

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ห่อล้อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการ
ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน



นางสาวศศิวิมล อมตชีวิน

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา


คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3878-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARISON OF RESULTS OF SEQUENTIAL ANALYSIS WITH DIFFERENT TIME INTERVALS
IN GROWTH CURVE MODEL



Miss Sasiwimon Amatashevin

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Statistics in Educational Research

Department of Educational Statistics

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-3878-1

ศศิวิมล อมตชีวิน : การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการ
ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน (A COMPARISON OF RESULTS OF SEQUENTIAL
ANALYSIS WITH DIFFERENT TIME INTERVALS IN GROWTH CURVE MODEL)

อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. สุชาดา บวรกิติวงศ์, 180 หน้า. ISBN 974-17-3878-1.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้ง
พัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด
3 - 9 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ซึ่งมีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลา และเพื่อ
เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบ คือ โมเดล
พัฒนาการเชิงเส้นตรง และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาว
ของพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียนในระดับประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่าง
ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงาน
การประถมศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 840 คน ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์
โมเดลลิสเรลแบบมีตัวแปรแฝง

ผลการวิจัย สรุปได้ว่า 1) โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดล
ที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลามากที่สุด สำหรับการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับด้วยรูปแบบโมเดล
พัฒนาการเชิงเส้นตรง 2) โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 และ 6 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดล
ที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลามากที่สุด สำหรับการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับด้วยรูปแบบโมเดล
พัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ 3) โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีประสิทธิภาพในการศึกษา
พัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนระดับประถมศึกษา มากกว่าโมเดล
พัฒนาการเชิงเส้นตรง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ศึกษาศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา สถิติการศึกษาศาสตร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2546

4483805027: MAJOR EDUCATIONAL STATISTICS

KEY WORD: SEQUENTIAL ANALYSIS/TIME INTERVAL/LATENT GROWTH CURVE MODEL

SASIWIMON AMATASHEVIN: A COMPARISON OF RESULTS OF SEQUENTIAL ANALYSIS WITH DIFFERENT TIME INTERVALS IN GROWTH CURVE MODEL. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. SUCHADA BOWARNKITIWONG, Ph.D. 180 pp. ISBN 974-17-3878-1.

The purposes of this research were to compare the results of sequential analysis with different time intervals in growth curve model between growth curve model of 3 - 9 time intervals and completed measurement model of 10 time intervals and to compare the efficiency between linear growth model and free parameter growth model in studying longitudinal changes in physical development on weight and height of the elementary students. The sample consisted of 840 Prathom Suksa 1 students in schools under the jurisdiction of the Office of Bangkok Primary Education and analyzed using the analysis of LISREL model with latent variables.

The major findings were as follows:

1. Growth curve model of 5 time intervals is the most fit model with growth curve model of 10 time intervals in sequential analysis by linear growth model.
2. Growth curve model of 5 and 6 time intervals are the most fit model with growth curve model of 10 time intervals in sequential analysis by free parameter growth model.
3. Latent growth curve model with free parameter was more efficient than linear growth model in studying longitudinal changes in physical development on weight and height.

Department Educational Research Student's signature

Field of study Educational Statistics Advisor's signature

Academic year 2003 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ บวรกิตติวงศ์ ที่ได้ให้แนวคิด ให้คำปรึกษา คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิจัย ด้วยดีตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ กิตติคุณ ดร.นงลักษณ์ วิรัชชัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อวยพร เรืองตระกูล ที่ให้ความห่วงใย คำแนะนำและกำลังใจแก่ผู้วิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาที่ได้รับจากท่านทั้งสองเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิจัยการศึกษาทุกท่านที่กรุณาให้ความรู้ทางด้านวิชาการที่เป็นประโยชน์กับผู้วิจัยอย่างมาก รวมทั้งขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้ทุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับ คุณสังวรณ์ ังดกระโทก และคุณนลินี ณ นคร ผู้ที่มีบทบาทสำคัญอย่างที่สุดในการทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ ขอขอบพระคุณสำหรับคำแนะนำสั่งสอน ให้ความรู้และความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมาของคุณสังวรณ์ ซึ่งผู้วิจัยจะขอระลึกถึงพระคุณนี้ตลอดไป

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ลัดดา อมตชีวิน และอาจารย์ศักดา สถาพรวงษา ผู้ให้ความช่วยเหลือ และช่วยประสานงานในการติดต่อเก็บข้อมูลกับทางโรงเรียน รวมทั้งขอขอบพระคุณผู้บริหาร และครูโรงเรียนอนุบาลสามเสน โรงเรียนสายน้ำทิพย์ และโรงเรียนราชวินิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ฐานข้อมูลของนักเรียน และให้ความร่วมมืออย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบพระคุณ คุณจิตตานันท์ ติกุล พี่ที่แสนดีแห่งภาควิชาวิจัยการศึกษาที่ช่วยเหลือและดูแลน้องด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณ คุณเสาวรส ยิ่งวรรณะ คุณสุพรรณิ สินโพธิ์ เพื่อนที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี คุณวีรนุช ทองแดง คุณสมใจ จิตมั่น ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือ รวมทั้งกำลังใจที่เพื่อน ๆ สาขาสถิติการศึกษามีให้มาโดยตลอด และคนอื่น ๆ ที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวถึงได้หมดในที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อศมาและคุณแม่อารี อมตชีวิน ผู้ที่ให้ทั้งชีวิต ทั้งความรัก ความห่วงใย และกำลังใจ แก่ลูกสาวคนนี้อย่างเปี่ยมล้นตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณ คุณยายเปา ศิริสุภา คุณลุงบุญทอง ศิริสุภา และคุณน้ำสมบุญ ศรีทะนารัตน์ ที่ให้ความห่วงใย และพรอันประเสริฐแก่ผู้วิจัย พร้อมทั้งขอขอบคุณ ร.อ.นพดล โมอ่อน ผู้ที่ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา ทำயที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอมอบคุณค่าทางวิชาการของงานวิจัยเล่มนี้เป็นเครื่องบูชาพระคุณอันยิ่งใหญ่ของบิดา-มารดา คุณยาย ครูอาจารย์ทุกท่านผู้ทำให้ข้าพเจ้าได้มีวันนี้

ศศิวิมล อมตชีวิน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	8
ขอบเขตของการวิจัย.....	8
นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....	9
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	10
2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
ตอนที่ 1 แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลง.....	11
ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับโปรแกรมลิสเรล และการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ กลุ่มพหุในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง.....	23
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง.....	33
ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดล โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง.....	44
สมมติฐานของการวิจัย.....	49
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	50
ฐานข้อมูลในการวิจัย.....	50
ตัวแปรในการวิจัย.....	52
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรในการวิจัย.....	69
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ห้ำล้อมล่ำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการ ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง.....	73
ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ห้ำล้อมล่ำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการ ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ.....	85
ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ.....	97
5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	101
สรุปผลการวิจัย.....	102
อภิปรายผลการวิจัย.....	107
ข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการปฏิบัติ.....	113
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....	115
รายการอ้างอิง.....	117
ภาคผนวก	122
ภาคผนวก ก ตัวอย่างคำสั่งและผลการวิเคราะห์ห้ำล้อมล่ำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการ เชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลาของชุดตัวแปรน้ำหน้ำ ด้วยโปรแกรม LISREL.....	123
ภาคผนวก ข ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์ห้ำล้อมล่ำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการ พารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลาของชุดตัวแปรน้ำหน้ำ ด้วยโปรแกรม LISREL.....	153
ภาคผนวก ค ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง ที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลาของชุดตัวแปรน้ำหน้ำ ด้วยโปรแกรม LISREL.....	160

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง	ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุในโมเดลพัฒนาการ พารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลาของชุดตัวแปรน้ำหนัก ด้วยโปรแกรม LISREL.....	170
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....		180



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	การประมาณค่าร้อยละของผู้ที่ไม่ได้เป็นสมาชิกลัทธิเคร่งศาสนา (N) จำแนกตามอายุ (A) ช่วงเวลา (P) และกลุ่มคน (C) ของหญิงชาวด้ช.....	34
2	การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างยุทธวิธีในการศึกษาการเปลี่ยนแปลง ทั้ง 3 รูปแบบ.....	41
3	การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน.....	51
4	ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้มีค่าเท่ากันของแต่ละกลุ่มในการวิเคราะห์โมเดลที่มี ช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน กรณีรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ.....	59
5	ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของน้ำหนักในการวัดครั้งที่ 1 - 10 ของนักเรียน.....	70
6	ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของส่วนสูงในการวัดครั้งที่ 1-10 ของนักเรียน.....	72
7	ผลการเปรียบเทียบดัชนีวัดระดับความสอดคล้องในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของ ตัวแปรน้ำหนัก.....	76
8	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด แตกต่างกับกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ของตัวแปรน้ำหนัก.....	78
9	ผลการเปรียบเทียบดัชนีวัดระดับความสอดคล้องในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของ ตัวแปรส่วนสูง.....	80
10	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด แตกต่างกับกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรส่วนสูง	82
11	ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด แตกต่างกับกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรน้ำหนัก.....	83
12	ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด แตกต่างกับกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ของตัวแปรส่วนสูง.....	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ฎ

ตาราง		หน้า
13	ผลการเปรียบเทียบดัชนีวัดระดับความสอดคล้องในโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ของตัวแปรน้ำหนั.....	87
14	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ของตัวแปรน้ำหนั.....	89
15	ผลการเปรียบเทียบดัชนีวัดระดับความสอดคล้องในโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ของตัวแปรส่วนสูง.....	92
16	ผลค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด แตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรส่วนสูง	94
17	ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุระหว่างโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ของตัวแปรน้ำหนั.....	95
18	ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุระหว่างโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ของตัวแปรส่วนสูง.....	96
19	ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง กับโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระของตัวแปรน้ำหนั.....	98
20	ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง กับโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระของตัวแปรส่วนสูง.....	100

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
1	โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว.....	15
2	โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว.....	17
3	โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว.....	18
4	โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว.....	20
5	โมเดลใหญ่ในโปรแกรมลิสเรล.....	24
6	การวิเคราะห์กลุ่มพหุในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง.....	31
7	แผนแบบการศึกษาระยะยาว	35
8	แผนแบบการศึกษาภาคตัดขวาง.....	37
9	แผนแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับ	38
10	การเชื่อมส่วนโค้งพัฒนาการแต่ละส่วนจากการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ.....	39
11	รูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับด้วยช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา.....	42
12	การวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลที่มีการวัด 3 ช่วงเวลา.....	55
13	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของนักเรียนตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 5.....	71
14	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของส่วนสูงของนักเรียนตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-5.....	73
15	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ชุดตัวแปรน้ำหนักจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการ เชิงเส้นตรง.....	75
16	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ชุดตัวแปรส่วนสูงจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการ เชิงเส้นตรง.....	79
17	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ชุดตัวแปรน้ำหนักจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการ พารามิเตอร์อิสระ.....	86
18	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ชุดตัวแปรส่วนสูงจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการ พารามิเตอร์อิสระ.....	91

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการศึกษาในยุคปฏิรูปการศึกษานั้นมิใช่เป็นแต่เพียงการผลิตผู้เรียนในเชิงปริมาณ แต่เพียงอย่างเดียว หากแต่จะต้องเน้นถึงคุณภาพของผู้เรียนเป็นสำคัญ การจัดการศึกษาจึงควรตระหนักถึงการติดตามพัฒนาการของผู้เรียน โดยการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนให้เป็นไปในทิศทางที่หลักสูตรต้องการซึ่งสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตราที่ 26 ที่เน้นให้สถานศึกษาจัดการประเมินผู้เรียนตามสภาพจริง ทำให้บทบาทและหน้าที่ของครูในยุคปฏิรูปการศึกษามุ่งไปที่การประเมินผู้เรียนบนพื้นฐานของข้อมูลเชิงประจักษ์ การวัดการเปลี่ยนแปลงหรือการวัดพัฒนาการจึงถือว่ามีบทบาทสำคัญต่อการจัดการศึกษา เนื่องจากการรายงานให้เห็นถึงการเจริญเติบโตหรือความงอกงาม (growth) ของผู้เรียน อีกทั้งเป็นการประเมินระบบการศึกษาที่จัดให้กับผู้เรียนได้ว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด (Willett, 1994) ทั้งนี้ผลที่ได้จากการศึกษาพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเป็นสารสนเทศที่ให้ประโยชน์ต่อผู้เรียน ครูและผู้บริหารในการนำผลที่ได้มาปรับปรุงทั้งในด้านการจัดระบบการให้บริการ การจัดการเรียนการสอน เพื่อให้สถานศึกษาสามารถวางแผนการจัดการศึกษาในด้านต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ในการศึกษาติดตามพัฒนาการของผู้เรียนนั้น สถานศึกษาส่วนใหญ่ต่างมุ่งให้ความสำคัญ แต่ในด้านพัฒนาการทางสติปัญญาเป็นหลักซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อพัฒนาการทางสติปัญญาก็คือ ความพร้อมทางด้านร่างกาย เนื่องจากพัฒนาการทางด้านร่างกายถือเป็นกลไกหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความพร้อมที่จะพัฒนาสติปัญญาของตนเองได้อย่างเต็มความสามารถ พัฒนาการทางด้านร่างกายนับได้ว่าเป็นพัฒนาการที่ปรากฏให้เห็นชัดเจนกว่าพัฒนาการทางด้านอื่น ๆ โดยการพิจารณาจากผลการวัดน้ำหนักและส่วนสูงของผู้เรียน แล้วจึงนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการเจริญเติบโต (norm of growth) (ประนอม รอดคำดี, 2531) สำหรับการวัดพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนไม่ว่าจะเป็นพัฒนาการในด้านใดนั้น จำเป็นที่จะต้องอาศัยการเก็บข้อมูลระยะยาวหรือการเก็บข้อมูลโดยการวัดซ้ำ (repeated measures) ทั้งนี้เพื่อให้ได้สารสนเทศเพียงพอที่จะประเมินหรือตัดสินพัฒนาการของผู้เรียนได้อย่างถูกต้อง

นักวิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของการวัดการเปลี่ยนแปลงจึงพยายามพัฒนาทั้งในด้านวิธีวิทยาการวัด และการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง ในส่วนของวิธีวิทยาการวัดนั้นได้พัฒนา

ต่อเนื่องมานานกว่า 70 ปี (Bareiter, 1963 อ้างถึงใน อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537) โดยแบ่งได้เป็น 2 แนวคิด (Gottman, 1995; ประสิทธิ์ ไชยกาล, 2539; อธิพิงศ์ ตั้งสกุลเรืองไโล, 2541) คือ การวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิม (classical methods for measuring of change) และการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ (recent methods for measuring of change) ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้แบ่งกลุ่มคือ ลักษณะวิธีการวัดและผลของการวัด (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมจะใช้ข้อมูลที่มีการวัดเพียงสองครั้ง และใช้สถิติไม่ยุ่งยากนัก ส่วนวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่จะเป็นการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่สามครั้งขึ้นไป และรวมเฉพาะวิธีที่ใช้โมเดลที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในระยะหลัง เช่น โมเดลลิสเรลหรือโมเดลเชิงเส้นลดหลั่นเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล

แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิม (classical methods for measuring of change) เป็นการวัดที่มีการเก็บข้อมูลสองครั้ง (two waves) คือ ก่อนการเรียนรู้ และหลังการเรียนรู้ ซึ่งวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ได้แก่ วิธีหาคะแนนความแตกต่าง (difference score) วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนที่เหลือ (residual change score) วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน (base-free measurement of change) วิธีประมาณค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงของลอร์ด (Lord' s estimated true gain score) วิธีหาคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (relative gain score) และวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้โดยขจัดอิทธิพลเพดาน (ceiling effect) ที่พัฒนาโดย อรุณี อ่อนสวัสดิ์ (2537) สำหรับวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมในแต่ละวิธีนั้น พบว่า ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ อาทิเช่น การอนุโลมให้ความคลาดเคลื่อนของการวัดในครั้งแรกและการวัดในครั้งที่สองสามารถหักลบกันเป็นศูนย์ ซึ่งถือเป็นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (classical test theory) นอกจากนี้การวัดเพียงสองครั้งนั้นยังไม่สามารถอธิบายกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างเพียงพอ (Gottman and Rushe, 1991; Raykov, 1994; Willett, 1994) และความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวัดเพียงสองครั้งจะให้ค่าต่ำกว่าความเที่ยงที่ได้จากการวัดหลาย ๆ ครั้ง (Raykov, 1994; Woodruff and Houston, 1994)

นักการศึกษาและนักวิจัยตระหนักถึงข้อจำกัดของการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิม ประกอบกับความก้าวหน้าของวิธีวิทยาทางสถิติที่นำมาใช้วิเคราะห์ รวมทั้งความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาโปรแกรม สำหรับใช้ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้น ซึ่งได้แก่ โปรแกรม LISREL (Joreskog and Sorbom, 1989) โปรแกรม EQS (Bentle and Wu, 1995) และโปรแกรม AMOS (Arbuckle, 1995 อ้างถึงใน Duncan, et al., 1999) จึงทำให้พัฒนามาเป็นวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ (recent methods for measuring of change) ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลมากกว่าสองครั้ง (multi-waves) ที่มีรูปแบบโมเดลการวัด (measurement model)

ในรูปสมการโครงสร้างเชิงเส้น (linear structural equation model) (Tisak and Meredith, 1989; McArdle and Anderson, 1990) โดยเป็นวิธีการที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างครอบคลุม ศึกษาการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน สามารถอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบได้อย่างลึกซึ้ง และสามารถนำความคลาดเคลื่อนในการวัด (measurement error) มาร่วมวิเคราะห์ด้วยทำให้ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น อีกทั้งสามารถทดสอบโครงสร้างองค์ประกอบเดียวกันที่ถูกรวัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกันได้ สำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ที่สำคัญ ได้แก่ โมเดลการวิเคราะห์ห้วงองค์ประกอบระยะยาว (longitudinal factor analysis model) โมเดลการวิเคราะห์ห้วงองค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (longitudinal factor analysis with single indicators model) โมเดลการวิเคราะห์ห้วงองค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว (longitudinal factor analysis several indicators model) และโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model)

ในส่วนของการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่นั้น โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนับเป็นรูปแบบที่นิยมใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นโมเดลที่มีจุดเด่นหลายประการ กล่าวคือ เป็นโมเดลที่ไม่มีความลำเอียงในการประมาณค่า สามารถประมาณค่าได้แม้แบบแผนพัฒนาการจะเป็นเส้นตรงหรือไม่เป็นเส้นตรงก็ตาม (Tisak and Meredith, 1990) สามารถประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงและความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ แม้กลุ่มตัวอย่างจะน้อย หรือเมื่อมีการขาดหายของข้อมูล (McArdle and Hamagami, 1995) และจุดเด่นที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ความยืดหยุ่น (flexible) ของโมเดลที่สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับโค้งพัฒนาการรูปแบบต่าง ๆ ได้ จึงทำให้โมเดลดังกล่าวสามารถใช้ในการวิเคราะห์โค้งพัฒนาการได้หลายรูปแบบ โดยนักวิจัยสามารถกำหนดค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานตามหลักฐานทางทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรืออาจกำหนดให้เป็นพารามิเตอร์อิสระเพื่อให้โปรแกรมประมาณค่าได้

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสามารถแบ่งได้เป็น 5 รูปแบบ ตามลักษณะของค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานหรือค่าพารามิเตอร์ความชัน (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) คือ โมเดลโค้งพัฒนาการที่กำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นศูนย์หรือโมเดลพัฒนาการที่เป็นฐาน (baseline growth model = BAS model) โมเดลโค้งพัฒนาการที่กำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบเส้นตรง หรือโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) โมเดลโค้งพัฒนาการที่กำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบพารามิเตอร์กำหนดชนิดเส้นโค้ง หรือโมเดลโค้งพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนด (fixed curve growth model = FIC model) โมเดลโค้งพัฒนาการที่กำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบพารามิเตอร์อิสระ หรือโมเดลโค้งพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free curve growth model = FRE model) และโมเดลโค้งพัฒนาการที่กำหนดพารามิเตอร์ความแปรปรวนของ

ความคลาดเคลื่อนแตกต่างกันหรือโมเดลโค้งพัฒนาการความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (unequal disturbance variance growth model = UDV model) โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 5 รูปแบบ ดังกล่าวนี้นี้ช่วยทำให้นักวิจัยสามารถพัฒนาและตรวจสอบได้ว่าโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงรูปแบบใดสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด เพื่อให้ได้รูปแบบโมเดลที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการศึกษาพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ

สำหรับการศึกษาพัฒนาการ หรือการเปลี่ยนแปลงนั้นมีวิธีการศึกษาแบ่งได้เป็นสองวิธี (Kirk, 1995; Sapsford and Jupp, 1996) คือ การศึกษาระยะยาว (longitudinal study) เป็นการศึกษาพัฒนาการเป็นรายบุคคล หรือกลุ่มคน โดยการติดตามเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่กำหนด ตัวอย่างเช่นศึกษาตั้งแต่อายุ 1 ปี และศึกษาต่อเนื่องมาจนกระทั่งอายุ 6 ปี จะเห็นได้ว่าการศึกษาลักษณะดังกล่าวเป็นการศึกษาอย่างต่อเนื่องโดยตลอดจึงทำให้ทราบพัฒนาการได้อย่างชัดเจน (Liebert, Poulos and Strauss, 1974) แต่ก็มีข้อเสีย คือ ใช้ระยะเวลายาวนานในการศึกษาทำให้สิ้นเปลืองทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย ปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือปัญหาการสูญหายของข้อมูลในตอนท้ายทำให้ข้อมูลในระยะสิ้นสุดมีจำนวนน้อย ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จึงอาจไม่เป็นตัวแทนที่ดีได้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2543; Dale and Davies, 1994)

การศึกษาพัฒนาการอีกรูปแบบหนึ่งก็คือ การศึกษาภาคตัดขวาง (cross-sectional study) หรือการศึกษาระยะสั้น เป็นการศึกษาเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่มซึ่งแต่ละกลุ่มมีอายุต่างกัน โดยทำการเก็บข้อมูล ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น แทนที่จะศึกษากลุ่มเดียวติดตามตั้งแต่อายุ 1 ปีถึง 6 ปี ก็จะใช้การศึกษากับ 6 กลุ่ม พร้อม ๆ กันไป โดยสุ่มศึกษาจาก 6 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีอายุ 1 ปี 2 ปี 3 ปี 4 ปี 5 ปี และ 6 ปี เป็นต้น ลักษณะการศึกษาดังกล่าวทำให้ทราบพัฒนาการตั้งแต่อายุ 1 - 6 ปี เช่นเดียวกับการศึกษาระยะยาว การศึกษาภาคตัดขวางจึงมีข้อดี คือ สามารถประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย แต่ก็มีข้อเสียเนื่องจากรูปแบบการศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างต่างกลุ่มกันย่อมมีลักษณะแตกต่างกันจึงทำให้พัฒนาการที่ได้ไม่ต่อเนื่อง (Liebert, Poulos and Strauss, 1974; Kenneth and Bruce, 2002) เนื่องจากข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากการศึกษาระยะยาวและการศึกษาภาคตัดขวางจึงเป็นสาเหตุทำให้นักวิจัยพยายามที่จะหารูปแบบการศึกษาที่จะช่วยลดข้อจำกัดดังกล่าว Bell (1953) อ้างถึงใน Gottman, (1995) ได้เสนอรูปแบบการศึกษาที่ช่วยลดข้อจำกัดจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทั้งสองลักษณะเป็นครั้งแรก เรียกว่า การศึกษาเหลื่อมลำดับ (sequential study) ซึ่งเป็นการศึกษาที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลาย ๆ กลุ่มคน (cohorts) ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ และเป็นกลุ่มคนที่เกิดในช่วงเวลาเดียวกัน (Jacques, 1990) โดยมีช่วงเวลากារวัดที่เหลื่อมกัน (overlap) ตัวอย่างเช่น การศึกษาพัฒนาการของเด็กตั้งแต่อายุ 1 ปีถึง 6 ปี แทนที่นักวิจัยต้องศึกษาการเปลี่ยนแปลงจากเด็กตั้งแต่อายุ 1 ปี แล้วติดตามเก็บข้อมูลจนครบ 6 ปี การศึกษาลักษณะนี้จะศึกษาจากกลุ่มคน 4 กลุ่ม คือ กลุ่มเด็กอายุ 1 ปี 2 ปี 3 ปี และ 4 ปี โดยเก็บรวบรวม

ข้อมูลจากกลุ่ม กลุ่มละ 3 ปี กล่าวคือกลุ่มที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากเด็กตั้งแต่อายุ 1-3 ปี กลุ่มที่ 2 เก็บรวบรวมข้อมูลจากเด็กตั้งแต่อายุ 2 - 4 ปี กลุ่มที่ 3 เก็บรวบรวมข้อมูลจากเด็กตั้งแต่อายุ 3 - 5 ปี และกลุ่มที่ 4 เก็บรวบรวมข้อมูลจากเด็กตั้งแต่อายุ 4 - 6 ปี จะเห็นได้ว่ารูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับ จะใช้ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลสั้นลง ดังนั้น รูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับจึงเป็นรูปแบบที่ทำให้ นักวิจัยสามารถประมาณการศึกษาระยะยาว (long-term longitudinal study) ได้ จากการศึกษาในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ (short-term longitudinal study) (Duncan, Duncan and Li, 1998) แต่ยังคงให้สารสนเทศเช่นเดียวกับการศึกษาระยะยาว

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากรูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับนั้นจะใช้เทคนิควิธีการที่ เรียกว่า การวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ (sequential analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตามลำดับเวลาจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง ระยะยาว โดยในการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับแต่ละครั้งนั้น นักวิจัยสามารถกำหนดช่วงเวลาการวัด (time interval) ที่เหมาะสมกับข้อมูลซึ่งอาจกำหนดด้วยช่วงเวลาสั้น ๆ เช่น วิเคราะห์ครั้งละ 3 ชั่วโมง หรือ 4 ชั่วโมง แล้วดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลจากทุกกลุ่มร่วมกัน โดยมีการกำหนดเงื่อนไขบังคับให้ค่าพารามิเตอร์ในทุกกลุ่มเท่ากัน ณ ตำแหน่งการวัดที่เหลื่อมกัน ซึ่งหากนักวิจัย กำหนดช่วงเวลาการวัดได้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับย่อมทำให้ผลการวิเคราะห์ เหลื่อมลำดับสามารถนำไปใช้ในการศึกษาพัฒนาการแทนการศึกษาระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากความสามารถของการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในการลดข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากการ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาว จึงทำให้รูปแบบการวิเคราะห์ดังกล่าวถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงาน วิจัยเพื่อศึกษาพัฒนาการด้านต่าง ๆ ดังเช่น งานวิจัยของ Anderson (1993) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลง เกี่ยวกับพฤติกรรมที่แสดงออกของวัยรุ่นต่อความสัมพันธ์ทางลบระหว่างวัยรุ่นกับผู้ปกครอง โดย ทำการศึกษาวัยรุ่นตอนต้นในช่วงอายุ 9 - 15 ปี ตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ตัวแปรเพศ ตัวแปรประเภทของครอบครัว ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แผนแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับ แบ่ง ศึกษากลุ่มตัวอย่างออกเป็น 5 กลุ่ม ทำการเก็บข้อมูลในแต่ละกลุ่มด้วยช่วงเวลาการวัด 3 ชั่วโมง เท่า ๆ กัน โดยมีการเหลื่อมกันระหว่างกลุ่มเท่ากับ 2 ชั่วโมง แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 5 กลุ่ม ตามรูปแบบการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าโค้งพัฒนาการในช่วงระยะเวลา 6 ปี สามารถประมาณได้จากการศึกษาโดยใช้ช่วงเวลาเพียง 3 ปี ด้วยรูปแบบการศึกษาเหลื่อม ลำดับ โดยพบว่าพฤติกรรมที่แสดงออกต่อความสัมพันธ์ทางลบระหว่างผู้ปกครองกับวัยรุ่นในช่วง อายุ 9 - 15 ปี ในภาพรวมเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ โดยมีตัวแปรในเรื่องเพศและตัวแปรประเภทของ ครอบครัวที่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงที่ต่างกันระหว่างบุคคล

Raudenbush และ Chan (1993) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในด้านการปรับตัวของวัยรุ่นในช่วงอายุ 11 - 18 ปี โดยใช้แผนแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับซึ่งจะทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นการติดตามกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 11 - 15 ปี และกลุ่มที่สองเป็นการติดตามกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 14 - 18 ปี จะเห็นว่าการเหลื่อมกันของอายุ 14 และ 15 ปี ซึ่งถือว่าการเหลื่อมกันของช่วงเวลากว้างเพียง 2 ช่วงเวลา เท่านั้น ในการวิจัยครั้งนี้แม้ว่าจะนำผลสรุปที่ได้ไปใช้แทนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวในช่วงอายุ 11 - 18 ปี แต่ Raudenbush และ Chan ก็ได้ชี้ให้เห็นถึงจุดอ่อนในส่วนของ การเหลื่อมกันของช่วงเวลากว้างเพียง 2 ช่วงเวลา โดยได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการเหลื่อมกันของช่วงเวลากว้างกับความสามารถในการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ ผลการวิจัยสรุปว่าเมื่อมีการเหลื่อมกันของช่วงเวลากว้างลดลงจะมีผลทำให้ความสามารถของแผนแบบดังกล่าวลดลงด้วย

Duncan, Duncan และ Hops (1996) ศึกษาการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นในช่วงอายุ 12 - 17 ปี โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อพิจารณาผลที่ได้ระหว่างการศึกษาดำเนินแบบเหลื่อมลำดับ (cohort sequential design) กับการศึกษาด้วยแผนแบบระยะยาว (longitudinal design) ตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ตัวแปรเพศ การหย่าร้าง และการบริโภคแอลกอฮอล์ของผู้ปกครอง สำหรับแผนแบบระยะยาวนั้นจะมีการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มคนเพียงกลุ่มเดียวและทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตลอดช่วงเวลา 6 ปี ในขณะที่แผนแบบเหลื่อมลำดับจะทำการศึกษาจากกลุ่มคน 4 กลุ่ม โดยในแต่ละกลุ่มจะทำการวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยช่วงเวลากว้าง 3 ช่วงเวลาเท่ากัน และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ ผลการวิจัยพบว่าแผนแบบเหลื่อมลำดับมีความสามารถเพียงพอในการประมาณค่าแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นได้เช่นเดียวกับการศึกษาระยะยาวซึ่งต่อมาในปี 1999 Duncan และคณะ ได้ทำการศึกษาถึงการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นอีกครั้ง แต่ศึกษาในช่วงอายุ 12 - 16 ปี โดยใช้การวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลากว้าง 3 ช่วงเวลา แล้วนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปรายงานถึงพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงในการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นแทนการศึกษาระยะยาวที่จะต้องใช้เวลาศึกษาถึง 5 ปี นอกจากนี้ Duncan ยังได้เสนอแนะให้มีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อศึกษาถึงจำนวนช่วงเวลากว้างในแต่ละกลุ่มคน จำนวนครั้งของการเหลื่อมกันของช่วงเวลากว้าง และจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มคนที่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ (Raudenbush and Chan, 1992; อ้างถึงใน Duncan, et al., 1999)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมาที่ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการศึกษาการวัดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ พบว่ายังไม่มี การพิจารณาเปรียบเทียบโมเดลที่มีช่วงเวลากว้างที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ

และแม้ว่าจะมีการเปรียบเทียบก็เป็นการเปรียบเทียบเพียงแค่มอเดลที่มีช่วงเวลาการวัดบางช่วงเวลา ไม่ครอบคลุมถึงมอเดลที่มีช่วงเวลาการวัดอื่น ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในมอเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน โดยจะทำการเปรียบเทียบระหว่างมอเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลากับมอเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลา เพื่อให้ได้มอเดลที่มีช่วงเวลาการวัดที่ให้ผลสอดคล้องกับมอเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด โดยจะศึกษาการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของพัฒนาการด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากพัฒนาการด้านน้ำหนัก และส่วนสูงจัดเป็นพัฒนาการที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนกว่าพัฒนาการด้านอื่น ๆ อีกทั้งพัฒนาการดังกล่าวยังเป็นพัฒนาการที่มีการเก็บข้อมูลระยะยาวจากการวัดซ้ำหลายครั้งซึ่งสอดคล้องกับมอเดลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ที่จำเป็นต้องใช้ฐานข้อมูลจากการวัดซ้ำถึง 10 ครั้ง โดยในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบมอเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงและมอเดลพัฒนาการพาราเมตริกอิสระ ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับพัฒนาการทางร่างกายของเด็กในช่วงอายุดังกล่าวระบุว่า พัฒนาการในช่วงนี้จะเพิ่มขึ้นค่อนข้างคงที่ในลักษณะเชิงเส้นตรง แสดงให้เห็นว่ามอเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงน่าจะมีประสิทธิภาพในการศึกษาพัฒนาการทางร่างกายมากที่สุด แต่จากการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบข้อสรุปที่ต่างกัน กล่าวคือ จากงานวิจัยของอิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไฉ (2541) ที่ทำการศึกษาพัฒนาการทางร่างกายของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างมอเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 4 รูปแบบ พบว่ามอเดลพัฒนาการพาราเมตริกอิสระมีประสิทธิภาพในการศึกษาพัฒนาการทางร่างกายมากกว่ามอเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง จากผลสรุปที่ขัดแย้งกันทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างมอเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงและมอเดลพัฒนาการพาราเมตริกอิสระ เพื่อให้ได้ผลสรุปที่ชัดเจนยิ่งขึ้นว่ามอเดลรูปแบบใดมีประสิทธิภาพในการศึกษาพัฒนาการทางร่างกายมากที่สุด

ข้อค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ด้านวิธีวิทยาการวัดในการศึกษาการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากจะเป็นแนวทางที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถศึกษาข้อมูลระยะยาวได้ด้วยเวลาที่สั้นลง แต่ยังคงไว้ซึ่งสารสนเทศของพัฒนาการที่ศึกษาได้เช่นเดียวกับการศึกษาระยะยาว อีกทั้งยังช่วยลดข้อจำกัดของผู้วิจัยในเรื่องของเวลาและงบประมาณในการเก็บข้อมูลระยะยาวที่อาจทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถดำเนินการเก็บข้อมูลตามแผนที่กำหนดไว้ได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลือมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลือมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงและโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระในการศึกษาพัฒนาการด้านน้ำหนักและส่วนสูง

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลือมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์โดยใช้ข้อมูลวัดซ้ำพัฒนาการทางร่างกายด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของคนต่างกลุ่ม ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์เหลือมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) โดยเปรียบเทียบระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (10 ช่วงเวลา) จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

ตัวแปรอิสระ คือ จำนวนช่วงเวลาการวัด

ตัวแปรตาม คือ ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องประเภทค่าสถิติไค-สแควร์ และผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝง

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

ตัวแปรอิสระ คือ โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์เชิงเส้นตรง (linear growth model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

ตัวแปรตาม คือ ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตัวแปรในโมเดลโค้งพัฒนาการ

1. ตัวแปรสังเกตได้

- ผลการวัดน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียน

2. ตัวแปรแฝง

- ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนในครั้งแรก
- ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียน

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาเหลื่อมลำดับ (sequential study) หมายถึง การศึกษาพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงจากกลุ่มคนมากกว่า 1 กลุ่ม ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ด้วยช่วงเวลาการวัดเท่า ๆ กัน โดยมีช่วงเวลาการวัดที่เหลื่อมกันระหว่างกลุ่ม

กลุ่มคน (cohort) หมายถึง กลุ่มของบุคคลที่มีลักษณะบางประการร่วมกัน สำหรับการวิจัยครั้งนี้ กลุ่มคน หมายถึง กลุ่มของบุคคลที่เกิดในช่วงเวลาเดียวกัน (ปีเดียวกัน)

ช่วงเวลาการวัด (time interval) หมายถึง จำนวนครั้งในการวัดพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มคน

การวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ (sequential analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมอย่างต่อเนื่องตามลำดับเวลาซึ่งได้จากการศึกษาเหลื่อมลำดับ โดยมีการกำหนดเงื่อนไขบังคับความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่ม ณ ตำแหน่งที่ช่วงเวลาการวัดเหลื่อมกันให้มีค่าเท่ากัน

การวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ (combined multi-sample analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ด้วยการรวมกลุ่มระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน หมายถึง โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 – 9 ช่วงเวลา

โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ หมายถึง โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบทั้ง 10 ช่วงเวลา ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) หมายถึง วิธีวิทยาทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพัฒนาการทางด้านน้ำหนักและส่วนสูงจากข้อมูลระยะยาวเป็นโมเดลที่มีลักษณะกระบวนการโครงสร้างเชิงเส้น (SEM)

โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (multiple sample structural equation model) หมายถึง โมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในรูปแบบของโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นสำหรับกลุ่มประชากรมากกว่าหนึ่งกลุ่ม

โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model) หมายถึง โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงทุกค่าให้ใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของประชากร โดยมีลักษณะพัฒนาการตามช่วงอายุเป็นเส้นโค้ง

โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) หมายถึง โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานของการวัดแต่ละครั้งให้มีค่าเพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาเท่ากัน และมีลักษณะพัฒนาการตามช่วงอายุเป็นแบบเส้นตรง

ผลต่างของค่าสถิติไค-สแควร์ หมายถึง ผลต่างระหว่างค่าไค-สแควร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 – 9 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 10 ช่วงเวลา

พัฒนาการทางกายภาพ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (ปีการศึกษา 2540-2544) โดยมีช่วงเวลากการวัดห่างกันเท่ากับ 1 ภาคการศึกษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลจากการวิจัยครั้งนี้ให้ประโยชน์ในด้านวิธีวิทยาการวัดทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติดังนี้ คือ

1. ในเชิงทฤษฎีทำให้ทราบถึงโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดที่ให้ผลสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด จากการวิเคราะห์หาล้อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง
2. ในเชิงปฏิบัติจะเป็นแนวทางในการเลือกรูปแบบโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาล้อมลำดับ เพื่อใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของพัฒนาการด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียนได้โดยใช้ช่วงระยะเวลาในการศึกษาสั้นลง แต่ยังคงสามารถให้สารสนเทศได้เช่นเดียวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแยกนำเสนอเป็น 4 ตอน *ตอนแรก* เป็นการนำเสนอแนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลง *ตอนที่สอง* เป็นการนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับโปรแกรมลิสเรล และการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์กลุ่มพหุในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง *ตอนที่สาม* เป็นการนำเสนอแนวคิดในการวิเคราะห์ห่อล้อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง และ*ตอนสุดท้าย* เป็นการนำเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ห่อล้อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยมีรายละเอียดในแต่ละตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลง (measurement of change)

ในการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์นั้น ปัญหาวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาถึงพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น การตอบปัญหาวิจัยดังกล่าวจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการวิจัยที่มีการเก็บข้อมูลระยะยาว (longitudinal data) หรือการเก็บข้อมูลโดยการวัดซ้ำ (repeated measurement) จากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดิมโดยใช้เครื่องมือชุดเดิม สำหรับจุดมุ่งหมายในการวิจัยเพื่อตอบปัญหาวิจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงนั้นแบ่งได้เป็น 2 ประการ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) *ประการแรก* เพื่อการวัดและการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง (measure and analysis of change) โดยจะศึกษาถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มตัวอย่าง และวิเคราะห์ว่าตัวแปรใดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว *ประการที่สอง* เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามในการวัดครั้งแรกกับการวัดครั้งหลัง และศึกษาถึงขนาดสัมประสิทธิ์การถดถอยว่ามีความแปรเปลี่ยนระหว่างการวัดแต่ละครั้งหรือไม่

การวัดการเปลี่ยนแปลงจึงนับได้ว่ามีประโยชน์ในการศึกษาถึงพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้นักวิจัยจึงได้ร่วมกันพัฒนาวิธีวิทยาการวัดอย่างต่อเนื่อง นักวิจัยแบ่งกลุ่มวิธีวิทยาการวัดการเปลี่ยนแปลงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ การวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิม และการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ เกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งกลุ่ม คือลักษณะของวิธีการวัด และผลของการวัด สำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมจะรวมเฉพาะวิธีการวัดที่ใช้ข้อมูลที่มีการวัดเพียง 2 ครั้ง และใช้สถิติไม่ยุ่งยากนัก ส่วนวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ รวมเฉพาะวิธีที่ใช้โมเดลตามแนวคิดที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในระยะหลัง เช่น โมเดลลิสเรลหรือโมเดลเชิงเส้นระดับ

ลดหลั่นเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยที่มีการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ 3 ครั้งขึ้นไป ทำให้ได้สารสนเทศมากขึ้น สามารถวิเคราะห์ลักษณะโมเดลพัฒนาการของหน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยได้ถูกต้อง ผู้วิจัยขอเสนอการวัดการเปลี่ยนแปลงทั้ง 2 กลุ่มดังนี้

การวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิม (classical methods for measuring change)

การวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมนั้นเป็นการวัดที่มีการเก็บข้อมูล 2 ครั้ง (two waves) เท่านั้น คำว่า wave เป็นศัพท์เฉพาะของการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว หมายถึง จำนวนครั้งการวัด กล่าวคือ เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการเรียนรู้ การวัดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะดังกล่าวเกิดจากแนวคิดที่ว่า เมื่อบุคคลเกิดการเรียนรู้ บุคคลจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ การวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจึงเป็นการวัดความแตกต่างของพฤติกรรมระหว่างก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้ (Willett, 1994 อ้างถึงในประสิทธิ์ ไชยกาล, 2539; สุภารัตน์ เว็จันติก, 2542) การวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมมีวิธีการวัดที่สำคัญ ได้แก่ วิธีหาคะแนนความแตกต่าง (difference score) วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนที่เหลือ (residual change score) วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน (base-free measurement of change) วิธีประมาณค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงของลอร์ด (Lord's estimated true gain score) วิธีหาคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (relative gain score) และวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้โดยขจัดอิทธิพลเพดาน (ceiling effect) ที่พัฒนาโดยอรุณี อ่อนสวัสดิ์ (2537) สำหรับวิธีการวัดแต่ละวิธีนั้นยังคงพบว่ามีข้อจำกัดดังที่จะเสนอต่อไป

วิธีหาคะแนนความแตกต่าง (difference score) เป็นวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงจากผลต่างของคะแนนการวัดครั้งหลังกับคะแนนการวัดครั้งแรก นับเป็นวิธีเริ่มแรกที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก แต่ก็มีข้อบกพร่องสรุปได้ 4 ประการ คือ ประการแรกความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างมีค่าต่ำ ประการที่สอง สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความแตกต่างกับคะแนนการวัดครั้งแรกมีแนวโน้มเป็นลบ กล่าวคือ นักเรียนที่ได้คะแนนสูงในการวัดครั้งแรกจะมีแนวโน้มที่จะได้คะแนนความแตกต่างต่ำซึ่งขัดกับสภาพความเป็นจริง (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ประการที่สาม คะแนนความแตกต่างเกิดปัญหาเรื่องอิทธิพลเพดาน (ceiling effect) กล่าวคือ ผู้ที่ได้คะแนนสูงในการวัดครั้งแรกจะมีโอกาสน้อยมากที่จะได้คะแนนเพิ่มสูง เพราะคะแนนในครั้งแรกที่ได้เกือบจะเท่าคะแนนเต็มแล้ว ประการที่สี่คือ วิธีนี้ไม่ใส่ใจกับความคลาดเคลื่อนในการวัดซึ่งจะมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าตัวแปรได้ วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนที่เหลือ (residual change score) (Manning and Dubois, 1957 อ้างถึงใน อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537) วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงวิธีนี้ใช้การวิเคราะห์ถดถอย คะแนนการเปลี่ยนแปลงจึงเป็นผล

มาจากผลต่างระหว่างคะแนนการวัดครั้งหลังกับคะแนนการทำนายครั้งหลังที่มีคะแนนการวัดครั้งแรกเป็นตัวทำนาย วิธีดังกล่าวทำให้การประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงไม่มีความคงเส้นคงวา (inconsistent estimates of change) (Raykov, 1993 อ้างถึงใน ประสิทธิ์ ไชยกาล, 2539) วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน (*base-free measurement of change*) วิธีการนี้มีข้อบกพร่องในส่วนที่ความคลาดเคลื่อนของคะแนนการเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มที่จะมีค่ามากกว่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากวิธีหาคะแนนความแตกต่างและวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนที่เหลือ วิธีประมาณค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงของลอร์ด (*Lord's estimated true gain score*) วิธีนี้สามารถทำให้ผู้ที่ได้คะแนนครั้งแรกสูงจะได้คะแนนเพิ่มสูงกว่าผู้ที่ได้คะแนนครั้งแรกต่ำ แต่ก็มีข้อบกพร่อง คือ คะแนนการเปลี่ยนแปลงจากวิธีนี้จะแคบกว่าวิธีการหาคะแนนความแตกต่าง (Rogasa, 1982; Willet, 1994 อ้างถึงใน สมถวิล วิจิตรวรรณนา, 2543) วิธีการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ (*relative gain score*) วิธีการดังกล่าวนี้นำเสนอโดย ศิริชัย กาญจนวาสิ ในปี ค.ศ.1989 แม้ว่าวิธีนี้จะสามารถขจัดปัญหาเรื่องอิทธิพลเพดานและปัญหาการถดถอยเข้าสู่ส่วนกลางได้ แต่ก็มีข้อบกพร่อง คือ ยังไม่มีวิธีประมาณค่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลง (อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537) วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมรูปแบบสุดท้าย คือ วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้โดยขจัดอิทธิพลเพดาน (*ceiling effect*) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย อรุณี อ่อนสวัสดิ์ (2537) ถึงแม้ว่าวิธีนี้จะมีค่าความเที่ยงสูงกว่าค่าความเที่ยงของคะแนนเพิ่มจากวิธีคะแนนความแตกต่าง และวิธีของลอร์ด แต่ก็ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ยังไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะยืนยันได้ว่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงของวิธีดังกล่าวมีค่าสูงกว่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากวิธี

จากข้อจำกัดดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมมีข้อบกพร่องโดยสรุปได้สามประการ ดังนี้ *ประการแรก* การวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีการวัดเพียง 2 ครั้ง ยังให้สารสนเทศเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงไม่เพียงพอ คือ สามารถหาค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงและอัตราการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ในรูปสมการเส้นตรง แต่ไม่สามารถบอกวิถี (*trajectory*) ของการเปลี่ยนแปลงหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ในรูปสมการเส้นโค้งได้ *ประการที่สอง* เนื่องจากวิธีการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีดั้งเดิมแต่ละวิธียังมีข้อจำกัดของแต่ละวิธี จึงต้องพิจารณาข้อจำกัดของแต่ละวิธีก่อนนำไปใช้ ข้อจำกัดที่สำคัญประการหนึ่ง คือ ค่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงมีค่าต่ำ *ประการที่สาม* การวัดการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการดั้งเดิมยังไม่สามารถประมาณค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ จึงต้องฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมที่ว่าคะแนนสังเกตได้ ได้มาจากผลรวมของคะแนนจริงกับความคลาดเคลื่อนในการวัด ($X = T + E$) โดยอนุโลมให้ความคลาดเคลื่อนในการวัดเกิดขึ้นอย่างสุ่ม และหักลบกันเป็นศูนย์ อย่างไรก็ตาม

การวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมก็ยังสามารถนำมาใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ เพียงแต่ต้องคำนึงถึงข้อบกพร่องของแต่ละวิธี และเลือกใช้อย่างระมัดระวัง

การวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ (recent methods for measuring change)

เมื่อมีการพิจารณาถึงจุดอ่อนหรือข้อจำกัดของการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมแล้ว จึงทำให้นักสถิติมีการพัฒนาวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ขึ้นมา โดยเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงที่อาศัยการเก็บข้อมูลจากการวัดพัฒนาการที่มีการวัดซ้ำมากกว่า 2 ครั้ง (multi - waves) และนำโมเดลการวัด (measurement model) ในรูปสมการโครงสร้างเชิงเส้น (linear structural equation) มาใช้ศึกษาการวัดการเปลี่ยนแปลง (Tisak and Meridith, 1990) ทั้งนี้เพราะโมเดลการวัดในรูปสมการโครงสร้างเชิงเส้นมีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถนำความคลาดเคลื่อนในการวัด (measurement error) มาร่วมวิเคราะห์ได้ด้วยเพราะถ้าตัวแปรในงานวิจัยใด ๆ ถูกวัดโดยไม่คำนึงถึงความคลาดเคลื่อนในการวัดแล้วจะมีผลทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น (Rogasa and Willett, 1985 อ้างถึงใน อธิธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไฉ, 2541) อีกทั้งโมเดลการวัดในรูปสมการโครงสร้างเชิงเส้นยังสามารถทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมด โดยยอมให้ความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็นอิสระต่อกันหรือมีความสัมพันธ์กันได้ และสามารถทดสอบโครงสร้างขององค์ประกอบเดียวกันที่ถูกวัดในช่วงเวลาที่ต่างกันได้

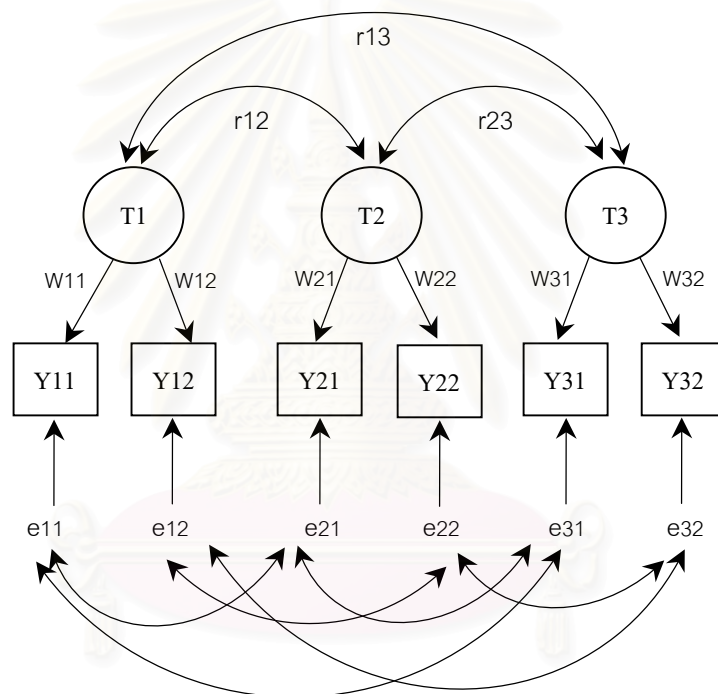
สำหรับแนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ที่สำคัญ ได้แก่ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (longitudinal factor analysis model) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (longitudinal factor analysis with single indicators model) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว (longitudinal factor analysis with several indicators model) และโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model)

1. โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (longitudinal factor analysis model)

โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงนี้พัฒนาโดย Meredith และ Tisak (1990) Raykov (1994) ซึ่งมีหลักการ คือ คะแนนดิบของแต่ละบุคคลที่วัดตัวแปรหนึ่ง ๆ ในช่วงเวลาที่ต่างกันจะประกอบด้วยคะแนนสองส่วน ได้แก่ คะแนนดิบองค์ประกอบร่วม (common factor score) ที่สะท้อนถึงคะแนนจริง และคะแนนองค์ประกอบเฉพาะ (unique factor score) ซึ่งรวมทั้งความคลาดเคลื่อนในการวัดเขียนในรูปดังสมการที่ 1 ได้ดังนี้

$$Y_{m,t,n} = W_{m,t} (T_{t,n}) + E_{m,t,n} \quad (1)$$

เมื่อ $Y_{m,t,n}$ คือ คะแนนดิบในการวัดตัวแปรที่ m ในการวัดครั้งที่ t ของคนที่ n ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นผลคูณระหว่างน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) ($W_{m,t}$) กับองค์ประกอบรวม ($T_{t,n}$) ส่วนที่สองคือ องค์ประกอบเฉพาะ ($E_{m,t,n}$) ซึ่งก็คือ ความคลาดเคลื่อนในการวัดนั่นเอง ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้เสนอภาพโมเดลองค์ประกอบระยะยาวสำหรับตัวบ่งชี้ 2 ตัวและมีการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

จากภาพที่ 1 ตัวแปร T1, T2 และ T3 เป็นคะแนนจริง (true score) ที่ผู้วิจัยมุ่งจะศึกษาว่ามีพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ แต่คะแนนจริงดังกล่าวไม่สามารถวัดได้โดยตรงต้องวัดจากตัวบ่งชี้ (indicators) ซึ่งเป็นตัวแปรสังเกตได้ (observed variables) ตามแผนภาพตัวแปรแฝง คะแนนจริงในการวัดซ้ำ 3 ครั้ง วัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัว เช่น คะแนนจริง T1 วัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ Y11 และ Y12 จะเห็นได้ว่าความแปรปรวนในตัวแปรสังเกตได้ (Y) เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรแฝงคะแนนจริง และเทอมความคลาดเคลื่อน (E) ถูกสุรจากตัวแปรแฝงคะแนนจริง (T)

แสดงอิทธิพลจากคะแนนจริงต่อตัวแปรสังเกตได้ (Y) คือน้ำหนักองค์ประกอบ (W) ตามโมเดลจะเห็นว่า ตัวแปรแฝงองค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลามีความสัมพันธ์กันได้ แทนด้วยเส้นโค้งที่เป็นลูกศรสองหัวเชื่อมระหว่างองค์ประกอบร่วมทั้ง 3 องค์ประกอบ เส้นโค้งที่เป็นลูกศรสองหัวแต่ละเส้นแทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงองค์ประกอบร่วมที่เป็นคะแนนจริง (r_{12} , r_{23} , r_{13}) ถ้าขนาดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าสูง แสดงว่า คะแนนจริงในการวัดครั้งแรกจะสามารถทำนายคะแนนจริงในการวัดครั้งต่อไปได้ สำหรับลูกศรที่เชื่อมระหว่างเทอมความคลาดเคลื่อน (e) แสดงให้เห็นว่าเทอมความคลาดเคลื่อนของตัวบ่งชี้ที่วัดในช่วงเวลาการวัดช่วงเดียวกันต้องไม่มีสัมพันธ์กันแต่เทอมความคลาดเคลื่อนของตัวบ่งชี้เดียวกันที่วัดในช่วงเวลาการวัดต่างกันมีความสัมพันธ์กันได้

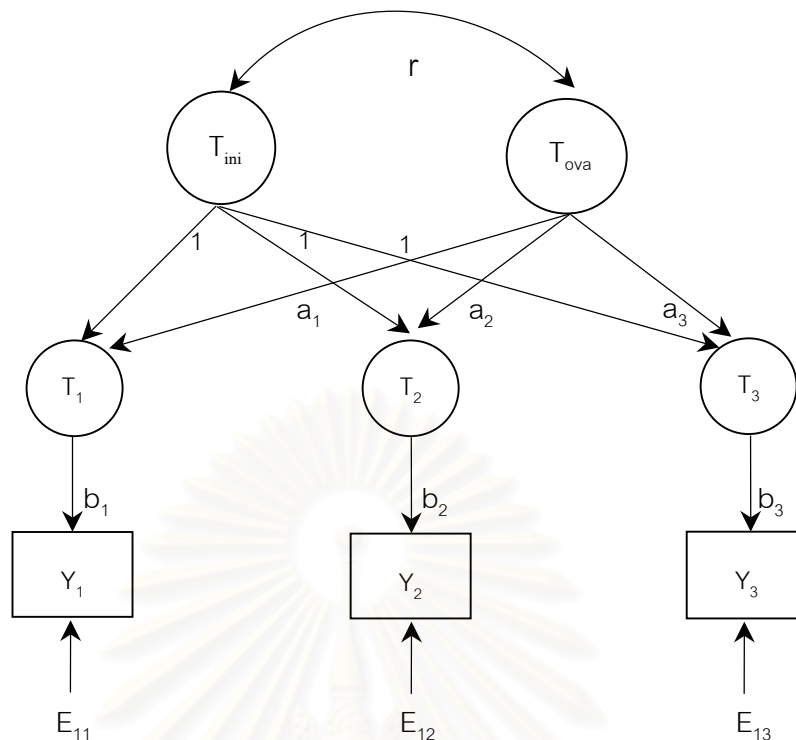
2. โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

(longitudinal factor analysis model with single indicator model)

โมเดลนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นมาจากแนวคิดการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวโดย Raykov ในปี 1994 โมเดลนี้มีแนวคิดในการวัดตัวแปรตามทฤษฎีการวัดตัวแปรแบบดั้งเดิม (Classical test theory; CTT) หลักการของโมเดลอธิบายว่า คะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในแต่ละช่วงเวลาประกอบด้วย องค์ประกอบสำคัญอยู่ในรูปตัวแปรแฝง 3 ส่วน ส่วนแรก คือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (initial factor) ส่วนที่สอง คือ องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (overall change factor) และส่วนที่สาม คือ องค์ประกอบเฉพาะซึ่งก็คือ เทอมความคลาดเคลื่อนในการวัดจากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถเขียนในรูปสมการได้ดังสมการที่ 2 ดังนี้

$$T_k = T_1 + a_k (T_k - T_1) + \delta_k \quad (2)$$

จากสมการที่ 2 เมื่อ T_k คือ คะแนนจริงในรูปตัวแปรแฝงในการวัดครั้งที่ k , a_k คือ พารามิเตอร์ที่บ่งชี้อัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และ δ_k คือ องค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรที่วัดในแต่ละครั้งซึ่งก็คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด (E_k) นั้นเอง จากสมการที่ 2 สามารถเขียนอธิบายได้ด้วยรูปโมเดลดังภาพที่ 2 ดังนี้



ภาพที่ 2 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 2 ประกอบกับสมการที่ 2 จะเห็นว่า ตัวแปรสังเกตได้ (Y_1 , Y_2 และ Y_3) เป็นตัวแปรตัวเดียวกันที่วัดในช่วงเวลาต่างกัน คือ t_1 , t_2 และ t_3 ตามลำดับ คะแนนดิบของตัวแปร Y_1 , Y_2 และ Y_3 ประกอบด้วยองค์ประกอบสามส่วน ส่วนแรก คือ ผลคูณระหว่างองค์ประกอบสถานะเริ่มต้น (T_{ini}) กับน้ำหนักองค์ประกอบของสถานะเริ่มต้นซึ่งกำหนดให้มีค่าเป็น 1 ในการวัดทุกช่วงเวลา เพื่อให้องค์ประกอบสถานะเริ่มต้นในการวัดทุกครั้งมีค่าเท่ากัน ส่วนที่สอง คือ ผลคูณของคะแนนการเปลี่ยนแปลง (T_{ova}) กับน้ำหนักองค์ประกอบต่อองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (a_k) โดยที่กำหนดให้น้ำหนักองค์ประกอบในการวัดครั้งแรก (a_1) มีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากถือว่าการวัดในครั้งแรกยังไม่มี การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น และส่วนที่สามคือเทอมความคลาดเคลื่อนในการวัด (E_k)

3. โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว

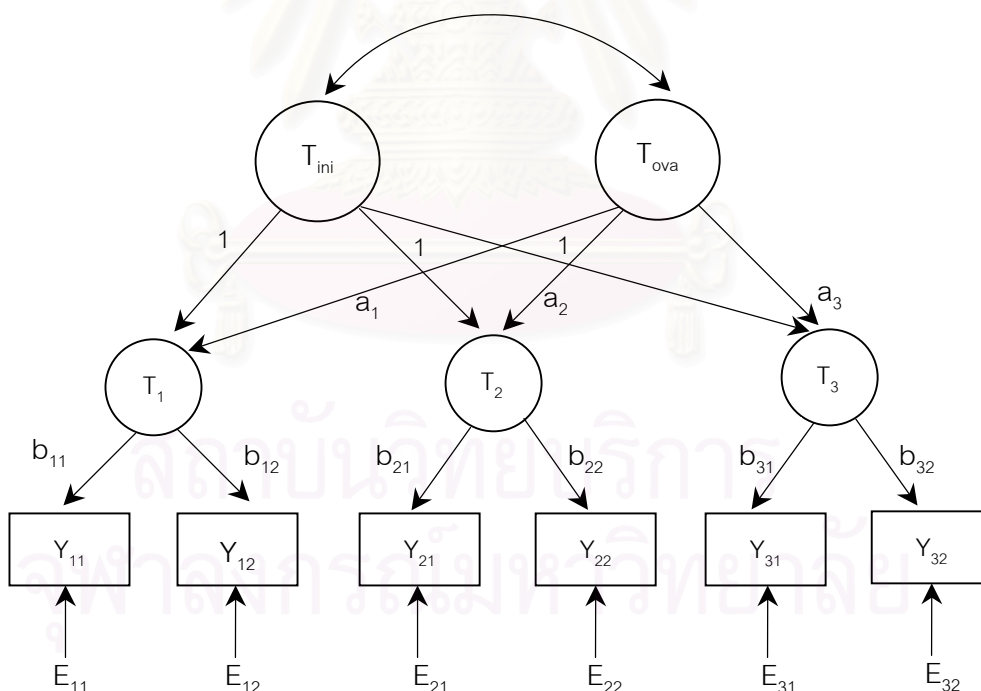
(longitudinal factor analysis model with several indicators model)

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะ (trait) ทางจิตวิทยาหรือตัวแปรแฝง (latent variables) ควรมีการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งด้วยตัวบ่งชี้หลาย ๆ ตัว (Bollen, 1989; Jöreskog and Sörbom, 1989; Raykov, 1994) ทั้งนี้ เพราะการวัดองค์ประกอบใดด้วยตัวบ่งชี้เพียงตัวเดียวนั้น จะให้สารสนเทศที่ขาดทั้งความตรงและความเที่ยง แนวคิดในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ

โมเดลจะใช้แนวคิดทฤษฎีแบบดั้งเดิม เช่นเดียวกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว กล่าวคือ องค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาต่าง ๆ ยังคงประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญสามส่วน คือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (initial factor) องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (overall change factor) และองค์ประกอบเฉพาะหรือเทอมความคลาดเคลื่อน จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถเขียนในรูปสมการได้ดังสมการที่ 3 ดังนี้

$$T_{jk} = T_{j1} + a_{jk} (T_{jk} - T_{j1}) + \delta_{jk} \tag{3}$$

จากสมการที่ 3 เมื่อ T_{jk} คือ คะแนนจริงในรูปตัวแปรแฝงจากการวัดตัวแปรที่ j ในการวัดครั้งที่ k , T_{j1} คือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้นซึ่งก็คือคะแนนที่อยู่ในรูปตัวแปรแฝงของการวัดตัวแปรที่ j ในครั้งแรก a_{jk} คือ พารามิเตอร์ที่บ่งชี้อัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในตัวแปรที่ j ในการวัดครั้งที่ k และ δ_{jk} คือ องค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรที่วัดในแต่ละครั้งซึ่งก็คือความคลาดเคลื่อนในการวัด (E_{jk}) นั่นเอง จากสมการที่ 3 สามารถเขียนอธิบายได้ด้วยรูปโมเดลดังภาพที่ 3 ดังนี้



ภาพที่ 3 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 3 ประกอบกับสมการที่ 3 จะเห็นว่า องค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาที่ต่างกันประกอบด้วย องค์ประกอบสามส่วน *ส่วนแรก* คือ ผลคูณระหว่างองค์ประกอบสถานะเริ่มต้น (T_{ini}) กับน้ำหนักองค์ประกอบของสถานะเริ่มต้นซึ่งกำหนดให้มีค่าเป็น 1 ในการวัดทุกช่วงเวลา *ส่วนที่สอง* คือ ผลคูณของคะแนนการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (T_{ova}) กับน้ำหนักองค์ประกอบต่อองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (a_{jk}) โดยกำหนดให้น้ำหนักองค์ประกอบต่อองค์ประกอบคะแนนการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดในการวัดครั้งแรก (a_1) มีค่าเป็นศูนย์ และ *ส่วนสุดท้าย* คือ องค์ประกอบเฉพาะหรือเทอมความคลาดเคลื่อน (E_{jk}) การกำหนดในสองส่วนแรกนั้นเป็นเช่นเดียวกับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว แต่มีส่วนที่แตกต่างกันตรงที่โมเดลดังกล่าวนี้องค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลาจะถูกวัดด้วยตัวแปรสังเกตได้หลาย ๆ ตัว

4. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model: LGM)

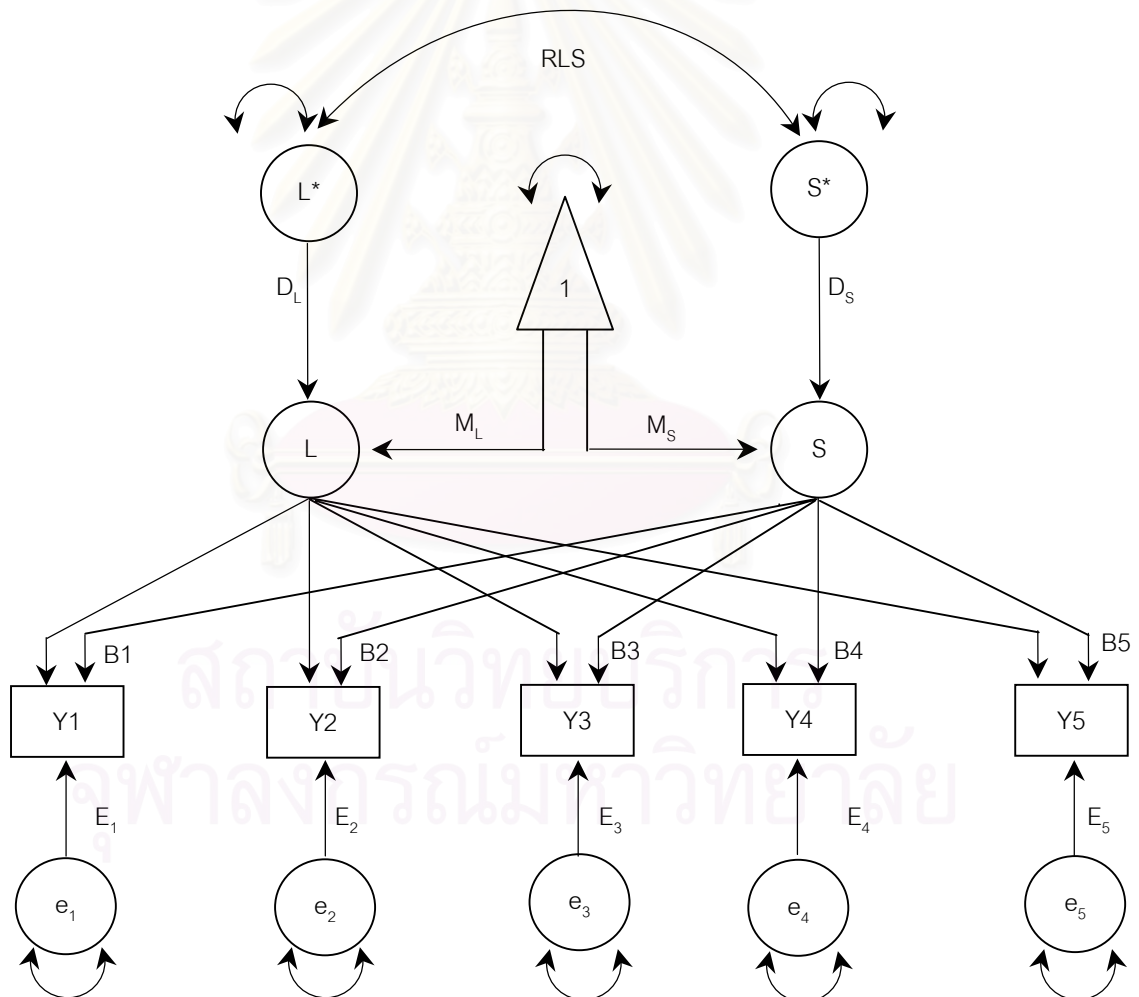
การวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่กล่าวไว้ข้างต้นนั้น เป็นการประมาณค่าตัวแปรแฝงองค์ประกอบร่วมจากการวัดแต่ละครั้งแล้วนำมาเปรียบเทียบหรือหาผลต่างเพื่อระดับพัฒนาการ กล่าวคือ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวมิได้ให้ระดับพัฒนาการโดยตรง นักวัดผลและนักสถิติทางการศึกษาจึงได้พัฒนาวิธีการวัดพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงซึ่งจะสามารถบ่งบอกรูปแบบ (pattern) ที่มีระบบของคะแนนพัฒนาการซึ่งแตกต่างกันระหว่างบุคคลได้

Meredith และ Tisak เป็นบุคคลที่นำแนวคิดเกี่ยวกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงมาใช้ จากนั้นก็มีงานวิจัยของ McArdle and Epstein (1987), McArdle and Alber (1990), McArdle and Hamagami (1991) และ Raykov (1994) ซึ่งได้พัฒนาโมเดลให้ดียิ่งขึ้น โดยการนำตัวแปรแฝงเข้ามาในโมเดล ทำให้การวิเคราะห์ถูกต้องมากขึ้น ลักษณะของโมเดลเป็นโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้น (structural equation model) โดยมีตัวแปรสำคัญในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง คือ ตัวแปรสังเกตได้ ($Y_{t,n}$) ที่มีค่าแตกต่างกันตามช่วงเวลาของการวัด โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน *ส่วนแรก* คือ ตัวแปรแฝงระดับ (level: L_n) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผลสัมฤทธิ์ในการวัดครั้งแรก ตัวแปรนี้จะเป็นค่าคงที่ของแต่ละบุคคลตลอดช่วงเวลาการศึกษา *ส่วนที่สอง* คือ ตัวแปรแฝงความชัน (Slope: S_n) ซึ่งแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของแต่ละบุคคลตลอดช่วงเวลา เครื่องหมายบวกหรือลบของคะแนนของตัวแปรจะแสดงถึงทิศทางของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรนี้เป็นค่าคงที่ของแต่ละบุคคลเช่นเดียวกับตัวแปร L_n แต่การส่งผลต่อตัวแปรสังเกตได้ $Y_{t,n}$ ของตัวแปรแฝงความชันสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากตัวแปรนี้จะถูกคูณด้วยน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading: B_j) และส่วนที่สามคือ ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อน

หรือคะแนนพิเศษเหลือที่เป็นตัวแปรสุ่ม (e_t) ซึ่งจะมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นในทุกรอบเวลา จากความสัมพันธ์ดังกล่าวเขียนด้วยสมการที่ 4 ดังนี้

$$Y_{t,n} = Ln + B_t Sn + E_{t,n} \quad (4)$$

จากสมการที่ 4 อธิบายได้ว่าคะแนนที่สังเกตได้ของคนที่ n ในการวัดครั้งที่ t ได้มาจากคะแนนในการวัดครั้งแรกบวกกับผลคูณของค่าน้ำหนักในช่วงเวลาที่ t กับคะแนนพัฒนาการของบุคคลนั้นรวมกับความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละครั้งของแต่ละบุคคล นอกจากนี้ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงยังประกอบด้วย ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ควรทราบซึ่งผู้วิจัยได้เสนอรายละเอียดไว้ในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4 ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ตัวแปรแฝงค่าคงที่ (constant) ซึ่งมีค่าเป็น 1 ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงระดับ (L^*) ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงความชัน (S^*) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ต่อตัวแปรแฝงความชันในการวัดครั้งที่ t (B_t) ค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบนี้จะเป็นสัมประสิทธิ์ที่มีค่าแปรเปลี่ยนตามลักษณะรูปแบบโค้งพัฒนาการที่นักวิจัยกำหนด ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ (ML) ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชัน (MS) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (DL) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน (DS) ส่วนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดครั้งที่ t (E_t) และค่าความสัมพันธ์หรือความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) โดยมีสัญลักษณ์ในโมเดลดังนี้ คือ รูปสี่เหลี่ยมแทนตัวแปรสังเกตได้ รูปวงกลมแทนตัวแปรแฝง รูปสามเหลี่ยมแทนค่าคงที่ ลูกศรทางเดียวแทนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรแฝงบนตัวแปรสังเกตได้ และลูกศรสองทางแทนค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง

จุดเด่นที่สำคัญประการหนึ่ง ในการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาวของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่ McArdle, Epstein และ Hamagami ได้พัฒนาขึ้นก็คือ มีความยืดหยุ่น (flexible) กล่าวคือ สามารถวิเคราะห์โค้งพัฒนาการได้หลายรูปแบบ เนื่องจากนักวิจัยสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ Y หรือค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน (basis coefficient) $B(t)$ ตามทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือจะกำหนดเป็นพารามิเตอร์อิสระ (free parameter) ให้โปรแกรมประมาณค่า

สำหรับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสามารถแบ่งได้เป็น 5 รูปแบบ ตามลักษณะของการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน $B(t)$ ดังนี้ (อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไฉ, 2541)

รูปแบบที่ 1 โมเดลโค้งพัฒนาการที่กำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นศูนย์ หรือ โมเดลโค้งพัฒนาการที่เป็นฐาน (Baseline Growth Model = BAS Model) โมเดลโค้งพัฒนาการรูปแบบนี้ จะมีการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์พื้นฐาน $B(t)$ เท่ากับศูนย์ในการวัดทุกครั้ง นั่นคือ กำหนดให้เวกเตอร์ $[B_1, B_2, B_3, B_4, B_5]$ มีค่าเท่ากับ $[0, 0, 0, 0, 0]$ จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า โมเดลโค้งพัฒนาการไม่มีความชันและใช้เป็นพื้นฐาน (no slope baseline growth model) โมเดลรูปแบบนี้นิยมใช้เป็นฐานในการเปรียบเทียบกับโมเดลอื่น

รูปแบบที่ 2 โมเดลโค้งพัฒนาการที่กำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบเส้นตรง หรือ โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (Linear Growth Model = LIN Model) โมเดลโค้งพัฒนาการรูปแบบนี้ จะมีการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์พื้นฐาน $B(t)$ เป็นเวกเตอร์ที่มีค่าเพิ่มขึ้นแต่ละช่วงเท่ากันโดยนักวิจัยจะมีทฤษฎีสันนิษฐานว่าโค้งพัฒนาการที่ศึกษานั้นมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง เช่น อาจกำหนดให้เวกเตอร์ $[B_1, B_2, B_3, B_4, B_5]$ มีค่าเท่ากับ $[0, 1, 2, 3, 4]$

รูปแบบที่ 3 โมเดลโค้งพัฒนาการที่กำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบพารามิเตอร์ กำหนดชนิดเส้นโค้ง หรือโมเดลโค้งพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนด (Fixed Curve Growth Model = FIC Model) โมเดลโค้งพัฒนาการรูปแบบนี้ นักวิจัยจะต้องมีทฤษฎีหรืองานวิจัยสนับสนุน ทำให้ทราบค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์พื้นฐาน $B(t)$ นักวิจัยอาจกำหนดค่าเวกเตอร์ $B(t)$ ตามลักษณะโค้งที่ต้องการ กล่าวคือ นักวิจัยอาจกำหนดให้เวกเตอร์ $[B_1, B_2, B_3, B_4, B_5]$ เท่ากับ $[0, 2, 2, -1, 3]$

รูปแบบที่ 4 โมเดลโค้งพัฒนาการที่กำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบพารามิเตอร์อิสระ หรือโมเดลโค้งพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (Free Curve Growth Model = FRE Model) เนื่องจากนักวิจัยไม่มีข้อมูลหรือทฤษฎีสนับสนุนเกี่ยวกับพัฒนาการของกลุ่มตัวอย่าง นักวิจัยจึงกำหนดพารามิเตอร์ให้เป็นพารามิเตอร์อิสระสำหรับสัมประสิทธิ์พื้นฐาน B_2, B_3, B_4, B_5 ส่วนสัมประสิทธิ์ B_1 มีค่าเป็นศูนย์อยู่แล้ว และในส่วนของพารามิเตอร์อิสระจะถูกประมาณค่าพารามิเตอร์ให้ได้ค่าที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ลักษณะของโมเดลโค้งพัฒนาการรูปแบบนี้จึงเป็นโมเดลที่มีเงื่อนไขจำกัด (restriction) น้อยที่สุด

รูปแบบที่ 5 โมเดลโค้งพัฒนาการที่กำหนดพารามิเตอร์ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน หรือโมเดลโค้งพัฒนาการความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (Unequal Disturbance variance Growth Model = UDV Model)

โมเดลโค้งพัฒนาการแบบที่ 1 – 4 มีข้อตกลงเบื้องต้นว่าเทอมความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละครั้งต้องมีค่าเท่ากันซึ่งเป็นข้อตกลงเบื้องต้นที่เหมือนกับกรณีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) โมเดลโค้งพัฒนาการในรูปแบบที่ 5 นี้ จึงเป็นผลมาจากการที่นักวิจัยผ่อนคลายนข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว โดยยอมให้ความแปรปรวนของเทอมความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน สำหรับการนำโมเดลโค้งพัฒนาการในรูปแบบต่าง ๆ ไปใช้นั้น นักวิจัยสามารถพัฒนาและตรวจสอบโมเดลแต่ละแบบได้ว่ามีประสิทธิภาพแตกต่างกันเพียงใด ทั้งนี้ เพื่อให้ได้รูปแบบโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่จะใช้ในการศึกษาพัฒนาการในด้านต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับโปรแกรมลิสเรล และการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์กลุ่มพหุในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

โปรแกรมลิสเรลเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ Jöreskog และ Sörbom ได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น หรือ โมเดลลิสเรล (Linear Structural RELation model or LISREL model) กล่าวคือ โมเดลลิสเรล คือ โมเดลที่แสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงในโมเดลการวิจัยซึ่งสร้างขึ้นมาจากทฤษฎี เพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรหลาย ๆ ตัว โมเดลดังกล่าวพัฒนามาจากการสังเคราะห์วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญสามวิธี คือ การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบ (factor analysis) การวิเคราะห์อิทธิพล (path analysis) และการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอย (Bollen, 1989) สำหรับโมเดลในการวิจัยทั่วไปนั้นจะประกอบด้วย ตัวแปรภายนอก (exogenous variables) ตัวแปรคั่นกลาง (intervening variables) และตัวแปรภายใน (endogenous variables) แต่โมเดลในโปรแกรมลิสเรลจะประกอบด้วย ตัวแปรภายนอกและตัวแปรภายในเท่านั้น เนื่องจากโปรแกรมลิสเรลจะกำหนดให้ตัวแปรคั่นกลางและตัวแปรภายในทั้งหมดรวมเรียกว่า ตัวแปรภายใน สำหรับโปรแกรมลิสเรลโมเดลใหญ่จะประกอบด้วย โมเดลที่สำคัญ 2 โมเดล คือ โมเดลการวัด (measurement model) และโมเดลสมการโครงสร้าง (structural equation model) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. โมเดลการวัด (measurement model) มีสองโมเดล คือ โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายนอกและโมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายใน โดยโมเดลการวัดทั้งสองนี้เป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตได้ซึ่งมีลักษณะดังสมการ ดังนี้

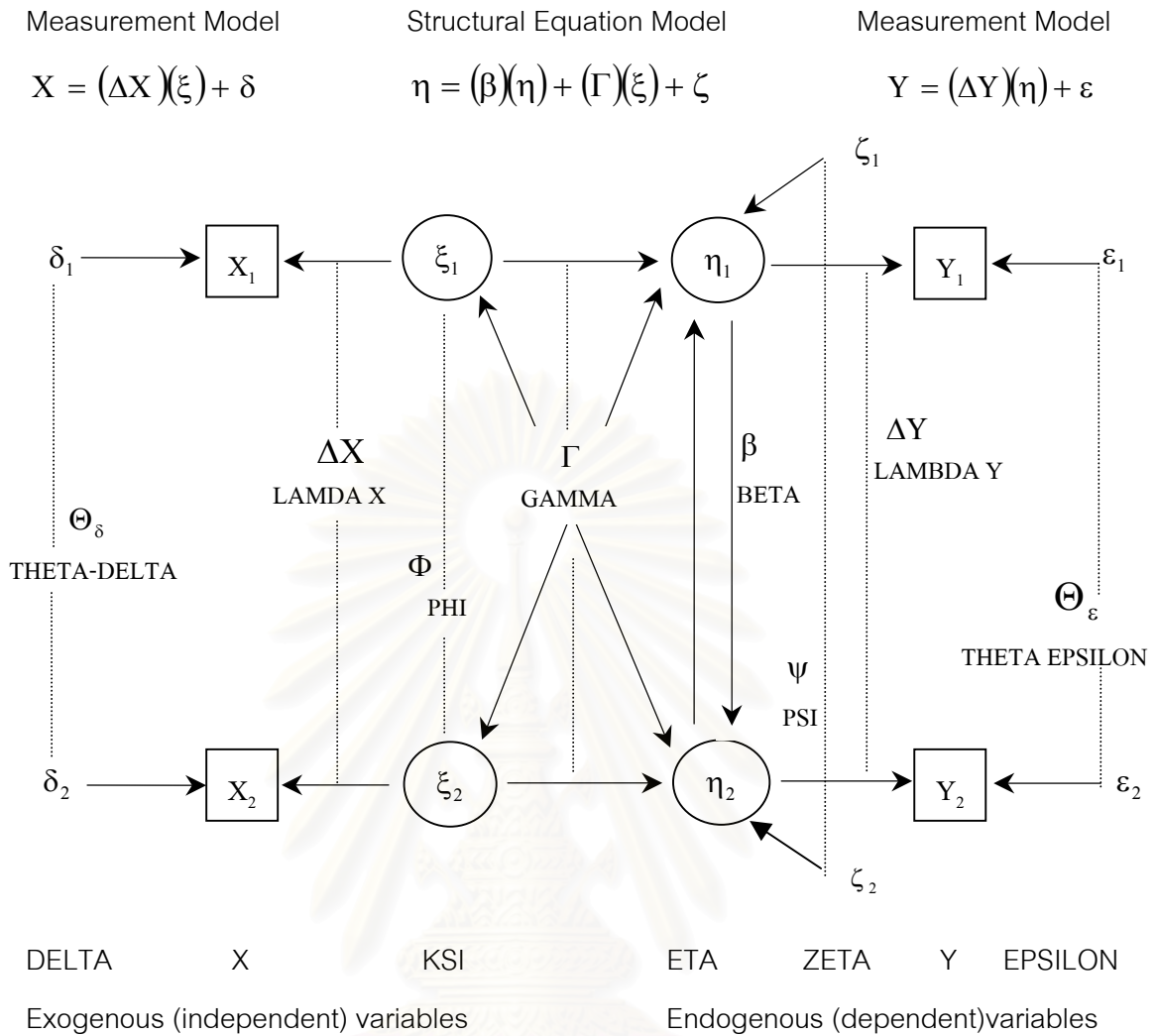
$$X = (\Delta X)(\xi) + \delta$$

$$Y = (\Delta Y)(\eta) + \varepsilon$$

2. โมเดลสมการโครงสร้าง (structural equation model) คือ โมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงในโมเดลการวิจัยซึ่งมีลักษณะดังสมการ ดังนี้

$$\eta = (\beta)(\eta) + (\Gamma)(\xi) + \zeta$$

เมื่อนำส่วนประกอบของโมเดลสมการโครงสร้างทั้งสองส่วนมาเขียนเป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจะเขียนได้ดังภาพที่ 5 (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)



ภาพที่ 5 โมเดลใหญ่ในโปรแกรมลิสเรล

สัญลักษณ์ในการเขียนภาพโมเดล

- รูปวงกลม ○ แทนตัวแปรแฝง
- รูปสี่เหลี่ยม □ แทนตัวแปรสังเกตได้
- รูปลูกศร → แทนสัมประสิทธิ์การถดถอยหรืออิทธิพลจากตัวแปรสาเหตุที่มีต่อตัวแปรที่เป็นผล
- รูปลูกศร ↔ แทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ในที่นี้ NX = จำนวนตัวแปรภายนอกสังเกตได้
 NY = จำนวนตัวแปรภายในสังเกตได้
 NK = จำนวนตัวแปรภายนอกแฝง
 NE = จำนวนตัวแปรภายในแฝง

เวกเตอร์ของตัวแปรในโมเดลมีสัญลักษณ์อักษรกรีก คำอ่าน และความหมายดังต่อไปนี้

$X = Eks$ = เวกเตอร์ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ X ขนาด $(NX \times 1)$
 $Y = Wi$ = เวกเตอร์ตัวแปรภายในสังเกตได้ Y ขนาด $(NY \times 1)$
 $\xi = Xi$ = เวกเตอร์ตัวแปรภายนอกแฝง K ขนาด $(NK \times 1)$
 $\eta = Eta$ = เวกเตอร์ตัวแปรในแฝง E ขนาด $(NE \times 1)$
 $\delta = Delta$ = เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน d ในการวัดตัวแปร X ขนาด $(NX \times 1)$
 $\varepsilon = Epsilon$ = เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน e ในการวัดตัวแปร Y ขนาด $(NY \times 1)$
 $\zeta = Zeta$ = เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน Z ในการวัดตัวแปร E ขนาด $(NE \times 1)$

เมทริกซ์พารามิเตอร์อิทธิพลเชิงสาเหตุ หรือสัมประสิทธิ์การถดถอย (causal effects or regression coefficients) รวม 4 เมทริกซ์ และเมทริกซ์พารามิเตอร์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม (variance-covariance) รวม 4 เมทริกซ์ มีสัญลักษณ์ คำอ่าน ตัวย่อภาษาอังกฤษ และความหมาย ดังนี้

$\Delta X = Lambda-X$ = LX = เมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของ X บน K ขนาด $(NX \times NK)$
 $\Delta Y = Lambda-Y$ = LY = เมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของ Y บน E ขนาด $(NY \times NE)$
 $\Gamma = Gamma$ = GA = เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุจาก K ไป E ขนาด $(NE \times NK)$
 $\beta = Beta$ = BE = เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุจาก E ขนาด $(NE \times NE)$
 $\Phi = Phi$ = PH = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายในแฝง K ขนาด $(NK \times NK)$
 $\psi = Psi$ = PS = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน z ขนาด $(NE \times NE)$

Θ_{δ} = Theta-delta = TD = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่าง
ความคลาดเคลื่อน d ขนาด (NX × NX)

Θ_{ϵ} = Theta-epsilon = TE = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่าง
ความคลาดเคลื่อน e ขนาด (NY × NY)

ลักษณะของการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลจะมีความแตกต่างจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั่วไป โดยในการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลนั้น สมมติฐานวิจัยที่กำหนดความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรทั้งหมด แสดงได้ด้วยโมเดลลิสเรล ส่วนสมมติฐานทางสถิตินั้นมีสมมติฐานหลักหรือสมมติฐานศูนย์ (null hypothesis) ที่กล่าวว่า ข้อมูลเชิงประจักษ์สอดคล้องกับโมเดลลิสเรล และสมมติฐานเลือก (alternative hypothesis) ที่กล่าวว่า ข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่สอดคล้องกับโมเดลลิสเรล จะเห็นว่า ในการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลนั้น ผู้วิจัยทดสอบสมมติฐานหลักด้วยความต้องการที่จะไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งต่างจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั่วไป ที่ผู้วิจัยต้องการที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก ลักษณะความแตกต่างอีกประการหนึ่งก็คือ การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลจะเน้นความสำคัญของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม (variance - covariance matrix) ระหว่างตัวแปร โดยจะเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่ได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์กับเมทริกซ์ที่ได้จากการประมาณค่าตามโมเดลลิสเรลที่เป็นสมมติฐานวิจัย เพื่อตรวจสอบว่า โมเดลลิสเรลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากน้อยเพียงไร ซึ่งต่างจากการวิเคราะห์ทางสถิติทั่วไป ที่เน้นความสำคัญของความแปรปรวน (variance) ของตัวแปรตาม โดยพยายามแบ่งความแปรปรวนในตัวแปรตามเป็นส่วน ๆ เพื่อเปรียบเทียบความแปรปรวนส่วนที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรต้นกับความแปรปรวนที่เป็นความคลาดเคลื่อน (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

ปัจจุบันโปรแกรมลิสเรลได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง นักวิจัยต่างเริ่มให้ความสนใจที่จะเรียนรู้และนำไปใช้กันมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากโปรแกรมลิสเรลมีข้อดีหลายประการ *ประการแรก* การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลสามารถผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้น (assumption) คือ ยอมให้ตัวแปรมีความคลาดเคลื่อนในการวัดและความคลาดเคลื่อนอาจสัมพันธ์กันได้ ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องมากขึ้น *ประการที่สอง* การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลสามารถใช้ในการตรวจสอบทฤษฎีที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาทั้งในด้านการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง และการตรวจสอบความตรงของโมเดล โดยพิจารณาได้จากดัชนีที่โปรแกรมเสนอในผลการวิเคราะห์ อีกทั้งผู้วิจัยสามารถปรับโมเดลให้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้โดยพิจารณาจากดัชนีการปรับโมเดล สำหรับข้อดี *ประการที่สาม* คือ โปรแกรมลิสเรลสามารถวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มประชากรได้หลายกลุ่มพร้อมกัน โดยกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มประชากรอาจเป็นกลุ่มที่เกิดจากการจัดแบ่งตามตัวแปร

จัดประเภท เช่น ตัวแปรเพศ เชื้อชาติ ช่วงอายุ หรืออาจเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งประกอบด้วย กลุ่มควบคุม (control group) และกลุ่มทดลอง (treatment group) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542; Bollen, 1989; Jöreskog and Sörbom, 1989)

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/กลุ่มประชากรหลายกลุ่ม เรียกว่าวิธีการดังกล่าวว่า การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (multi-sample structural equation model) โดยในการแบ่งกลุ่มจะมีเงื่อนไขว่าหน่วยตัวอย่างทุกหน่วยต้องเป็นสมาชิกของกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเพียงกลุ่มเดียว กล่าวคือ ต้องไม่มีสมาชิกร่วมกันในสองกลุ่ม ซึ่งในการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ส่วนใหญ่ พบว่า มักจะเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม โดยอาจจะพบใน 2 รูปแบบ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ดังนี้ *แบบแรก* เป็นการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเดียวโดยผู้วิจัยสนใจศึกษาตัวแปรคุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง (attribute) เช่น ตัวแปรเพศ ตัวแปรอายุ จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลแยกกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มย่อยตามตัวแปรคุณลักษณะที่สนใจศึกษา เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะของตัวแปรตามว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มหรือไม่ ส่วน *แบบที่สอง* เป็นการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไป โดยนักวิจัยสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มและกำหนดแผนแบบการวิจัย (research design) แบบการวิจัยเชิงทดลองหรือการวิจัยเชิงเปรียบเทียบ

จุดเด่นของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุที่เหนือกว่าการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลสำหรับกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่ม สรุปได้ 2 ประการ *ประการแรก* การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุจะให้ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลแต่ละกลุ่มประชากรได้ *ประการที่สอง* การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุสามารถตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลและค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มประชากรได้ โดยการทดสอบดังกล่าวเป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่ว่าโมเดลลิสเรลและค่าพารามิเตอร์ที่ได้ในแต่ละกลุ่มประชากรที่แตกต่างกันเป็นโมเดลรูปแบบเดียวกันหรือไม่ เรียกตามศัพท์สถิติวิเคราะห์ลิสเรลว่าโมเดลลิสเรลไม่แปรเปลี่ยน หรือมีความยืนยงระหว่างกลุ่ม (invariance across groups) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542; วรณี แกมเกต, 2540; จิราพร ผลประเสริฐ, 2542)

การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุสามารถทดสอบได้ทั้งโมเดลการวัดซึ่งเป็นโมเดลที่แสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตได้ และโมเดลสมการโครงสร้างซึ่งเป็นโมเดลที่แสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝง (Bollen, 1989; วรณี แกมเกต, 2540) โดยการกำหนดสมมติฐานทางสถิติในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลลิสเรลระหว่างกลุ่มจะสามารถตั้งสมมติฐานได้หลายสมมติฐานตามจำนวนเมทริกซ์พารามิเตอร์ โดยเรียงตั้งแต่สมมติฐานที่มีเงื่อนไข

บังคับ (constraints) น้อยที่สุดไปจนถึงสมมติฐานที่มีเงื่อนไขบังคับมากที่สุด และทำการทดสอบเงื่อนไขตามลำดับ เรียกว่าเป็นการทดสอบเป็นลำดับลดหลั่น (hierarchical testing)

สำหรับหลักการในการวิเคราะห์เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลประกอบด้วย การทดสอบรูปแบบโมเดล (model form) และการทดสอบค่าพารามิเตอร์ (parameter values) โดยแบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุออกเป็น 3 ขั้นตอน (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) *ขั้นตอนแรก* เป็นการวิเคราะห์กลุ่มพหุโดยไม่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับ การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลแต่ละกลุ่มประชากรแยกกัน และเพื่อทดสอบว่าโมเดลอิสระตามทฤษฎีของประชากรแต่ละกลุ่มสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ หรือไม่ ผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะแสดงค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (goodness of fit indices) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนรวม (overall goodness of fit) และดัชนีดัดแปร (modification indices) ซึ่งจะช่วยให้นักวิจัยสามารถปรับแก้โมเดลให้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของทุกกลุ่มประชากรได้ *ขั้นตอนที่สอง* การวิเคราะห์กลุ่มพหุในขั้นตอนนี้จะดำเนินการต่อเนื่องจากการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 1 โดยจะมีการกำหนดเงื่อนไขบังคับ เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลระหว่างกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่ม การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์หลายครั้งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนสมมติฐานที่ผู้วิจัยต้องการทดสอบ และ*ขั้นตอนสุดท้าย* เป็นการคำนวณหาผลต่างของดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานในขั้นตอนที่ 2 ระหว่างคู่ที่มีเงื่อนไขบังคับน้อยกับที่มีเงื่อนไขบังคับมาก เพื่อนำค่าผลต่างของดัชนีวัดระดับความกลมกลืนหรือผลต่างของค่าไค-สแควร์ที่ได้มาตีความหมายสรุปผลการวิเคราะห์ โดยหากผลต่างของค่าไค-สแควร์ที่ได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าโมเดลมีความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่ม ในทางกลับกันถ้าผลต่างของค่าไค-สแควร์ที่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ามีความแปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มประชากร

สำหรับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบกลุ่มพหุ นั้นเป็นโมเดลสมการโครงสร้างที่ใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลง สำหรับกลุ่มประชากรมากกว่า 1 กลุ่ม โดยในการทดสอบความเท่าเทียมกันของชุดพารามิเตอร์ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (equality of sets of parameter of latent growth curve model) จะมีแนวคิดเช่นเดียวกับ การวิเคราะห์กลุ่มพหุในโมเดลการวิจัยทั่วไป Duncan, et al. (1999) ได้เสนอรูปแบบการทดสอบสมมติฐานของความเท่าเทียมกันโดยสรุปไว้ดังนี้

1) การทดสอบสมมติฐานความเท่าเทียมกันของน้ำหนักองค์ประกอบหรือฟังก์ชันพัฒนาการ (equality of factor loadings or growth functions) เป็นการทดสอบน้ำหนักองค์ประกอบที่วัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวจะเป็นการพิจารณาว่าองค์ประกอบเดิมที่วัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกันมีความแปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มประชากรหรือไม่

2) การทดสอบสมมติฐานความเท่าเทียมกันของความแปรปรวนส่วนที่เหลือขององค์ประกอบ หรือค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันระหว่างบุคคล (equality of residual factor variance or individual difference parameters) เป็นการทดสอบสมมติฐานของวิถีพัฒนาการ (hypothesized growth trajectory) ของความแตกต่างระหว่างบุคคลในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

3) การทดสอบสมมติฐานความเท่าเทียมกันของค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบ (equality of factor means) ในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างจะมีการรวมโครงสร้างของค่าเฉลี่ยไว้จึงต้องมีการทดสอบทั้งค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย (deviation from the mean) ตามลำดับ โดยทั่วไปในการประยุกต์ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนั้นจะสนใจที่จะทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเท่าเทียมกันของค่าเฉลี่ยมากกว่าสมมติฐานความเท่าเทียมกันของส่วนเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย

4) การทดสอบสมมติฐานความเท่าเทียมกันขององค์ประกอบเฉพาะหรือความคลาดเคลื่อน ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (equality of unique, or error variance and covariance) การทดสอบสมมติฐานในส่วนนี้ ถือว่าเป็นสมมติฐานที่มีความเข้มงวดน้อยที่สุด (least restrictive hypothesis) โดยทั่วไปจะเป็นสมมติฐานสุดท้ายในลำดับของการทดสอบสมมติฐานที่สอดแทรก (nested hypothesis) ซึ่งทดสอบต่อจากสมมติฐานในข้อ 1 - 3

5) การทดสอบสมมติฐานความเท่าเทียมกันของสัมประสิทธิ์การถดถอย (equality of regression coefficients) ถ้าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (path coefficient) ระหว่างองค์ประกอบแฝงของฟังก์ชันพัฒนาการต่าง ๆ ในโมเดลเชิงโครงสร้าง (structural model) มีค่าเท่ากันระหว่างกลุ่ม แล้วการตั้งสมมติฐานเชิงสาเหตุจะคล้ายกันระหว่างกลุ่ม ในการทดสอบสมมติฐานความเท่าเทียมกันของสัมประสิทธิ์การถดถอยนั้นสามารถทดสอบได้ แม้ว่าความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม และค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบส่วนที่เหลือมีค่าไม่เท่ากัน

6) การทดสอบสมมติฐานความเท่าเทียมกันของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (equality of covariance matrices) สมมติฐานความเท่าเทียมกันของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมนี้อาจจะเป็นจริงได้ แม้ว่าผู้วิจัยไม่ทราบลักษณะของโมเดลเชิงโครงสร้างซึ่งในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ความเท่าเทียมกันของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมทั้งหมดจะเป็นไปได้ยาก

7) การทดสอบสมมติฐานความเท่าเทียมกันของพารามิเตอร์ทั้งหมดในโมเดล (equality of all parameters in model) การทดสอบสมมติฐานในส่วนนี้จัดเป็นสมมติฐานที่มีความเข้มงวดมากที่สุด (most restrictive hypothesis) สมมติฐานดังกล่าวไม่ได้หมายความว่าเฉพาะเพียงค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมเท่านั้นที่จะต้องเท่ากัน แต่จะหมายถึงการที่โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสร้างเมทริกซ์เหล่านี้ให้เหมือนกันในทุกกลุ่มตัวอย่างด้วย โมเดลอาจจำเป็นที่จะต้องยกเว้นความเท่าเทียมกันสำหรับพารามิเตอร์แทรกซ้อนบางค่า (nuisance parameter)

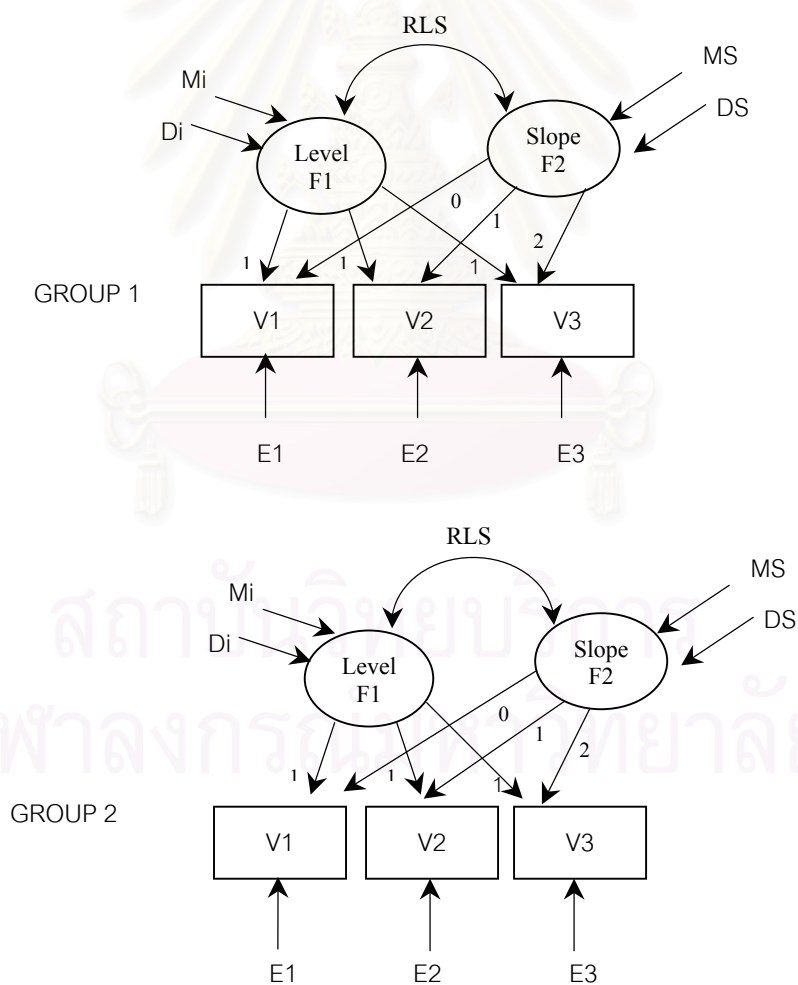
ที่มีความผันแปรเล็กน้อยระหว่างกลุ่ม สำหรับในโมเดลพัฒนาการที่มีข้อมูลขาดหาย (missingness) ที่วิเคราะห์โดยใช้โมเดลเป็นฐาน (model-based analysis) จะสนใจในการทดสอบความเท่าเทียมกันของสมมติฐานนี้

ในส่วนของขั้นตอนการวิเคราะห์โมเดลกลุ่มพหุในโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนี้ Duncan ได้เสนอโดยแบ่งไว้เป็นสองขั้นตอน *ขั้นตอนแรก* เป็นการวิเคราะห์พัฒนาการของแต่ละกลุ่มแยกกัน โดยงานวิจัยที่ผ่านมาจะช่วยให้เห็นถึงสมมติฐานที่ตั้งขึ้นก่อน (piori hypotheses) เกี่ยวกับรูปแบบวิถีของพัฒนาการ (growth trajectory) เพื่อเป็นการตรวจสอบรูปแบบของพัฒนาการแต่ละกลุ่มในภาพรวม (overall growth) ซึ่งจะเป็นแนวทางในการเลือกรูปแบบของพัฒนาการที่จะใช้ทดสอบในการวิเคราะห์ และ *ขั้นตอนที่สอง* การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง/กลุ่มประชากรหลายกลุ่ม โดยใช้กลยุทธ์กลุ่มพหุในโปรแกรม LISREL แล้วดำเนินการสร้างองค์ประกอบพัฒนาการ (growth factor) ในการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่ม (single-sample analysis) ที่สอดคล้องกับกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มประชากรทั้งหมดไปพร้อม ๆ กัน

สำหรับการเขียนคำสั่งการวิเคราะห์กลุ่มพหุในโปรแกรม LISREL เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์นั้น จะมีการกำหนดเงื่อนไขบังคับ (constraints) ระหว่างกลุ่ม โดยจะกำหนดให้ส่วนพารามิเตอร์เป็นพารามิเตอร์อิสระ (free parameter) ในคำสั่งของกลุ่มแรกก่อน จากนั้นจึงให้คำสั่ง EQ กำหนดให้พารามิเตอร์แต่ละกลุ่มมีค่าเท่ากัน (Byrne, 1998; Jöreskog and Sörbom, 1989) ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้พารามิเตอร์ PS (4,5) มีค่าเท่ากันระหว่างกลุ่ม ให้เขียนคำสั่งดังนี้ คำสั่งในกลุ่มที่หนึ่งเป็น FR PS (4,5) คำสั่งในกลุ่มที่สองเป็น EQ PS (2,4,5) PS (4,5) และคำสั่งในกลุ่มที่สามเป็น EQ PS (3,4,5) PS (4,5) สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมในการเขียนคำสั่งดังกล่าว สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก นางลักษณ วัชรชัย (2542) โมเดล LISREL: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย, Byrne (1998). Structural equation modeling with LISREL, PRELIS, and SIMPLIS: Basic concepts, applications, and programming. เพื่อแสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าว ได้แก่ งานวิจัยของมนต์ทิศา ไชยแก้ว (2542) ที่ประยุกต์ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบกลุ่มพหุเพื่อศึกษาความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาว เมื่อมีข้อมูลขาดหายที่มีอัตราการขาดหายต่างกัน ข้อมูลการวัดไม่ครบสมบูรณ์ที่มีจำนวนครั้ง และช่วงเวลาที่แตกต่างกันกับโมเดลที่มีการวัดครบสมบูรณ์ โดยผู้วิจัยแยกกลุ่มตัวอย่างตามรูปแบบข้อมูลที่ขาดหายและดำเนินการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลโค้งพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ

Muthen และ Curran (1997, อ้างถึงใน Duncan, et. al., 1999) ทำการวิจัยโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบกลุ่มพหุ ซึ่งการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการจะประกอบด้วยองค์ประกอบของตัวแปรแฝงจุดตัด (level) และองค์ประกอบของตัวแปรแฝงความชัน (slope) ในทั้งสองกลุ่ม (กลุ่มเพศชายและเพศหญิง) โดย Muthen และ Curran ได้เพิ่มองค์ประกอบพัฒนาการไว้ในกลุ่มหนึ่งซึ่ง Muthen และ Curran เรียกว่าองค์ประกอบเพิ่มพัฒนาการ (added growth factor) เพื่อใช้ในการทดสอบความแตกต่างของอัตราพัฒนาการระหว่างกลุ่มทั้งสอง

งานวิจัยของ Biglan, et al., (1995 อ้างถึงใน Duncan, et al., 1999) นำรูปแบบการวิเคราะห์กลุ่มพหุไปใช้ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง เพื่อศึกษาความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลโค้งพัฒนาการในการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นในช่วงอายุ 15-17 ปี จำนวน 291 คน โดยแยกกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มย่อยตามตัวแปรเพศ (หญิง 196 คน และชาย 95 คน) รูปแบบการวิเคราะห์กลุ่มพหุแสดงไว้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การวิเคราะห์กลุ่มพหุในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

จากภาพที่ 6 แสดงให้เห็นถึงโมเดลกลุ่มพหุ จะเห็นว่ามีการระบุค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน หรือน้ำหนักองค์ประกอบต่อตัวแปรแฝงความชัน (B1, B2, B3) มีค่าเป็น 0, 1, 2 ตามลำดับ ซึ่งเป็นลักษณะของโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth curve model) ในการวิเคราะห์ จะมีการกำหนดเงื่อนไขบังคับในแต่ละกลุ่ม เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลระหว่างกลุ่ม ตัวอย่างเพศชาย และเพศหญิง ผลการวิจัยพบว่าโมเดลมีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มตัวอย่าง $\chi^2(10, N=291) = 9.476$, $p = .487$ ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (NNFI) = 1.001 และดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (CCFI) = 1.001 โดยมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของความชันซึ่งชี้ให้เห็นว่าพัฒนาการของการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นในช่วงเวลาดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรง และมีนัยสำคัญความแปรปรวนซึ่งชี้ให้เห็นว่ายังคงมีความผันแปรเกิดขึ้นแตกต่างกันระหว่างบุคคลเกี่ยวกับสถานภาพเริ่มต้น และพัฒนาการของการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่น

จากงานวิจัยที่กล่าวไว้ในข้างต้นเป็นเพียงตัวอย่างงานวิจัยบางส่วนที่ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์กลุ่มพหุในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง จะเห็นได้ว่ารูปแบบการวิเคราะห์ดังกล่าว นับได้ว่ามีประสิทธิภาพและมีประโยชน์ต่อนักวิจัย หากนักวิจัยได้นำไปประยุกต์ใช้ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ (sequential analysis) ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

การวิจัย (research) เป็นกระบวนการแสวงหาข้อเท็จจริง หรือพัฒนาองค์ความรู้ที่มีระบบแบบแผน ด้วยวิธีการอันน่าเชื่อถือ (Kerlinger, 1963) นักวิจัยได้พัฒนายุทธวิธีในการวิจัย (research strategies) ไว้หลายรูปแบบ เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถที่จะตอบคำถามวิจัยได้อย่างถูกต้องตรงตามจุดมุ่งหมายมากที่สุด นักวิจัยได้จำแนกยุทธวิธีในการวิจัยไว้แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา Kirk (1995) แบ่งยุทธวิธีในการวิจัยตามจุดมุ่งหมาย (purpose) ซึ่งประกอบด้วย (1) เพื่อสำรวจ (explore) (2) เพื่อบรรยายหรือจำแนก (describe or classify) (3) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ (establish relationships) และ (4) เพื่ออธิบายสาเหตุเชิงเหตุผล (establish causality)

