างหญิงเท่านั้นที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างชาย เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะแจกแจงของส่วนสูงทั้งห้าครั้งของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มแล้ว พบว่า ส่วนสูงของทั้งสามกลุ่มมีการ

แจกแจงที่มีลักษณะความเบ้และความโด่งใกล้เคียงกันและมีค่าเข้าใกล้ 0 อีกด้วย ชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มมีลักษณะการแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของส่วนสูงดังได้กล่าวมาแล้วนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 4 และแผนภาพที่ 14

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของนักเรียน

| ค่าสถิติ | ตัวแปร เพศ | HIGHT1 | HIGHT2 | HIGHT3 | HIGHT4 | HIGHT5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ค่าเฉลี่ย | ชาย | 141.137 | 144.941 | 149.664 | 155.274 | 160.779 |
| | หญิง | 140.821 | 144.806 | 148.845 | 152.417 | 155.325 |
| (Mean) | รวม | 140.992 | 144.879 | 149.289 | 153.966 | 158.282 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ชาย | 10.199 | 10.104 | 9.600 | 8.277 | 6.865 |
| | หญิง | 8.202 | 7.503 | 6.856 | 5.754 | 5.135 |
| (S.D.) | รวม | 9.332 | 9.000 | 8.458 | 7.366 | 6.705 |
| ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย | ชาย | 7.226 | 6.971 | 6.414 | 5.331 | 4.270 |
| | หญิง | 5.824 | 5.181 | 4.606 | 3.775 | 3.306 |
| (C.V.) | รวม | 6.619 | 6.212 | 5.666 | 4.784 | 4.236 |
| มัธยฐาน | ชาย | 140 | 145 | 150 | 156 | 161 |
| | หญิง | 141 | 145 | 149 | 152 | 155 |
| (Median) | รวม | 140 | 145 | 149 | 154 | 158 |
| ฐานนิยม | ชาย | 140 | 150 | 153 | 160 | 160 |
| | หญิง | 140 | 145 | 143 | 150 | 155 |
| (Mode) | รวม | 140 | 145 | 143 | 155 | 156 |
| พิสัย | ชาย | 52 | 52 | 52 | 40 | 38 |
| | หญิง | 45 | 41 | 38 | 33 | 30 |
| (Range) | รวม | 54 | 52 | 52 | 40 | 38 |
| คะแนนสูงสุด | ชาย | 172 | 173 | 174 | 174 | 178 |
| | หญิง | 163 | 164 | 166 | 167 | 172 |
| (Maximum) | รวม | 172 | 173 | 174 | 174 | 178 |
| คะแนนต่ำสุด | ชาย | 120 | 121 | 122 | 134 | 140 |
| | หญิง | 118 | 123 | 123 | 134 | 142 |
| (Minimum) | รวม | 118 | 121 | 122 | 134 | 140 |
| ความโด่ง | ชาย | -0.348 | -0.410 | -0.207 | -0.370 | -0.297 |
| | หญิง | -0.264 | -0.269 | 0.131 | 0.186 | 0.086 |
| (Kurtosis) | รวม | -0.201 | -0.176 | 0.115 | -0.122 | -0.352 |
| ความเบ้ | ชาย | 0.282 | 0.161 | -0.211 | -0.241 | -0.242 |
| | หญิง | -0.061 | -0.053 | -0.128 | -0.011 | 0.118 |
| (Skewness) | รวม | 0.190 | 0.115 | -0.152 | 0.001 | 0.153 |




แผนภาพที่ 14 แสดงลักษณะพัฒนาการทางกายภาพด้านส่วนสูงของนักเรียน

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำหนักและส่วนสูงที่จัดทำโดยกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2530 (กรมอนามัย, 2530) ปรากฏผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักและส่วนสูงกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำหนักและส่วนสูงของ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

| ตัวแปร ค่าสถิติ | เพศ | วัดครั้งที่ 1 (11 ปี) | | วัดครั้งที่ 2 (12 ปี) | | วัดครั้งที่ 3 (13 ปี) | | วัดครั้งที่ 4 (14 ปี) | | วัดครั้งที่ 5 (15 ปี) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เกณฑ์มาตรฐาน | กลุ่มตัวอย่าง | เกณฑ์มาตรฐาน | กลุ่มตัวอย่าง | เกณฑ์มาตรฐาน | กลุ่มตัวอย่าง | เกณฑ์มาตรฐาน | กลุ่มตัวอย่าง | เกณฑ์มาตรฐาน | กลุ่มตัวอย่าง |
| **น้ำหนัก** | | | | | | | | | | | |
| ค่าเฉลี่ย | ชาย | 29.3 | 32.4 | 33.3 | 35.2 | 38.9 | 38.3 | 41.7 | 43.0 | 45.9 | 47.2 |
| | หญิง | 30.7 | 33.1 | 35.4 | 36.4 | 40.4 | 39.7 | 43.6 | 43.3 | 45.9 | 45.9 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ชาย | 5.4 | 7.6 | 6.0 | 7.6 | 8.9 | 7.9 | 7.9 | 7.8 | 7.9 | 7.5 |
| | หญิง | 5.4 | 6.6 | 6.9 | 6.8 | 6.4 | 6.9 | 7.2 | 6.2 | 7.1 | 6.1 |
| **ส่วนสูง** | | | | | | | | | | | |
| ค่าเฉลี่ย | ชาย | 134.8 | 141.1 | 141.4 | 144.9 | 148.7 | 149.7 | 153.8 | 155.3 | 158.9 | 160.8 |
| | หญิง | 137.7 | 140.8 | 143.8 | 144.8 | 149.4 | 148.8 | 152.3 | 152.4 | 153.8 | 155.3 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ชาย | 6.2 | 10.2 | 7.8 | 10.1 | 9.5 | 9.6 | 8.6 | 8.3 | 7.4 | 6.9 |
| | หญิง | 6.4 | 8.2 | 6.3 | 7.5 | 5.7 | 6.9 | 5.4 | 5.8 | 6.0 | 5.1 |

เนื่องจากลักษณะพัฒนาการทางสติปัญญาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียน จากแผนภาพที่ 12 - 14 มีค่าเฉลี่ยต่างกันตามช่วงเวลาที่วัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลมาตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยจากการวัดแต่ละครั้ง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำต่อไป

**ตอนที่ 2 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ น้ำหนัก และส่วนสูงระหว่างช่วงเวลา**

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ น้ำหนัก และส่วนสูงระหว่างช่วงเวลา ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (repeated measures analysis of variance = MANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาการวัดของตัวแปรในการวัดแต่ละครั้ง และเพื่อทดสอบความแตกต่างของตัวแปรระหว่างกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิง ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างช่วงเวลาในการวัดแต่ละครั้ง พบว่า ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F - test) ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาการวัดของคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ชี้ให้เห็นว่าช่วงเวลาในการวัดแต่ละครั้งมีผลทำให้นักเรียนมีคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในการวัดทั้ง 5 ครั้งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นโค้งพาราโบลาคว่ำ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างช่วงเวลา

| แหล่งความแปรผัน | df | SS | MS | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| ค่าคงที่ | 1 | 1241052.83 | 1241052.80 | 5105.55** | .000 |
| หน่วยตัวอย่าง | 405 | 98446.97 | 243.08 | | |
| จำนวนครั้งที่วัด | 4 | 3762.51 | 940.63 | 46.89** | .000 |
| หน่วยตัวอย่าง × จำนวนครั้งที่วัด | 1620 | 32496.69 | 20.06 | | |
| รวม | 2030 | 1375759.00 | | | |

** $p < .001$

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จำแนกตามลักษณะทางเพศระหว่างกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิงโดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F - test) พบว่า คะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิง

| แหล่งความแปรผัน | df | SS | MS | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| ภายในเซลล์ | 404 | 98433.12 | 243.65 | | |
| ค่าคงที่ | 1 | 1236493.18 | 1236493.20 | 5074.95** | .000 |
| เพศ | 1 | 13.85 | 13.85 | .06 | .812 |
| รวม | 406 | 1334940.15 | | | |

** $p < .001$

2.2 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างช่วงเวลาในการวัดแต่ละครั้ง พบว่า ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F - test) ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาการวัดของน้ำหนักมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ชี้ให้เห็นว่าช่วงเวลาในการวัดแต่ละครั้งมีผลทำให้นักเรียนมีน้ำหนักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และในการวัดทั้ง 5 ครั้งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรงและค่อนข้างจะเป็นเส้นโค้งพาลาโบลาหงาย ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของน้ำหนักดังแสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างช่วงเวลา

| แหล่งความแปรผัน | df | SS | MS | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| ค่าคงที่ | 1 | 4604154.61 | 4604154.60 | 20765.24** | .000 |
| หน่วยตัวอย่าง | 591 | 131038.93 | 221.72 | | |
| จำนวนครั้งที่วัด | 4 | 73727.32 | 18431.83 | 1944.72** | .000 |
| หน่วยตัวอย่าง × จำนวนครั้งที่วัด | 2364 | 22405.74 | 9.48 | | |
| รวม | 2960 | 4831326.60 | | | |

** $p < .001$

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรน้ำหนักจำแนกตามลักษณะทางเพศระหว่างกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิงโดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F - test) พบว่า น้ำหนักที่วัดในแต่ละครั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักระหว่างกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิงได้แสดงไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรน้ำหนักระหว่างกลุ่มตัวอย่างชาย และกลุ่มตัวอย่างหญิง

| แหล่งความแปรผัน | df | SS | MS | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| ภายในเซลล์ | 590 | 130879.59 | 221.83 | | |
| ค่าคงที่ | 1 | 4575871.45 | 4575871.50 | 20627.85** | .000 |
| เพศ | 1 | 159.35 | 159.35 | .72 | .397 |
| รวม | 592 | 4706910.39 | | | |

** $p < .001$

2.3 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของส่วนสูง เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างช่วงเวลาในการวัดแต่ละครั้ง พบว่า ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F - test) ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาการวัดของส่วนสูงมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ชี้ให้เห็นว่าช่วงเวลาในการวัดแต่ละครั้งมีผลทำให้นักเรียนมีส่วนสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 จากการวัดทั้ง 5 ครั้งนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรงและค่อนข้างจะเป็นเส้นโค้งพาลาโบลาหงายเช่นเดียวกับน้ำหนัก ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของส่วนสูงแสดงไว้ในตาราง ที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรส่วนสูง เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างช่วงเวลา

| แหล่งความแปรผัน | df | SS | MS | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| ค่าคงที่ | 1 | 66140594.99 | 66140595.00 | 236674.49** | .000 |
| หน่วยตัวอย่าง | 591 | 165159.71 | 279.46 | | |
| จำนวนครั้งที่วัด | 4 | 112980.86 | 28245.22 | 1903.17** | .000 |
| หน่วยตัวอย่าง × จำนวนครั้งที่วัด | 2364 | 35084.44 | 14.84 | | |
| รวม | 2960 | 66453820.00 | | | |