การศึกษาพัฒนาการจัดเป็นยุทธวิธีในการวิจัยลักษณะหนึ่ง ที่มุ่งเพื่อตรวจสอบกระบวนการและลำดับขั้นของการเจริญเติบโตหรือการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา แต่ก่อนที่จะกล่าวถึงยุทธวิธีในการวิจัยเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในลักษณะต่าง ๆ ต่อไป ผู้วิจัยขออธิบายคำสำคัญที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจในยุทธวิธีแต่ละแบบมากยิ่งขึ้น ดังนี้ การวิเคราะห์กลุ่มคน (cohort analysis) เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสังคมเกี่ยวกับลำดับที่ต่อเนื่องของกลุ่มคน กล่าวคือ สังคมเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการแทนที่จากสมาชิกกลุ่มใหม่อย่างต่อเนื่อง คำว่าการวิเคราะห์กลุ่มคนนั้น มีรากฐานมาจากการศึกษาทางประชากร (demography) ซึ่งการวิเคราะห์กลุ่มคนจะมีลักษณะตรงข้ามกับการวิเคราะห์แบบช่วงเวลา (period analysis) (Jacques, 1990) สำหรับการวิเคราะห์กลุ่มคน (cohort analysis) ทางสถิติประชากรนั้น ข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์สำคัญจะได้มาจากการติดตามกลุ่มคน หนึ่งกลุ่มเป็นการเฉพาะ ในช่วงชีวิตของคนกลุ่มนั้น ตัวอย่างเช่น อัตราอายุการแต่งงานถูกกำหนดขึ้นโดยบันทึกว่ามีคนกี่คนในกลุ่มที่แต่งงาน เมื่อกลุ่มคนนั้น อายุ 15-20, 20-25 ปี แต่ในการวิเคราะห์แบบช่วงเวลา (period analysis) จะเกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ได้ในช่วงเวลาหนึ่งโดยเฉพาะ ตัวอย่างเช่น อัตราอายุการแต่งงานถูกกำหนดขึ้นโดยจดบันทึกไว้ ณ ช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่งโดยเฉพาะว่ามีคนกี่คนในกลุ่มที่แต่งงานเมื่อกลุ่มคนนั้นมีอายุ 15-20, 20-25 ปี ซึ่งกลุ่มอายุเหล่านี้จะอยู่ในกลุ่มคนที่แตกต่างกันออกไปหลายกลุ่ม

สำหรับความแตกต่างระหว่างผลการวิเคราะห์กลุ่มคน (cohort analysis) และการวิเคราะห์แบบช่วงเวลา (period analysis) นั้นพบว่ามีตัวแปรหลัก 3 ตัว ที่มีบทบาทต่อความแตกต่างดังกล่าว ได้แก่ อายุ (age) ช่วงเวลา (period or time) และกลุ่มคน (cohort) เพื่อให้เห็นภาพของความหมายในตัวแปรทั้งสาม ผู้วิจัยจึงขออธิบายด้วยตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประมาณค่าร้อยละของผู้ที่ไม่ได้เป็นสมาชิกหลักทรัพย์เคร่งศาสนา (N) จำแนกตาม
อายุ (A) ช่วงเวลา (P) และกลุ่มคน (C) ของหญิงชาวดัช

Age	Period							
	P1 : 1899	P2 : 1909	P3 : 1919	P4 : 1929	P5 : 1939	P6 : 1949	P7 : 1959	P8 : 1969
A ₁ : 20-30	C ₆ 1.90 (424073)	C ₇ 4.78 (477213)	C ₈ 7.27 (563766)	C ₉ 13.84 (678369)	C ₁₀ 16.00 (732955)	C ₁₁ 17.40 (771277)	C ₁₂ 18.01 (772604)	C ₁₃ 23.93 (972343)
A ₂ : 30-40	C ₅ 1.61 (329112)	C ₆ 4.22 (395255)	C ₇ 7.25 (456050)	C ₈ 14.14 (548317)	C ₉ 16.54 (630027)	C ₁₀ 18.20 (705662)	C ₁₁ 19.12 (763242)	C ₁₂ 22.28 (768865)
A ₃ : 40-50	C ₄ 1.13 (250609)	C ₅ 3.13 (304630)	C ₆ 5.61 (374580)	C ₇ 11.94 (434779)	C ₈ 14.88 (524677)	C ₉ 17.18 (610472)	C ₁₀ 18.61 (666165)	C ₁₁ 22.04 (744917)
A ₄ : 50-60	C ₃ 0.85 (202859)	C ₄ 2.46 (225263)	C ₅ 4.17 (279687)	C ₆ 9.10 (344436)	C ₇ 12.23 (407527)	C ₈ 15.05 (480889)	C ₉ 17.62 (596582)	C ₁₀ 21.39 (625616)
A ₅ : 60-70	C ₂ 0.65 (151520)	C ₃ 1.88 (163241)	C ₄ 3.11 (184501)	C ₅ 6.72 (23798)	C ₆ 9.25 (282921)	C ₇ 11.90 (341830)	C ₈ 15.63 (436140)	C ₉ 19.41 (545782)
A ₆ : 70+	C ₁ 0.47 (100398)	C ₂ 1.30 (115473)	C ₃ 2.12 (129306)	C ₄ 4.66 (149319)	C ₅ 9.36 (183925)	C ₆ 8.24 (230684)	C ₇ 11.25 (319868)	C ₈ 15.24 (458434)

ที่มา: Hagenars and Cobben (1978, อ้างถึงใน Jacques, 1990)

จากตารางที่ 1 เป็นการแสดงให้เห็นถึงจำนวนและร้อยละของผู้หญิงชาวดัชที่ไม่ได้เป็นสมาชิกของหลักทรัพย์เคร่งศาสนา สำหรับตัวเลขในวงเล็บ แทน จำนวนหญิงชาวดัชที่ไม่ได้เคร่งศาสนา ส่วนตัวเลขเหนือวงเล็บ แทน ร้อยละของหญิงที่ไม่ได้เคร่งศาสนา โดยแถวตั้ง (column) จะแสดงถึงการจัดประเภทของตัวแปรด้านช่วงเวลา (period) ซึ่งมีระยะห่าง 10 ปี เท่า ๆ กัน ส่วนแถวนอน (row) จะแสดงถึงการจัดกลุ่มของอายุ (age) ซึ่งในการเปรียบเทียบระหว่างแถวจะชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างด้านอายุตามสภาพการเป็นสมาชิกที่เคร่งศาสนา โดยจะเห็นว่าค่าตามแนวทแยง (ตามเส้นปะ) เป็นช่วงอายุที่เหมือนกันซึ่งก็คือกลุ่มคนที่เกิดในช่วงเวลาเดียวกัน หรือ cohort เดียวกันนั่นเอง ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบค่าตามแนวทแยงต่าง ๆ ก็จะทำให้ทราบถึงความแตกต่างระหว่าง

กลุ่มคน (cohort) จากผลการนำเสนอในตารางในแถวตั้ง จะเห็นว่า เมื่อหญิงชาวต่างชาติอายุมากขึ้น จำนวนของหญิงที่ไม่ได้เคร่งศาสนาจะลดลง แสดงให้เห็นว่าอายุมีผลต่อความเคร่งศาสนาของหญิงชาวต่างชาติ

ดังนั้นความหมายในเชิงปฏิบัติของอายุ (age) จึงหมายถึง เวลาที่ผ่านพ้นไป ตั้งแต่วันที่ เกิดจนถึงช่วงที่ทำการศึกษา ซึ่งจะเห็นได้จากงานวิจัยส่วนใหญ่ที่มักจะให้อายุเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบุคคล ส่วนช่วงเวลา (period or time) หมายถึง ช่วงระยะเวลาหนึ่งในการสังเกตหรือติดตามการเปลี่ยนแปลง และกลุ่มคน (cohort) หมายถึง กลุ่มของบุคคลที่เกิดในช่วงเวลาเดียวกัน (ปีเดียวกัน, ทศวรรษเดียวกัน) Glenn (1988), Catrien, Bijleveld and Leo (1998) ได้ให้ความหมายอย่างกว้าง ๆ เพิ่มเติมไว้ว่า กลุ่มคนอาจหมายถึง บุคคลที่ประสบเหตุการณ์พื้นฐานเฉพาะในช่วงเวลาเดียวกัน นอกจากการเกิดของกลุ่มคน (birth cohort) แล้วยังมี การแต่งงานของกลุ่มคน (marriage cohort) (การแต่งงานถือเป็นเหตุการณ์พื้นฐาน) กลุ่มคนในตลาดแรงงาน (labor market cohort) เป็นต้น สำหรับในงานวิจัยครั้งนี้ cohort จะหมายถึงการเกิดของกลุ่มคนเท่านั้น

สำหรับยุทธวิธีในการวิจัยที่นำมาใช้ในการศึกษาพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงนั้น (Kirk,1995; Sapsford and Jupp,1996) ได้เสนอรูปแบบของการศึกษาที่สำคัญไว้ดังนี้ การศึกษาระยะยาว (longitudinal study หรือ follow – up study) ซึ่งเป็นยุทธวิธีในการวิจัยที่ใช้ในการศึกษาพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลง โดยดำเนินการสังเกตติดตามบุคคลเพียง 1 กลุ่ม อย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่กำหนด ทำให้ผู้วิจัยสามารถทราบพัฒนาการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของตัวแปรที่ศึกษาได้อย่างชัดเจน ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบของการศึกษาระยะยาวไว้ในภาพที่ 7

ปีที่เกิด (birth cohort)	ครั้งที่วัด (measurement time)			
	1998	1999	2000	2001
1992	6 (ปี)	7 (ปี)	8 (ปี)	9 (ปี)
1991	7 (ปี)	8 (ปี)	9 (ปี)	10 (ปี)
1990	8 (ปี)	9 (ปี)	10 (ปี)	11 (ปี)
1989	9 (ปี)	10 (ปี)	11 (ปี)	12 (ปี)

ภาพที่ 7 แผนแบบการศึกษาระยะยาว (longitudinal study)

จากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นถึงแผนแบบการศึกษาระยะยาว ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการติดตามบุคคลหรือกลุ่มบุคคลเดิม ตั้งแต่อายุ 6 ปีและศึกษาอย่างต่อเนื่องเรื่อยมาจนถึงอายุ 9 ปี โดยทำการศึกษาในช่วงปี ค.ศ.1998 - 2001 จะเห็นว่าเป็นการศึกษาจาก cohort เดียว จึงเรียกการศึกษาลักษณะดังกล่าวอีกชื่อหนึ่งว่า single cohort study (Sapsford and Jupp, 1996)

Campbell และ Stanley (1963) และ Gilbert (1979) กล่าวถึง ปัญหาจากการวิจัยระยะยาวในเรื่องของระยะเวลาที่ยาวนานในการศึกษา จึงทำให้เกิดปัญหาในเรื่องผลของการสังเกตซ้ำ (multiple-observation effect) เนื่องจากการศึกษาระยะยาวจะมีการสังเกตบุคคล เมื่อเวลาเปลี่ยนไปซ้ำหลายครั้ง ทำให้เกิดองค์ประกอบ 2 องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความตรงภายใน (internal validity) องค์ประกอบแรก คือ ผลจากการเรียนรู้เพิ่มขึ้น หรือผลจากความเบื่อหน่ายจากการวัดซ้ำ สำหรับองค์ประกอบที่สองเกิดจากผลของประสบการณ์ที่ได้รับนอกเหนือจากการทดลอง เนื่องจากในระหว่างการศึกษาระยะยาวนั้นใช้ระยะเวลานาน อาจมีเหตุการณ์บางอย่างที่มีส่งผลต่อตัวแปรตามที่กำลังศึกษาได้ อีกทั้งยังมีปัญหาในเรื่องของการขาดหายของกลุ่มตัวอย่าง (subject mortality) ทำให้กลุ่มตัวอย่างไม่สมบูรณ์ ไม่ว่าจะโดยสาเหตุใด เช่น การลาออกจากโรงเรียน การย้ายโรงเรียน ซึ่งจะส่งผลต่อความตรงภายนอก (external validity) ทำให้ผลการวิจัยไม่สามารถวางนัยทั่วไป (generalization) ไปยังประชากรได้ (Dale and Davies, 1994)

รูปแบบการศึกษาพัฒนาการอีกรูปแบบหนึ่ง คือ การศึกษาภาคตัดขวาง (cross-sectional study) เป็นการศึกษาจากกลุ่มคน (cohort) หลายกลุ่ม ณ ช่วงเวลาใด เวลาหนึ่ง โดยแต่ละกลุ่มมีอายุต่างกัน (difference age cohort) กล่าวคือ แทนที่ผู้วิจัยจะศึกษาโดยติดตามกลุ่มบุคคลเพียงกลุ่มเดียวตลอดช่วงเวลา เช่น ตั้งแต่อายุ 1 ปี จนกระทั่งถึง 6 ปี ก็จะใช้การศึกษากับบุคคล 6 กลุ่มไปพร้อม ๆ กันแทน โดยสุ่มศึกษาจากกลุ่มที่มีอายุ 1 ปี 2 ปี 3 ปี 4 ปี 5 ปี และ 6 ปี เป็นต้น การศึกษาลักษณะดังกล่าวนี้ ทำให้ทราบพัฒนาการของการเจริญเติบโต ตั้งแต่ 1-6 ปี เช่นเดียวกับการศึกษาระยะยาว การศึกษาภาคตัดขวางจึงเป็นรูปแบบการศึกษาที่ง่าย สามารถใช้ประโยชน์ของข้อมูลพัฒนาการในช่วงเวลาสั้น ๆ ได้ โดยไม่จำเป็นต้องติดตามกลุ่มที่สนใจศึกษาเป็นระยะเวลานาน อีกทั้งยังประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบของการศึกษาภาคตัดขวางไว้ในภาพที่ 8

ปีที่เกิด (birth cohort)	ครั้งที่วัด (measurement time)			
	1998	1999	2000	2001
1992	6(ปี)	7(ปี)	8(ปี)	9(ปี)
1991	7(ปี)	8(ปี)	9(ปี)	10(ปี)
1990	8(ปี)	9(ปี)	10(ปี)	11(ปี)
1989	9(ปี)	10(ปี)	11(ปี)	12(ปี)

ภาพที่ 8 แผนแบบการศึกษาภาคตัดขวาง (cross-sectional study)

จากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นถึงแผนแบบการศึกษาภาคตัดขวาง ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการเก็บข้อมูล โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงจากหลาย cohort ในช่วงเวลาเดียวกัน พร้อม ๆ กัน (ปี ค.ศ. 1998) โดยสุ่มศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ 6 ปี 7 ปี 8 ปี และ 9 ปี จึงเรียการศึกษาลักษณะดังกล่าวอีกชื่อหนึ่งว่า several cohort study (Sapsford and Jupp, 1996)

สำหรับข้อบกพร่องในการศึกษารูปแบบดังกล่าวก็คือ ปัญหาในเรื่องความไม่ต่อเนื่องของพฤติกรรมที่ศึกษา เนื่องจากเป็นการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างต่างกลุ่มอายุกันย่อมมีลักษณะที่แตกต่างกันทำให้พัฒนาการหรือผลการเปลี่ยนแปลงที่ได้ไม่ต่อเนื่อง (Kenneth and Bruce, 2002) และหากระยะห่างหรือพิสัยของอายุของกลุ่มคน (age cohort) แตกต่างกันมาก ย่อมมีผลต่อข้อสรุป เพราะจะมีตัวแปรอายุเข้ามาเกี่ยวข้อง Schaie (1965 อ้างถึงใน Tisak and Meredith, 1989)

เนื่องจากนักวิจัยตระหนักถึงข้อจำกัดหรือปัญหาที่เกิดขึ้นจากการศึกษาระยะยาว (longitudinal study) และการศึกษาภาคตัดขวาง (cross-sectional study) ทำให้นักวิจัยต่างพยายามค้นหายุทธวิธีในการวิจัยที่จะช่วยลดข้อจำกัดดังกล่าว Bell (1953, 1954 อ้างถึงใน Gottman, 1995) และ Schaie (1965 อ้างถึงใน Tisak and Meredith, 1989) กล่าวถึง ยุทธวิธีในการวิจัยลักษณะหนึ่งที่ Bell เรียกว่า การศึกษาระยะยาวโดยเร่งด่วน (accelerated longitudinal study) ยุทธวิธีในการวิจัยดังกล่าว คือ การศึกษาระยะยาวเหลื่อมลำดับ (longitudinal-overlapping study) หรือการศึกษาเหลื่อมลำดับ (sequential study หรือ cohort - sequential study) ซึ่ง McArdle และ Hamagami (1995) กล่าวว่า เป็นรูปแบบที่มีการผสมผสานคุณลักษณะระหว่างการศึกษาระยะยาว และ การศึกษาภาคตัดขวางเข้าด้วยกัน ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับไว้ใน ภาพที่ 9

ปีที่เกิด (birth cohort)	ครั้งที่วัด (measurement time)			
	1998	1999	2000	2001
1992	6 (ปี)	7 (ปี)	8 (ปี)	9 (ปี)
1991	7 (ปี)	8 (ปี)	9 (ปี)	
1990	8 (ปี)	9 (ปี)		
1989	9 (ปี)			

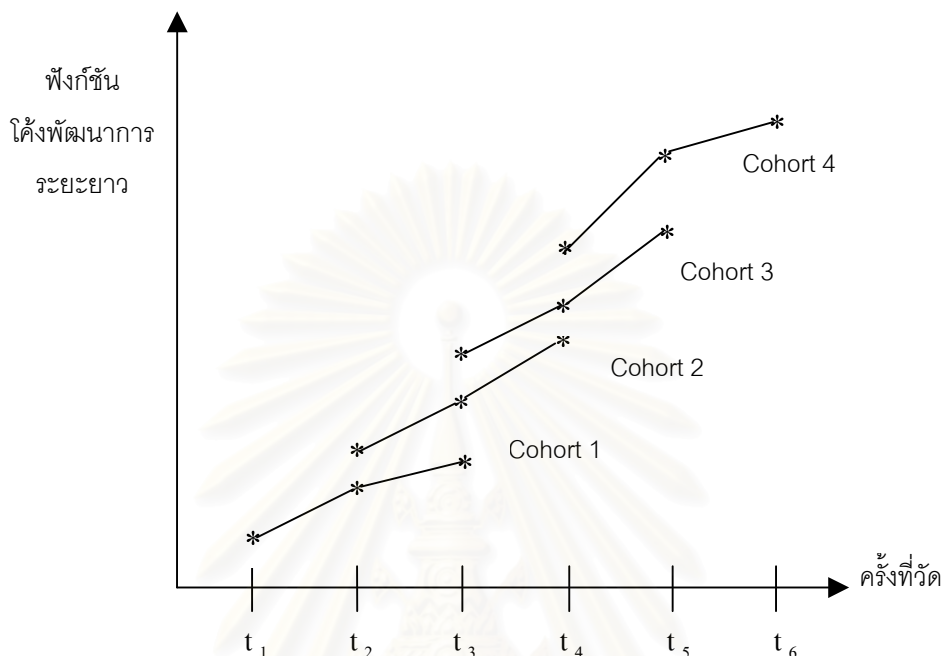
ภาพที่ 9 แผนแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับ (sequential study)

จากภาพที่ 9 แสดงให้เห็นถึงแผนแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการติดตามการเปลี่ยนแปลงมากกว่า cohort เดียว ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ โดยมีช่วงอายุหรือช่วงเวลากว้างระหว่างกลุ่มที่เหลื่อมกัน เมื่อพิจารณาตามแถวอนจะเห็นว่าเป็นลักษณะของแผนแบบการศึกษาระยะยาว แต่เมื่อพิจารณาตามแถวตั้งจะเห็นว่าเป็นลักษณะของแผนแบบการศึกษาภาคตัดขวางจึงนับว่าเป็นแผนแบบที่รวมทั้งการศึกษาระยะยาวกับการศึกษาภาคตัดขวางไว้ด้วยกัน

Nesselroade และ Baltes (1979 อ้างถึงใน Duncan, Duncan and Hops, 1996) McArdle และ Hamagami (1995) Duncan, Duncan และ Li (1998) ได้อธิบายลักษณะของรูปแบบนี้ว่าเป็นการเชื่อมส่วนที่ติดกันของข้อมูลระยะยาวที่มีจำกัดจากคนต่างกลุ่ม เพื่อสร้างเป็นโค้งพัฒนาการ กล่าวคือ เป็นการศึกษาระยะยาวจากการศึกษาช่วงสั้น ๆ จากคนต่างกลุ่ม หลาย ๆ กลุ่ม โดยมีช่วงเวลาในการวัดหรือการสังเกตที่เหลื่อมกัน (overlapping) (Anderson, 1993; Horn and Collins, 1991 อ้างถึงใน Duncan , Duncan and Hops, 1996)

รูปแบบดังกล่าวจึงทำให้นักวิจัยสามารถประมาณการศึกษาพัฒนาการระยะยาว (long – term longitudinal study) จากการศึกษพัฒนาการในช่วงเวลาสั้น ๆ (short-term longitudinal study or short time periods) จากแต่ละ cohort ซึ่งจะมีช่วงเวลาการวัดที่ซ้อนทับกันหรือเหลื่อมกัน แล้วดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากทุกกลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ (sequential analysis) ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ตามเทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multi - group analysis or multi - sample analysis) ซึ่งในการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับจะมีข้อตกลงเบื้องต้น (assumption) กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์มีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม (invariance across all groups) กล่าวคือจะมีการกำหนดเงื่อนไขบังคับ (constraints) ให้ค่าพารามิเตอร์ทุก

ค่ามีค่าเท่ากัน ณ ตำแหน่งของช่วงเวลาการวัดที่เหลื่อมกันสำหรับแต่ละกลุ่ม (Duncan, et. al., 1999; Gottman, 1995; McArdle and Hamagami, 1995) เพื่อให้เห็นถึงลักษณะของรูปแบบดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอรูปแบบของโค้งพัฒนาการจากการวิเคราะห์ที่เหลื่อมลำดับไว้ในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 โค้งพัฒนาการจากการวิเคราะห์ที่เหลื่อมลำดับ

ที่มา: Tisak and Meredith (1990 อ้างถึงใน Eye, 1990)

จากภาพที่ 10 จะเห็นว่าฟังก์ชันโค้งพัฒนาการระยะยาว (longitudinal function) ที่ได้จะเกิดจากการเชื่อมระหว่างโค้งพัฒนาการจากคนต่างกลุ่ม กล่าวคือเป็นการลู่เข้า (convergence) ของโค้งพัฒนาการจากแต่ละกลุ่มคนสู่โค้งพัฒนาการโค้งหนึ่ง การวิเคราะห์ในลักษณะดังกล่าวจึงทำให้นักวิจัยสามารถประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงระยะยาวได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลของคนต่างกลุ่มร่วมกัน โดยมีการเหลื่อมกันของช่วงเวลาดังภาพตามหลักการของการวิเคราะห์ที่เหลื่อมลำดับ

Duncan, Duncan และ Hops (1996) ได้กล่าวถึง จุดเด่นและข้อจำกัดของการศึกษาเหลื่อมลำดับในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง สำหรับจุดเด่น คือ การศึกษาเหลื่อมลำดับจะใช้ช่วงระยะเวลาในการติดตามสั้นกว่าการศึกษาระยะยาว จึงทำให้สามารถลดปัญหาจากอิทธิพลตกค้าง (cumulative testing effects) และปัญหาการขาดหายของข้อมูล (attrition) อีกทั้งสามารถให้ผลสรุปจากการวิเคราะห์ได้ในระยะเวลาอันสั้น และจุดเด่นอีกประการหนึ่งนั้น เนื่องมาจากการศึกษาดังกล่าวเป็นการติดตามการเปลี่ยนแปลงจากหลายกลุ่มคน (several cohorts) มิใช่เป็นการศึกษาจากคนกลุ่มเดียว (single cohort) เหมือนในการศึกษาระยะยาว นักวิจัยจึงสามารถนำไปใช้ในการ

พิจารณาได้ว่า แนวโน้มที่สังเกตได้ในการวัดซ้ำนั้นจะยังคงได้รับการยืนยัน (corroborated) จากคนต่างกลุ่มเช่นเดียวกันหรือไม่ สำหรับข้อจำกัด คือ การศึกษาดังกล่าวไม่ได้เป็นการศึกษาลำดับของพัฒนาการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องของบุคคล เช่นเดียวกับการศึกษาระยะยาวซึ่งเป็นการติดตามพัฒนาการของคนกลุ่มเดิมตลอดช่วงระยะเวลา ด้วยเหตุนี้การศึกษาเหลื่อมลำดับจึงอาจเป็นการมองข้ามปัญหาที่เกิดจากตัวแปรคั่นกลาง (intervening variables) ที่อาจจะเกิดขึ้นได้

ตามที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับยุทธวิธีในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 รูปแบบแล้ว จะเห็นได้ว่า ยุทธวิธีในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแต่ละรูปแบบมีทั้งข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงขอสรุปความแตกต่างของรูปแบบทั้งสามโดยรวมอีกครั้ง ดังตารางที่ 2

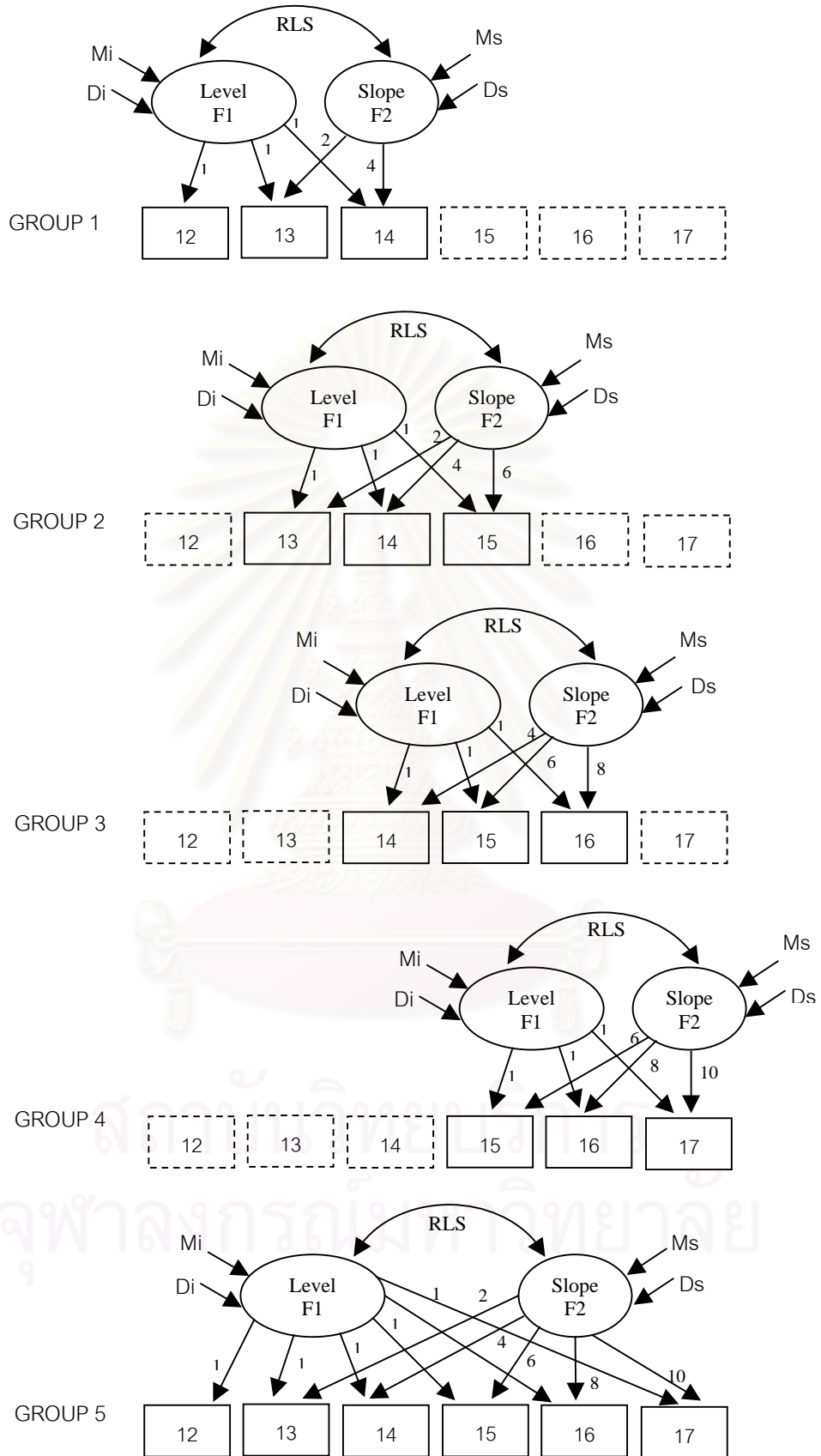
เพื่อให้เห็นถึงรูปแบบของการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ ผู้วิจัยจึงขอยกตัวอย่างงานวิจัยของ Duncan, Duncan และ Hops (1996) ที่ได้ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยมีจุดมุ่งหมายในการวิจัยเพื่อพิจารณาว่ารูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับสามารถประมาณพัฒนาการระยะยาวได้เพียงพอหรือไม่ โดยการศึกษาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นในช่วงอายุ 12 - 17 ปี ตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ตัวแปรเพศ (gender) การหย่าร้าง (deviance) และการบริโภคแอลกอฮอล์ของพ่อ - แม่ (parent alcohol use) กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย รวมจำนวนทั้งสิ้น 461 คน โดยดำเนินการเก็บข้อมูลตามรูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับ กล่าวคือ จะติดตามผลการเปลี่ยนแปลงในการบริโภคแอลกอฮอล์จากกลุ่มคนอายุต่างกัน (difference age cohort) ซึ่งแบ่งเป็น 4 กลุ่ม *กลุ่มแรก* เป็นการติดตามกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 12-14 ปี *กลุ่มที่สอง* เป็นการติดตามในช่วงอายุ 13 - 15 ปี *กลุ่มที่สาม* เป็นการติดตามในช่วงอายุ 14 - 16 ปี และ*กลุ่มสุดท้าย* เป็นการติดตามในช่วงอายุ 15 - 17 ปี จะเห็นว่าเป็นการติดตามด้วยช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา เท่า ๆ กัน

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเหลื่อมลำดับจะใช้วิธีการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ โดยจะมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ณ ตำแหน่งช่วงเวลาการวัดที่เหลื่อมกัน ให้มีค่าเท่ากันแล้วใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มพหุในการวิเคราะห์ข้อมูลจากทุกกลุ่มพร้อม ๆ กัน ผู้วิจัยได้เสนอรูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับของงานวิจัยดังกล่าวดังภาพที่ 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างยุทธวิธีในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 รูปแบบ

Longitudinal study	Cross-sectional study	Sequential study
<p><u>รูปแบบ</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - การวัดซ้ำการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องจากกลุ่มคนหนึ่งกลุ่ม 	<p><u>รูปแบบ</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - การวัดการเปลี่ยนแปลง ณ ช่วงเวลาหนึ่งจากกลุ่มคนมากกว่าหนึ่งกลุ่ม 	<p><u>รูปแบบ</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - การวัดซ้ำการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาสั้น ๆ จากกลุ่มคนมากกว่าหนึ่งกลุ่ม
<p><u>ข้อดี</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - เป็นการติดตามการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องทำให้ทราบถึงพัฒนาการที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน - ไม่มีผลที่เกิดจากความแตกต่างของกลุ่มคนที่มีอายุต่างกัน (cohort effect) 	<p><u>ข้อดี</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย - สามารถศึกษาความผันแปรระหว่างกลุ่มได้ 	<p><u>ข้อดี</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ช่วงเวลาการติดตามสั้นกว่าการศึกษาระยะยาว - ลดปัญหาอิทธิพลตกค้าง (carry over effect or commulative testing effects) - ลดปัญหาข้อมูลขาดหาย - สามารถใช้ในการยืนยันความไม่แปรเปลี่ยนของแนวโน้มที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากเป็นการวัดซ้ำคนต่างกลุ่ม
<p><u>ข้อเสีย</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่าย - ปัญหาการขาดหายหรือความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล - ปัญหาอิทธิพลตกค้าง (carry over effect or commulative testing effects) เช่น การเรียนรู้ 	<p><u>ข้อเสีย</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ปัญหาจากผลของกลุ่มคนที่มีอายุต่างกัน (age or cohort effect) - ไม่สามารถพิจารณาการเปลี่ยนแปลงภายในตัวบุคคลได้ 	<p><u>ข้อเสีย</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ไม่มีการพิจารณาถึงผลของตัวแปรคั่นกลาง (intervening variables)



ภาพที่ 11 รูปแบบการศึกษาเหลือมลำดับด้วยช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา

จากภาพที่ 11 แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับ โดยกลุ่มที่ 1 - 4 แทน กลุ่มคนทั้ง 4 กลุ่ม (four cohorts) ซึ่งดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวน 3 ช่วงเวลาเท่า ๆ กัน และกลุ่มที่ 5 แทนข้อมูลที่มีการเก็บข้อมูลครบทั้ง 6 ช่วงเวลา ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ

สำหรับโมเดลประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้จากการวัดในแต่ละครั้งซึ่งได้รับอิทธิพลจากสององค์ประกอบ คือ ตัวแปรแฝงจุดตัด (level) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงจุดเริ่มต้นของพัฒนาการ และตัวแปรแฝงความชัน (slope) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการที่เกิดขึ้น โดยมีค่าพารามิเตอร์สำหรับแต่ละตัวแปรแฝง คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงจุดตัด (ML, DL) ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน (MS, DS) ซึ่งก็คือรูปแบบของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนั่นเอง โดยน้ำหนักองค์ประกอบต่อตัวแปรแฝงระดับทุกตัวจะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 1 และน้ำหนักองค์ประกอบต่อตัวแปรแฝงความชันจะถูกกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์ในการวัดครั้งแรก เนื่องจากการวัดครั้งแรกยังไม่มีเปลี่ยนแปลง และมีค่าเป็น 1 ในการวัดครั้งที่สองเพื่อใช้เป็นแกนอ้างอิง ส่วนค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่อตัวแปรแฝงความชันในการวัดครั้งอื่น ๆ จะให้มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ เนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวมีแนวคิดว่าการเปลี่ยนแปลงของการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเชิงเส้นตรงจึงกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้มีค่าเพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง

สำหรับการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับโมเดลที่มีช่วงเวลาวัด 3 ช่วงเวลา ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model) เนื่องจากผู้วิจัยต้องการนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเปรียบเทียบกัน เพื่อพิจารณาว่าการวิเคราะห์ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้งสองรูปแบบให้ผลสรุปเช่นเดียวกันหรือไม่ ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่ารูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับด้วยโมเดลที่มีช่วงเวลาวัด 3 ช่วงเวลา มีความสามารถเพียงพอในการศึกษาพัฒนาการระยะยาวได้ โดยชี้ให้เห็นถึงพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นในการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นในช่วงอายุดังกล่าวที่ให้ผลสอดคล้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาระยะยาวที่มีช่วงเวลาวัดครบสมบูรณ์ทั้ง 6 ช่วงเวลา อีกทั้งพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระให้ผลคล้ายคลึงกัน โดยการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระจะมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง และเมื่อพิจารณาผลจากการนำตัวแปรทั้งสามมาร่วมวิเคราะห์ในโมเดลโค้งพัฒนาการทั้งสองรูปแบบ ซึ่งได้แก่ ตัวแปรเพศ การหย่าร้าง และการบริโภคแอลกอฮอล์ของผู้ปกครอง พบว่ามีความแปรปรวนร่วมในลักษณะเช่นเดียวกัน จึงเป็นการยืนยันผลที่สอดคล้องกันจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลโค้งพัฒนาการทั้งสองรูปแบบ