** $p < .001$

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรส่วนสูงจำแนกตามลักษณะทางเพศระหว่างกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิงโดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F - test) พบว่า กลุ่มตัวอย่างเพศชายและกลุ่มตัวอย่างเพศหญิงมีส่วนสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของส่วนสูงระหว่างกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิงได้แสดงไว้ในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรส่วนสูงระหว่างกลุ่มตัวอย่างชาย และกลุ่มตัวอย่างหญิง

| แหล่งความแปรผัน | df | SS | MS | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| ภายในเซลล์ | 590 | 162462.30 | 275.36 | | |
| ค่าคงที่ | 1 | 65597713.14 | 65597713.00 | 238225.42** | .000 |
| เพศ | 1 | 2697.41 | 2697.41 | 9.80* | .002 |
| รวม | 592 | 65762872.85 | | | |

** $p < .001$

* $p < .01$

จากการที่ผู้วิจัยนำข้อมูลเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนทั้งกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิงมาตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยจากการวัดทั้ง 5 ครั้ง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำนั้น สรุปได้ว่า ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F - test) ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาการวัดของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ น้ำหนักและส่วนสูงมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ชี้ให้เห็นว่า ช่วงเวลาในการวัดแต่ละครั้งมีผลทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ น้ำหนักและส่วนสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และลักษณะพัฒนาการในแต่ละด้านจากการวัด 5 ครั้งมีแนวโน้มไม่เป็นเส้นตรงโดยมีลักษณะเป็นเส้นโค้งทั้งแบบพาราโบลาคว่ำและพาราโบลาหงาย นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์น้ำหนักและส่วนสูงจำแนกตามลักษณะทางเพศระหว่างกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิง พบว่า คะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และน้ำหนักที่วัดในแต่ละครั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่ากลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิงมีส่วนสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นผู้วิจัยจึงแยกวิเคราะห์ส่วนสูงเป็นสองกลุ่ม คือ ส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างชายและส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างหญิง ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และน้ำหนักของนักเรียนจะวิเคราะห์เป็นแบบกลุ่มรวม ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอไว้ในตอนที่ 4

**ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้เพื่อนำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง**

การวิเคราะห์ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ที่ปรากฏอยู่ในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงทั้งสี่แบบ ในการรายงานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 12 - 14 ซึ่งแบ่งออกเป็นสามส่วน คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิง และกลุ่มตัวอย่างรวม โดยเรียงตามลำดับจากบนลงล่าง

อักษรย่อภาษาอังกฤษที่ใช้แทนชื่อตัวแปรสังเกตได้ที่ปรากฏอยู่ในตารางเมทริกซ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 12 ถึง ตารางที่ 14 เป็นดังนี้

**ตัวแปรสังเกตได้ (observed variable)**

| | |
|---|---|
| ACH1 | คือ คะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 1 |
| ACH2 | คือ คะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 2 |
| ACH3 | คือ คะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 3 |
| ACH4 | คือ คะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 4 |
| ACH5 | คือ คะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดครั้งที่ 5 |
| WEIGHT1 | คือ น้ำหนักของนักเรียนที่วัดครั้งที่ 1 |
| WEIGHT2 | คือ น้ำหนักของนักเรียนที่วัดครั้งที่ 2 |
| WEIGHT3 | คือ น้ำหนักของนักเรียนที่วัดครั้งที่ 3 |
| WEIGHT4 | คือ น้ำหนักของนักเรียนที่วัดครั้งที่ 4 |
| WEIGHT5 | คือ น้ำหนักของนักเรียนที่วัดครั้งที่ 5 |
| HIGHT1 | คือ ส่วนสูงของนักเรียนที่วัดครั้งที่ 1 |
| HIGHT2 | คือ ส่วนสูงของนักเรียนที่วัดครั้งที่ 2 |
| HIGHT3 | คือ ส่วนสูงของนักเรียนที่วัดครั้งที่ 3 |
| HIGHT4 | คือ ส่วนสูงของนักเรียนที่วัดครั้งที่ 4 |
| HIGHT5 | คือ ส่วนสูงของนักเรียนที่วัดครั้งที่ 5 |

3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างชาย พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 (ACH1, ACH2, ACH3, ACH4 และ ACH5) มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกณฑ์สูง กล่าวคือ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .66 ถึง .74

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างหญิง พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกณฑ์สูง กล่าวคือ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .64 ถึง .72

นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างรวม ยังพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกณฑ์สูงอีกด้วย กล่าวคือ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .64 ถึง .77

การที่คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิง และกลุ่มตัวอย่างรวม มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวมีผลให้ความคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้งห้าครั้งมีความตรงตามสภาพอยู่ในเกณฑ์สูงนั่นเอง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างชาย และกลุ่มตัวอย่างหญิงไม่มีความแตกต่างกันกับกลุ่มตัวอย่างรวม ซึ่งจะเห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้งสามกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันมาก จากความสอดคล้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิงและกลุ่มตัวอย่างรวม ดังกล่าวมาแล้วนั้นทำให้กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มมีคุณสมบัติความเท่าเทียมกันหรือสามารถใช้เทียบเคียงกันได้นั่นเอง ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ลักษณะของโค้งพัฒนาการที่ใกล้เคียงกันดังจะได้กล่าวในตอนต่อไป ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างแสดงไว้ในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH1 - ACH5) ของกลุ่มตัวอย่าง

| ตัวแปร | เพศ | ACH1 | ACH2 | ACH3 | ACH4 | ACH5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ACH1 | ชาย | | | | | |
| | หญิง | 1.000 | | | | |
| | รวม | | | | | |
| ACH2 | ชาย | .689* | | | | |
| | หญิง | .682* | 1.000 | | | |
| | รวม | .680* | | | | |
| ACH3 | ชาย | .673* | .697* | | | |
| | หญิง | .757* | .678* | 1.000 | | |
| | รวม | .707* | .685* | | | |
| ACH4 | ชาย | .677* | .662* | .651* | | |
| | หญิง | .725* | .727* | .718* | 1.000 | |
| | รวม | .696* | .688* | .676* | | |
| ACH5 | ชาย | .647* | .707* | .694* | .727* | |
| | หญิง | .694* | .760* | .641* | .775* | 1.000 |
| | รวม | .666* | .729* | .666* | .747* | |
| Mean | ชาย | 22.8796 | 23.6713 | 23.9398 | 26.6713 | 26.0787 |
| | หญิง | 23.2053 | 23.5105 | 24.9526 | 26.3684 | 26.0316 |
| | รวม | 23.0320 | 23.5961 | 24.4138 | 26.5296 | 26.0567 |
| S.D. | ชาย | 7.8352 | 7.0426 | 8.0424 | 9.3534 | 8.4983 |
| | หญิง | 6.7452 | 7.7982 | 8.6644 | 8.2270 | 7.8470 |
| | รวม | 7.3381 | 7.3970 | 8.3442 | 8.8347 | 8.1900 |

* p < .001

3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างชาย พบว่า น้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 (WEIGHT1, WEIGHT2, WEIGHT3, WEIGHT4 และ WEIGHT5) มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกณฑ์สูง กล่าวคือ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .61 ถึง .95

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างหญิง พบว่า น้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกณฑ์สูง กล่าวคือ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .63 ถึง .93

นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างรวม ยังพบว่า น้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกณฑ์สูงอีกด้วย กล่าวคือ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .61 ถึง .94

จากการที่น้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิง และกลุ่มตัวอย่างรวม มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวมีผลให้ความคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักทั้งห้าครั้งมีความตรงตามสภาพอยู่ในเกณฑ์สูงนั่นเอง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างชาย และกลุ่มตัวอย่างหญิงไม่มีความแตกต่างกันกับกลุ่มตัวอย่างรวม ซึ่งจะเห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหนักทั้งสามกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันมาก จากความสอดคล้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิง และกลุ่มตัวอย่างรวม ดังกล่าวมาแล้วนั้นทำให้กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มมีคุณสมบัติความเท่าเทียมกันหรือสามารถใช้เทียบเคียงกันได้นั่นเอง โดยให้ผลการวิเคราะห์ลักษณะของโค้งพัฒนาการที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งผู้วิจัยจะได้กล่าวในตอนต่อไป ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่าง แสดงไว้ในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ด้านน้ำหนัก (WEIGHT1 - WEIGHT5) ของกลุ่มตัวอย่าง

| ตัวแปร | เพศ | WEIGHT1 | WEIGHT2 | WEIGHT3 | WEIGHT4 | WEIGHT5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| WEIGHT1 | ชาย | | | | | |
| | หญิง | 1.000 | | | | |
| | รวม | | | | | |
| WEIGHT2 | ชาย | .957* | | | | |
| | หญิง | .933* | 1.000 | | | |
| | รวม | .947* | | | | |
| WEIGHT3 | ชาย | .864* | .944* | | | |
| | หญิง | .836* | .929* | 1.000 | | |
| | รวม | .853* | .939* | | | |
| WEIGHT4 | ชาย | .747* | .835* | .902* | | |
| | หญิง | .725* | .819* | .885* | 1.000 | |
| | รวม | .738* | .826* | .892* | | |
| WEIGHT5 | ชาย | .614* | .706* | .794* | .889* | |
| | หญิง | .631* | .707* | .786* | .912* | 1.000 |
| | รวม | .611* | .691* | .774* | .890* | |
| Mean | ชาย | 32.3598 | 35.1947 | 38.3087 | 43.0259 | 47.2414 |
| | หญิง | 33.1125 | 36.4151 | 39.7229 | 43.3450 | 45.8635 |
| | รวม | 32.7044 | 35.7534 | 38.9561 | 43.1720 | 46.6106 |
| S.D | ชาย | 7.5928 | 7.6295 | 7.8770 | 7.8390 | 7.5483 |
| | หญิง | 6.6222 | 6.8407 | 6.8762 | 6.2199 | 6.0984 |
| | รวม | 7.1687 | 7.2984 | 7.4628 | 7.1395 | 6.9508 |

* $p < .001$

3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างชาย พบว่า ส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 (HIGHT1, HIGHT2, HIGHT3, HIGHT4 และ HIGHT5) มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกณฑ์สูง กล่าวคือ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .61 ถึง .95

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างหญิง พบว่า ส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกณฑ์สูง กล่าวคือ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .60 ถึง .95

นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างรวม ยังพบว่าส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกณฑ์สูงอีกด้วย กล่าวคือ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .56 ถึง .95

จากการที่ส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิง และกลุ่มตัวอย่างรวม มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวมีผลให้ความคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนสูงทั้งห้าครั้งมีความตรงตามสภาพอยู่ในเกณฑ์สูงนั่นเอง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างชาย และกลุ่มตัวอย่างหญิงไม่มีความแตกต่างกันกับกลุ่มตัวอย่างรวม ซึ่งจะเห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรส่วนสูงทั้งสามกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันมาก จากความสอดคล้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิง และกลุ่มตัวอย่างรวม ดังกล่าวมาแล้วนั้นทำให้กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มมีคุณสมบัติความเท่าเทียมกันหรือสามารถใช้เทียบเคียงกันได้นั่นเอง โดยให้ผลการวิเคราะห์ลักษณะของโค้งพัฒนาการที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งจะได้นำเสนอในตอนต่อไป ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง แสดงไว้ในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ด้านส่วนสูง (HIGHT1 - HIGHT5) ของกลุ่มตัวอย่าง

| ตัวแปร | เพศ | HIGHT1 | HIGHT2 | HIGHT3 | HIGHT4 | HIGHT5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| HIGHT1 | ชาย | | | | | |
| | หญิง | 1.000 | | | | |
| | รวม | | | | | |
| HIGHT2 | ชาย | .959* | | | | |
| | หญิง | .950* | 1.000 | | | |
| | รวม | .955* | | | | |
| HIGHT3 | ชาย | .867* | .930* | | | |
| | หญิง | .830* | .917* | 1.000 | | |
| | รวม | .853* | .925* | | | |
| HIGHT4 | ชาย | .753* | .810* | .889* | | |
| | หญิง | .707* | .787* | .875* | 1.000 | |
| | รวม | .726* | .789* | .876* | | |
| HIGHT5 | ชาย | .614* | .670* | .739* | .848* | |
| | หญิง | .603* | .673* | .761* | .918* | 1.000 |
| | รวม | .564* | .616* | .700* | .857* | |
| Mean | ชาย | 141.1371 | 144.9408 | 149.6636 | 155.2741 | 160.7788 |
| | หญิง | 140.8210 | 144.8063 | 148.8450 | 152.4170 | 155.3247 |
| | รวม | 140.9924 | 144.8792 | 149.2889 | 153.9662 | 158.2821 |
| S.D. | ชาย | 10.1994 | 10.1035 | 9.5996 | 8.2770 | 6.8648 |
| | หญิง | 8.2020 | 7.5026 | 6.8559 | 5.7543 | 5.1345 |
| | รวม | 9.3319 | 8.9996 | 8.4579 | 7.3656 | 6.7050 |

* p < .001

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ น้ำหนักและส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิงและกลุ่มตัวอย่างรวมโดยสรุปพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ น้ำหนักและส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิงไม่มีความแตกต่างกันกับกลุ่มตัวอย่างรวม ซึ่งจะเห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสามในกลุ่มตัวอย่างชายและกลุ่มตัวอย่างหญิง มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างรวม จากความสอดคล้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของกลุ่มตัวอย่างชาย กลุ่มตัวอย่างหญิงและกลุ่มตัวอย่างรวม ดังกล่าวมาแล้วนั้นจึงทำให้ตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ น้ำหนักและส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มมีคุณสมบัติความเท่าเทียมกันหรือสามารถใช้เทียบเคียงกันได้นั่นเอง โดยให้ผลการวิเคราะห์ลักษณะของโค้งพัฒนาการที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ตัวแปรน้ำหนักและส่วนสูงยังมีความสัมพันธ์กันเองลดลงเมื่อระยะเวลาในการวัดแต่ละครั้งห่างกันมากขึ้น ส่วนตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันเองใกล้เคียงกันแม้ว่าระยะเวลาในการวัดแต่ละครั้งจะห่างกันมากขึ้นก็ตาม

**ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 แบบ ด้วยโปรแกรมลิสเรลเพื่อตรวจสอบความตรงของโมเดลและเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลทั้ง 4 แบบ**

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้เป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบความตรงของโมเดลทั้ง 4 แบบ คือ โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่ (latent growth curve model with fixed parameter = FIC model) โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) และโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (no slope baseline growth model = NSB model) และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลทั้ง 4 แบบ โดยใช้โปรแกรมลิสเรล เวอร์ชั่น 8.10 วิเคราะห์โมเดล ซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงประกอบด้วยเกณฑ์ 2 ประการ คือ ประการแรก ได้แก่ ดัชนีบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวที่คำนวณจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 4 แบบ ส่วนเกณฑ์ประการที่สอง ได้แก่ ดัชนีความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เช่น ค่าสถิติไค-สแควร์ ค่าสถิติไค-สแควร์สัมพัทธ์ ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุดและดัชนีไค-สแควร์ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 แบบ โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอนย่อยตามตัวแปรหลักในโมเดลเป็นโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่ใช้วัดน้ำหนัก และโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่ใช้วัดส่วนสูง ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 แบบ ด้วยโปรแกรมลิสเรลเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน การวิเคราะห์แยกเป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกเป็นการวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาการวัดเท่ากันซึ่งเป็นข้อจำกัดในการวิจัยครั้งนี้ และกรณีที่สองเป็นการวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาการวัดครั้งที่ 3 - 4 มีระยะห่างกันตามสภาพความเป็นจริงดังนี้ คือ

4.1.1. การวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาการวัดเท่ากัน

ในการวิเคราะห์ในกรณีนี้ผู้วิจัยกำหนดให้โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (FRC model) เป็นโมเดลที่ 1 นอกจากนี้ยังสามารถผ่อนคลายข้อ

ตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (FRC model) ให้มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันได้ เรียกว่าโมเดลความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (UDV model) เป็นโมเดลที่ 2 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่ (FIC model) เป็นโมเดลที่ 3 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (LIN model) เป็นโมเดลที่ 4 และโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (NSB model) เป็นโมเดลที่ 5

การที่ผู้วิจัยผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (FRC model) ให้มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันได้เพิ่มขึ้นอีก 1 โมเดล เนื่องจากในการวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่า โมเดลดังกล่าวสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์และโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีกว่าโมเดลแบบอื่น ดังจะเห็นได้จากค่าสถิติไค-สแควร์ที่มีค่าต่ำที่สุดนั่นเอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงได้เป็น 5 แบบ ดังต่อไปนี้

4.1.1.1 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 23.058 (SE = .367 ; t = 62.775) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 1.924 (SE = .204 ; t = 9.429) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ .282 (SE = .134 ; t = 2.096) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ .693 (SE = .127 ; t = 5.474) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 1.846 (SE = .164 ; t = 11.227) และอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 5 เท่ากับ 1.513 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 6.096 (SE = .274 ; t = 22.216) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -1.303 (SE = .292 t = -4.462) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -.464 (SE = .194 ; t = -2.393) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 4.358 (SE = .088 ; t = 49.295)

4.1.1.2 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระแบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (latent growth curve model with free parameter and unequal disturbance variance model = UDV model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 23.041 (SE = .361 ; t = 63.899) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 1.984 (SE = .197 ; t = 10.075) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ .295 (SE = .120 ; t = 2.456) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ .656 (SE = .130 ; t = 5.054) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้ง

ที่ 4 เท่ากับ 1.774 (SE = .155 ; t = 11.429) และอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 5 เท่ากับ 1.513 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 6.121 (SE = .270 ; t = 22.692) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -1.475 (SE = .278 t = -5.316) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -.364 (SE = .158 ; t = -2.298) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าไม่เท่ากันได้เนื่องจากสามารถผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้น กล่าวคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2 และ 5 มีค่าเท่ากับ 4.063 (SE = .113 ; t = 35.971) ส่วนการวัดครั้งที่ 3 และ 4 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เท่ากับ 4.908 (SE = .201 ; t = 24.473) และ 4.509 (SE = .234 ; t = 19.288) ตามลำดับ

4.1.1.3 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์คงที่ (latent curve growth model with fixed parameter = FIC model) มีการกำหนดค่าประมาณพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 25 และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 2 ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้ง 5 ครั้งเท่ากับ 0, .282, .691, 1.749 และ 1.513 ตามลำดับ ส่วนผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 6.398 (SE = .280 ; t = 22.872) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 1.326 (SE = .292 ; t = 4.533) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ .452 (SE = .195 ; t = 2.318) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 4.362 (SE = .088 ; t = 49.295)

4.1.1.4 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 22.929 (SE = .345 ; t = 66.488) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 3.594 (SE = .290 ; t = 12.387) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 6.012 (SE = .284 ; t = 21.141) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 1.428 (SE = .954 ; t = 1.496) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ .927 (SE = .760 ; t = 1.220) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อ

ตกลงเบื้องต้น คือ -4.475 (SE = .091 ; t = -49.295) โดยกำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้ง 5 ครั้งมีค่าเท่ากับ 0, .25, .50, .75 และ 1.00 ตามลำดับ

4.1.5 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (no slope baseline growth model = NSB model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 24.726 (SE = .346 ; t = 71.359) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 6.645 (SE = .257 ; t = 25.815) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 4.729 (SE = .083 ; t = 56.921)

4.1.2. การวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาการวัดครั้งที่ 3 - 4 มีระยะห่างกันตรงสภาพความเป็นจริง

การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในกรณีนี้ ผู้วิจัยได้ปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นค่าตั้งต้น B(t) ในคำสั่งการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับช่วงเวลาในการวัดการเปลี่ยนแปลงที่ตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดการปรับค่าดังกล่าวในบทที่ 3 โดยกำหนดให้โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (FRC model) เป็นโมเดลที่ 1 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่ (FIC model) เป็นโมเดลที่ 2 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (LIN model) เป็นโมเดลที่ 3 และนอกจากนี้ยังสามารถผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงให้มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันได้ เนื่องจากในการวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่า โมเดลนี้มีค่าสถิติไค-สแควร์ต่ำกว่าโมเดลดังกล่าวมาแล้ว เรียกว่า โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงแบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (UDV model) เป็นโมเดลที่ 4