ทั้งนี้ผลการวิจัยที่ได้ยังเป็นการสนับสนุนความสามารถของการศึกษาเหลื่อมลำดับที่สามารถใช้ประมาณค่าได้ใกล้เคียงกับโมเดลโค้งพัฒนาการระยะยาวได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ผ่านมาที่ใช้การวิเคราะห์ในลักษณะดังกล่าว เช่น ผลงานวิจัยของ McArdle and Anderson (1990); McArdle and Hamagami (1991); Meredith and Tisak (1990); Duncan, et. al. (1999); Raudenbush and Chan (1992, 1993) และ Tonry, Ohlin and Farrington (1991) อ้างถึงใน Duncan, Duncan, and Hops, 1996) โดย Duncan, Duncan and Hops ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการพิจารณาถึงผลจากการแทรกแซง (intervention) ของเหตุการณ์ หรือตัวแปรที่เกิดขึ้นนั้นว่าจะสามารถเห็นได้ชัดในโมเดลโค้งพัฒนาการจากการศึกษาระยะยาวมากกว่าจากการศึกษาเหลื่อมลำดับ ซึ่งนับเป็นข้อพึงระวังข้อหนึ่งของรูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับ เนื่องจากรูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับอาจจะทำให้ผู้วิจัยไม่ได้รับสารสนเทศที่สำคัญบางประการได้

Tonry และคณะ (1991, อ้างถึงใน Duncan, Duncan and Hops, 1996) ได้ให้ข้อเสนอแนะในเรื่องดังกล่าวเช่นเดียวกัน โดยเป็นข้อเสนอแนะเพื่อช่วยลดปัญหาการไม่ลู่เข้าของค่าความเป็นไปได้ (likelihood of nonconvergence) จากการศึกษานี้เหลื่อมลำดับไว้ว่า กลุ่มคนทั้งหมด (cohorts) ควรจะมีช่วงเวลากว้างที่เหลื่อมกัน (overlap) มากที่สุด และขนาดของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มคนควรจะมีมากพอสำหรับการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ

ตอนที่ 4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง พบว่ามีงานวิจัยในต่างประเทศที่ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ ดังนี้

Anderson (1993) ทำการทดสอบการลู่เข้า (convergence) ของผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมที่แสดงออกของวัยรุ่นต่อความสัมพันธ์ทางลบระหว่างวัยรุ่นกับผู้ปกครอง กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ วัยรุ่นตอนต้นในช่วงอายุ 9 – 15 ปี แบ่งศึกษากลุ่มตัวอย่างเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นการติดตามกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 9 – 11 ปี กลุ่มที่สองติดตามในช่วงอายุ 10 – 12 ปี กลุ่มที่สามติดตามในช่วงอายุ 11 – 13 ปี กลุ่มที่สี่ติดตามในช่วงอายุ 12 – 14 ปี และกลุ่มสุดท้ายเป็นการติดตามกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 13 – 15 ปี ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ตัวแปรเพศ ตัวแปรประเภทของครอบครัว ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลในแต่ละกลุ่มด้วยช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลาเท่า ๆ กัน แล้วทำการทดสอบการลู่เข้าของข้อมูลจากทั้ง 5 กลุ่ม ด้วยโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (SEM) โดยการสร้างโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง 2

โมเดล โมเดลแรกเป็นโมเดลที่มีการบังคับ (constraints) ค่าพารามิเตอร์ให้เท่ากันระหว่างทั้ง 5 กลุ่ม ณ ตำแหน่งที่มีช่วงเวลาการวัดที่เหมือนกัน และในโมเดลที่สองจะมีการผ่อนคลายเงื่อนไขบังคับดังกล่าวให้มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลทั้ง 5 กลุ่ม แล้วจึงนำผลของความแตกต่างของค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องจากโมเดลทั้งสอง มาพิจารณาทดสอบทางสถิติของการรู้เข้า

ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเกิดขึ้นระหว่างโมเดลทั้งสอง กล่าวคือ โมเดลทั้งสองมีรูปแบบพัฒนาการไม่แตกต่างกันหรือมีการรู้เข้าของผลการวิเคราะห์ที่เชื่อมลำดับสู่โค้งพัฒนาการเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถสร้างโมเดลพัฒนาการระยะยาวได้ โดยใช้อธิบายจากข้อมูลของคนต่างกลุ่ม สำหรับตัวแปรเพศและตัวแปรประเภทของครอบครัวที่นำมาร่วมวิเคราะห์ พบว่ามีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงในพฤติกรรมของวัยรุ่น โดยวัยรุ่นที่อยู่ในครอบครัวที่ไม่มีการหย่าร้างส่วนใหญ่มีการแสดงออกต่อความสัมพันธ์ทางลบกับผู้ปกครองในระดับต่ำ โดยวัยรุ่นชายที่อยู่ในครอบครัวที่มีการหย่าร้างจะแสดงพฤติกรรมที่มีต่อความสัมพันธ์ทางลบกับผู้ปกครองเพิ่มขึ้นในช่วงแรกเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากวัยรุ่นชายจะมีการปรับตัวของตนเองตามวุฒิภาวะ ขณะที่วัยรุ่นหญิงที่อยู่ในครอบครัวที่มีการหย่าร้างจะมีพฤติกรรมที่แสดงออกต่อความสัมพันธ์ทางลบกับผู้ปกครองในระดับสูงโดยสม่ำเสมอตามวุฒิภาวะ นอกจากนี้ผลการวิจัยดังกล่าวยังเป็นการสนับสนุนให้เห็นถึงประโยชน์ของการวิเคราะห์ที่เชื่อมลำดับที่ทำให้นักวิจัยใช้เวลาในการศึกษาสั้นลงจากที่ต้องศึกษาถึง 7 ปี เป็นการศึกษาโดยใช้ระยะเวลาเพียง 3 ปี

Raudenbush และ Chan (1993) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจิตวิทยา (psychological change) เกี่ยวกับการปรับตัวของวัยรุ่น (adolescent deviance) ในช่วงอายุ 11-18 ปี ซึ่งหากทำการศึกษาระยะยาว (longitudinal study) ต้องใช้เวลาศึกษาถึง 8 ปี ผู้วิจัยจึงนำแบบแผนแบบเชื่อมลำดับมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาเรื่องดังกล่าว เพื่อให้ใช้ช่วงเวลาในการศึกษาสั้นลง สำหรับการศึกษานี้ใช้รูปแบบโมเดลเชิงเส้นระดับลดหลั่น (hierarchical linear model) ในการศึกษาครั้งนี้ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม ในกลุ่มแรก จะติดตามกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 11-15 ปี ในขณะที่กลุ่มที่สองจะติดตามกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 14-18 ปี จะเห็นว่ามีอาการเหมือนกันที่อายุ 14 และ 15 ปี เท่านั้น การเชื่อมกันเพียง 2 ช่วงเวลานี้ Raudenbush ได้ชี้ให้เห็นว่าเป็นจุดบกพร่องจากการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากจะทำให้ไม่สามารถศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มคนที่มีลักษณะไม่ใช่เชิงเส้นตรงได้ซึ่ง Raudenbush ได้วิเคราะห์เพิ่มเติมให้เห็นถึงผลของจำนวนช่วงเวลาการวัดที่เหมือนกันที่มีต่อความสามารถของแบบแผนแบบเชื่อมลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อช่วงเวลาการวัดที่เหมือนกันมีจำนวนลดลงจะมีผลทำให้ความสามารถของแบบแผนดังกล่าวจะลดลงด้วย

Judith และ Mark (2000) ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบกลุ่มพหุในการศึกษาเกี่ยวกับความขัดแย้งภายในครอบครัวที่มีผลต่อพัฒนาการของวัยรุ่นช่วงเกรด 6 - 10 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนจำนวน 4,862 คน ที่ได้จากการสำรวจจาก 5 โรงเรียนทางแถบตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) ตามเกรด ได้จำนวนกลุ่มนักเรียนแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มอายุ (cohorts) *กลุ่มแรก* เป็นกลุ่มที่ติดตามเก็บข้อมูลจากนักเรียนในช่วงเกรด 6 - 8 *กลุ่มที่สอง* เป็นการติดตามเก็บข้อมูลนักเรียนในช่วงเกรด 7 - 9 และ*กลุ่มสุดท้าย* เป็นการติดตามเก็บข้อมูลนักเรียนในช่วงเกรด 8 - 10 ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา ซึ่งเป็นการรวมสารสนเทศจากกลุ่มอายุทั้ง 3 กลุ่มที่มีการวัดเหลื่อมกันในแต่ละกลุ่มซึ่ง Judith และ Mark เรียกว่า การศึกษากึ่งระยะยาว (quasi-longitudinal study) โดยจะใช้การวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (กำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น 0, 1, 2, 3, 4) ในจะมีการบังคับค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝง ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ระหว่างตัวแปรแฝงและความคลาดเคลื่อนให้เท่ากัน ณ ตำแหน่งช่วงเวลาการวัดที่เหลื่อมกันของโมเดลจากทั้ง 3 กลุ่ม

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การบังคับโมเดลโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้เท่ากันระหว่างกลุ่มนั้นพบว่า โมเดลไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผู้วิจัยจึงใช้ Lagrange Multiplier (LM) test ในโปรแกรม EQS ในการวิเคราะห์ (Bentle and Wu, 1995) เพื่อพิจารณาว่าเมื่อมีการผ่อนคลายเงื่อนไขบังคับค่าพารามิเตอร์โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระแล้ว โมเดลจะสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ ผลปรากฏว่า ค่าไค-สแควร์ที่ได้มีค่าลดลงทำให้โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ สามารถนำผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากโมเดลดังกล่าวมาใช้แทนการศึกษาระยะยาวได้ ในตอนท้าย Judith และ Mark ได้ให้ข้อเสนอแนะถึงรูปแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับว่าถึงแม้จะเป็นรูปแบบที่มีจุดอ่อนอยู่บางประการแต่ก็นับว่าเป็นรูปแบบที่ทำให้นักวิจัยสามารถจำลอง (simulation) รูปแบบการศึกษาระยะยาวได้

John (1999) ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะความเข้าใจในการอ่าน และทางคณิตศาสตร์ของเด็กในช่วงอายุ 5 - 14 ปี โดยใช้การวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มพหุ โดยแบ่งศึกษาตามกลุ่มอายุซึ่งแบ่งเป็น 8 กลุ่ม และดำเนินการติดตาม 3 ช่วงเวลาในทุกกลุ่ม ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย ตัวแปรเพศและตัวแปรเชื้อชาติ ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบโค้งพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ของเด็กในช่วงอายุ 5 - 14 ปี มีลักษณะผกผันกับฟังก์ชันอายุ โดยไม่พบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างเพศชายและเพศหญิง แต่พบความแตกต่างของเพศชายและเพศหญิงในเรื่องของผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะการอ่านและความเข้าใจในการอ่าน โดยพบว่ามีคามผันแปรของระดับสถานภาพที่อายุ 10, 11 และ 12 ปี โดยเพศหญิงจะมีอัตราการเปลี่ยน

แปลงของพัฒนาการเร็วกว่าเพศชายที่อายุ 8 และ 12 ปี ขณะที่เพศชายจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการในเรื่องดังกล่าวเร็วกว่าเพศหญิงที่อายุ 11 ปี เมื่อพิจารณาตัวแปรด้านเชื้อชาติ พบว่าเด็กผิวขาวและเด็กผิวดำหรือเด็กชนกลุ่มน้อยจะมีผลสัมฤทธิ์ทางด้านคณิตศาสตร์ ทักษะการอ่าน และความเข้าใจในการอ่านแตกต่างกัน โดยเด็กผิวขาวจะมีอัตราพัฒนาการในเรื่องดังกล่าวเร็วกว่าเด็กผิวดำหรือเด็กชนกลุ่มน้อย ซึ่งเห็นได้ว่าการศึกษาของ John มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำรูปแบบการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับไปใช้ในการศึกษาความผันแปรของพัฒนาการในแต่ละกลุ่มช่วงอายุเท่า นั้น มิได้มีการนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับการศึกษาระยะยาว

ผลงานวิจัยของ Duncan และ Duncan (1994) ได้เสนอรูปแบบโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการใช้สารเสพติดซึ่งได้แก่ สุรา กัญชา และ บุหรี่ของวัยรุ่น โดยใช้แผนแบบการศึกษาเหลื่อมลำดับซึ่งเป็นรูปแบบที่ผู้วิจัยกล่าวว่าเป็นการผสมผสานระหว่างรูปแบบการศึกษาภาคตัดขวางและการศึกษาระยะยาว ลักษณะของข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลระยะยาวที่ไม่ครบสมบูรณ์ (incompleted longitudinal data) หรือข้อมูลที่มีการขาดหาย (missing data) โดยตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ตัวแปรเพศ และตัวแปรอายุ ซึ่งเป็นตัวแปรทำนายเกี่ยวกับสถานภาพเริ่มต้นและอัตราการเปลี่ยนแปลงในการใช้สารเสพติดของวัยรุ่น การวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 5 กลุ่ม ตามรูปแบบการขาดหาย ดังนี้ กลุ่มแรกคือ กลุ่มที่มีข้อมูลครบทั้ง 5 ครั้ง กลุ่มที่สอง คือ กลุ่มที่วัดข้อมูลได้เพียง 4 ครั้ง กลุ่มที่สามคือ กลุ่มที่วัดข้อมูลได้เพียง 3 ครั้ง กลุ่มที่สี่ คือ กลุ่มที่วัดข้อมูลได้เพียง 2 ครั้ง และกลุ่มสุดท้าย คือกลุ่มที่มีการวัดข้อมูลได้เพียงครั้งเดียวจากนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 5 กลุ่มพร้อมกัน โดยมีการบังคับค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มที่มีการขาดหายของข้อมูลให้เท่ากัน Duncan และ Duncan กล่าวว่า การบังคับค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจากการเก็บข้อมูลแยกตามช่วงเวลา ทำให้สารสนเทศที่ได้ไม่เพียงพอที่จะประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีการวัดครบสมบูรณ์จึงจำเป็นต้องใช้การระงับเงื่อนไขบังคับระหว่างกลุ่มจึงทำให้สารสนเทศจากทุกกลุ่มสามารถที่จะระบุเป็นค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลระยะยาวได้ ผลการวิจัยดังกล่าวพบว่า พัฒนาการในการใช้สารเสพติดทั้งสามประเภทเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเปลี่ยนไป โดยมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันทั้งในส่วนของสถานภาพเริ่มต้นและแนวโน้มของพัฒนาการ ในส่วนของตัวแปรเพศพบว่าเป็นตัวทำนายที่ไม่มีนัยสำคัญกับสถานภาพเริ่มต้นหรือแนวโน้มในการใช้สารเสพติดประเภทสุรา และกัญชา แต่จะมีนัยสำคัญต่อผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับอายุของสารเสพติดประเภทบุหรี่ กล่าวคือ เมื่อผู้หญิงอายุมากขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงในการใช้สารเสพติดประเภทบุหรืมากกว่าเพศชาย สำหรับตัวแปรอายุพบว่าเป็นตัวแปรทำนายที่มีนัยสำคัญต่อสถานภาพเริ่มต้น แต่ไม่มีนัยสำคัญต่อแนวโน้มในการใช้สารเสพติดทั้งสามประเภท

Muthen (1987 อ้างถึงใน Duncan and Duncan, 1994) ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่านักวิจัยควรทดสอบและทดแทนความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการขาดหายของข้อมูล เพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าว โดยใช้การออกแบบที่จะสามารถทำให้นักวิจัยได้สารสนเทศมากที่สุดจากข้อมูลที่มีการขาดหาย แต่อย่างไรก็ตาม นักวิจัยก็ควรพิจารณาแผนแบบที่เลือกใช้โดยประเมินถึงผลที่ตามมาและการตีความจากการผลการวิเคราะห์ที่ได้อย่างถูกต้อง

McArdle และ Hamagami (1995) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลในการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์กับโมเดลเชิงลู่เข้า (convergence model) ที่มีข้อมูลขาดหาย 4 รูปแบบ โดย *รูปแบบที่ 1* เป็นข้อมูลการวัดระยะยาวด้วยรูปแบบเหลื่อมลำดับ (cohort sequential) จำนวน 4 กลุ่มซึ่งในแต่ละกลุ่มจะมีการวัด 2 ช่วงเวลา โดยมีช่วงเวลากการวัดที่เหลื่อมกัน และกลุ่มตัวอย่างไม่มีการขาดหาย *รูปแบบที่ 2* เป็นข้อมูลในลักษณะเดียวกันกับในรูปแบบแรก แต่มีคะแนนในการวัดครั้งหลังของแต่ละกลุ่มได้รับอิทธิพลจากการสอบซ้ำ *รูปแบบที่ 3* เป็นข้อมูลการวัดระยะยาวด้วยรูปแบบเหลื่อมลำดับเช่นกัน แต่มีกลุ่มตัวอย่างส่วนหนึ่งขาดหายไปจากการวิจัย โดยผู้ที่ขาดหายเป็นผู้ที่ได้คะแนนในการวัดครั้งแรกต่ำที่สุด และรูปแบบสุดท้าย เป็นรูปแบบที่คล้ายกับรูปแบบที่ 3 แต่ผู้ที่ขาดหายเป็นผู้ที่ได้คะแนนพัฒนาการสูงที่สุด ผลการวิจัยพบว่า โมเดลรูปแบบแรกสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่ข้อมูลครบสมบูรณ์ แม้ว่ากลุ่มตัวอย่างจะมีขนาดเล็กก็ตาม แต่อย่างไรก็ตาม โมเดลรูปแบบดังกล่าวก็มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสูงซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

Duncan, Duncan และ Li (1998) ประยุกต์ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นในช่วงอายุ 14 -18 ปี การวิเคราะห์จะดำเนินการภายในแผนแบบเหลื่อมลำดับ ในการรวมรูปแบบการขาดหายของข้อมูล ผู้วิจัยได้นำเสนอให้เห็นถึงวิธีในการวิเคราะห์ข้อมูลขาดหาย 3 วิธีได้แก่ การวิเคราะห์โมเดลเชิงเส้นตรงกลุ่มพหุ (multi-sample structural equation modeling) การวิเคราะห์คะแนนดิบด้วยวิธีไลค์ลิฮูดสูงสุด (raw maximum likelihood analysis) และการขยายข้อมูลด้วยอัลกอริทึม (data augmentation algorithms) กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ วัยรุ่นที่มีอายุอยู่ในช่วง 14 - 18 ปี จำนวน 586 คน ซึ่งในการนำข้อมูลที่ขาดหายมารวมวิเคราะห์จะมีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 9 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ถึง 3 เป็นการติดตามกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 14 - 16 ปี โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีการวัดครบทั้งสามครั้ง กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีการวัดเฉพาะในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ส่วนกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีการวัดเพียงครั้งแรกครั้งเดียว เช่นเดียวกับโมเดลที่ 4 - 6 และโมเดลที่ 7 - 9 ซึ่งจะติดตามกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 15 - 17 ปี และ 16 -18 ปี ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นจะเห็นได้ว่าเป็นผลงานวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ข้อมูลขาดหาย หรือมีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ อีกทั้งใช้เพื่อศึกษาพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงในเรื่องต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในการศึกษาพัฒนาการจะช่วยทำให้ผู้วิจัยได้ผลสรุปจากการวิเคราะห์ในช่วงระยะเวลาที่สั้นลง โดยงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะเป็นการนำรูปแบบการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับไปใช้แทนการศึกษาระยะยาว โดยยังมีได้มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลดังกล่าวกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ และแม้ว่าจะมีการเปรียบเทียบก็เป็นการเปรียบเทียบเพียงแค่มอเดลที่มีช่วงเวลากการวัดบางช่วงเวลา ไม่ครอบคลุมถึงโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดอื่น ๆ ดังนั้น จึงน่าจะเป็นประโยชน์หากมีการพิจารณาเปรียบเทียบผลระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดที่เหมาะสมในการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับซึ่งมีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่มีช่วงเวลากการวัดแตกต่างกันให้ผลที่สอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน
2. โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีประสิทธิภาพมากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาระยะยาว (longitudinal study) โดยการประยุกต์ใช้แผนแบบเหลื่อมลำดับ (sequential design) เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ (sequential analysis) ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลากว้างแตกต่างกันซึ่งประกอบด้วยโมเดลที่มีช่วงเวลากว้าง 3 – 9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลากว้างครบสมบูรณ์ (completed model) ที่มีช่วงเวลากว้าง 10 ช่วงเวลา จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model) ในการศึกษาพัฒนาการทางร่างกายด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยมีรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ที่ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลพัฒนาการทางกายภาพ (physical development) ด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานครที่มีการเก็บข้อมูลในบัตรบันทึกสุขภาพไว้ครบสมบูรณ์ทั้ง 10 ช่วงเวลา จำนวน 3 โรงเรียน โดยมีขั้นตอนในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมลิสเรลจึงจำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ Lindeman, Merenda และ Gold (1980) และ Weiss (1972, อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ให้กฎไว้ว่า อัตราส่วนระหว่างหน่วยตัวอย่าง และจำนวนพารามิเตอร์หรือตัวแปรควรจะเป็น 20 ต่อ 1 สำหรับงานวิจัยครั้งนี้มีจำนวนตัวแปรในโมเดลแต่ละช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์แตกต่างกัน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในโมเดลแต่ละช่วงเวลาแสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการ
ที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน

โมเดลการวัด	จำนวน			รวมจำนวน กลุ่มตัวอย่างของโมเดลทั้งหมด
	ตัวแปร	กลุ่มตัวอย่าง / กลุ่ม	กลุ่ม	
3 ช่วงเวลา	3	60	8	480
4 ช่วงเวลา	4	80	7	560
5 ช่วงเวลา	5	100	6	600
6 ช่วงเวลา	6	120	5	600
7 ช่วงเวลา	7	140	4	560
8 ช่วงเวลา	8	160	3	480
9 ช่วงเวลา	9	180	2	360
10 ช่วงเวลา	10	200	1	200

(Completed model)

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในแต่ละโมเดลจะเห็นว่า
ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดอย่างน้อย 600 คน จึงจะสามารถวิเคราะห์โมเดลในทุกช่วงเวลาได้
ตามกฎของ Lindeman, Merenda และ Gold (1980) และ Weiss (1972)

ขั้นตอนที่ 2 ดำเนินการคัดเลือกโรงเรียนที่จะใช้เป็นฐานข้อมูลโดยพิจารณาจากความ
สมบูรณ์ของข้อมูลที่ทางโรงเรียนจัดเก็บไว้เป็นเกณฑ์ ผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกโรงเรียนจำนวน 3 โรงเรียน
ได้แก่ โรงเรียนราชวินิต โรงเรียนสายน้ำทิพย์ และโรงเรียนอนุบาลสามเสน ซึ่งจัดเป็นโรงเรียนที่มี
การจัดเก็บข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ ครบสมบูรณ์ และเป็นโรงเรียนที่มีมาตรฐานใกล้เคียงกัน
ทำให้ประเภทของโรงเรียนไม่มีผลต่อข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย โดยได้จำนวนนักเรียนรวมทั้งสิ้น 840 คน
ซึ่งถือว่ามากกว่าเกณฑ์ที่ต้องการ (600 คน)

ขั้นตอนที่ 3 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยการคัดลอกจากแบบ
บันทึกผลการตรวจสุขภาพด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนตั้งแต่ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1
ถึงชั้นประถมศึกษา 5 ซึ่งเป็นข้อมูลการวัดซ้ำจำนวน 10 ช่วงเวลา โดยมีระยะห่างในการวัดเท่ากับ
1 ภาคการศึกษา นับตั้งแต่ปีการศึกษา 2540 - 2544

ขั้นตอนที่ 4 เนื่องจากการครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิเคราะห์ห้อยลุ่มลำดับซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลวัดซ้ำคนต่างกลุ่มด้วยช่วงเวลาการวัดเท่า ๆ กัน ดังนั้น ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จึงต้องใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง (random sampling) เพื่อแบ่งกลุ่ม (group) ตามโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน โดยการสุ่มค่าเริ่มต้น (random starting value) ที่ต่างกันในการวัดแต่ละช่วงเวลาเพื่อดำเนินการสุ่มอย่างมีระบบ (systematic sampling) สำหรับจำนวนกลุ่มและจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละโมเดลพิจารณาได้จากตารางที่ 3

ตัวแปรในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งตัวแปรออกเป็น 3 ประเภท คือ ตัวแปรในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว ตัวแปรในการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ห้อยลุ่มลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์และตัวแปรในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์เชิงเส้นตรง (linear growth model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

ตัวแปรในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยเพื่อศึกษาพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียน ประกอบด้วย

ก. ตัวแปรภายในแฝง (E) ได้แก่

- ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดครั้งแรกของน้ำหนัก (LWEIGHT)
- ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดครั้งแรกของส่วนสูง (LHIGHT)
- ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก (SWEIGHT)
- ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงของส่วนสูง (SHIGHT)

ข. ตัวแปรสังเกตได้ (Y) ได้แก่

- น้ำหนักของนักเรียนจากการชั่งทั้ง 10 ครั้ง (WEIGHT₁, WEIGHT₂, WEIGHT₃, WEIGHT₄, WEIGHT₅, WEIGHT₆, WEIGH7₇, WEIGHT₈, WEIGHT₉, WEIGHT₁₀)
- ส่วนสูงของนักเรียนจากการวัดทั้ง 10 ครั้ง (HIGHT₁, HIGHT₂, HIGHT₃, HIGHT₄, HIGHT₅, HIGHT₆, HIGH7₇, HIGHT₈, HIGHT₉, HIGHT₁₀)

ตัวแปรในการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลือมลำดับในโมเดลโค้ง พัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ จำนวนช่วงเวลาการวัด

ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องและผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝง

ตัวแปรในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดล พัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) และ
โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 4 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบลักษณะเบื้องต้น
ของข้อมูลพัฒนาการทางด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนจากการวัดทั้ง 10 ช่วงเวลา
โดยใช้สถิติพื้นฐาน คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
(standard deviation) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย
(coefficient of variation) ค่าความเบ้ (skewness) ค่าความโด่ง (kurtosis) โดยใช้โปรแกรม
คอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for Windows version 10.01 ในการวิเคราะห์

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์เหลือมลำดับ (sequential analysis) โดยการเปรียบเทียบผล
จากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบ
สมบูรณ์ (completed model) จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear
growth model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

การวิเคราะห์ในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างโมเดลโค้งพัฒนาการที่
มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (10 ช่วงเวลา) โดยจะ
แบ่งการวิเคราะห์ตามลำดับชุดของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ตัวแปรน้ำหนักและตัวแปร
ส่วนสูงโดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม LISREL version 8.52

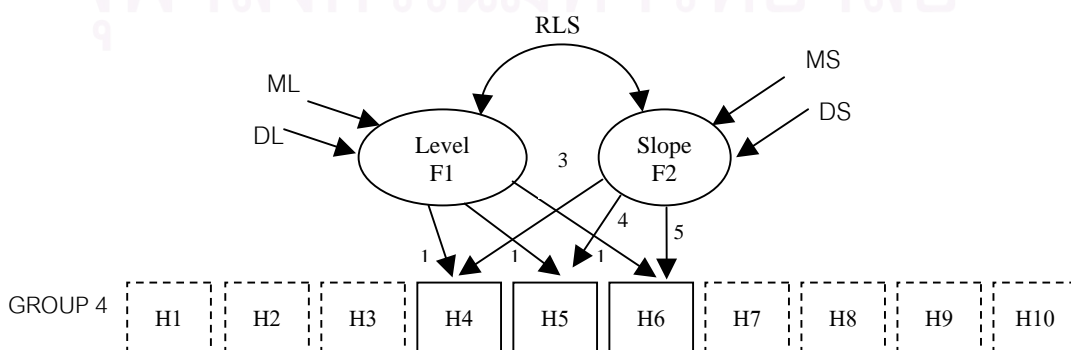
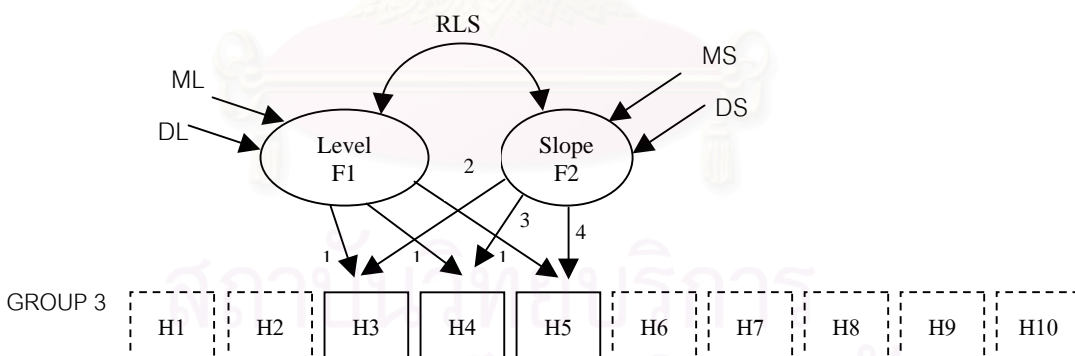
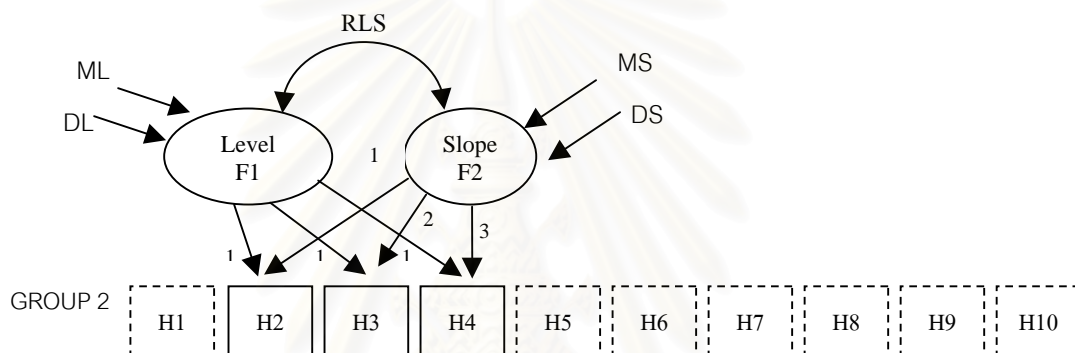
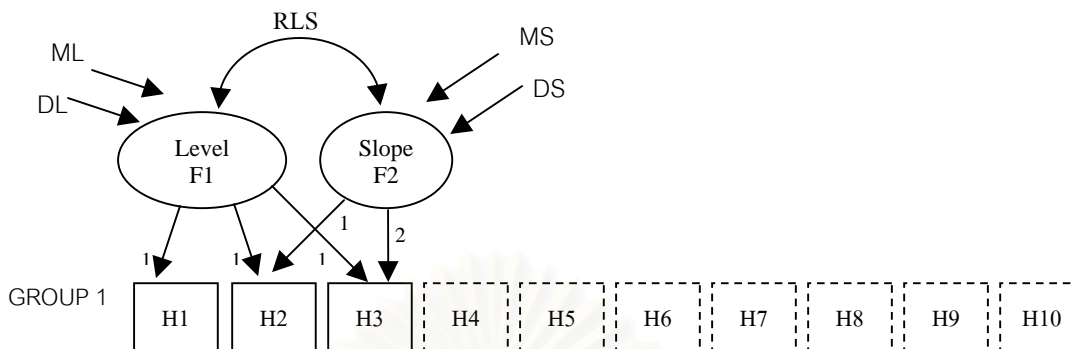
ในตอนนีผู้วิจัยจะนำเสนอผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในโมเดล ดังนี้ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับและตัวแปรแฝงความชัน ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรแฝงได้ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงการวัดแต่ละครั้งที่มีต่อองค์ประกอบความชัน และค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดล ได้แก่ ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square) ค่าชี้แจงความเป็นอิสระ (degree of freedom) ค่าสถิติไค-สแควร์สัมพันธ์ ผลต่างค่าสถิติไค-สแควร์ (Difference Chi-Square) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index: GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Non-Normed Fit Index: NNFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Comparative Fit Index: CFI) และดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (Root Mean Square Error of Approximation: RMSEA)

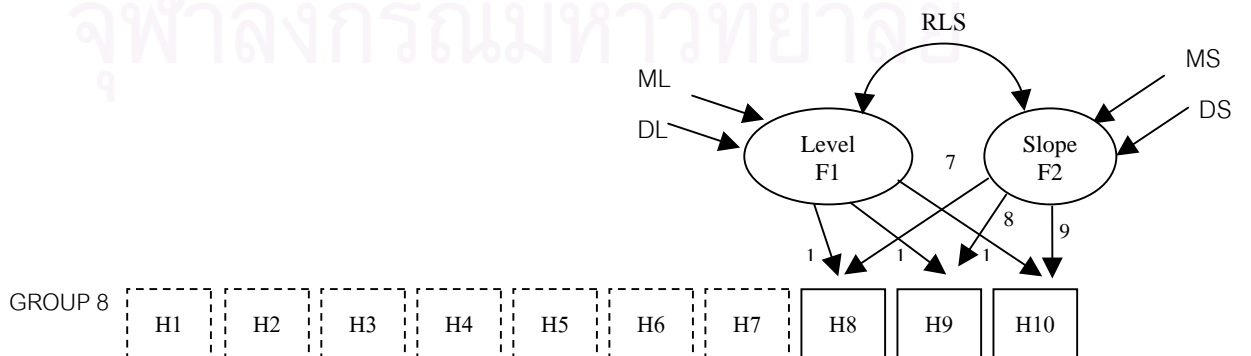
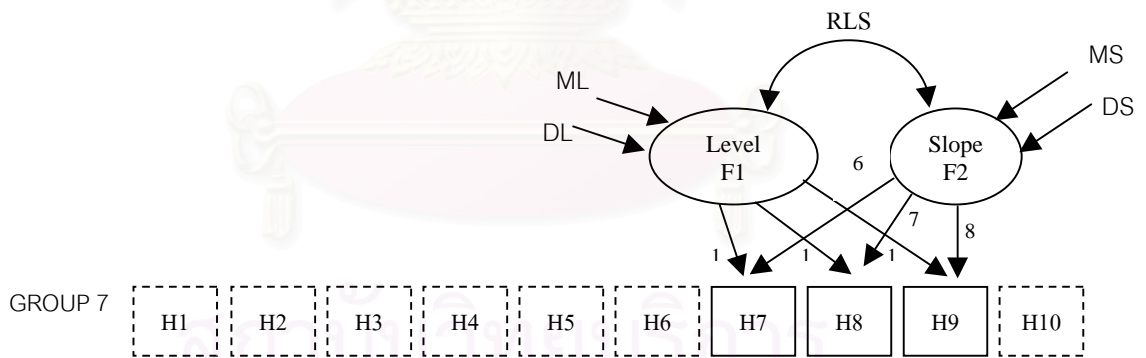
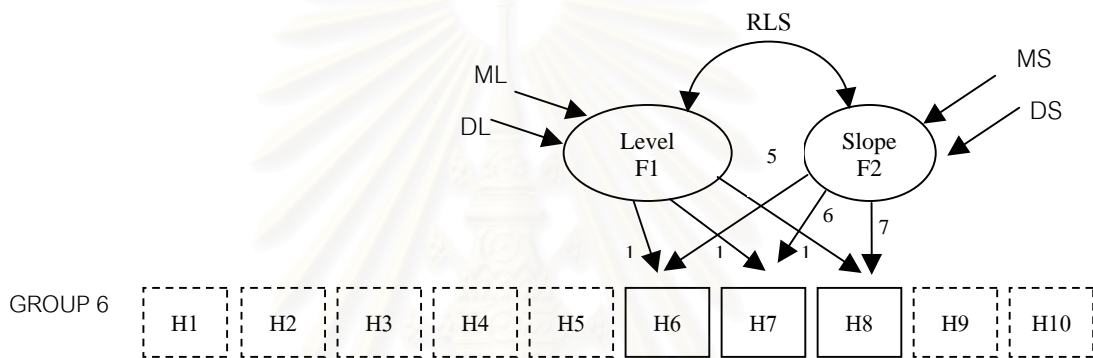
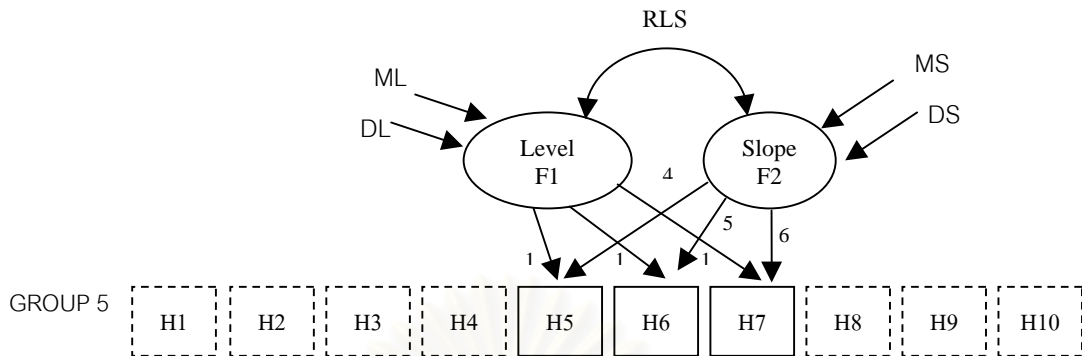
สำหรับขั้นตอนในการวิเคราะห์นั้น ผู้วิจัยจะขอนำเสนอขั้นตอนการวิเคราะห์เฉพาะกรณีโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (10 ช่วงเวลา) สำหรับกรณีโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาอื่น ๆ จะดำเนินการวิเคราะห์ตามขั้นตอนในลักษณะเช่นเดียวกันนี้ โดยมีรายละเอียดสำหรับขั้นตอนในการวิเคราะห์ เป็นดังนี้