4.1.2.1 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 24.492 และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ .000 อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ 14397.664 อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ -679.820 อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ -32302.641 และอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 5 เท่ากับ .801 ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ -6.553 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 000 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาด

เคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -.853 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ -4.562 การประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวไม่สามารถคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานได้

4.1.2.2 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์คงที่ (latent curve growth model with fixed parameter = FIC model) มีการกำหนดค่าประมาณพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 25 และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 2 ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้ง 5 ครั้งเท่ากับ 0, .282, .691, 1.037 และ .801 ตามลำดับ ส่วนผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 13.287 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 14.544 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -1.017 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 4.530 การประมาณค่าพารามิเตอร์โมเดลดังกล่าวไม่สามารถคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานได้

4.1.2.3 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 23.209 (SE = .342 ; t = 67.836) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงมีค่าเท่ากับ 1.896 (SE = .154 ; t = 12.348) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 6.205 (SE = .270 ; t = 22.979) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -1.277 (SE = .291 ; t = -4.383) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -.413 (SE = .192 ; t = -2.149) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 4.382 (SE = .089 ; t = 49.295) โดยกำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้ง 5 ครั้งมีค่าเท่ากับ 0, .25, .50, 1.50 และ 1.75 ตามลำดับ

4.1.2.4 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงแบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (UDV model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 23.184 (SE = .339 ; t = 68.306) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 1.864 (SE = .152 ; t = 12.294) โดยกำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้ง 5 ครั้งมีค่าเท่ากับ 0, .25, .50, 1.50 และ 1.75 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 6.221 (SE = .266 ; t = 23.421) และส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -1.482 (SE = .251 ; t = -5.903) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -.286 (SE = .143 ; t = -1.999) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าไม่เท่ากันได้เนื่องจากสามารถผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้น กล่าวคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2 และ 5 มีค่าเท่ากับ 4.005 (SE = .119 ; t = 33.666) ส่วนการวัดครั้งที่ 3 และ 4 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เท่ากับ 4.905 (SE = .201 ; t = 24.443) และ 4.721 (SE = .211 ; t = 22.404) ตามลำดับ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 5 รูปแบบทั้งกรณีการวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาการวัดเท่ากันและกรณีการวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาการวัดครั้งที่ 3 - 4 มีระยะห่างกันตามสภาพความเป็นจริงมีดังนี้

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สิ่งที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาอันดับแรก คือ ค่าสถิติไค-สแควร์ เกณฑ์ต่อไป คือ ความสามารถในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของตัวแปรแฝงที่ศึกษา ในที่นี้ได้แก่พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาต่างกัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในกรณีการวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาการวัดเท่ากัน โมเดลพัฒนาการเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระแบบความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (latent growth curve model with free parameter and unequal disturbance variance model = UDV model) มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) ที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 23.041 (SE = .361; t = 63.899) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) เท่ากับ 1.984 (SE = .197 t = 10.075) ส่วนในกรณีการวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาการวัดครั้งที่ 3 - 4 มีระยะห่างกันตามสภาพความเป็นจริงนั้น โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงแบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (linear growth and unequal disturbance variance model = UDV model) มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ ($\chi^2$) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 4 แบบ ในกรณีเมื่อให้ช่วงเวลาการวัดเท่ากันมีค่าเท่ากับ 34.016, 18.776, 67.230, 67.921 ตามลำดับ และโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชันมีค่าเท่ากับ 241.884 เมื่อพิจารณาค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ ($\chi^2$ / df) มีค่าเท่ากับ 3.092, 2.086, 4.206, 4.852 และ 13.438 และดัชนีไค-สแควร์ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชันมีค่าเท่ากับ85.94, 92.24, 72.18, 71.92 และ 0 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโมเดลพัฒนาการแบบที่ 2 มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด รองลงไปคือ โมเดลการวัดแบบที่ 1, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (residual) หรือความคลาดเคลื่อน ได้แก่ ดัชนี RMR ของโมเดลการพัฒนาการทั้งห้าแบบมีค่าเท่ากับ 2.588, 2.258, 88.911, 18.556 และ 48.458 ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด (largest standardized residual) ของโมเดลทั้ง 5 แบบมีค่าเท่ากับ 3.680, 2.701, .000, 5.625 และ 2.347 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลพัฒนาการแบบที่ 3 มีค่ามากที่สุด ในขณะที่โมเดลแบบที่ 1 และ 2 มีความคลาดเคลื่อนในโมเดลใกล้เคียงกันและต่ำกว่าโมเดลการวัดแบบที่ 3, 4 และ 5 ดังนั้นโมเดลการวัดแบบที่ 2 จึงมีความตรงสูงสุด เมื่อพิจารณาจากค่า $\chi^2$ ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด และมีประสิทธิภาพในการวัดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการทางสติปัญญาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ดีกว่าโมเดลแบบที่ 1, 3, 4 และ 5 เพราะมีความคลาดเคลื่อนในการวัดต่ำกว่านั่นเอง นอกจากนี้โมเดลพัฒนาการเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระแบบความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (UDV model) ยังมีค่าดัชนีไค-สแควร์ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชันมีค่าสูงสุดอีกด้วย ส่วนค่าไค-สแควร์ ($\chi^2$) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 4 แบบ ในกรณีเมื่อกำหนดให้ช่วงเวลาการวัดครั้งที่ 3 - 4 มีระยะห่างกันตามสภาพความเป็นจริงมีค่าเท่ากับ 134.690, 838.473, 51.609 และ 31.965 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ ($\chi^2$ / df) มีค่าเท่ากับ 12.245, 52.405, 3.686 และ 2.664 ส่วนดัชนีไค-สแควร์ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชันมีค่าเท่ากับ 44.32, -2.47, 78.66 และ 86.78 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโมเดลพัฒนาการแบบที่ 4 มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด รองลงไปคือ โมเดลการวัดแบบที่ 3, 1 และ 2 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (residual) หรือความคลาดเคลื่อน ได้แก่ ดัชนี RMR ของโมเดลการพัฒนาการทั้ง 4 แบบมีค่าเท่ากับ 33.158, 439.216, 13.958 และ 13.057 ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด (largest standardized residual) ของโมเดลทั้ง 4 แบบมีค่าเท่ากับ 44.792, .000, 3.567 และ 3.509 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลพัฒนาการแบบที่ 2 มีค่ามากที่สุด ในขณะที่โมเดลแบบที่ 3 และ 4 มีความคลาดเคลื่อน

ในโมเดลใกล้เคียงกันและมีค่าต่ำกว่าโมเดลการวัดแบบที่ 1 และ 2 ดังนั้นโมเดลการวัดแบบที่ 4 จึงมีความตรงสูงสุด เมื่อพิจารณาจากค่า $\chi^2$ ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด และมีประสิทธิภาพในการวัดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการทางสติปัญญาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ดีกว่าโมเดลแบบที่ 2, 1 และ 3 เพราะมีความคลาดเคลื่อนในการวัดต่ำกว่านั่นเอง นอกจากนี้โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงแบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (linear growth ard unequal disturbance variance model = UDV model) ยังมีค่าสถิติไค-สแควร์ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชันมีค่าสูงสุดอีกด้วย ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 5 แบบ ทั้งสองกรณีที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สรุปได้ดังในตารางที่ 15

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 15 แสดงว่า ตัวแปรแฝงความชัน (S) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของตัวแปรสังเกตได้ 5 ตัว คือ ACH1, ACH2, ACH3, ACH4 และ ACH5 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรลตามโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงได้สมการสำหรับประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนดังสมการ

$$SLOPE = -.007\ ACH1 - .008\ ACH2 - .007\ ACH3 + .037\ ACH4 - .014\ ACH5$$

ผู้วิจัยใช้โปรแกรม SPSS/PC$^+$ คำนวณค่าตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคนได้ผลดังแสดงไว้ในภาคผนวก ช ค่าตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เป็นคะแนนการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแฝง 5 รูปแบบ

ก. การประมาณค่าด้วยไลค์ลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood Estimates)