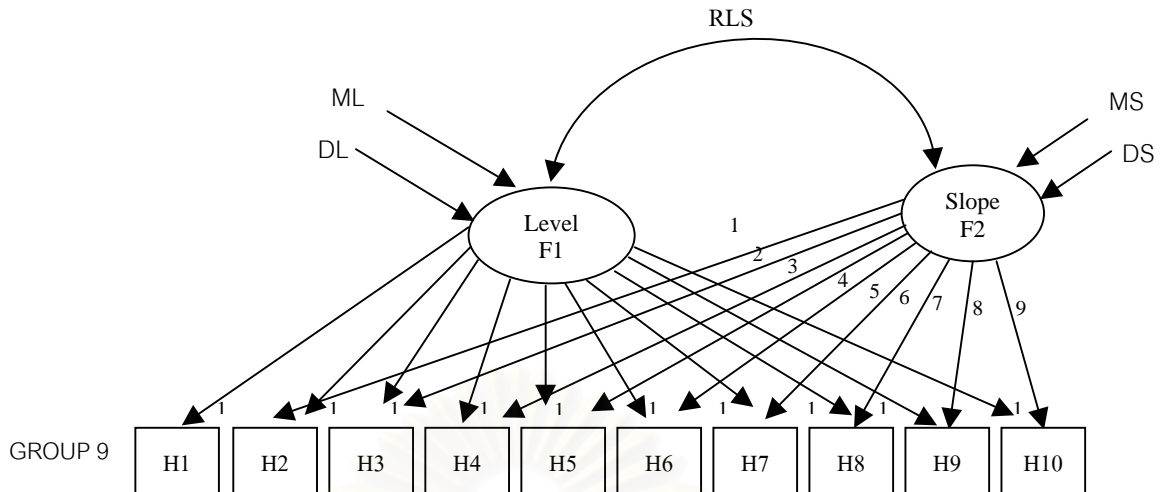
ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา ในกลุ่มย่อยทั้ง 8 กลุ่ม โดยการกำหนดให้ผลการวัดน้ำหนักและส่วนสูงในครั้งที่ 1 - 3 ของกลุ่มคนกลุ่มแรก (cohort 1) เป็นกลุ่มที่หนึ่ง (group 1) ผลการวัดน้ำหนักและส่วนสูงในครั้งที่ 2 - 4 ของกลุ่มคนกลุ่มที่สอง (cohort 2) เป็นกลุ่มที่สอง (group 2) กำหนดเช่นนี้จนกระทั่งถึงกลุ่มที่แปด (group 8) ซึ่งเป็นผลการวัดน้ำหนักและส่วนสูงในครั้งที่ 8 - 10 ของกลุ่มคนกลุ่มที่แปด (cohort 8) จากการกำหนดช่วงเวลาการวัดสำหรับแต่ละกลุ่ม จะเห็นว่ามีส่วนช่วงเวลาการวัดที่เหลื่อมกัน (overlap) ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นรูปแบบเฉพาะของการศึกษาเหลื่อมลำดับ (sequential study) ดังแสดงในภาพที่ 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณี โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา







โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (completed model)

ภาพที่ 12 การวิเคราะห์หieloomลำดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา

จากภาพที่ 12 การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา จะเห็นว่าการแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 8 กลุ่ม ซึ่งจะดำเนินการวัดซ้ำข้อมูลในแต่ละกลุ่มด้วยช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลาเท่า ๆ กัน โดยมีการหieloomของช่วงเวลาการวัดในทั้ง 8 กลุ่ม สำหรับในกลุ่มที่ 9 เป็นกลุ่มของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลาซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ

ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์หieloomลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ด้วยโปรแกรม LISREL version 8.52 โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group analysis) ที่จะทำให้การวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างทั้ง 8 กลุ่มพร้อมกัน โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 รูปแบบ คือ (1) การวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) และ (2) การวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

สำหรับในภาพที่ 12 เป็นการนำเสนอการวิเคราะห์หieloomลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงจะมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ $B(t)$ ซึ่งเป็นน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ต่อตัวแปรแฝงความชันเท่ากับ 0, 1, 2, 3, ..., 11 ตามลำดับ เนื่องจากถือว่าพัฒนาการด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนในช่วงอายุดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรง โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ $B(t)$ มีอัตราเพิ่มขึ้นแต่ละช่วงเป็นหนึ่งเท่ากัน สำหรับในกรณีโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ

(free parameter growth model) จะแตกต่างกับโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงในส่วนของ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ $B(t)$ กล่าวคือ จะกำหนดค่าพารามิเตอร์ $B(t)$ สำหรับการวัดครั้งแรกให้มีค่าเท่ากับ 0 ($B_1 = 0$) นั่นคือ ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง และในการวัดครั้งที่สองจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 ($B_2 = 1$) เพื่อเป็นแกนอ้างอิงที่จะแสดงให้เห็นวิถีของการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน สำหรับการวัดครั้งหลังจะกำหนดค่าพารามิเตอร์ $B(t)$ ให้เป็นพารามิเตอร์อิสระ (free parameter)

โดยหลักการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ (sequential analysis) นั้นจะมีการกำหนดเงื่อนไข บังคับ (constraints) ให้แต่ละกลุ่มมีค่าพารามิเตอร์เท่ากัน ณ ตำแหน่งช่วงเวลาการวัดที่เหลื่อมกัน ซึ่งในการวิเคราะห์จะมีค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ พารามิเตอร์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวแปรระดับ (ML, DL) พารามิเตอร์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรความชัน (MS, DS) พารามิเตอร์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) พารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบในการวัดครั้งที่ t ต่อตัวแปรแฝงความชัน (B_t) พารามิเตอร์ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดครั้งที่ t (E_t) โดยในการวิเคราะห์ผู้วิจัยจะกำหนดค่า พารามิเตอร์ ซึ่งได้แก่ พารามิเตอร์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ พารามิเตอร์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน พารามิเตอร์ความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน และเทอมความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด ณ ตำแหน่งของการวัดที่เหลื่อมกันให้มีค่าเท่ากัน

สำหรับการเขียนคำสั่งในการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multi - sample analysis หรือ multi - group analysis) ด้วยโปรแกรม LISREL นั้นจะต้องใช้คำสั่ง EQ การเขียนเงื่อนไขบังคับความ เท่าเทียมกันระหว่างกลุ่ม (equality constraints) โดยจะกำหนดให้ส่วนพารามิเตอร์อิสระ (free parameter) สำหรับในกลุ่มแรกก่อน จากนั้นจึงใช้คำสั่ง EQ กำหนดให้พารามิเตอร์แต่ละกลุ่มมี ค่าเท่ากัน ผู้วิจัยได้แสดงตำแหน่งของการกำหนดเงื่อนไขบังคับค่าพารามิเตอร์ในแต่ละกลุ่มให้ เท่ากัน ณ ช่วงเวลาการวัดที่เหลื่อมกัน สำหรับการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารา มิเตอร์อิสระไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้มีค่าเท่ากันของแต่ละกลุ่มในการวิเคราะห์โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน กรณีรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ

พารามิเตอร์	ML	DL	MS	DS	RLS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	
3 ช่วงเวลา																										
กลุ่มที่ 1	*	*	*	*	*	0	1	2	X	X	X	X	X	X	X	*	*	*	X	X	X	X	X	X	X	X
กลุ่มที่ 2	=	=	=	=	=	X	=	=	*	X	X	X	X	X	X	X	=	=	*	X	X	X	X	X	X	X
กลุ่มที่ 3	=	=	=	=	=	X	X	=	=	*	X	X	X	X	X	X	X	=	=	*	X	X	X	X	X	X
กลุ่มที่ 4	=	=	=	=	=	X	X	X	=	=	*	X	X	X	X	X	X	X	=	=	*	X	X	X	X	X
กลุ่มที่ 5	=	=	=	=	=	X	X	X	X	=	=	*	X	X	X	X	X	X	X	=	=	*	X	X	X	X
กลุ่มที่ 6	=	=	=	=	=	X	X	X	X	X	=	=	*	X	X	X	X	X	X	X	=	=	*	X	X	X
กลุ่มที่ 7	=	=	=	=	=	X	X	X	X	X	X	=	=	*	X	X	X	X	X	X	X	=	=	*	X	X
กลุ่มที่ 8	=	=	=	=	=	X	X	X	X	X	X	X	=	=	*	X	X	X	X	X	X	X	=	=	*	X
4 ช่วงเวลา																										
กลุ่มที่ 1	*	*	*	*	*	0	1	2	*	X	X	X	X	X	X	*	*	*	*	X	X	X	X	X	X	X
กลุ่มที่ 2	=	=	=	=	=	X	=	=	=	*	X	X	X	X	X	X	=	=	=	*	X	X	X	X	X	X
กลุ่มที่ 3	=	=	=	=	=	X	X	=	=	=	*	X	X	X	X	X	X	=	=	=	*	X	X	X	X	X
กลุ่มที่ 4	=	=	=	=	=	X	X	X	=	=	=	*	X	X	X	X	X	X	=	=	=	*	X	X	X	X
กลุ่มที่ 5	=	=	=	=	=	X	X	X	X	=	=	=	*	X	X	X	X	X	X	=	=	=	*	X	X	X
กลุ่มที่ 6	=	=	=	=	=	X	X	X	X	X	=	=	=	*	X	X	X	X	X	X	=	=	=	*	X	X
กลุ่มที่ 7	=	=	=	=	=	X	X	X	X	X	X	=	=	=	*	X	X	X	X	X	X	=	=	=	*	X

ตารางที่ 4 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ML	DL	MS	DS	RLS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	
5 ช่วงเวลา																										
กลุ่มที่ 1	*	*	*	*	*	0	1	2	*	*	X	X	X	X	X	*	*	*	*	*	X	X	X	X	X	
กลุ่มที่ 2	=	=	=	=	=	X	=	=	=	=	*	X	X	X	X	X	=	=	=	=	*	X	X	X	X	
กลุ่มที่ 3	=	=	=	=	=	X	X	=	=	=	=	*	X	X	X	X	X	=	=	=	=	*	X	X	X	
กลุ่มที่ 4	=	=	=	=	=	X	X	X	=	=	=	=	*	X	X	X	X	X	=	=	=	=	*	X	X	
กลุ่มที่ 5	=	=	=	=	=	X	X	X	X	=	=	=	=	*	X	X	X	X	X	=	=	=	=	*	X	
กลุ่มที่ 6	=	=	=	=	=	X	X	X	X	X	=	=	=	=	*	X	X	X	X	X	=	=	=	=	*	
6 ช่วงเวลา																										
กลุ่มที่ 1	*	*	*	*	*	0	1	2	*	*	*	X	X	X	X	*	*	*	*	*	*	*	X	X	X	X
กลุ่มที่ 2	=	=	=	=	=	X	=	=	=	=	=	*	X	X	X	X	=	=	=	=	=	*	X	X	X	
กลุ่มที่ 3	=	=	=	=	=	X	X	=	=	=	=	=	*	X	X	X	X	=	=	=	=	=	*	X	X	
กลุ่มที่ 4	=	=	=	=	=	X	X	X	=	=	=	=	=	*	X	X	X	X	=	=	=	=	=	*	X	
กลุ่มที่ 5	=	=	=	=	=	X	X	X	X	=	=	=	=	=	*	X	X	X	X	=	=	=	=	=	*	

ตารางที่ 4 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ML	DL	MS	DS	RLS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10		
<u>7 ช่วงเวลา</u>																											
กลุ่มที่ 1	*	*	*	*	*	0	1	2	*	*	*	*	X	X	X	*	*	*	*	*	*	*	*	X	X	X	
กลุ่มที่ 2	=	=	=	=	=	X	=	=	=	=	=	=	*	X	X	X	=	=	=	=	=	=	=	*	X	X	
กลุ่มที่ 3	=	=	=	=	=	X	X	=	=	=	=	=	=	*	X	X	X	=	=	=	=	=	=	*	X	X	
กลุ่มที่ 4	=	=	=	=	=	X	X	X	=	=	=	=	=	=	*	X	X	X	=	=	=	=	=	=	=	*	
<u>8 ช่วงเวลา</u>																											
กลุ่มที่ 1	*	*	*	*	*	0	1	2	*	*	*	*	*	X	X	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	X	
กลุ่มที่ 2	=	=	=	=	=	X	=	=	=	=	=	=	=	*	X	X	=	=	=	=	=	=	=	*	X	X	
กลุ่มที่ 3	=	=	=	=	=	X	X	=	=	=	=	=	=	=	*	X	X	=	=	=	=	=	=	=	=	*	
<u>9 ช่วงเวลา</u>																											
กลุ่มที่ 1	*	*	*	*	*	0	1	2	*	*	*	*	*	*	X	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X	
กลุ่มที่ 2	=	=	=	=	=	X	=	=	=	=	=	=	=	=	*	X	=	=	=	=	=	=	=	=	=	*	

หมายเหตุ * แทน พารามิเตอร์อิสระ = แทน พารามิเตอร์บังคับให้มีค่าเท่ากัน X แทน ไม่มีพารามิเตอร์

ขั้นตอนที่ 3 ทำการวิเคราะห์โมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ (10 ช่วงเวลา) ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเปรียบเทียบกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดต่าง ๆ ซึ่งในการวิเคราะห์โมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์นี้จะเป็นการวิเคราะห์โมเดลเพียงกลุ่มเดียว

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลากการวัด 3 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ซึ่งได้แก่ ดัชนีตรวจสอบความกลมกลืนประเภทค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) ค่าสถิติผลต่างไค-สแควร์ ($\Delta\chi^2$)

สำหรับในตอนี่ 2 นี้ จะมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ (combined multiple - sample analysis) เพื่อทดสอบสมมติฐานความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ ทั้งในส่วนของ การวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงและโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) การวิเคราะห์เพื่อคำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์โดยไม่มีกำหนดเงื่อนไขการบังคับค่าพารามิเตอร์ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ให้มีค่าเท่ากัน

2) การวิเคราะห์เพื่อคำนวณค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์โดยการกำหนดเงื่อนไขบังคับให้ค่าพารามิเตอร์ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเท่ากัน ณ ตำแหน่งของช่วงเวลากการวัดที่เหลื่อมกัน

3) การคำนวณผลต่างของค่าไค-สแควร์ และผลต่างขององศาอิสระที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการแปลผลการวิเคราะห์ต่อไป

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth Model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

หลังจากการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับเพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลากการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ (completed model) จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model) ของข้อมูลพัฒนาการด้านน้ำหนักและส่วนสูงแล้ว ผู้วิจัยจะนำค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ซึ่งได้แก่ ดัชนีตรวจสอบความกลมกลืนประเภทค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (NNFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (CFI) และค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (RMSEA) มาใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 รูปแบบ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ (sequential analysis) ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันซึ่งประกอบด้วย โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 – 9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลา ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ที่ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานการประถมศึกษากรุงเทพมหานครจำนวน 3 โรงเรียน รวมจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 840 คน จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model) ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 ตอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย 2 ชุด คือ ข้อมูลผลการชั่งน้ำหนัก และข้อมูลผลการวัดส่วนสูงของนักเรียนจากการวัดซ้ำทั้ง 10 ช่วงเวลา

สำหรับค่าสถิติพื้นฐานที่นำเสนอ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ (sequential analysis) ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (completed model) จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model)

ในตอนนีผู้วิจัยจะนำเสนอผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (10 ช่วงเวลา) โดยใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (multiple sample structural equation model) ด้วยโปรแกรม LISREL โดยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ซึ่งเป็นเกณฑ์ในการวิจัยครั้งนี้ไปพร้อม ๆ กัน เพื่อชี้ให้เห็นถึงโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดที่ให้ผลสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด โดยผู้วิจัยได้

แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ตอน ตามลำดับตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ตัวแปรน้ำหนัก และตัวแปรส่วนสูง

สำหรับในแต่ละตอนผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง ได้แก่ ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square) ค่าชั้นความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) ค่าสถิติไค-สแควร์สัมพัทธ์ และผลต่างค่าสถิติไค-สแควร์ (Difference Chi-Square) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index: GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Non-Normed Fit Index: NNFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Comparative Fit Index: CFI) และ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (Root Mean Square Error of Approximation: RMSEA) พร้อมทั้งนำเสนอ ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝง ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ และค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงการวัดแต่ละครั้งที่มีต่อองค์ประกอบความชัน

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์หาล้อมลำดับ (sequential analysis) ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลการวัดครบสมบูรณ์ (completed model) จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

ในตอนนีผู้วิจัยจะนำเสนอผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์หาล้อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลการวัด 3 – 9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลการวัดครบสมบูรณ์ (10 ช่วงเวลา) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สมการโครงสร้างกลุ่มพหุ ด้วยโปรแกรม LISREL ผู้วิจัยได้แยกนำเสนอเป็นตอนย่อย และเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกันกับในตอนที่ 2

นอกจากนี้สำหรับในตอนที่ 2 และตอนที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบผลสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์หาล้อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลการวัดครบสมบูรณ์ ทั้งในส่วนของการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงและโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ (combined multiple-sample analysis) ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ตามลำดับตัวแปร คือ ตัวแปรน้ำหนัก และตัวแปรส่วนสูง ซึ่งในส่วนนี้จะนำเสนอผลการวิเคราะห์ คือ ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square) ค่าชั้นความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) และผลต่างค่าสถิติไค-สแควร์ (Difference Chi-Square)

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงกับโมเดลพัฒนาการพหามิตอริอิสระ

สำหรับในตอนี่ 4 ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 รูปแบบ ด้วยโปรแกรมลิสเรลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 รูปแบบ ในการศึกษาพัฒนาการทางด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียน โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ตอนย่อย ตามลำดับตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูง

สำหรับในตอนี่ 4 ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ ดังนี้ ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index: GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Non-Normed Fit Index: NNFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Comparative Fit Index: CFI) และ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (Root Mean Square Error of Approximation: RMSEA) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลทั้ง 2 รูปแบบ

เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสะดวกและมีความเข้าใจเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลมากขึ้น ผู้วิจัยจึงกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติและตัวแปรต่าง ๆ ในการนำเสนอ ดังนี้

ตัวแปรสังเกตได้

WEIGHT _t	หมายถึง น้ำหนักของนักเรียนจากการชั่งครั้งที่ t
HIGHT _t	หมายถึง ส่วนสูงของนักเรียนจากการวัดครั้งที่ t

ตัวแปรแฝง

LEVEL	หมายถึง ตัวแปรแฝงที่แสดงค่าเริ่มต้นของพัฒนาการทางด้านน้ำหนักและส่วนสูง
SLOPE	หมายถึง ตัวแปรแฝงที่แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการด้านน้ำหนักและส่วนสูง

ค่าพหามิตอริ

ML	หมายถึง พหามิตอริค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ
MS	หมายถึง พหามิตอริค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชัน
DL	หมายถึง พหามิตอริส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ

DS	หมายถึง พารามิเตอร์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน
RLS	หมายถึง พารามิเตอร์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน
B_t	หมายถึง พารามิเตอร์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงการวัดครั้งที่ t ที่มีต่อองค์ประกอบความชัน
E_t	หมายถึง พารามิเตอร์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนในการวัดครั้งที่ t

ค่าสถิติ

\bar{x}	หมายถึง ค่าเฉลี่ย (mean)
SD	หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
MAX	หมายถึง ค่าสูงสุด (maximum)
MIN	หมายถึง ค่าต่ำสุด (minimum)
SK	หมายถึง ความเบ้ (skewness)
KU	หมายถึง ความโด่ง (kurtosis)
CV	หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation)

ดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง

χ^2	หมายถึง ดัชนีตรวจสอบความกลมกลืนประเภทค่าสถิติไค-สแควร์
df	หมายถึง ชั้นแห่งความเป็นอิสระ
$\Delta\chi^2$	หมายถึง ผลต่างค่าสถิติไค-สแควร์
χ^2 / df	หมายถึง ดัชนีตรวจสอบความกลมกลืนประเภทค่าสถิติไค-สแควร์สัมพัทธ์
GFI	หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index)
NNFI	หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Non-Normed Fit Index)
CFI	หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Comparative Fit Index)
RMSEA	หมายถึง ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (Root Mean Square Error of Approximation)

สำหรับเกณฑ์ในการตีความค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องนั้น ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ คือ ค่าสถิติไค-สแควร์ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติไค-สแควร์ที่ระดับนัยสำคัญที่ .05 ($p = .05$) ในการตัดสินความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ สำหรับค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness-of-fit Index: GFI) ผู้วิจัยไม่ได้กำหนดเกณฑ์ในการตีความ ซึ่งดัชนี GFI เป็นดัชนีที่ใช้ในการเปรียบเทียบระดับความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลสองโมเดล โดยเมื่อค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องดังกล่าวมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Anderson และ Gerbring, อ้างถึงในนงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) สำหรับค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Non-Normed Fit Index: NNFI) และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Comparative Fit Index: CFI) เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบโมเดลการวิจัยว่ามีความกลมกลืนสูงกว่าโมเดลอิสระมากน้อยเพียงไร ดัชนีเหล่านี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และมีค่าใกล้ 1 เมื่อโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ สำหรับค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (Root Mean Square Error of Approximation) เป็นดัชนีที่เกิดจากการพัฒนาสูตรโดยการคิดค่าฟังก์ชันความแตกต่างจากประชากรต่อหน่วยของค่าอิสระ และเมื่อค่าดัชนี RMSEA มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ย่อมแสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าสถิติพื้นฐานเพื่อบรรยายลักษณะของตัวแปรสังเกตได้ โดยจะเสนอค่าสถิติซึ่งได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) ค่าต่ำสุด (MIN) ค่าสูงสุด (MAX) ความเบ้ (SK) และ ความโด่ง (KU) โดยแบ่งการนำเสนอเป็นสองชุด ชุดแรกเป็นข้อมูลน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1 - 10 ชุดที่สอง เป็นข้อมูลส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1-10 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเป็นดังนี้

ข้อมูลชุดที่ 1

การวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดน้ำหนักทั้ง 10 ครั้ง จากแบบบันทึกสุขภาพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2540 จากโรงเรียนทั้ง 3 โรงเรียนที่ใช้เป็นฐานข้อมูล รวมจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 840 คน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 1 - 10 มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกณฑ์สูง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.843 - 0.984 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหนักที่วัดในครั้งที่ 3 กับครั้งที่ 4 มีค่าสูงสุด (0.984) รองลงมาคือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการวัดในครั้งที่ 9 กับครั้งที่ 10 (0.983) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหนักในการวัดครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 10 มีค่าต่ำที่สุด (0.843)

เมื่อพิจารณาค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสังเกตได้ด้านน้ำหนัก พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักในการวัดแต่ละครั้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกครั้ง โดยการวัดในครั้งที่ 1 - 10 มีค่าเฉลี่ยเป็น 23.623, 24.919, 26.992, 28.505, 30.734, 33.351, 35.997, 38.522, 40.831 และ 43.005 กิโลกรัม ตามลำดับ ทำให้กราฟของการเปลี่ยนแปลงที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรง สำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเป็น 5.905, 6.158, 6.881, 7.186, 7.854, 8.254, 9.054, 9.519, 10.299 และ 10.585 ในการวัดครั้งที่ 1 - 10 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของน้ำหนัก เท่ากับ 24.996, 24.712, 25.493, 25.209, 25.555, 24.749, 25.152, 24.711, 25.223 และ 24.613 ตามลำดับ จะเห็นว่าน้ำหนักที่วัดในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันไม่มากนัก เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของน้ำหนักทั้ง 10 ครั้ง พบว่า ความเบ้มีค่าเท่ากับ 1.303, 1.299, 1.247, 1.242, 1.180, 1.035, 0.904, 0.834, 0.842 และ 0.824 ตามลำดับ ส่วนความโด่งมีค่าเท่ากับ 1.714, 1.804, 1.741, 1.790, 1.546, 1.159, 0.834, 0.623, 0.803 และ 0.731 ตามลำดับ จะเห็นว่าน้ำหนักที่วัดได้ทั้ง 10 ครั้ง มีการกระจายลักษณะเบ้ขวา (ค่าความเบ้เป็นบวก) และมีความโด่งที่

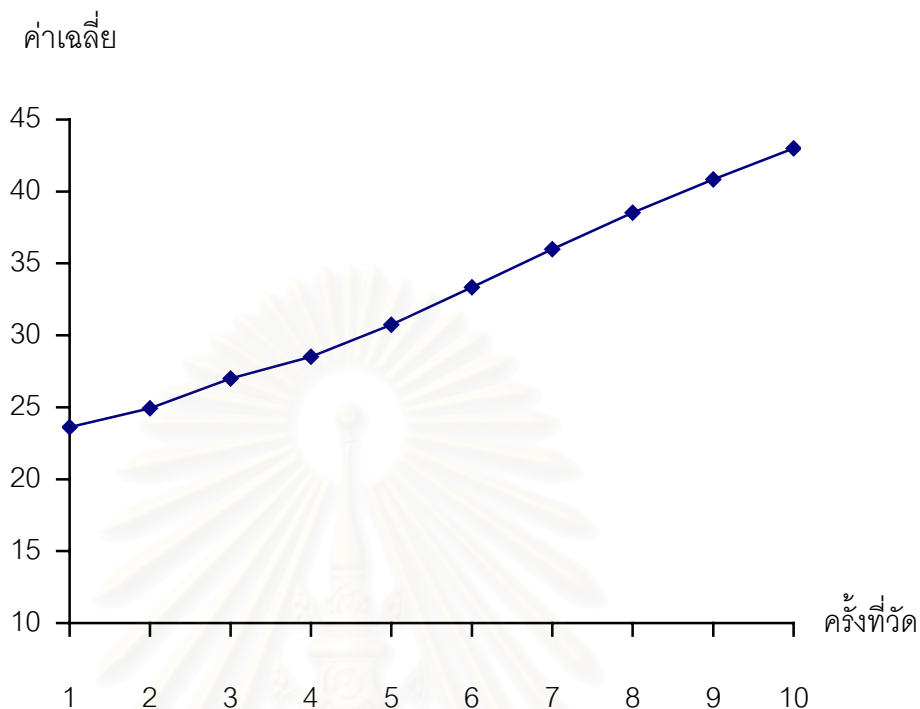
สูงกว่าปกติ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีน้ำหนักต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของน้ำหนักดังที่กล่าวมาแล้วนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 5 และ แผนภาพที่ 13

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของน้ำหนักในการวัดครั้งที่ 1 - 10 ของนักเรียน

ตัวแปร	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10
W1	1.000									
W2	.971 [*]	1.000								
W3	.954 [*]	.970 [*]	1.000							
W4	.945 [*]	.964 [*]	.984 [*]	1.000						
W5	.916 [*]	.933 [*]	.950 [*]	.963 [*]	1.000					
W6	.901 [*]	.917 [*]	.936 [*]	.946 [*]	.974 [*]	1.000				
W7	.881 [*]	.898 [*]	.915 [*]	.924 [*]	.950 [*]	.969 [*]	1.000			
W8	.861 [*]	.880 [*]	.898 [*]	.907 [*]	.932 [*]	.952 [*]	.976 [*]	1.000		
W9	.859 [*]	.876 [*]	.892 [*]	.900 [*]	.927 [*]	.941 [*]	.961 [*]	.977 [*]	1.000	
W10	.843 [*]	.861 [*]	.874 [*]	.881 [*]	.909 [*]	.923 [*]	.944 [*]	.963 [*]	.983 [*]	1.000
\bar{X}	23.623	24.919	26.992	28.505	30.734	33.351	35.997	38.522	40.831	43.005
SD	5.905	6.158	6.881	7.186	7.854	8.254	9.054	9.519	10.299	10.585
CV(%)	24.996	24.712	25.493	25.209	25.555	24.749	25.152	24.711	25.223	24.613
MIN	14.00	11.00	16.00	17.00	18.00	19.00	19.00	21.00	20.00	19.70
MAX	49.00	51.00	59.00	61.00	66.50	68.00	72.50	75.00	84.00	86.00
SK	1.303	1.299	1.247	1.242	1.180	1.035	0.904	0.834	0.842	0.824
KU	1.714	1.804	1.741	1.790	1.546	1.159	0.834	0.623	0.803	0.731

หมายเหตุ n = 840 * แทน $p < .01$

ภาพที่ 13 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของนักเรียนตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 5



ข้อมูลชุดที่ 2

การวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดส่วนสูงทั้ง 10 ครั้งจากแบบบันทึกสุขภาพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2540 จากโรงเรียนทั้ง 3 โรงเรียนที่ใช้เป็นฐานข้อมูล รวมจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 840 คน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 1 - 10 มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกณฑ์สูง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.813 - 0.979 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรส่วนสูงที่วัดในครั้งที่ 7 กับครั้งที่ 8 มีค่าสูงสุด (0.979) รองลงมาคือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการวัดในครั้งที่ 5 กับครั้งที่ 6 การวัดในครั้งที่ 6 กับครั้งที่ 7 และการวัดในครั้งที่ 9 กับครั้งที่ 10 (0.983) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรส่วนสูงในการวัดครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 10 มีค่าต่ำที่สุด (0.813)

เมื่อพิจารณาค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสังเกตได้ด้านส่วนสูง พบว่าค่าเฉลี่ยของส่วนสูงในการวัดแต่ละครั้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกครั้ง โดยที่การวัดในครั้งที่ 1 - 10 มีค่าเฉลี่ยเป็น 118.497, 121.165, 124.332, 126.820, 130.337, 134.057, 137.827, 141.457, 144.908 และ 148.079 เซนติเมตรตามลำดับ ทำให้กราฟของการเปลี่ยนแปลงที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรง สำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเป็น 5.251, 5.376, 5.440, 5.540, 5.760, 5.919, 6.064, 6.231, 6.358 และ 6.421 ในการวัดครั้งที่ 1 - 10 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์

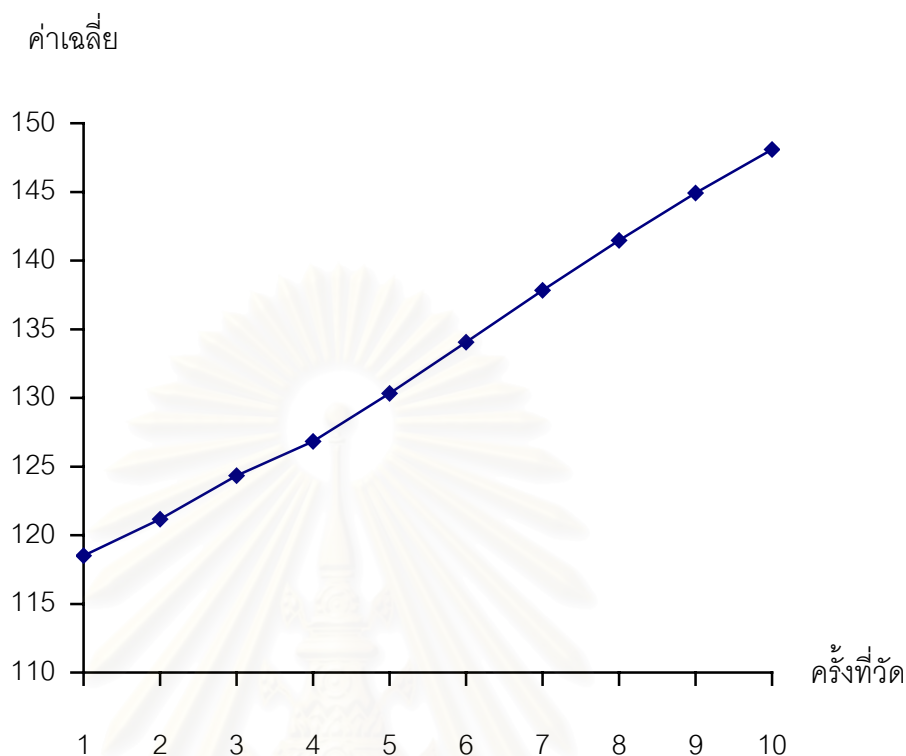
การกระจายของส่วนสูงเท่ากับ 4.431, 4.437, 4.375, 4.368, 4.419, 4.415, 4.399, 4.405, 4.388 และ 4.336 ตามลำดับ จะเห็นว่าส่วนสูงที่วัดในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันไม่มากนัก เมื่อพิจารณา ลักษณะการแจกแจงของส่วนสูงทั้ง 10 ครั้ง พบว่าความเบ้มีค่าเท่ากับ 0.156, 0.193, 0.200, 0.196, 0.159, 0.155, 0.138, 0.068, 0.074 และ 0.082 ตามลำดับ ส่วนความโด่งมีค่าเท่ากับ 0.090, -0.029, 0.013, 0.012, 0.060, 0.006, -0.066, -0.231, -0.154 และ -0.077 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าส่วนสูงที่วัดได้ทั้ง 10 ครั้ง มีลักษณะเบ้ขวา (ค่าความเบ้เป็นบวก) และมีความโด่งที่สูงกว่าปกติเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีส่วนสูงต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของ ส่วนสูงดังที่กล่าวมาแล้วนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 6 และภาพที่ 14

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของส่วนสูงในการวัดครั้งที่ 1-10 ของนักเรียน

ตัวแปร	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
H1	1.000									
H2	.977*	1.000								
H3	.957*	.961*	1.000							
H4	.938*	.946*	.975*	1.000						
H5	.920*	.926*	.952*	.971*	1.000					
H6	.896*	.902*	.932*	.947*	.977*	1.000				
H7	.878*	.883*	.911*	.922*	.951*	.977*	1.000			
H8	.856*	.859*	.888*	.892*	.923*	.955*	.979*	1.000		
H9	.843*	.847*	.871*	.876*	.903*	.928*	.951*	.971*	1.000	
H10	.813*	.819*	.845*	.851*	.882*	.911*	.932*	.954*	.979*	1.000
\bar{X}	118.497	121.165	124.332	126.820	130.337	134.057	137.827	141.457	144.908	148.079
SD	5.251	5.376	5.440	5.540	5.760	5.919	6.064	6.231	6.358	6.421
CV(%)	4.431	4.437	4.375	4.368	4.419	4.415	4.399	4.405	4.388	4.336
MIN	104.00	106.00	110.00	112.00	114.00	117.00	122.00	124.20	128.00	130.50
MAX	135.00	138.00	141.00	144.00	149.00	153.00	158.00	160.00	164.00	171.00
SK	0.156	0.193	0.200	0.196	0.156	0.155	0.138	0.068	0.078	0.082
KU	0.090	-0.029	0.013	0.012	0.060	0.006	-0.066	-0.231	-0.154	-0.077

หมายเหตุ n = 840 * แทน $p < .01$

ภาพที่ 14 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของส่วนสูงของนักเรียนตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 5



ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ (sequential analysis) ในโมเดล
 โค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด
 ครบสมบูรณ์ (completed model) จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการ
 เชิงเส้นตรง (linear growth model)

ผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับเพื่อเปรียบเทียบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด
 3 – 9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (10 ช่วงเวลา) ด้วยโปรแกรม LISREL
 ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ตอน ตามลำดับตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ตัวแปร
 น้ำหนัก และตัวแปรส่วนสูง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ข้อมูลชุดตัวแปรน้ำหนัก