| การประมาณค่า | เมื่อช่วงเวลาเท่ากัน | | | | | เมื่อช่วงเวลาการวัดครั้งที่ 3 - 4 ห่างกันตามสภาพเป็นจริง | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล | โมเดลที่ 1 พัฒนาการเชิงเส้นโค้ง FRC | โมเดลที่ 2 พัฒนาการเชิงเส้นโค้ง UDV | โมเดลที่ 3 พัฒนาการกำหนดค่า FIC | โมเดลที่ 4 พัฒนาการเชิงเส้นตรง LIN | โมเดลที่ 5 พัฒนาการที่ไม่มีความชัน NSB | โมเดลที่ 1 พัฒนาการเชิงเส้นโค้ง FRC | โมเดลที่ 2 พัฒนาการกำหนดค่า FIC | โมเดลที่ 3 พัฒนาการเชิงเส้นตรง LIN | โมเดลที่ 4 พัฒนาการเชิงเส้นตรง UDV |
| 1 → L (ML) | 23.058 (.367) | 23.041 (.361) | 25.000 (= =) | 22.929 (.345) | 24.726 (.346) | 24.492 (? ?) | 25.000 (= =) | 23.209 (.342) | 23.184 (.339) |
| 1 → S (MS) | 1.924 (.204) | 1.984 (.197) | 2.000 (= =) | 3.594 (.290) | .0 (= =) | 1.924 (? ?) | 2.000 (= =) | 1.896 (.154) | 1.864 (.152) |
| S → ACH1 | 0 (= =) | 0 (= =) | 0 (= =) | 0 (= =) | .0 (= =) | 0 (= =) | 0 (= =) | 0 (= =) | 0 (= =) |
| S → ACH2 | .282 (.134) | .295 (.120) | .282 (= =) | .25 (= =) | .0 (= =) | 14397.664 (? ?) | .282 (= =) | .25 (= =) | .25 (= =) |
| S → ACH3 | .693 (.127) | .656 (.130) | .691 (= =) | .50 (= =) | .0 (= =) | -679.820 (? ?) | .691 (= =) | .50 (= =) | .50 (= =) |
| S → ACH4 | 1.846 (.164) | 1.774 (.155) | 1.749 (= =) | .75 (= =) | .0 (= =) | -32302.641 (? ?) | 1.037 (= =) | 1.50 (= =) | 1.50 (= =) |
| S → ACH5 | 1.513 (= =) | 1.513 (= =) | 1.513 (= =) | 1.00 (= =) | .0 (= =) | .801 (= =) | .801 (= =) | 1.75 (= =) | 1.75 (= =) |
| L* → L (DL) | 6.096 (.274) | 6.121 (.270) | 6.398 (.280) | 6.012 (.284) | 6.645 (.257) | -6.553 (? ?) | -13.287 (? ?) | 6.205 (.270) | 6.221 (.266) |
| S* → S (DS) | -1.303 (.292) | -1.475 (.278) | 1.326 (.292) | 1.428 (.954) | .0 (= =) | .000 (? ?) | 14.544 (? ?) | -1.277 (.291) | -1.482 (.251) |
| L* ↔ S*(RLS) | -.464 (.194) | -.364 (.158) | .452 (.195) | .927 (.760) | .0 (= =) | -.853 (? ?) | -1.017 (? ?) | -.413 (.192) | -.286 (.143) |
| E1→ ACH1 | 4.358 (.088) | 4.063 (.113) | 4.362 (.088) | -4.475 (.091) | 4.729 (.083) | -4.562 (? ?) | 4.530 (? ?) | 4.382 (.089) | 4.005 (.119) |
| E2→ ACH2 | 4.358 (.088) | 4.063 (.113) | 4.362 (.088) | -4.475 (.091) | 4.729 (.083) | -4.562 (? ?) | 4.530 (? ?) | 4.382 (.089) | 4.005 (.119) |
| E3→ ACH3 | 4.358 (.088) | 4.908 (.201) | 4.362 (.088) | -4.475 (.091) | 4.729 (.083) | -4.562 (? ?) | 4.530 (? ?) | 4.382 (.089) | 4.905 (.201) |
| E4→ ACH4 | 4.358 (.088) | 4.509 (.234) | 4.362 (.088) | -4.475 (.091) | 4.729 (.083) | -4.562 (? ?) | 4.530 (? ?) | 4.382 (.089) | 4.721 (.211) |
| E5→ ACH5 | 4.358 (.088) | 4.063 (.113) | 4.362 (.088) | -4.475 (.091) | 4.729 (.083) | -4.562 (? ?) | 4.530 (? ?) | 4.382 (.089) | 4.005 (.119) |

ตารางที่ 15 (ต่อ)

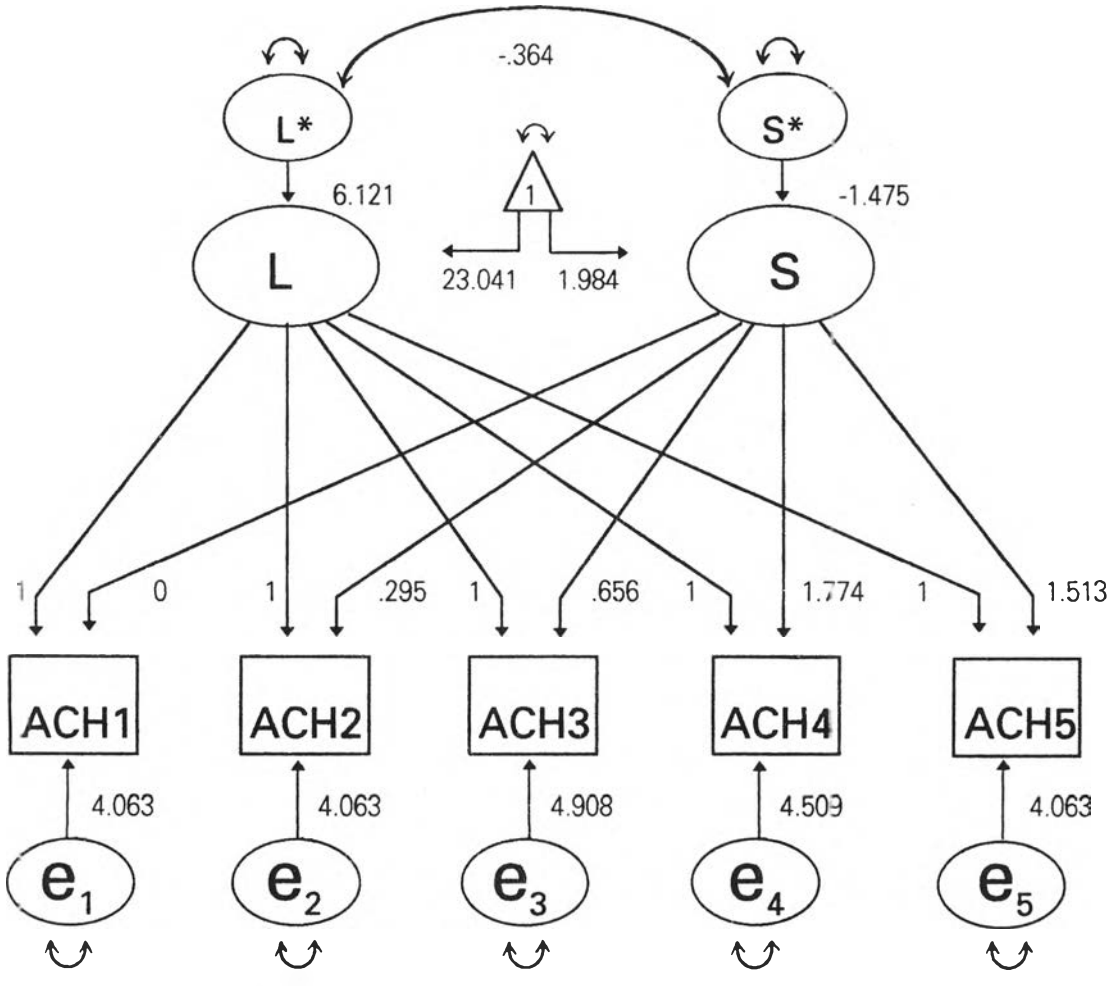
ข. ความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Goodness of fit of model to empirical data)

| | โมเดลที่ 1 พัฒนาการเชิงเส้นโค้ง FRC | โมเดลที่ 2 พัฒนาการเชิงเส้นโค้ง UDV | โมเดลที่ 3 พัฒนาการกำหนดค่า FIC | โมเดลที่ 4 พัฒนาการเชิงเส้นตรง LIN | โมเดลที่ 5 พัฒนาการที่ไม่มีความชัน NSB | โมเดลที่ 1 พัฒนาการเชิงเส้นโค้ง FRC | โมเดลที่ 2 พัฒนาการกำหนดค่า FIC | โมเดลที่ 3 พัฒนาการเชิงเส้นตรง LIN | โมเดลที่ 4 พัฒนาการเชิงเส้นตรง UDV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ค่าดัชนีความสอดคล้อง | | | | | | | | | |
| $\chi^2$ | 34.016 | 18.776 | 67.290 | 67.921 | 241.884 | 134.690 | 838.473 | 51.309 | 31.965 |
| df | 11 | 9 | 16 | 14 | 18 | 11 | 16 | 14 | 12 |
| p | .00036 | .0272 | $.296\times10^{-7}$ | .00 | .0 | .00 | .00 | $.327\times10^{-5}$ | .0014 |
| $\chi^2$ / df | 3.092 | 2.086 | 4.206 | 4.852 | 13.438 | 12.245 | 52.405 | 3.686 | 2.664 |
| LRT (%) | 85.94 | 92.24 | 72.18 | 71.92 | 0 | 44.32 | -2.47 | 78.66 | 86.78 |
| GFI | .972 | .984 | .948 | .946 | .817 | .896 | .726 | .959 | .974 |
| RMR | 2.588 | 2.258 | 88.911 | 18.558 | 48.458 | 33.158 | 439.216 | 13.058 | 13.057 |
| LSR | 3.680 | 2.701 | .000 | 5.625 | 2.347 | 44.792 | .000 | 3.567 | 3.509 |

หมายเหตุ : = = หมายถึง ค่าพารามิเตอร์กำหนด

? ? หมายถึง ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ไม่สามารถคำนวณได้

ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง 1 → L (ML) = 25 ; 1 → S (MS) = 2




**แผน.ภาพที่ 15 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระแบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่.ท่ากัน ในการวัดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์**

4.2 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 แบบ ด้วยโปรแกรมลิสเรลเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลน้ำหนักของนักเรียนเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้แยกวิเคราะห์เป็น 5 โมเดล ได้แก่ โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (FRC model) ซึ่งกำหนดให้เป็นโมเดลที่ 1 นอกจากนี้ผู้วิจัยยังมีการผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำหนักด้วยโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (FRC model) แบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันได้ เรียกว่า โมเดลความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (UDV model) เป็นโมเดลที่ 2 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่ (FIC model) เป็นโมเดลที่ 3 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (LIN model) เป็นโมเดลที่ 4 และโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (NSB model) เป็นโมเดลแบบที่ 5 ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงได้เป็น 5 แบบ ดังต่อไปนี้

4.2.1 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 32.805 (SE = .315 ; t = 104.142) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 8.352 (SE = .160 ; t = 52.103) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ .343 (SE = .012 ; t = 29.045) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ .727 (SE = .011 ; t = 64.852) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 1.246 (SE = .012 ; t = 106.904) และอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 5 เท่ากับ 1.656 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 7.410 (SE = .224 ; t = 33.021) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -3.519 (SE = .122 ; t = -28.878) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ .463 (SE = .036 ; t = 13.025) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 1.989 (SE = .033 ; t = 59.548)

4.2.2 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (unequal disturbance variance model = UDV model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 33.023 (SE = .333 ; t = 99.126) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 8.180 (SE = .176 ; t = 46.497) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ .330 (SE = .010 ; t = 33.565) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ .725 (SE = .012 ; t = 58.274) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 1.254 (SE = .013 ;

t = 94.920) และอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 5 เท่ากับ 1.656 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 7.775 (SE = .230 ; t = 33.795) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 3.754 (SE = .129 t = 29.135) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -.511 (SE = .033 ; t = -15.438) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากสามารถผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นได้ กล่าวคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ -2.380 (SE = .101 ; t = -23.583), -.624 (SE = .159 ; t = -3.934), 2.028 (SE = .068 ; t = 29.676), 1.390 (SE = .099 ; t = 19.022) และ 2.545 (SE = .145 ; t = 17.589) ตามลำดับ

4.2.3 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์คงที่ (latent curve growth model with fixed parameter = FIC model) กำหนดค่าประมาณพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 39 และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 8 ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้งห้าครั้ง เท่ากับ 0, .363, .744 1.246 และ 1.656 ตามลำดับ ส่วนผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 9.733 (SE = .290 ; t = 33.583) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -3.555 (SE = .122 ; t = -29.079) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ .425 (SE = .037 ; t = 11.550) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 1.992 (SE = .033 ; t = 59.548)

4.2.4 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 32.393 (SE = .313 ; t = 103.424) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 14.093 (SE = .264 ; t = 53.431) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 7.446 (SE = .227 ; t = 32.871) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 5.863 (SE = .205 ; t = 28.616) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -.470 (SE = .035 ; t = -13.281) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 2.052 (SE = .034 ; t = 59.548) โดยกำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้งห้าครั้งมีค่าเท่ากับ 0, .25, .50, .75 และ 1.00 ตามลำดับ

4.2.5 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (no slope baseline growth model = NSB model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 39.439 (SE = .274 ; t = 143.977) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 6.645 (SE = .257 ; t = 25.815) โดยกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 6.373 (SE = .093 ; t = 68.760)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 5 รูปแบบ

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สิ่งที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาอันดับแรก คือ ค่าสถิติไค-สแควร์ เกณฑ์ต่อไป คือ ความสามารถในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของตัวแปรแฝงที่ศึกษา ในที่นี้ได้แก่พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาต่างกัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่าโมเดลความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (unequal disturbance variance model = UDV model) หรือโมเดลแบบที่ 2 มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) ที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ ($\chi^2$) ของโมเดลพัฒนาการทั้ง 5 แบบ มีค่าเท่ากับ 449.481, 256.861, 802.963, 552.573 และ 4844.586 ไค-สแควร์สัมพัทธ์ ($\chi^2$ / df) ของโมเดล พัฒนาการทั้ง 5 แบบ มีค่าเท่ากับ 40.862, 37.980, 50.185, 39.470 และ 269.144 และดัชนีไค-สแควร์ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชันมีค่าเท่ากับ 90.72, 94.51, 83.43, 88.59 และ 0 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลพัฒนาการแบบที่ 2 มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด รองลงไปคือ โมเดลการวัดแบบที่ 1, 4, 3 และ 5 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (residual) หรือความคลาดเคลื่อน ได้แก่ ดัชนี RMR ของโมเดลการพัฒนาการทั้งห้าแบบมีค่าเท่ากับ 6.498, 11.472, 458.946, 12.222 และ 254.023 ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด

(largest standardized residual) ของโมเดลทั้งห้าแบบมีค่าเท่ากับ 8.715, 10.637, .000, 6.413 และ 6.369 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลพัฒนาการแบบที่ 3 มีค่ามากที่สุด ในขณะที่โมเดลแบบที่ 2 และ 4 มีความคลาดเคลื่อนในโมเดลใกล้เคียงกันและสูงกว่าโมเดลการวัดแบบที่ 1 ดังนั้นโมเดลการวัดแบบที่ 2 จึงมีความตรงสูงสุด เมื่อพิจารณาจากค่า $\chi^2$ ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด และมีประสิทธิภาพในการวัดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนักดีกว่าโมเดลแบบที่ 1, 3, 4 และ 5 แม้ว่าจะมีความคลาดเคลื่อนในการวัดสูงกว่าโมเดลที่1 ก็ตาม แต่ก็ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าโมเดลแบบที่ 3, 4 และ 5 นั่นเอง นอกจากนี้โมเดลการวัดแบบที่ 2 หรือโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระแบบความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (UDV model) ยังมีค่าดัชนีไค-สแควร์ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชันมีค่าสูงสุดอีกด้วย ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 5 แบบ ที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก สรุปได้ดังในตารางที่ 16

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 16 แสดงว่า ตัวแปรแฝงความชัน (S) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของตัวแปรสังเกตได้ 5 ตัว คือ WEIGHT1, WEIGHT2, WEIGHT3, WEIGHT4 และ WEIGHT5 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรลตามโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงได้สมการสำหรับประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของนักเรียนแต่ละคน ดังสมการ

SLOPE = .018 WEIGHT1 −.063 WEIGHT2 −.042 WEIGHT3 +.175 WEIGHT4
−.081 WEIGHT5

ผู้วิจัยใช้โปรแกรม SPSS/PC+ คำนวณค่าตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของนักเรียนแต่ละคนได้ผลดังแสดงไว้ในภาคผนวก ช ค่าตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เป็นคะแนนการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านน้ำหนักของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแฝง 5 รูปแบบ

ก. การประมาณค่าด้วยไลค์ลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood Estimates)

| ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล | ค่าประมาณพารามิเตอร์คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง | โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง FRC | โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง UDV | โมเดลพัฒนาการกำหนดค่า FIC | โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง LIN | โมเดลพัฒนาการที่ไม่มีความชัน NSB |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 → L (ML) | 39 | 32.805 (.315) | 33.023 (.333) | 39.000 (= =) | 32.393 (.313) | 39.439 (.274) |
| 1 → S (MS) | 8 | 8.352 (.160) | 8.180 (.176) | 8.000 (= =) | 14.093 (.264) | .0 (= =) |
| S → WEIGHT1 | | 0 (= =) | 0 (= =) | 0 (= =) | 0 (= =) | .0 (= =) |
| S → WEIGHT2 | | .343 (.012) | .330 (.010) | .363 (= =) | .25 (= =) | .0 (= =) |
| S → WEIGHT3 | | .727 (.011) | .725 (.012) | .744 (= =) | .50 (= =) | .0 (= =) |
| S → WEIGHT4 | | 1.246 (.012) | 1.254 (.013) | 1.246 (= =) | .75 (= =) | .0 (= =) |
| S → WEIGHT5 | | 1.656 (= =) | 1.656 (= =) | 1.656 (= =) | 1.00 (= =) | .0 (= =) |
| L* → L (DL) | | 7.410 (.224) | 7.775 (.230) | 9.733 (.290) | 7.446 (.227) | -6.019 (.215) |
| S* → S (DS) | | -3.519 (.122) | 3.754 (.129) | -3.555 (.122) | 5.863 (.205) | .0 (= =) |
| L* ↔S* (RLS) | | .463 (.036) | -.511 (.033) | .425 (.037) | -.470 (.035) | .0 (= =) |
| E1→ WEIGHT1 | | 1.989 (.033) | -2.380 (.101) | 1.992 (.033) | 2.052 (.034) | 6.373 (.093) |
| E2→ WEIGHT2 | | 1.989 (.033) | -.624 (.159) | 1.992 (.033) | 2.052 (.034) | 6.373 (.093) |
| E3→ WEIGHT3 | | 1.989 (.033) | 2.028 (.068) | 1.992 (.033) | 2.052 (.034) | 6.373 (.093) |
| E4→ WEIGHT4 | | 1.989 (.033) | 1.890 (.099) | 1.992 (.033) | 2.052 (.034) | 6.373 (.093) |
| E5→ WEIGHT5 | | 1.989 (.033) | 2.545 (.145) | 1.992 (.033) | 2.052 (.034) | 6.373 (.093) |

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

| ค่าดัชนีความสอดคล้อง | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $\chi^2$ | 449.481 | 256.861 | 802.963 | 552.573 | 4844.586 |
| df | 11 | 7 | 16 | 14 | 18 |
| p | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| $\chi^2$ / df | 40.862 | 37.980 | 50.185 | 39.470 | 269.144 |
| LRT (%) | 90.72 | 94.51 | 83.43 | 88.59 | 0 |
| GFI | .804 | .867 | .733 | .769 | .273 |
| RMR | 6.498 | 11.472 | 458.946 | 12.222 | 254.023 |
| LSR | 8.715 | 10.637 | .000 | 6.413 | 6.369 |

หมายเหตุ : = = หมายถึง ค่าพารามิเตอร์กำหนด

4.3 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของส่วนสูงของนักเรียน

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรส่วนสูงระหว่างช่วงเวลา พบว่าค่าเฉลี่ยส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนสูงแบ่งเป็น 2 ตอนย่อย ตอนแรกเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนสูงของนักเรียนชาย และตอนที่สองเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนสูงของนักเรียนหญิง ในแต่ละตอนมีการวิเคราะห์แยกเป็นโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (FRC model) เป็นโมเดลที่ 1 วิเคราะห์โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระแบบกำหนดให้มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (UDV model) เป็นโมเดลที่ 2 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่ (FIC model) เป็นโมเดลที่ 3 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (LIN model) เป็นโมเดลที่ 4 และโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (NSB model) เป็นโมเดลที่ 5 ผลการวิเคราะห์นำเสนอในตารางที่ 17 และ 18 ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 5 แบบ ด้วยโปรแกรมลิสเรลเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลส่วนสูงของนักเรียนชาย

4.3.1.1 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 141.290 (SE = .608 ; t = 232.280) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 11.416 (SE = .278 ; t = 40.938) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ .308 (SE = .016 ; t = 19.344) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ .724 (SE = .015 ; t = 48.279) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 1.233 (SE = .015 ; t = 79.980) และอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 5 เท่ากับ 1.708 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 10.572 (SE = .433 ; t = 24.425) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -4.487 (SE = .212 ; t = -21.179) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ .748 (SE = .028 ; t = 26.626) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 2.648 (SE = .060 ; t = 43.818)

4.3.1.2 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (unequal disturbance variance model = UDV model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 141.528 (SE = .632 ; t = 223.851) และค่าเฉลี่ย

ของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 11.278 (SE = .295 ; t = 38.263) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ .296 (SE = .013 ; t = 22.993) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ .717 (SE = .017 ; t = 43.206) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 1.230 (SE = 017 ; t = 73.480) และอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 5 เท่ากับ 1.708 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 10.952 (SE = .442 ; t = 24.787) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -4.784 (SE = .219 t = -21.810) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ .778 (SE = .025 ; t = 31.194) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าไม่เท่ากันเนื่องจากสามารถผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นได้ กล่าวคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1 และ 4 มีค่าเท่ากับ 2.955 (SE = .122 ; t = 24.132) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 2, 3, และ 5 มีค่าเท่ากับ 1.183 (SE = .207 ; t = 5.713), 2.962 (SE = .133 ; t = 22.334) และ 2.531 (SE = .270 ; t = 9.371) ตามลำดับ