2.1.1 ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์

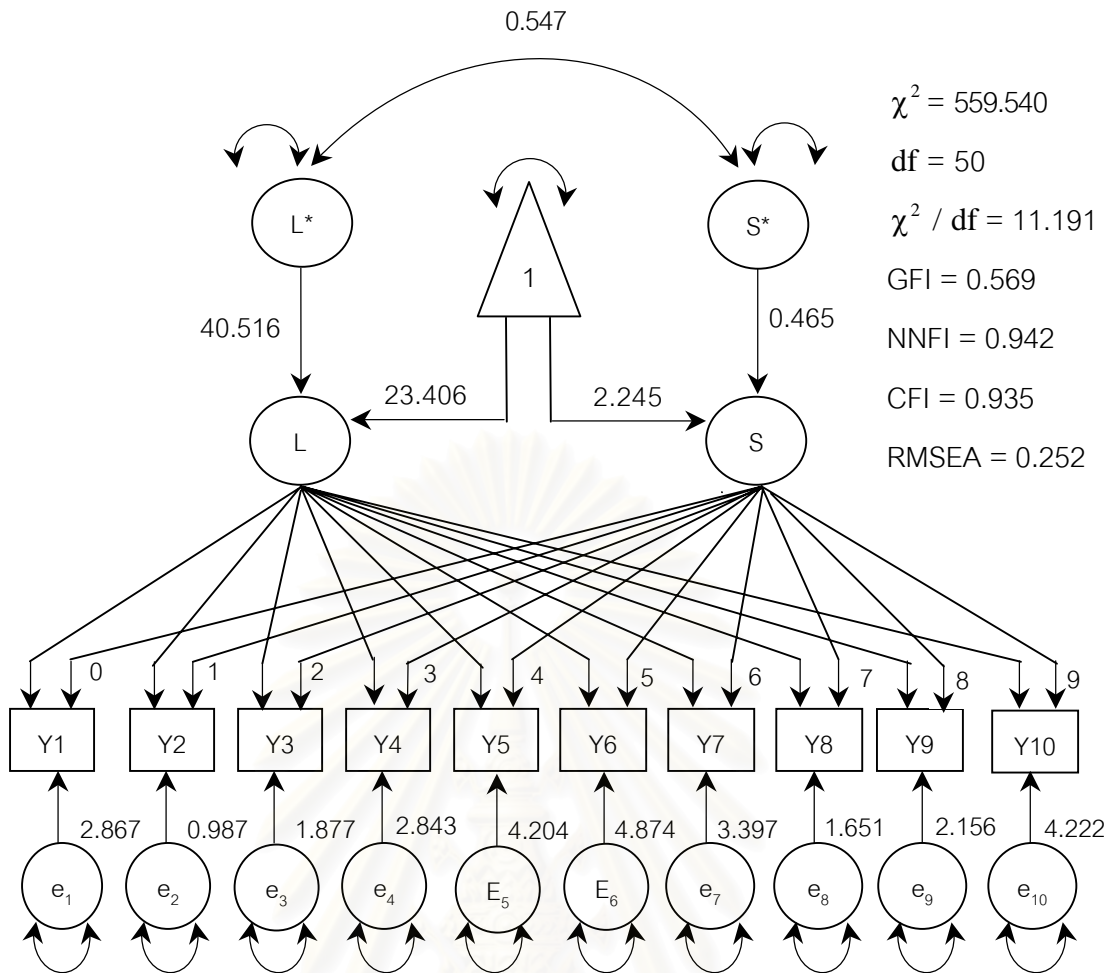
ก. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลมีค่าเท่ากับ 559.540 ($df = 50$) ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2 / df) มีค่าเท่ากับ 11.191 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index) มีค่าเท่ากับ 0.569 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Non-Normed Fit Index) มีค่าเท่ากับ 0.942 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Comparative Fit Index) มีค่าเท่ากับ 0.935 และค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.252

ข. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ (ML) ในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ มีค่าเท่ากับ 23.406 ($SE = 0.455$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (DL) มีค่าเท่ากับ 40.516 ($SE = 4.127$) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย มีค่าเท่ากับ 173.101 ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชัน (MS) มีค่าเท่ากับ 2.246 ($SE = 0.050$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน (DS) มีค่าเท่ากับ 0.465 ($SE = 0.049$) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย มีค่าเท่ากับ 20.703 และค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) มีค่าเท่ากับ 0.547 ($SE = 0.357$) แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักในการวัดครั้งที่ 1 นอกจากนี้ลักษณะการกระจายของตัวแปรแฝงระดับยังมีค่าสูงมาก และตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง

เนื่องจากวิเคราะห์โมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง ดังนั้นจึงมีการกำหนดให้น้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นตัวแปรแฝงความชันในการวัดแต่ละครั้งของตัวแปรสังเกตได้ สำหรับการวัดครั้งที่ 1 - 10 มีค่าเท่ากับ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ตามลำดับ ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ที่ผู้วิจัยได้กล่าวมาแล้วนั้น แสดงไว้ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ชุดตัวแปรนำหน้าจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

2.1.2 ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

ก. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดล พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 559.540 ($df = 50$) ในขณะที่ค่าไค-สแควร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 256.869, 386.787, 670.863, 894.152, 1096.713, 1528.259 และ 1841.695 ตามลำดับ ($df = 57, 83, 105, 120, 125, 117, 93$) จากการทดสอบผลต่างของค่าไค-สแควร์ ($\Delta\chi^2$) ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ มีค่าเท่ากับ 302.671, 172.753, 111.323, 334.612, 537.173, 968.719 และ 1281.725 ตามลำดับ ($\Delta df = 7, 33, 55, 70, 75, 67, 43$) จะเห็นว่าผลต่างของค่าไค-สแควร์ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 5 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์

มีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 111.323 (670.863 - 559.540) ที่องศาอิสระเท่ากับ 55 แสดงว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบโมเดลดังกล่าวไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบดัชนีวัดระดับความสอดคล้องในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรน้ำหนัก

โมเดลการวัด	GOODNESS OF FIT STATISTICS			
	χ^2	df	$\Delta\chi^2$	Δdf
3 ช่วงเวลา	256.869	57	302.671	7
4 ช่วงเวลา	386.787	83	172.753	33
5 ช่วงเวลา	670.863	105	111.323	55
6 ช่วงเวลา	894.152	120	334.612	70
7 ช่วงเวลา	1096.713	125	537.173	75
8 ช่วงเวลา	1528.259	117	968.719	67
9 ช่วงเวลา	1841.695	93	1281.725	43
10 ช่วงเวลา	559.540	50		
(Completed Model)				

ข. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ (ML) พบว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 23.406 (SE = 0.055) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเป็น 22.312, 21.947, 21.478, 21.763, 21.901, 22.032 และ 22.175 ตามลำดับ (SE = 0.295, 0.275, 0.267, 0.249, 0.244, 0.235, 0.230) แสดงให้เห็นว่าผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าใกล้เคียงกับผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ สำหรับผลการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (DL) พบว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 40.516 (SE = 4.127) ในขณะที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในโมเดลที่มีช่วงเวลา

การวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าไม่แตกต่างกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ โดยมีค่าเป็น 40.099, 40.653, 40.615, 37.020, 36.165, 34.164 และ 32.787 ตามลำดับ (SE = 3.012, 2.671, 2.531, 2.213, 2.124, 1.979, 1.884)

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (MS) พบว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 2.246 (SE = 0.050) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเป็น 2.124, 2.180, 2.304, 2.258, 2.254, 2.261 และ 2.249 ตามลำดับ (SE = 0.048, 0.043, 0.042, 0.039, 0.035, 0.034, 0.033) แสดงให้เห็นว่า โมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลาให้ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ สำหรับผลการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (DS) พบว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 0.465 (SE = 0.049) ในขณะที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเป็น 0.862, 0.857, 0.916, 0.869, 0.703, 0.660 และ 0.632 ตามลำดับ (SE = 0.093, 0.066, 0.062, 0.055, 0.044, 0.040 และ 0.038) จะเห็นว่าผลการประมาณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลาส่วนใหญ่ให้ผลการประมาณค่าใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์

ผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 0.547 (SE = 0.357) ในขณะที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเป็น 0.049, 0.058, 0.061, 0.094, 0.201, 0.282 และ 0.341 ตามลำดับ (SE = 0.383, 0.298, 0.283, 0.246, 0.218, 0.204, 0.197) จะเห็นว่าโมเดลส่วนใหญ่ให้ผลการประมาณค่าใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์

ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลากการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงของตัวแปรนำหน้าที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้นนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรน้ำหนัก

พารามิเตอร์	โมเดลการวัด									Completed Model
	3 ช่วงเวลา	4 ช่วงเวลา	5 ช่วงเวลา	6 ช่วงเวลา	7 ช่วงเวลา	8 ช่วงเวลา	9 ช่วงเวลา	10 ช่วงเวลา		
ML	22.312 (0.295)	21.947 (0.275)	21.478 (0.267)	21.763 (0.249)	21.901 (0.244)	22.032 (0.235)	22.175 (0.230)	23.406 (0.455)		
MS	2.124 (0.048)	2.180 (0.043)	2.304 (0.042)	2.258 (0.039)	2.254 (0.035)	2.261 (0.034)	2.249 (0.033)	2.246 (0.050)		
DL	40.099 (3.012)	40.653 (2.671)	40.615 (2.531)	37.020 (2.213)	36.165 (2.124)	34.164 (1.979)	32.787 (1.884)	40.516 (4.127)		
DS	0.862 (0.093)	0.857 (0.066)	0.916 (0.062)	0.869 (0.055)	0.703 (0.044)	0.660 (0.040)	0.632 (0.038)	0.465 (0.049)		
RLS	0.049 (0.383)	0.058 (0.298)	0.061 (0.283)	0.094 (0.246)	0.201 (0.218)	0.282 (0.204)	0.341 (0.197)	0.547 (0.357)		

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error: SE)

2.2 ข้อมูลชุดตัวแปรส่วนสูง

2.2.1 ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

ก. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

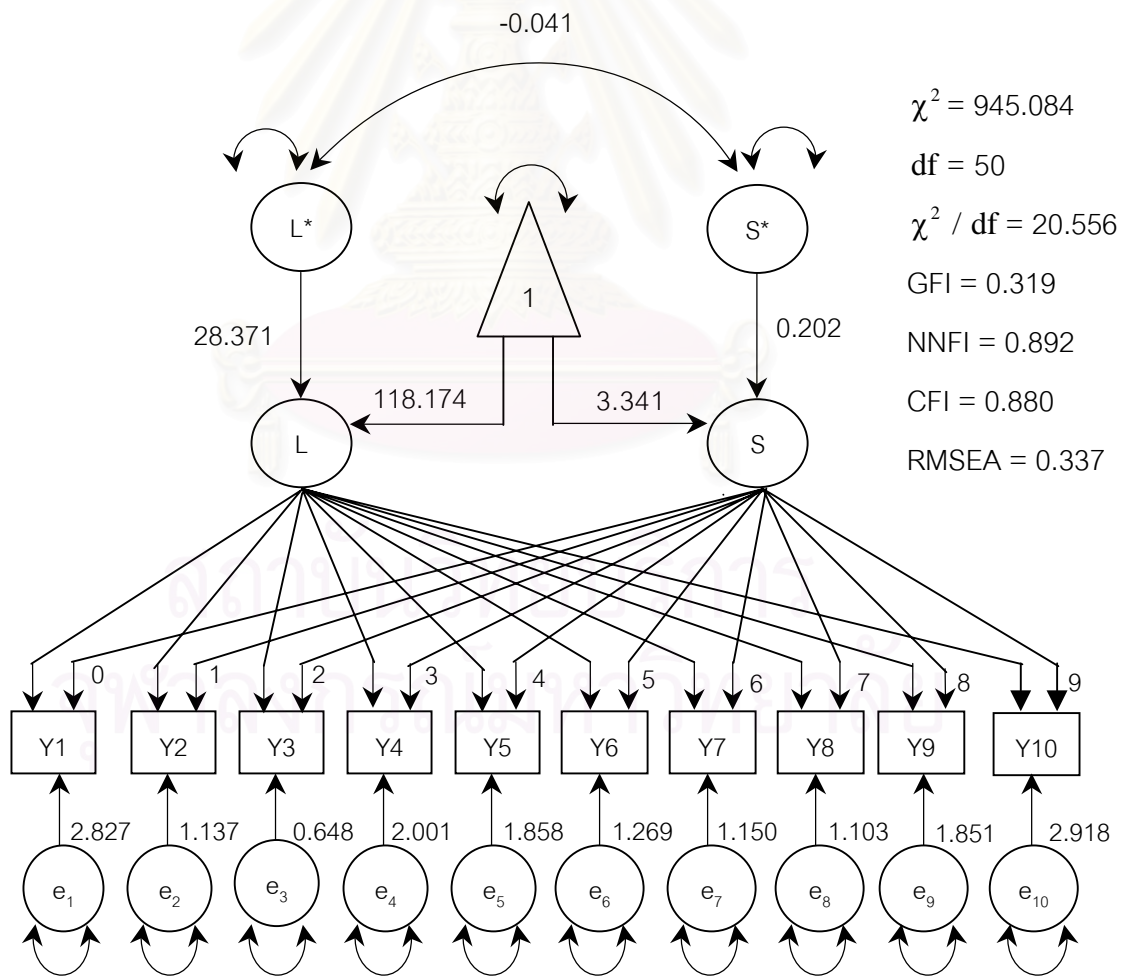
เมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลมีค่าเท่ากับ 945.084 ($df = 50$) ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2 / df) มีค่าเท่ากับ 18.902 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index) มีค่าเท่ากับ 0.319 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Non-Normed Fit Index) มีค่าเท่ากับ 0.892 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Comparative Fit Index) มีค่าเท่ากับ 0.880 และค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.337

ข. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ (ML) ในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ มีค่าเป็น

118.174 (SE = 0.381) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (DL) มีค่าเป็น 28.371 (SE = 2.894) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย มีค่าเท่ากับ 24.008 ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชัน (MS) มีค่าเป็น 3.341 (SE=0.033) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน (DS) มีค่าเป็น 0.202 (SE = 0.022) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายมีค่าเท่ากับ 6.046 และค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) มีค่าเป็น -0.041 (SE = 0.180) แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ทำการวัดในครั้งที่ 1 นอกจากนี้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันมีค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ และมีค่าเป็นลบ

เนื่องจากวิเคราะห์โมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง ดังนั้นจึงมีการกำหนดให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นตัวแปรแฝงความชันในการวัดแต่ละครั้งของตัวแปรสังเกตได้ สำหรับการวัดครั้งที่ 1 - 10 มีค่าเท่ากับ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ตามลำดับ ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ที่ผู้วิจัยได้กล่าวมาแล้วนั้น แสดงไว้ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ชุดตัวแปรส่วนสูงจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

2.2.2 ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

ก. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดล พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ มีค่าเท่ากับ 945.084 (df = 50) ในขณะที่ค่าไค-สแควร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 270.913, 398.561, 638.868, 934.533, 1429.322, 1850.045 และ 2256.218 ตามลำดับ (df = 57, 83, 105, 120, 125, 117, 93) จากการทดสอบผลต่างของค่าไค-สแควร์ ($\Delta\chi^2$) ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 674.171, 546.523, 306.216, 10.551, 484.238, 904.961 และ 1311.134 ตามลำดับ ($\Delta df = 7, 33, 55, 70, 75, 67, 43$) จะเห็นว่าผลต่างของค่าไค-สแควร์ระหว่างโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัด 6 ช่วงเวลาและโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ มีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 10.551 (945.084 - 934.533) ที่องศาอิสระเท่ากับ 70 แสดงว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 6 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบโมเดลดังกล่าวไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบดัชนีวัดระดับความสอดคล้องในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรส่วนสูง

โมเดลการวัด	GOODNESS OF FIT STATISTICS			
	χ^2	df	$\Delta\chi^2$	Δdf
3 ช่วงเวลา	270.913	57	674.171	7
4 ช่วงเวลา	398.561	83	546.523	33
5 ช่วงเวลา	638.868	105	306.216	55
6 ช่วงเวลา	934.533	120	10.551	70
7 ช่วงเวลา	1429.322	125	484.238	75
8 ช่วงเวลา	1850.045	117	904.961	67
9 ช่วงเวลา	2256.218	93	1311.134	43
10 ช่วงเวลา	945.084	50		
(Completed Model)				

ข. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ (ML) พบว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 118.174 (SE = 0.381) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเป็น 116.985, 116.807, 116.704, 116.641, 116.892, 117.049 และ 117.184 ตามลำดับ (SE = 0.265, 0.252, 0.240, 0.236, 0.224, 0.214, 0.213) จะเห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลาให้ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับที่ใกล้เคียงกับผลการประมาณค่าในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ สำหรับผลการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (DL) พบว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับใกล้เคียงกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ โดยโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับเป็น 28.371 (SE = 2.894) ในขณะที่โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับเป็น 37.795, 36.688, 34.455, 33.617, 30.646, 28.257 และ 28.226 ตามลำดับ (SE = 2.530, 2.265, 2.052, 1.983, 1.793, 1.637, 1.622)

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (MS) พบว่า ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 3.341 (SE = 0.033) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ โดยมีค่าเป็น 3.359, 3.377, 3.413, 3.453, 3.436 , 3.423 และ 3.415 ตามลำดับ (SE = 0.040, 0.033, 0.029 , 0.025, 0.022, 0.021, 0.019) สำหรับผลการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (DS) พบว่า โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันเป็น 0.202 (SE = 0.022) ในขณะที่โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน เป็น 0.729, 0.545, 0.456, 0.342, 0.263, 0.233 และ 0.210 ตามลำดับ (SE = 0.061, 0.040, 0.029, 0.023, 0.018, 0.015, 0.013) จะเห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลาส่วนใหญ่ให้ผลการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

ผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ มีค่าเป็น -0.041 (SE = 0.180) ในขณะที่ค่าความสัมพันธ์ในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าไม่แตกต่างกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ โดยมีค่าเป็น -0.389, -0.341, -0.296, -0.262, -0.117, -0.046 และ -0.034 ตามลำดับ (SE = 0.310, 0.229, 0.187, 0.158, 0.128, 0.112, 0.104)

ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝง ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงของตัวแปรส่วนสูงที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้นนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรส่วนสูง

พารามิเตอร์	โมเดลการวัด								Completed Model
	3 ช่วงเวลา	4 ช่วงเวลา	5 ช่วงเวลา	6 ช่วงเวลา	7 ช่วงเวลา	8 ช่วงเวลา	9 ช่วงเวลา	10 ช่วงเวลา	
ML	116.985 (0.265)	116.807 (0.252)	116.704 (0.240)	116.641 (0.236)	116.892 (0.224)	117.049 (0.214)	117.184 (0.213)	118.174 (0.381)	
MS	3.359 (0.040)	3.377 (0.033)	3.413 (0.029)	3.453 (0.025)	3.436 (0.022)	3.423 (0.021)	3.415 (0.019)	3.341 (0.033)	
DL	37.795 (2.530)	36.688 (2.265)	34.455 (2.052)	33.617 (1.983)	30.646 (1.793)	28.257 (1.637)	28.226 (1.622)	28.371 (2.894)	
DS	0.729 (0.061)	0.545 (0.040)	0.456 (0.029)	0.342 (0.023)	0.263 (0.018)	0.233 (0.015)	0.210 (0.013)	0.202 (0.022)	
RLS	-0.389 (0.310)	-0.341 (0.229)	-0.296 (0.187)	-0.262 (0.158)	-0.117 (0.128)	-0.046 (0.112)	-0.034 (0.104)	-0.041 (0.180)	

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error: SE)

2.3 ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ (combined multi-sample analysis) ระหว่างโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model)

2.3.1 ข้อมูลชุดตัวแปรน้ำหนัก

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องจากการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา จากสมมติฐานที่ไม่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับ ในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 1377.772, 1507.691, 3217.074, 2015.056, 2217.616, 2649.162 และ 2962.599 ตามลำดับ (df = 501, 450, 397, 342, 285, 226, 165) ในขณะที่ค่าไค-สแควร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลา 3 - 9 ช่วงเวลา จากสมมติฐานที่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 933.031, 1138.491, 3443.991, 1663.841, 1801.880, 2187.916 และ 2485.308 ตามลำดับ (df = 514, 463, 410, 355, 298, 239, 178) เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าไค-สแควร์ ($\Delta\chi^2$) ระหว่างสองสมมติฐานมีค่าเท่ากับ 444.741, 369.200, 226.917, 351.215, 415.736, 461.246 และ 477.291 ตามลำดับที่องศาอิสระเท่ากับ 13 จะเห็นว่าผลต่างของค่าไค-สแควร์ ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าต่ำที่สุด แสดงว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุดังกล่าวไว้ในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรน้ำหนัก

โมเดล	Combined I		Combined II		$\Delta\chi^2$	Δdf
	χ^2	df	χ^2	df		
3 ช่วงเวลา	1377.772	501	933.031	514	444.741	13
4 ช่วงเวลา	1507.691	450	1138.491	463	369.200	13
5 ช่วงเวลา	3217.074	397	3443.991	410	226.917	13
6 ช่วงเวลา	2015.056	342	1663.841	355	351.215	13
7 ช่วงเวลา	2217.616	285	1801.880	298	415.736	13
8 ช่วงเวลา	2649.162	226	2187.916	239	461.246	13
9 ช่วงเวลา	2962.599	165	2485.308	178	477.291	13

2.3.2 ข้อมูลชุดตัวแปรส่วนสูง

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องจากการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา จากสมมติฐานที่ไม่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 2475.360, 2603.008, 2843.316, 3138.981, 3633.769, 4256.920 และ 4460.665 ตามลำดับ (df = 501, 450, 397, 342, 285, 226, 165) ในขณะที่ค่าไค-สแควร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลา 3 - 9 ช่วงเวลา จากสมมติฐานที่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 1383.496, 1533.368, 1776.591, 1997.318, 2434.706, 3039.498 และ 3234.583 ตามลำดับ (df = 514, 463, 410, 355, 298, 239, 178) เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าไค-สแควร์ ($\Delta\chi^2$) ระหว่างสองสมมติฐานมีค่าเท่ากับ 1091.864, 1069.640, 1066.725, 1141.663, 1199.063, 1217.422 และ 1226.082 ตามลำดับ ที่องศาอิสระเท่ากับ 13 จะเห็นว่าผลต่างของค่าไค-สแควร์ ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าต่ำที่สุด แสดงว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลาสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุดังกล่าวไว้ในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรส่วนสูง

โมเดล	Combined I		Combined II		$\Delta\chi^2$	Δdf
	χ^2	df	χ^2	df		
3 ช่วงเวลา	2475.360	501	1383.496	514	1091.864	13
4 ช่วงเวลา	2603.008	450	1533.368	463	1069.640	13
5 ช่วงเวลา	2843.316	397	1776.591	410	1066.725	13
6 ช่วงเวลา	3138.981	342	1997.318	355	1141.663	13
7 ช่วงเวลา	3633.769	285	2434.706	298	1199.063	13
8 ช่วงเวลา	4256.920	226	3039.498	239	1217.422	13
9 ช่วงเวลา	4460.665	165	3234.586	178	1226.082	13

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับ (sequential analysis) ในโมเดล
 โค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบ
 สมบูรณ์ (completed model) จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการ
 พารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

3.1 ข้อมูลชุดตัวแปรน้ำหนัก

3.1.1 ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

ก. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

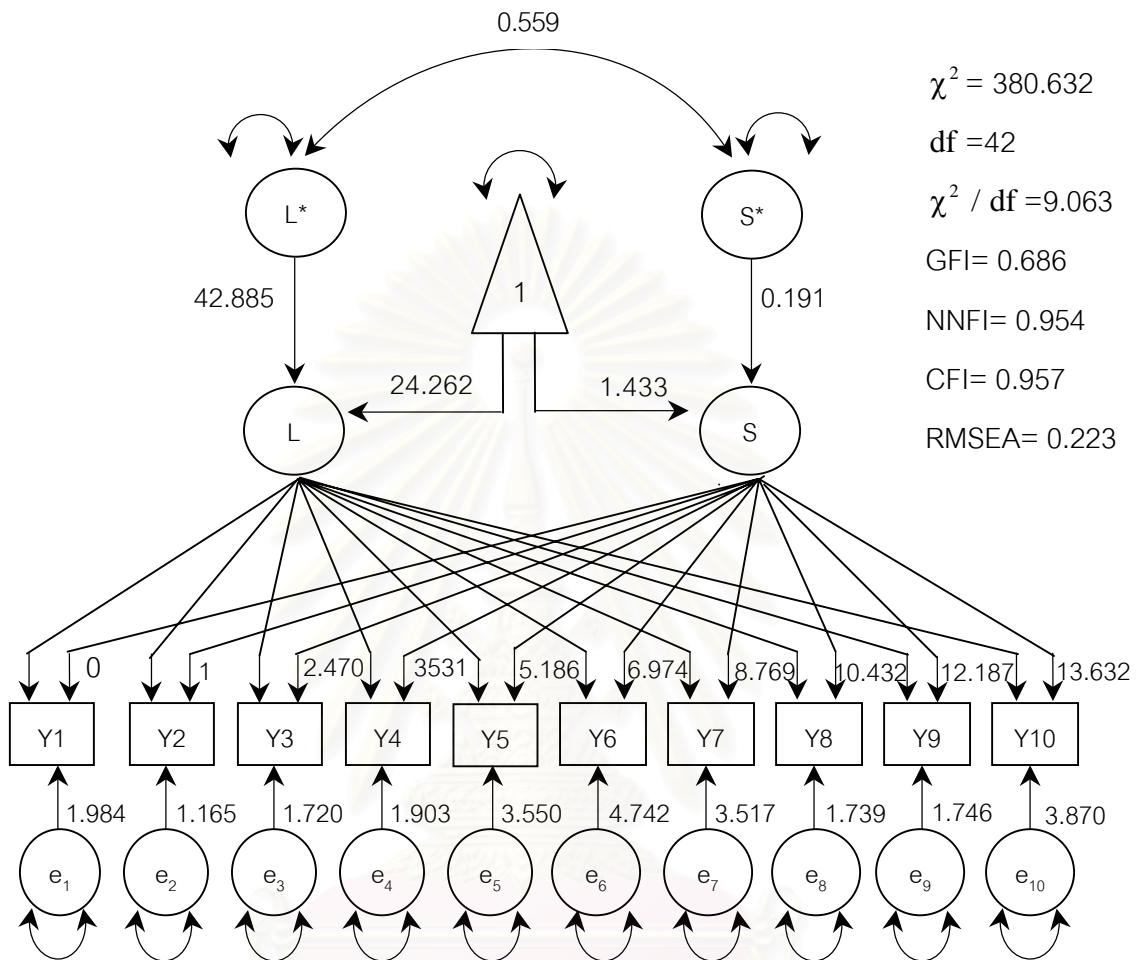
เมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบ
 สมบูรณ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลมีค่าเท่ากับ 380.632 ($df = 42$) ค่าไค-สแควร์
 สัมพัทธ์ (χ^2 / df) มีค่าเท่ากับ 9.063 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index)
 มีค่าเท่ากับ 0.686 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Non-Normed Fit Index) มีค่าเท่ากับ 0.954
 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Comparative Fit Index) มีค่าเท่ากับ 0.957 และค่าดัชนีราก
 กำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.223

ข. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ (ML) ในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบ
 สมบูรณ์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ มีค่าเป็น
 24.262 ($SE = 0.474$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (DL) มีค่าเป็น 42.885 ($SE =$
 4.356) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายมีค่าเท่ากับ 176.758 ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันมีค่าเป็น
 (MS) มีค่าเป็น 1.433 ($SE = 0.125$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน (DS) มี
 ค่าเป็น 0.191 ($SE = 0.038$) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายมีค่าเท่ากับ 13.329 และค่าความสัมพันธ์
 ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) มีค่าเป็น 0.559 ($SE = 0.267$) แสดงให้
 เห็นว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ทำการวัดในครั้งที่ 1
 นอกจากนั้นลักษณะการกระจายของตัวแปรแฝงระดับมีค่าสูงมาก และตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปร
 แฝงความชันมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง

สำหรับค่าพารามิเตอร์โค้งพัฒนาการ พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นตัวแปรแฝง
 ความชันของการวัดครั้งที่ 1 - 10 มีค่าเท่ากับ 0, 1, 2.470, 3.531, 5.186, 6.974, 8.769, 10.432,
 12.187 และ 13.632 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักองค์ประกอบเมื่อลักษณะโค้ง
 พัฒนาการเป็นเส้นตรงที่ควรจะเป็น 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 แสดงให้เห็นว่าลักษณะการ

เปลี่ยนแปลงของน้ำหนักมีลักษณะเป็นเส้นโค้งควอดราติกภายใต้ที่มีความชันสูง ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ที่ผู้วิจัยได้กล่าวมาแล้วนั้น แสดงไว้ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ชุดตัวแปรน้ำหนักจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ

3.1.2 ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

ก. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของโมเดล พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 380.632 (df = 42) ในขณะที่ค่าไค-สแควร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเป็น 122.538, 203.758, 430.421, 608.431, 682.753, 944.574 และ 1128.027 ตามลำดับ (df = 49, 75, 97, 112, 117, 109, 85) เมื่อพิจารณาผลต่างของค่าไค-สแควร์ ($\Delta\chi^2$) ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลา

การวัดครอบคลุมพบว่ามีค่าเป็น 258.094, 176.874, 49.789, 227.799, 302.121, 563.942 และ 747.395 ตามลำดับ ($\Delta df = 7, 33, 55, 70, 75, 67, 43$) จะเห็นว่าผลต่างของค่าไค-สแควร์ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 5 ช่วงเวลา และโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครอบคลุมมีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 49.789 (430.421 - 380.632) ที่องศาอิสระเท่ากับ 55 แสดงว่าโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 5 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครอบคลุมมากที่สุด โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบดัชนีวัดระดับความสอดคล้องในโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลากการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครอบคลุมของตัวแปรน้ำหนัก

โมเดลการวัด	GOODNESS OF FIT STATISTICS			
	χ^2	df	$\Delta\chi^2$	Δdf
3 ช่วงเวลา	122.538	49	258.094	7
4 ช่วงเวลา	203.758	75	176.874	33
5 ช่วงเวลา	430.421	97	49.789	55
6 ช่วงเวลา	608.431	112	227.799	70
7 ช่วงเวลา	682.753	117	302.121	75
8 ช่วงเวลา	944.574	109	563.942	67
9 ช่วงเวลา	1128.027	85	747.395	43
10 ช่วงเวลา	380.632	42		
(Completed Model)				

ข. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ (ML) พบว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครอบคลุมมีค่าเป็น 24.262 (SE = 0.474) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเป็น 23.159, 23.547, 23.331, 23.469, 23.557, 23.539 และ 23.578 ตามลำดับ (SE = 0.307, 0.303, 0.298, 0.272, 0.268, 0.265, 0.250) จะเห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา ให้ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครอบคลุม สำหรับผลการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (DL) พบว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครอบคลุมมีค่าเป็น 42.885 (SE = 4.356) ในขณะที่

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเป็น 39.627, 41.816, 35.725, 37.220, 36.967, 36.734 และ 35.123 ตามลำดับ (SE = 2.796, 2.613, 2.351, 2.183, 2.140, 2.150, 2.003) จะเห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา ส่วนใหญ่ให้ผลการประมาณค่าที่ใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (MS) พบว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 1.433 (SE = 0.125) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเป็น 1.204, 1.185, 1.209, 1.218, 1.154, 1.181 และ 1.131 ตามลำดับ (SE = 0.147, 0.145, 0.160, 0.118, 0.125, 0.127, 0.098) จะเห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลา 3 - 9 ช่วงเวลาบางโมเดลให้ผลการประมาณค่าใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ สำหรับผลการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (DS) พบว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 0.191 (SE = 0.038) ในขณะที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเป็น 0.254, 0.221, 0.236, 0.242, 0.189, 0.185 และ 0.164 ตามลำดับ (SE = 0.068, 0.057, 0.064, 0.049, 0.042, 0.040, 0.030) จะเห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลาส่วนใหญ่ให้ผลการประมาณค่าที่ใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

ผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 0.559 (SE = 0.267) ในขณะที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลาให้ผลการประมาณค่าใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ โดยมีค่าเป็น 0.148, 0.198, 0.199, 0.251, 0.317, 0.337 และ 0.397 ตามลำดับ (SE = 0.195, 0.160, 0.147, 0.142, 0.138, 0.137, 0.126)

ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน สำหรับข้อมูลนำหน้าที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้นนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรน้ำหนัก

พารามิเตอร์	โมเดลการวัด								Completed Model
	3 ช่วงเวลา	4 ช่วงเวลา	5 ช่วงเวลา	6 ช่วงเวลา	7 ช่วงเวลา	8 ช่วงเวลา	9 ช่วงเวลา	10 ช่วงเวลา	
ML	23.159 (0.307)	23.547 (0.303)	23.331 (0.298)	23.469 (0.272)	23.557 (0.268)	23.539 (0.265)	23.578 (0.250)	24.262 (0.474)	
MS	1.204 (0.147)	1.185 (0.145)	1.209 (0.160)	1.218 (0.118)	1.154 (0.125)	1.181 (0.127)	1.131 (0.098)	1.433 (0.125)	
DL	39.627 (2.796)	41.816 (2.613)	35.725 (2.351)	37.220 (2.183)	36.967 (2.140)	36.734 (2.105)	35.123 (2.003)	42.885 (4.356)	
DS	0.254 (0.068)	0.221 (0.057)	0.236 (0.064)	0.242 (0.049)	0.189 (0.042)	0.185 (0.040)	0.164 (0.030)	0.191 (0.038)	
RLS	0.148 (0.195)	0.198 (0.160)	0.199 (0.147)	0.251 (0.142)	0.317 (0.138)	0.337 (0.137)	0.397 (0.126)	0.559 (0.267)	

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error: SE)

3.2 ข้อมูลชุดตัวแปรส่วนสูง

3.2.1 ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

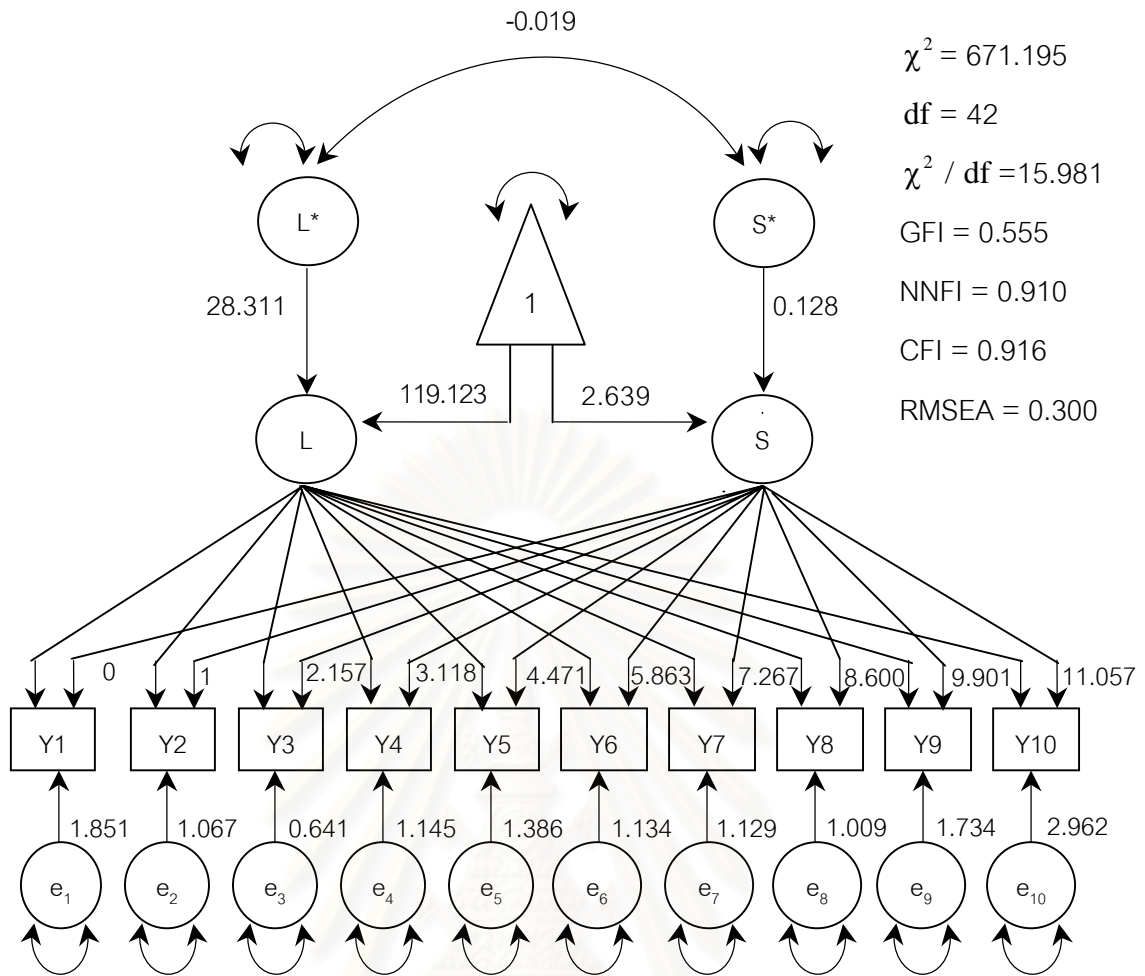
ก. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลมีค่าเท่ากับ 671.195 ($df = 42$) ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2 / df) มีค่าเท่ากับ 15.981 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index) มีค่าเท่ากับ 0.555 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Non-Normed Fit Index) มีค่าเท่ากับ 0.910 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Comparative Fit Index) มีค่าเท่ากับ 0.916 และค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.300