4.3.1.3 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์คงที่ (latent curve growth model with fixed parameter = FIC model) กำหนดค่าประมาณพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 150.4 และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 11.5 ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้งห้าครั้งเท่ากับ 0, .331, .741, 1.229 และ 1.708 ตามลำดับ ส่วนผลการบระมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 14.082 (SE = .567 ; t = 24.818) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -4.510 (SE = .212 ; t = -21.263) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ .564 (SE = .042 ; t = 13.396) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 2.654 (SE = .061 ; t = 43.818)

4.3.1.4 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 140.436 (SE = .612 ; t = 229.382) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 4.962 (SE = .118 ; t = 42.138) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 10.737 (SE = .442 ; t = 24.309) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -1.913 (SE = .092 ; t = -20.763) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรก และความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยน

แปลงเท่ากับ .754 (SE = .028 ; t = 27.061) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 2.787 (SE = .064 ; t = 43.818) โดยกำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้งห้าครั้งมีค่าเท่ากับ 0, 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

4.3.1.5 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (no slope baseline growth model = NSB model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 125.466 (SE = 872.918 ; t = .144) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 15540.198 (SE = 620.233 ; t = 25.055) โดยกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 3418.694 (SE = 67.568 ; t = 50.596)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 5 รูปแบบ

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สิ่งที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาอันดับแรก คือ ค่าสถิติไค-สแควร์ เกณฑ์ต่อไป คือ ความสามารถในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของตัวแปรแฝงที่ศึกษา ในที่นี้ได้แก่พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาต่างกัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่าโมเดลความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (unequal disturbance variance model = UDV model) หรือโมเดลแบบที่ 2 มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) ที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ ($\chi^2$) ของโมเดลพัฒนาการทั้ง 5 แบบ มีค่าเท่ากับ 257.678, 187.101, 566.270, 354.416 และ 21304.8026 เมื่อพิจารณาไค-สแควร์สัมพัทธ์ ($\chi^2$ / df) ของโมเดลพัฒนาการทั้ง 5 แบบ มีค่าเท่ากับ 23.425, 23.388, 35.392, 25.315 และ 1183.557 และดัชนีไค-สแควร์ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชันมีค่าเท่ากับ 98.79, 99.12, 97.34, 98.34 และ 0 ตามลำดับ

ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโมเดลพัฒนาการแบบที่ 2 มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด รองลงไปคือ โมเดลการวัดแบบที่ 1, 4, 3 และ 5 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (residual) หรือความคลาดเคลื่อน ได้แก่ ดัชนี RMR ของโมเดลการพัฒนาการทั้งห้าแบบมีค่าเท่ากับ 26.157, 43.973, 2500.298, 96.108 และ $2.074 \times 10^{8}$ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด (largest standardized residual) ของโมเดลทั้งห้าแบบมีค่าเท่ากับ 5.577, 6.894, .000, 7.118 และ .206 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลพัฒนาการแบบที่ 4 มีค่ามากที่สุด ในขณะที่โมเดลแบบที่ 3 และ 5 มีความคลาดเคลื่อนในโมเดลใกล้เคียงกันและต่ำกว่าโมเดลการวัดแบบที่ 1, 2 และ 4 ดังนั้นโมเดลการวัดแบบที่ 2 จึงมีความตรงสูงสุด เมื่อพิจารณาจากค่า $\chi^2$ ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด และมีประสิทธิภาพในการวัดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการทางกายภาพด้านส่วนสูงดีกว่าโมเดลแบบที่ 1, 3, 4 และ 5 แม้ว่าจะมีความคลาดเคลื่อนในการวัดสูงกว่าโมเดลที่ 1, 3 และ 5 ก็ตาม มีเพียงโมเดลที่ 4 เท่านั้นที่มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า นอกจากนี้โมเดลการวัดแบบที่ 2 หรือโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระแบบความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (UDV model) ยังมีค่าดัชนีไค-สแควร์ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชันมีค่าสูงสุดอีกด้วย ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 5 แบบ ที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของส่วนสูงของนักเรียนชาย สรุปได้ดังในตารางที่ 17

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 17 แสดงว่า ตัวแปรแฝงความชัน (S) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของตัวแปรสังเกตได้ 5 ตัว คือ HIGHT1, HIGHT2, HIGHT3, HIGHT4 และ HIGHT5 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรลตามโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงได้สมการสำหรับประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงส่วนสูงของนักเรียนชายแต่ละคน ดังสมการ

SLOPE = .001 HIGHT1 −.029 HIGHT2 −.013 HIGHT3 +.091 HIGHT4 −.044 HIGHT5

ผู้วิจัยใช้โปรแกรม SPSS/PC$^{+}$ คำนวณค่าตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงส่วนสูงของนักเรียนแต่ละคนได้ผลดังแสดงไว้ในภาคผนวก ช ค่าตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เป็นคะแนนการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านส่วนสูงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแฝง 5 รูปแบบของกลุ่มตัวอย่างชาย

ก. การประมาณค่าด้วยไลค์ลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood Estimates)

| ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล | ค่าประมาณพารามิเตอร์คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง | โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง FRC | โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง UDV | โมเดลพัฒนาการกำหนดค่า FIC | โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง LIN | โมเดลพัฒนาการที่ไม่มีความชัน NSB |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 → L (ML) | 150.4 | 141.290 (.608) | 141.528 (.632) | 150.400 (= =) | 140.436 (.612) | 125.466 (872.918) |
| 1 → S (MS) | 11.5 | 11.416 (.278) | 11.278 (.295) | 11.500 (= =) | 4.962 (.118) | .0 (= =) |
| S → HIGHT1 | | 0 (= =) | 0 (= =) | 0 (= =) | 0 (= =) | .0 (= =) |
| S → HIGHT2 | | .308 (.016) | .296 (.013) | .331 (= =) | 1 (= =) | .0 (= =) |
| S → HIGHT3 | | .724 (.015) | .717 (.017) | .741 (= =) | 2 (= =) | .0 (= =) |
| S → HIGHT4 | | 1.233 (.015) | 1.230 (.017) | 1.229 (= =) | 3 (= =) | .0 (= =) |
| S → HIGHT5 | | 1.708 (= =) | 1.708 (= =) | 1.708 (= =) | 4 (= =) | .0 (= =) |
| L* → L (DL) | | 10.572 (.433) | 10.952 (.442) | 14.082 (.567) | 10.737 (.442) | 15540.198 (620.233) |
| S* → S (DS) | | -4.487 (.212) | -4.784 (.219) | -4.510 (.212) | -1.913 (.092) | .0 (= =) |
| L* ↔S* (RLS) | | .748 (.028) | .778 (.025) | .564 (.042) | .754 (.028) | .0 (= =) |
| E1→ HIGHT1 | | 2.648 (.060) | 2.955 (.122) | 2.654 (.061) | 2 787 (.064) | 3418.694 (67.568) |
| E2→ HIGHT2 | | 2.648 (.060) | 1.183 (.207) | 2.654 (.061) | 2 787 (.064) | 3418.694 (67.568) |
| E3→ HIGHT3 | | 2.648 (.060) | 2.962 (.133) | 2.654 (.061) | 2 787 (.064) | 3418.694 (67.568) |
| E4→ HIGHT4 | | 2.648 (.060) | 2.955 (.122) | 2.654 (.061) | 2 787 (.064) | 3418.694 (67.568) |
| E5→ HIGHT5 | | 2.648 (.060) | 2.531 (.270) | 2.654 (.061) | 2 787 (.064) | 3418.694 (67.568) |

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

| ค่าดัชนีความสอดคล้อง | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $\chi^2$ | 257.678 | 187.101 | 566.270 | 354.416 | 21304.026 |
| df | 11 | 8 | 16 | 14 | 18 |
| p | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| $\chi^2$ / df | 23.425 | 23.388 | 35.392 | 25.315 | 1183.557 |
| LRT (%) | 98.79 | 99.12 | 97.34 | 98.34 | 0 |
| GFI | .788 | .837 | .703 | .730 | -4.000 |
| RMR | 26.157 | 43.973 | 2500.298 | 96.108 | $2.074 \times 10^8$ |
| LSR | 5.577 | 6.894 | .000 | 7.118 | .206 |

หมายเหตุ : = = หมายถึง ค่าพารามิเตอร์กำหนด

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 5 แบบ ด้วยโปรแกรมลิสเรลเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลส่วนสูงของนักเรียนหญิง

4.3.2.1 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 140.922 (SE = 519 ; t = 271.602) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 9.416 (SE = .275 ; t = 34.298) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ .400 (SE = .014 ; t = 28.465) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ .833 (SE = .014 ; t = 61.474) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 1.234 (SE = .014 ; t = 85.876) และอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 5 เท่ากับ 1.527 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 8.333 (SE = .370 ; t = 22.502) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 4.184 (SE = .205 t = 20.427) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแราและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -.778 (SE = .026 ; t = -29.489) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 1.854 (SE = .046 ; t = 40.249)

4.3.2.2 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (unequal disturbance variance model = UDV model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 141.232 (SE = .548 ; t = 257.939) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 9.205 (SE = .299 ; t = 30.835) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 2 เท่ากับ .381 (SE = .013 ; t = 28.664) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 3 เท่ากับ .817 (SE = .016 ; t = 51.420) อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 1.230 (SE = .012 ; t = 102.606) และอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ 5 เท่ากับ 1.527 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 8.666 (SE = .383 ; t = 22.637) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 4.533 (SE = .215 t = 21.122) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -.800 (SE = .023 ; t = -34.108) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าไม่เท่ากันเนื่องจากสามารถผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นได้ กล่าวคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 1.514 (SE = .066 ; t = 23.098) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, และ 3 มีค่าเท่ากับ 2.560 (SE = .177 ; t = 14.446), .902 (SE = .207 ; t = 4.367) และ 2.230 (SE = .106 ; t = 20.951) ตามลำดับ

4.3.2.3 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์คงที่ (latent curve growth model with fixed parameter = FIC model) กำหนดค่าประมาณพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 148.4 และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 9.5 ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้งห้าครั้งเท่ากับ 0, .419, .845, 1.221 และ 1.527 ตามลำดับ ส่วนผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 11.283 (SE = .494 ; t = 22.845) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -4.208 (SE = .205 ; t = -20.504) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ .577 (SE = .044 ; t = 13.235) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 1.860 (SE = .046 ; t = 40.249)

4.3.2.4 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 141.119 (SE = .511 ; t = 276.003) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เท่ากับ 14.648 (SE = .420 ; t = 34.856) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 8.269 (SE = .367 ; t = 22.509) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 6.466 (SE = .318 ; t = 20.322) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -.778 (SE = .027 ; t = -29.272) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 1.917 (SE = .048 ; t = 40.249) โดยกำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดทั้งห้าครั้งมีค่าเท่ากับ 0, .25, .50, .75 และ 1.00 ตามลำดับ

4.3.2.5 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (no slope baseline growth model = NSB model) มีผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งแรก เท่ากับ 123.869 (SE = 924.478 ; t = .134) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับ 15123.315 (SE = 656.625 ; t = 23.032) โดยกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงคะแนนการวัดครั้งแรกและความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ 3196.378 (SE = 68.775 ; t = 46.476)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปร.แฝง 5 รูปแบบ

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สิ่งที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาอันดับแรก คือ ค่าสถิติไค-สแควร์ เกณฑ์ต่อไป คือ ความสามารถในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของตัวแปรแฝงที่ศึกษา ในที่นี้ได้แก่พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาต่างกัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่าโมเดลความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (UDV mcdel) หรือโมเดลแบบที่ 2 มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งแรก (mean level) ที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ ($\chi^2$) ของโมเดลพัฒนาการทั้ง 5 แบบ มีค่าเท่ากับ 234.741, 155.713, 532.527, 284.254 และ 18685.198 เมื่อพิจารณาค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ ($\chi^2$ / df) ของโมเดลพัฒนาการทั้ง 5 แบบ มีค่าเท่ากับ 21.340, 19.464, 33.283, 20.304 และ 1038.067 ตามลำดับ และดัชนีไค-สแควร์ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชันมีค่าเท่ากับ 98.74, 99.17, 97.15, 98.48 และ 0 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโมเดลพัฒนาการแบบที่ 2 มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด รองลงไปคือ โมเดลการวัดแบบที่ 1, 4, 3 และ 5 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (residual) หรือความคลาดเคลื่อน ได้แก่ ดัชนี RMR ของโมเดลพัฒนาการทั้ง 5 แบบมีค่าเท่ากับ 19.945, 42.719, 1999.710, 65.338 และ $1.962 \times 10^8$ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐาน สูงสุด (largest standardized residual) ของโมเดลทั้ง 5 แบบมีค่าเท่ากับ 4.772, 7.550, .000, 5.979 และ .180 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลพัฒนาการแบบที่ 2 มีค่ามากที่สุดแม้ว่าโมเดลแบบที่ 1, 3, 4 และ 5 จะมีความคลาดเคลื่อนในโมเดลต่ำกว่าโมเดลการวัดแบบที่ 2 ก็ตาม นอกจากนี้โมเดลการวัดแบบที่ 2 หรือโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระแบบความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (UDV model) ยังมีค่าดัชนีไค-สแควร์ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชันมีค่าสูงสุดอีกด้วย ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 5 แบบ ที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของส่วนสูงของนักเรียนหญิง สรุปได้ดังในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านส่วนสูงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแฝง 5 รูปแบบของกลุ่มตัวอย่างหญิง

ก. การประมาณค่าด้วยไลค์ลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood Estimates)

| ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล | ค่าประมาณพารามิเตอร์คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง | โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง FRC | โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง UDV | โมเดลพัฒนาการกำหนดค่า FIC | โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง LIN | โมเดลพัฒนาการที่ไม่มีความชัน NSB |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 → L (ML) | 148.4 | 140.922 (.519) | 141.232 (.548) | 148.400 (= =) | 141.119 (.511) | 123.869 (924.478) |
| 1 → S (MS) | 9.5 | 9.416 (.275) | 9.205 (.299) | 9.500 (= =) | 14.648 (.420) | .0 (= =) |
| S → HIGHT1 | | 0 (= =) | 0 (= =) | 0 (= =) | 0 (= =) | .0 (= =) |
| S → HIGHT2 | | .400 (.014) | .318 (.013) | .419 (= =) | .25 (= =) | .0 (= =) |
| S → HIGHT3 | | .833 (.014) | .817 (.016) | .845 (= =) | .50 (= =) | .0 (= =) |
| S → HIGHT4 | | 1.234 (.014) | 1.230 (.012) | 1.221 (= =) | .75 (= =) | .0 (= =) |
| S → HIGHT5 | | 1.527 (= =) | 1.527 (= =) | 1.527 (= =) | 1.00 (= =) | .0 (= =) |
| L* → L (DL) | | 8.333 (.370) | 8.666 (.383) | 11.283 (.494) | 8.269 (.367) | 15123.315 (656.625) |
| S* → S (DS) | | 4.184 (.205) | 4.533 (.215) | -4.208 (.205) | 6.466 (.318) | .0 (= =) |
| L* ↔S* (RLS) | | -.778 (.026) | -.800 (.023) | .577 (.044) | -.778 (.027) | .0 (= =) |
| E1→ HIGHT1 | | 1.854 (.046) | 2.560 (.177) | 1.860 (.046) | 1.917 (.048) | 3196.378 (68.775) |
| E2→ HIGHT2 | | 1.854 (.046) | .902 (.207) | 1.860 (.046) | 1.917 (.048) | 3196.378 (68.775) |
| E3→ HIGHT3 | | 1.854 (.046) | 2.230 (.106) | 1.860 (.046) | 1.917 (.048) | 3196.378 (68.775) |
| E4→ HIGHT4 | | 1.854 (.046) | 1.514 (.066) | 1.860 (.046) | 1.917 (.048) | 3196.378 (68.775) |
| E5→ HIGHT5 | | 1.854 (.046) | 1.514 (.066) | 1.860 (.046) | 1.917 (.048) | 3196.378 (68.775) |

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

| ค่าดัชนีความสอดคล้อง | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $\chi^2$ | 234.741 | 155.713 | 532.527 | 284.254 | 18685.198 |
| df | 11 | 8 | 16 | 14 | 18 |
| p | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| $\chi^2$ / df | 21.340 | 19.464 | 33.283 | 20.304 | 1038.067 |
| LRT (%) | 98.74 | 99.17 | 97.15 | 98.48 | 0 |
| GFI | .767 | .845 | .670 | .743 | -4.000 |
| RMR | 19.945 | 42.719 | 1999.710 | 65.338 | $1.962 \times 10^8$ |
| LSR | 4.772 | 7.550 | .000 | 5.979 | .180 |

หมายเหตุ : = = หมายถึง ค่าพารามิเตอร์กำหนด

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 18 แสดงว่า ตัวแปรแฝงความชัน (S) ซึ่งเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นฟังก์ชั่นของตัวแปรสังเกตได้ 5 ตัว คือ HIGHT1, HIGHT2, HIGHT3, HIGHT4 และ HIGHT5 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรลตามโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงได้สมการสำหรับประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงส่วนสูงของนักเรียนหญิงแต่ละคน ดังสมการ

SLOPE = .008 HIGHT1 −.077 HIGHT2 −.039 HIGHT3 +.299 HIGHT4 −.176 HIGHT5

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS/PC$^{+}$ คำนวณค่าตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงส่วนสูงของนักเรียนแต่ละคนได้ผลดังแสดงไว้ในภาคผนวก ช ค่าตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เป็นคะแนนการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระแบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (latent growth curve model with free parameter and unequal disturbance variance model = UDV model หรือ โมเดลแบบที่ 2) มีประสิทธิภาพในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการทางสติปัญญาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ดีที่สุด ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ส่วนการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนนั้นไม่สอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการแบบใดแบบหนึ่งอย่างเด่นชัด ดังนั้น ในการนำโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงไปใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จึงสามารถใช้โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระแบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลได้ ส่วนในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและส่วนสูงจึงไม่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากโมเดลที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่สอดคล้องกลมกลืน (fit) กับข้อมูลเชิงประจักษ์ และผลการวิเคราะห์โมเดลไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้อีกด้วย

อนึ่ง ในการพิจารณาว่าควรจะมีการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มด้วยโมเดลความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันนั้นสามารถสังเกตได้จากการที่ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรล เวอร์ชั่น 8.10 โดยใช้คำสั่งในการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูปแบบดังแสดงไว้ในภาคผนวก จ ในการกำหนดให้ค่าประมาณอัตราการเปลี่ยนแปลงตั้งต้น B(t) ซึ่งได้จากสัดส่วนของความแตกต่างระหว่างผลการวัดแต่ละครั้งและผลการวัดครั้งแรกกับค่าเฉลี่ยของ

ความแตกต่างของผลการวัดแต่ละครั้งและผลการวัดครั้งแรก ยกเว้นโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (LIN model) และโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (NSB model) เท่านั้นที่ต้องกำหนดค่าประมาณอัตราการเปลี่ยนแปลงตั้งต้น B(t) ให้มีลักษณะเฉพาะตามรูปแบบของแต่ละโมเดล แล้วจึงพิจารณาผลการวิเคราะห์ที่ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้แก่ ค่าสถิติไค-สแควร์ ($\chi^2$) และค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p value) ของโมเดล ว่าโมเดลแบบใดมีค่าสถิติไค-สแควร์ต่ำที่สุด ซึ่งอาจมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ก็ได้ โดยเขียนคำสั่งสำหรับการวิเคราะห์โมเดลนั้นด้วยโมเดลแบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (UDV model) จะพบว่าค่าสถิติไค-สแควร์มีค่าลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลสอดคล้องกลมกลืน (fit) กับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้น ทั้งนี้อาจจะยังมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ก็ตามขึ้นอยู่กับข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ว่าจะมีลักษณะของพัฒนาการที่ชัดเจนพอที่จะตัดสินใจว่าเป็นลักษณะอย่างไร หากพบว่าผลการวิเคราะห์โมเดลแบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันยังมีนัยสำคัญทางสถิติ ชี้ให้เห็นว่าโมเดลดังกล่าวไม่สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่ผู้วิจัยสามารถตัดสินใจได้ว่าโมเดลแบบใดมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ดีที่สุด โดยพิจารณาจากค่าร้อยละของค่าสถิติไค-สแควร์ (likelihood index = LRT) นอกจากนี้ผู้วิจัยยังสามารถสร้างสมการถดถอยเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง (slope) เป็นรายบุคคลได้อีกด้วย โดยเขียนคำสั่งแสดงผลการวิเคราะห์เพิ่มเติม MR และ SS ในคำสั่งของโมเดลที่สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด นั่นเอง