ข. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ (ML) ในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ มีค่าเป็น 119.123 (SE = 0.389) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (DL) มีค่าเป็น 28.331 (SE= 2.876) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายมีค่าเท่ากับ 23.783 ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันมีค่าเป็น (MS) มีค่าเป็น 2.639 (SE = 0.123) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน (DS) มีค่าเป็น 0.128 (SE = 0.018) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายมีค่าเท่ากับ 4.850 และค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) มีค่าเป็น -0.019 (SE = 0.142) แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ทำกรวัดในครั้งที่ 1 โดยที่ตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันมีความสัมพันธ์กันอยู่ในเกณฑ์ต่ำและมีค่าเป็นลบ

สำหรับค่าพารามิเตอร์โค้งพัฒนาการ พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นตัวแปรแฝงความชันของตัวแปรน้ำหนักในการวัดครั้งที่ 1 - 10 มีค่าเท่ากับ 0, 1, 2.157, 3.118, 4.471, 5.863, 7.267, 8.600, 9.901 และ 11.057 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า โค้งพัฒนาการของส่วนสูงมีลักษณะเป็นเส้นโค้งควอดราติกมีความชันสูงในการวัดทุกครั้ง เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของโค้งพัฒนาการที่เป็นเส้นตรงที่ควรจะมีน้ำหนักองค์ประกอบเป็น 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ที่ผู้วิจัยได้กล่าวมาแล้วนั้น แสดงไว้ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ชุดตัวแปร ส่วนสูงจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ

3.2.2 ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

ก. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของโมเดล พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ มีค่าเป็น 671.195 ($df = 42$) ในขณะที่ค่าไค-สแควร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเป็น 74.465, 193.194, 358.753, 511.152, 847.678, 1050.012 และ 1326.414 ตามลำดับ ($df = 49, 75, 97, 112, 117, 109, 85$) เมื่อพิจารณาผลต่างของค่าไค-สแควร์ ($\Delta\chi^2$) ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ พบว่ามีค่าเป็น 596.730, 478.001, 312.442, 160.043, 176.481, 378.817 และ 655.219 ตามลำดับ ($\Delta df = 7, 33, 55, 70, 75, 67, 43$) จะเห็นว่าผลต่างของค่าไค-สแควร์ระหว่างโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัด 6 ช่วงเวลาและโมเดลที่มีช่วงเวลา

การวัดครบสมบูรณ์มีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 160.043 (671.195 - 511.152) ที่องศาอิสระเท่ากับ 70 แสดงว่าโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 6 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบโมเดลดังกล่าวไว้ในตารางที่ 15 ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบดัชนีวัดระดับความสอดคล้องในโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ ที่มีช่วงเวลากการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรส่วนสูง

โมเดลการวัด	GOODNESS OF FIT STATISTICS			
	χ^2	df	$\Delta\chi^2$	Δdf
3 ช่วงเวลา	74.465	49	596.730	7
4 ช่วงเวลา	193.194	75	478.001	33
5 ช่วงเวลา	358.753	97	312.442	55
6 ช่วงเวลา	511.152	112	160.043	70
7 ช่วงเวลา	847.676	117	176.481	75
8 ช่วงเวลา	1050.012	109	378.813	67
9 ช่วงเวลา	1326.414	85	655.219	43
10 ช่วงเวลา	671.195	42		
(Completed Model)				

ข. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา

การประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ (ML) พบว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 119.123 (SE = 0.389) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเป็น 118.355, 118.311, 118.271, 118.325, 118.481, 118.309 และ 118.410 ตามลำดับ (SE = 0.289, 0.279, 0.253, 0.254, 0.243, 0.228, 0.222) จะเห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลาให้ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับใกล้เคียงกับผลการประมาณค่าในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ สำหรับผลการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (DL) ในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 28.311 (SE = 2.876) ในขณะที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเป็น 34.618, 34.608, 31.192, 31.763, 30.144, 28.466 และ 28.347 ตามลำดับ (SE = 2.163, 2.103, 1.989, 1.849, 1.739, 1.631, 1.616) จะ

เห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา ส่วนใหญ่ให้ผลการประมาณค่าใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (MS) ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ พบว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 2.639 (SE = 0.123) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเป็น 2.542, 2.638, 2.594, 2.585, 2.572, 2.700 และ 2.583 ตามลำดับ (SE = 0.114, 0.124, 0.103, 0.125, 0.122, 0.102, 0.087) จะเห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลาให้ผลการประมาณค่าเฉลี่ยที่ได้ใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ สำหรับผลการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (DS) พบว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าไม่แตกต่างกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น 0.128 (SE = 0.018) ในขณะที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเป็น 0.342, 0.279, 0.217, 0.172, 0.148, 0.149 และ 0.122 ตามลำดับ (SE = 0.042, 0.034, 0.023, 0.020, 0.017, 0.014, 0.011)

ผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าไม่แตกต่างกับค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ โดยค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเป็น -0.019 (SE = 0.142) ในขณะที่ค่าความสัมพันธ์ในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเป็น -0.285, -0.259, -0.162, -0.165, -0.006, -0.028 และ -0.011 ตามลำดับ (SE = 0.195, 0.163, 0.122, 0.108, 0.093, 0.088, 0.078, 0.142)

ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน สำหรับข้อมูลส่วนสูงที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้นนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด
แตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรส่วนสูง

พารามิเตอร์	โมเดลการวัด								Completed
	3 ช่วงเวลา	4 ช่วงเวลา	5 ช่วงเวลา	6 ช่วงเวลา	7 ช่วงเวลา	8 ช่วงเวลา	9 ช่วงเวลา	10 ช่วงเวลา	Model
ML	118.355 (0.289)	118.311 (0.279)	118.271 (0.253)	118.325 (0.254)	118.481 (0.243)	118.309 (0.228)	118.410 (0.222)	119.123 (0.389)	
MS	2.542 (0.114)	2.638 (0.124)	2.594 (0.103)	2.585 (0.125)	2.572 (0.122)	2.700 (0.102)	2.583 (0.087)	2.639 (0.123)	
DL	34.618 (2.168)	34.608 (2.103)	31.192 (1.989)	31.763 (1.849)	30.144 (1.739)	28.466 (1.631)	28.347 (1.616)	28.311 (2.876)	
DS	0.342 (0.042)	0.279 (0.034)	0.217 (0.023)	0.172 (0.020)	0.148 (0.017)	0.149 (0.014)	0.122 (0.011)	0.128 (0.018)	
RLS	-0.285 (0.195)	-0.259 (0.163)	-0.162 (0.122)	-0.165 (0.108)	-0.066 (0.093)	-0.028 (0.088)	-0.011 (0.078)	-0.019 (0.142)	

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error: SE)

3.3 ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ (combined multi-sample analysis) ระหว่างโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

3.3.1 ข้อมูลชุดตัวแปรน้ำหนัก

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องจากการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา จากสมมติฐานที่ไม่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 1090.359, 1172.489, 2460.506, 582.481, 1662.449, 1921.822 และ 2125.456 ตามลำดับ (df = 487, 436, 383, 328, 271, 212, 151) ในขณะที่ค่าไค-สแควร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลา 3 - 9 ช่วงเวลา จากสมมติฐานที่มีการกำหนดเงื่อนไข

บังคับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 659.047, 789.133, 2947.801, 1203.787, 1234.941, 1463.941 และ 1655.523 ตามลำดับ ($df = 507, 456, 403, 348, 291, 232, 171$) เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าไค-สแควร์ ($\Delta\chi^2$) ระหว่างสองสมมติฐานมีค่าเท่ากับ 431.312, 383.356, 487.295, 378.694, 427.508, 457.881 และ 469.933 ตามลำดับ ที่องศาอิสระเท่ากับ 20 จะเห็นว่าผลต่างของค่าไค-สแควร์ ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 6 ช่วงเวลามีค่าต่ำที่สุด แสดงว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 6 ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุดังกล่าวไว้ในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุระหว่างโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรน้ำหนัก

โมเดล	Combined I		Combined II		$\Delta\chi^2$	Δdf
	χ^2	df	χ^2	df		
3 ช่วงเวลา	1090.359	487	659.047	507	431.312	20
4 ช่วงเวลา	1172.489	436	789.133	456	383.356	20
5 ช่วงเวลา	2460.506	383	2947.801	403	487.295	20
6 ช่วงเวลา	1582.481	328	1203.787	348	378.694	20
7 ช่วงเวลา	1662.449	271	1234.941	291	427.508	20
8 ช่วงเวลา	1921.822	212	1463.941	232	457.881	20
9 ช่วงเวลา	2125.456	151	1655.523	171	469.933	20

3.3.2 ข้อมูลชุดตัวแปรส่วนสูง

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องจากการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา จากสมมติฐานที่ไม่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 2022.903, 2011.726, 2183.222, 2328.850, 2664.416, 3066.578 และ 3152.113 ตามลำดับ ($df = 487, 436, 383, 328, 271, 212, 151$) ในขณะที่ค่าไค-สแควร์ของโมเดลที่มีช่วงเวลา 3 - 9 ช่วงเวลา จากสมมติฐานที่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 916.873, 988.976, 1166.680, 1252.301, 1536.266, 1925.292 และ 2008.441 ตามลำดับ ($df = 507, 456, 403, 348, 291, 232, 171$)

เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าไค-สแควร์ ($\Delta\chi^2$) ระหว่างสองสมมติฐานมีค่าเท่ากับ 1106.030, 1022.747, 1016.542, 1076.549, 1128.150, 1141.286 และ 1143.672 ตามลำดับที่องศาอิสระเท่ากับ 20 จะเห็นว่าผลต่างของค่าไค-สแควร์ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 5 ช่วงเวลามีค่าต่ำที่สุด แสดงว่าโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 5 ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุดังกล่าวไว้ในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุระหว่างโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลากการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ของตัวแปรส่วนสูง

โมเดล	Combined I		Combined II		$\Delta\chi^2$	Δdf
	χ^2	df	χ^2	df		
3 ช่วงเวลา	2022.903	487	916.873	507	1106.030	20
4 ช่วงเวลา	2011.726	436	988.979	456	1022.747	20
5 ช่วงเวลา	2183.222	383	1166.680	403	1016.542	20
6 ช่วงเวลา	2328.850	328	1252.301	348	1076.549	20
7 ช่วงเวลา	2664.416	271	1536.266	291	1128.150	20
8 ช่วงเวลา	3066.578	212	1925.292	232	1141.286	20
9 ช่วงเวลา	3152.113	151	2008.441	171	1143.672	20

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงกับโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระของพัฒนาการทางร่างกายด้านน้ำหนักและส่วนสูง

ผลการวิเคราะห์ในการขั้นตอนนี้เป็นผลการวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นตรงกับโมเดลโค้งพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ สำหรับเกณฑ์ในการพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 รูปแบบ คือ ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผู้วิจัยนำเสนอผลการเปรียบเทียบโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 รูปแบบ โดยแบ่งตามตัวแปรหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ตัวแปรน้ำหนัก และตัวแปรส่วนสูง โดยมีรายละเอียดผลการเปรียบเทียบดังนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงกับโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระของพัฒนาการด้านน้ำหนัก

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 256.869, 386.787, 670.86, 894.152, 1096.713, 1528.259 และ 1841.695 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 122.538, 203.758, 430.421, 608.431, 682.753, 944.574 และ 1128.027 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการด้วยการกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ของโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.826, 0.815, 0.795, 0.777, 0.764, 0.673 และ 0.616 ตามลำดับ ในขณะที่ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 0.822, 0.819, 0.779, 0.786, 0.769, 0.743 และ 0.704 ตามลำดับ

ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (NNFI) ของโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 0.952, 0.956, 0.943, 0.942, 0.944, 0.934 และ 0.931 ตามลำดับ ในขณะที่ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (NNFI) ของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 0.979, 0.979, 0.963, 0.960, 0.965, 0.958 และ 0.955 ตามลำดับ

ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (CFI) ของโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 0.886, 0.913, 0.899, 0.908, 0.917, 0.908 และ 0.911 ตามลำดับ ในขณะที่ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (CFI) ของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 0.958, 0.963, 0.941, 0.943, 0.951, 0.946 และ 0.947 ตามลำดับ

จากค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (NNFI) และดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (CFI) ที่รายงานข้างต้นนั้น จะเห็นว่าค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนดังกล่าวของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีค่าสูงกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง แสดงให้เห็นว่า โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (RMSEA) ในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 0.203, 0.18, 0.221, 0.223, 0.231, 0.251 และ 0.263 ตามลำดับ ในขณะที่ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (RMSEA) ของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 0.127, 0.131, 0.190, 0.200, 0.186, 0.200 และ 0.205 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ความคลาดเคลื่อนในโมเดลพัฒนาการด้วยการกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระมีค่าต่ำกว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 รูปแบบ ที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก สรุปได้ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) กับโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model) ของตัวแปรน้ำหนัก

โมเดลการวัด	Linear Growth Model					Free Parameter Growth Model				
	χ^2	GFI	NNFI	CFI	RMSEA	χ^2	GFI	NNFI	CFI	RMSEA
3 ช่วงเวลา	256.869	0.826	0.952	0.886	0.203	122.538	0.822	0.979	0.958	0.127
4 ช่วงเวลา	386.787	0.815	0.956	0.913	0.181	203.758	0.819	0.979	0.963	0.131
5 ช่วงเวลา	670.863	0.795	0.943	0.899	0.221	430.421	0.779	0.963	0.941	0.190
6 ช่วงเวลา	894.152	0.777	0.942	0.908	0.223	608.431	0.786	0.960	0.943	0.200
7 ช่วงเวลา	1096.713	0.764	0.944	0.917	0.231	682.753	0.769	0.965	0.951	0.186
8 ช่วงเวลา	1528.259	0.673	0.934	0.908	0.251	944.574	0.743	0.958	0.946	0.200
9 ช่วงเวลา	1841.695	0.616	0.931	0.911	0.263	1128.027	0.704	0.955	0.947	0.205

4.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงกับโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระของพัฒนาการด้านส่วนสูง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 270.913, 398.561, 638.868, 934.533, 1429.322, 1850.045 และ 2256.218 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 74.465, 193.194, 358.753, 511.152, 847.676, 1050.012 และ 1326.414 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์โมเดลพัฒนาการด้วยการกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

เมื่อพิจารณาดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ของโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 0.907, 0.826, 0.829, 0.717, 0.649, 0.591 และ 0.472 ตามลำดับ ในขณะที่ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 0.914, 0.819, 0.835, 0.785, 0.712, 0.696 และ 0.630 ตามลำดับ

ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (NNFI) ของโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 0.948, 0.945, 0.946, 0.939, 0.925, 0.919 และ 0.914 ตามลำดับ ในขณะที่ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (NNFI) ของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 0.993, 0.981, 0.971, 0.968, 0.955, 0.953 และ 0.946 ตามลำดับ

ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (CFI) ของโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 0.877, 0.908, 0.906, 0.903, 0.888, 0.887 และ 0.889 ตามลำดับ ในขณะที่ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (CFI) ของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 0.986, 0.966, 0.954, 0.952, 0.937 0.939 และ 0.936 ตามลำดับ

จากค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (NNFI) และดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (CFI) ที่รายงานข้างต้นนั้นจะเห็นว่า ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนดังกล่าวของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีค่าสูงกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงแสดงให้เห็นว่า โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (RMSEA) ของโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 0.197, 0.192, 0.214, 0.249, 0.284, 0.295 และ 0.299 ตามลำดับ ในขณะที่ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (RMSEA) ของโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 0.072, 0.126, 0.158, 0.174, 0.206, 0.211 และ 0.226 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ผลการวิเคราะห์ให้โมเดลโค้งพัฒนาการด้วยการกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำกว่าการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 รูปแบบ ที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของส่วนสูง สรุปได้ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) กับโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model) ของตัวแปรส่วนสูง

โมเดลการวัด	Linear Growth Model					Free Parameter Growth Model				
	χ^2	GFI	NNFI	CFI	RMSEA	χ^2	GFI	NNFI	CFI	RMSEA
3 ช่วงเวลา	270.913	0.907	0.948	0.877	0.197	74.465	0.914	0.993	0.986	0.072
4 ช่วงเวลา	398.561	0.826	0.945	0.908	0.192	193.194	0.819	0.981	0.966	0.126
5 ช่วงเวลา	638.868	0.829	0.946	0.906	0.214	358.753	0.835	0.710	0.954	0.158
6 ช่วงเวลา	934.533	0.717	0.939	0.903	0.249	511.152	0.785	0.968	0.952	0.174
7 ช่วงเวลา	1429.322	0.649	0.925	0.888	0.284	847.676	0.712	0.955	0.937	0.206
8 ช่วงเวลา	1850.045	0.591	0.919	0.887	0.295	1050.012	0.696	0.953	0.939	0.211
9 ช่วงเวลา	2256.218	0.472	0.914	0.889	0.299	1326.414	0.630	0.946	0.936	0.226

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ 3 ประการ *ประการแรก* เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง *ประการที่สอง* เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพาราเมเตอร์อิสระ *ประการที่สาม* เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง และโมเดลพัฒนาการพาราเมเตอร์อิสระ ทั้งนี้การวิเคราะห์ทั้ง 3 ประการจะวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลวัดซ้ำพัฒนาการด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียนต่างกลุ่ม

ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิจากการวัดพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2540 จำนวน 840 คน ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานการประถมศึกษากรุงเทพมหานครจำนวน 3 โรงเรียน โดยพิจารณาจากความสมบูรณ์ของการจัดเก็บข้อมูลในแบบบันทึกผลการตรวจสุขภาพของนักเรียนที่ทางโรงเรียนจัดเก็บไว้ และมาตรฐานของโรงเรียนที่ใกล้เคียงกันเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกโรงเรียน สำหรับข้อมูลผลการวัดพัฒนาการด้านน้ำหนัก และส่วนสูงดังกล่าวเป็นการวัดระยะยาวจำนวน 10 ช่วงเวลาซึ่งมีช่วงระยะเวลาห่างกันเท่ากับ 1 ภาคการศึกษา นับตั้งแต่ปีการศึกษา 2540 - 2544 โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการคัดลอกข้อมูลทุติยภูมิจากแบบบันทึกผลการตรวจสุขภาพของนักเรียนด้วยตนเอง สำหรับจำนวนนักเรียนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นจำนวนที่เพียงพอสำหรับรูปแบบในการวิเคราะห์ที่ใช้ โดยไม่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน *ขั้นตอนแรก* เป็นการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย เพื่อศึกษาลักษณะของตัวแปรน้ำหนักและส่วนสูง ในขั้นตอนนี้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows version 10.01 *ขั้นตอนที่สอง* เป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง และโมเดลพัฒนาการพาราเมเตอร์อิสระ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนที่ 2 จะมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยใช้การวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ (combined multi-sample analysis) เพื่อเป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของผลสรุปที่ได้ และในขั้นตอนนี้สุดท้าย เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล

พัฒนาการเชิงเส้นตรง และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระในการศึกษาพัฒนาการทางด้านน้ำหนักและส่วนสูง โดยในสองขั้นตอนหลังนี้จะวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม LISREL for Windows version 8.52

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานไว้ 2 ประการ *ประการแรก* คือ การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันให้ผลสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน และ*ประการที่สอง* คือ โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model) น่าจะมีประสิทธิภาพมากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) ในการศึกษาพัฒนาการทางด้านน้ำหนัก และส่วนสูง

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลการวัดทั้ง 10 ครั้ง จากชุดตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่วัดในแต่ละครั้งมีค่าสูง โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าสูงสุดในการวัดครั้งที่มียุ่ระยะเวลาใกล้กัน ทั้งในชุดตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูง โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ได้แนวทแยงแนวแรกจะมีค่าสูงสุดแล้วค่อย ๆ มีค่าลดลงในแถวถัดมาซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการวัดในครั้งที่มีช่วงเวลาห่างกันมากจะมีความสัมพันธ์กันน้อยกว่าการวัดในครั้งที่มีช่วงเวลาห่างกันน้อย

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรน้ำหนักและส่วนสูง พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวัดทั้ง 10 ช่วงเวลา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของตัวแปรทั้งสองไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน โดยค่าที่ได้ในการวัดแต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของตัวแปรน้ำหนักและส่วนสูง พบว่าทั้งตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงมีการกระจายลักษณะเบ้ขวา (ค่าความเบ้เป็นบวก) และมีความโด่งสูงกว่าปกติเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีน้ำหนักและส่วนสูงที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย

2. ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์เหลือลุ่มลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model)

2.1 การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

2.1.1 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝง

ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของตัวแปรในการวัดครั้งแรก ทั้งในชุดตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูง ในขณะที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันมีค่าแตกต่างกันในแต่ละชุดข้อมูล สำหรับค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปานกลางในชุดตัวแปรน้ำหนัก แต่ในชุดตัวแปรส่วนสูงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันมีค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

2.2 การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน

2.2.1 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดล

ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา แสดงให้เห็นว่า ในชุดตัวแปรน้ำหนักโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ขณะที่ในชุดตัวแปรส่วนสูงโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 6 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด

2.2.2 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝง

ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา พบว่า ทุกโมเดลให้ผลการประมาณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (ML, DL) ใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ทั้งในชุดตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงเช่นเดียวกับผลการประมาณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน (MS, DS) ในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา ซึ่งพบว่า โมเดลส่วนใหญ่ให้ผลการประมาณค่าใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ทั้งในชุดตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูง

ผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา ทั้งในชุดตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูง พบว่า มีเพียงบางโมเดลให้ผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันที่ใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

สรุปได้ว่า ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลามีค่าใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ไม่แตกต่างกันทั้งในส่วน of ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับและตัวแปรแฝงความชันซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อแรกของผู้วิจัยตั้งไว้ แต่ในส่วน of ผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน พบว่ามีเพียงบางโมเดลที่ให้ผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

2.3 ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

การวิเคราะห์ในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบผลของข้อสรุปที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ เมื่อพิจารณาผลต่างของค่าสถิติไค-สแควร์ พบว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ทั้งในตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูง

3. ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

3.1 การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

3.1.1 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝง

ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ พบว่า ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของตัวแปร

ในการวัดครั้งแรก ทั้งในชุดตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูง ในขณะที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันมีค่าแตกต่างกันในแต่ละชุดข้อมูล สำหรับค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปานกลางในชุดตัวแปรน้ำหนักแต่ในชุดตัวแปรส่วนสูงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชันมีค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ในส่วนของผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นตัวแปรแฝงความชันของการวัดแต่ละครั้ง พบว่า ในข้อมูลชุดตัวแปรน้ำหนักการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะเป็นเส้นโค้งหงายที่มีความชันสูง แสดงว่าตัวแปรน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงที่สูงมากเช่นเดียวกับในข้อมูลชุดตัวแปรส่วนสูง แสดงให้เห็นว่าโดยภาพรวมทั้งตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น

3.2 การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน

3.2.1 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดล

ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา แสดงให้เห็นว่า ในชุดตัวแปรน้ำหนักโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ขณะที่ในชุดตัวแปรส่วนสูงโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 6 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด

3.2.2 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝง

ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา พบว่า ทุกโมเดลให้ผลการประมาณค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (ML, DL) ใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ทั้งในชุดตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงเช่นเดียวกับผลการประมาณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน (MS, DS) ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา ทั้งในชุดตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงที่พบว่าโมเดลส่วนใหญ่ให้ผลการประมาณค่าใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

ผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน (RLS) ของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา ทั้งในชุดตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงพบว่า มีเพียงบางโมเดลที่ให้ผลการประมาณค่าใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

สรุปได้ว่า ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันมีค่าใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน ทั้งค่าเฉลี่ย

และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับและตัวแปรแฝงความชันซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อแรกของผู้วิจัยตั้งไว้ แต่ในส่วนของผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับกับตัวแปรแฝงความชัน พบว่า มีเพียงบางโมเดลที่ให้ผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

3.3 ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

การวิเคราะห์ในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบผลของข้อสรุปที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพาราเมตริกอิสระ โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์รวมกลุ่มพระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ เมื่อพิจารณาผลต่างของค่าสถิติไค-สแควร์ พบว่าในตัวแปรน้ำหนักโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 6 ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ขณะที่ในตัวแปรส่วนสูงโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด

4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงและโมเดลพัฒนาการพาราเมตริกอิสระในการศึกษาพัฒนาการทางร่างกายด้านน้ำหนักและส่วนสูง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้เป็นผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงและโมเดลพัฒนาการพาราเมตริกอิสระ สำหรับเกณฑ์ในการพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยผู้วิจัยได้แบ่งนำเสนอผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพระหว่างโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 รูปแบบ ตามตัวแปรหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงซึ่งได้ผลสรุปเช่นเดียวกัน ทั้งในตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูง กล่าวคือ ค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) ในโมเดลพัฒนาการพาราเมตริกอิสระมีค่าต่ำกว่าค่าสถิติไค-สแควร์ ในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง ส่วนค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (NNFI) และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (CFI) ในโมเดลพัฒนาการพาราเมตริกอิสระต่างมีค่าสูงกว่าในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง แสดงให้เห็นว่า โมเดลพัฒนาการพาราเมตริกอิสระมีความสอดคล้องกลมกลืน (fit) กับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง สำหรับค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษโดยประมาณ (RMSEA) ในโมเดลพัฒนาการ

พารามิเตอร์อิสระมีค่าต่ำกว่าในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

จากผลการพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องดังกล่าว จึงสรุปได้ว่า โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีความสอดคล้องกับข้อมูลน้ำหนักและส่วนสูงมากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง ดังนั้นโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระจึงมีประสิทธิภาพในการศึกษาพัฒนาการด้านน้ำหนักและส่วนสูงมากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว

จากผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงในการวัดแต่ละครั้ง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้มีค่าสูงในฐานข้อมูลทั้งสองชุด โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่อยู่ใต้แนวทแยงแฉกแรกมีค่าสูงกว่าแฉกถัดไป และยังระยะเวลาที่ทำการวัดเปลี่ยนแปลงไปมากขึ้นยิ่งทำให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดซ้ำที่ได้จะยิ่งมีค่าลดลงแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการวัดในแต่ละครั้งที่มีความถี่ห่างกันมากจะมีค่าความสัมพันธ์น้อยกว่าการวัดในครั้งที่มีความถี่ห่างกันน้อย ซึ่งเป็นไปตามลักษณะของการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว (Gottman, 1995) และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในงานวิจัยของ มนต์ทิศา ไชยแก้ว (2542) ซึ่งเป็นการวัดซ้ำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ อัตรากาการเข้าเรียนระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษาทั้ง 5 ครั้ง งานวิจัยของ อธิธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไฉ (2541) ซึ่งเป็นการวัดซ้ำน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนทั้ง 5 ครั้ง

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงจากการวัดทั้ง 10 ช่วงเวลา พบว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากพัฒนาการทางร่างกายหรือการเจริญเติบโตของเด็กเมื่ออายุเพิ่มขึ้น โดยจะมีกราฟของการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่เป็นเส้นตรงซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาข้อมูลภาวะการเจริญเติบโตของเด็กวัยเรียนของมหาวิทยาลัยมหิดลที่พบว่าพัฒนาการด้านร่างกายของนักเรียนในช่วงวัยเด็กตอนต้น (childhood) จะมีอัตราการเจริญเติบโตของร่างกายค่อนข้างคงที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรง (อธิธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไฉ, 2541)

สำหรับการแจกแจงของตัวแปรน้ำหนักและส่วนสูง เมื่อพิจารณาจากค่าความเบ้และค่าความโด่ง พบว่าในการวัดทั้ง 10 ช่วงเวลานั้น ตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงมีการแจกแจงในลักษณะเบ้ขวา (ค่าความเบ้เป็นบวก) โดยตัวแปรน้ำหนักมีการแจกแจงในลักษณะเบ้ขวามากกว่า

ตัวแปรส่วนสูง แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ ส่วนใหญ่มีน้ำหนัก และส่วนสูงที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย

2. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หีส้อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงและโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเพิ่มเติมจากผลงานวิจัยของ Duncan และคณะ (1999) ที่ศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์หีส้อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (5 ช่วงเวลา) โดย Duncan ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่า การนำเทคนิคการวิเคราะห์หีส้อมลำดับไปใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวนั้น ผู้วิจัยควรพิจารณาถึงเงื่อนไขสำคัญ ซึ่งได้แก่ จำนวนช่วงเวลาการวัดในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง (*time points per subject*) จำนวนช่วงเวลาการวัดที่เหลื่อมกัน (*number of points of overlap*) และจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มคน (*number of subjects per cohort*) ซึ่ง Raudenbush และ Chan (1992 อ้างถึงใน Duncan, et al., 1999) ได้เสนอแนวทางเพิ่มเติมเพื่อช่วยลดปัญหาการไม่ลู่เข้า (*nonconvergence*) จากการวิเคราะห์หีส้อมลำดับไว้ว่า การวิเคราะห์หีส้อมลำดับควรจะมีช่วงเวลาการวัดที่เหลื่อมกันให้มาก และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (*sample size*) ภายในแต่ละกลุ่มคน (*cohort*) ควรจะมีจำนวนมากพอสำหรับการวิเคราะห์ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาผลการวิเคราะห์หีส้อมลำดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาเพิ่มขึ้นจาก 3 ช่วงเวลาที่ Duncan ได้ทำการศึกษาไว้โดยศึกษาเพิ่มเติมในกรณีของโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 4 - 9 ช่วงเวลา เพื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (10 ช่วงเวลา) ซึ่งจะดำเนินการวิเคราะห์โดยคำนึงถึงเงื่อนไขสำคัญที่นักวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะ และแนวทางดังกล่าวไว้

จากผลการเปรียบเทียบ การวิเคราะห์หีส้อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ทั้งจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ ต่างให้ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน ทุกโมเดลให้ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน ทั้งในชุดตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ อีกทั้งผลการวิจัยครั้งนี้ยังเป็นการศึกษาโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดต่าง ๆ ให้ครอบคลุมมากขึ้น ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมามักเป็นเพียงการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดเพียงลักษณะเดียวกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ดังเช่นงานวิจัยของ Duncan, Duncan และ Hops

(1996) ที่ศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลากับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (7 ช่วงเวลา) โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการบริโภคแอลกอฮอล์ของวัยรุ่น โดยผลการวิจัยชี้ให้เห็นไว้ว่า ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลามีค่าใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

ผลการเปรียบเทียบโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (10 ช่วงเวลา) เป็นที่น่าสังเกตว่า ผลการเปรียบเทียบเมื่อพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องในทุกกรณี พบว่า โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา ไม่มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ซึ่งสนับสนุนข้อเสนอแนะของ Rogasa (1998 อ้างถึงใน Anderson, 1995) ที่กล่าวถึง สิ่งที่ต้องคำนึงอย่างหนึ่งในการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับก็คือ การเหลื่อมกันของช่วงเวลาการวัดอย่างเพียงพอ โดยได้กล่าวไว้ว่า ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวนั้น การเพิ่มจำนวนช่วงเวลาการวัดมากขึ้นจะทำให้ผู้วิจัยสามารถระบุรูปแบบพัฒนาการได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจึงควรมีการวัดซ้ำข้อมูลตั้งแต่ 3 ครั้ง เพื่อให้ได้สารสนเทศเพียงพอที่จะประเมินการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกันนี้ การวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับจึงควรมีการเหลื่อมกันของช่วงเวลาการวัดตั้งแต่ 3 ช่วงเวลา เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบได้ว่าพัฒนาการที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่มที่จะนำมาวิเคราะห์มีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบเดียวกันหรือไม่ นอกจากนี้หากรูปแบบพัฒนาการในส่วนที่เหลื่อมกันระหว่างกลุ่มมีรูปแบบของพัฒนาการในลักษณะที่ไม่ใช่เชิงเส้นตรง เช่น โค้งควอดราติก (quadratic) การเหลื่อมกันน้อยกว่า 3 ช่วงเวลา จะไม่สามารถใช้ในการตรวจสอบพัฒนาการที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มได้ ดังนั้นโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 ช่วงเวลา ซึ่งเป็นโมเดลที่มีการเหลื่อมกันของช่วงเวลาการวัดเพียง 2 ช่วงเวลา จึงไม่เหมาะสมสำหรับใช้ในการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับ และประเด็นที่น่าสังเกตจากข้อค้นพบครั้งนี้อีกประการหนึ่ง คือ เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดที่ใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มาก เช่น โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 9 ช่วงเวลา ในทุกกรณี พบว่า โมเดลดังกล่าวไม่มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Gottman (1995) ที่กล่าวว่า การเพิ่มจำนวนช่วงเวลาการวัดมีผลต่อการลดประสิทธิภาพของการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเป้าหมายสำคัญของการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับ คือ การประมาณการศึกษาระยะยาวด้วยช่วงระยะเวลาที่สั้น ดังนั้น การใช้ช่วงเวลาการวัดเพิ่มมากขึ้นจนเกือบจะเป็นการศึกษาระยะยาว ย่อมมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับลดลงด้วย

สำหรับการวิจัยครั้งนี้จะเห็นว่าผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน โดยจะพิจารณาทั้งในส่วนของผลการ

ประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝง และผลจากค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดล ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะพิจารณาเพียงแค่ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงเท่านั้น มิได้มีการพิจารณาควบคู่ไปกับดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง ซึ่งการที่ผู้วิจัยพิจารณาค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดลด้วยนั้น เนื่องจากข้อเสนอแนะที่น่าสนใจของ Hayduk (1988 อ้างถึงใน Anderson, 1993) ที่ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับโดยเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า *subsequential analysis* โดยได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่าในการศึกษาโดยใช้การวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับควรมีการพิจารณาค่าสถิติไค-สแควร์เพิ่มเติมจากการพิจารณาผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับจะต้องมีการคำนึงถึงขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ในแต่ละกลุ่มย่อย (*subgroup*) เนื่องจากข้อกำหนดของกฎเกี่ยวกับขนาดกลุ่มตัวอย่างในโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (*rule of sample size in structural equation model*) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีการพิจารณาทั้งในส่วนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงและดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของโมเดล

3. ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

เพื่อเป็นการตรวจสอบผลที่ได้จากการเปรียบเทียบการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ในตอนต้น ผู้วิจัยจึงได้มีการเพิ่มการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ (*combined multi-sample analysis*) ระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ขึ้น เพื่อพิจารณาว่ายังคงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (*significant difference*) เกิดขึ้นหรือไม่ ระหว่างการวิเคราะห์รวมกลุ่ม โดยการกำหนดเงื่อนไขบังคับ และการไม่กำหนดเงื่อนไขบังคับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ทั้งนี้ หากผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญย่อมแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดดังกล่าวมีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (Duncan, et al, 1999) หรือกล่าวได้ว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดดังกล่าวเข้าสู่โค้งพัฒนาการเดียวกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะแบ่งการอภิปรายออกเป็น 2 หัวข้อ เนื่องจากผลสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุในโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงและโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระให้ผลสรุปที่แตกต่างกัน ดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

สำหรับการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุในกรณีการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง ให้ผลสรุปคือ โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลาเป็นโมเดลที่มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ทั้งในตัวแปรน้ำหนักและตัวแปรส่วนสูงซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลา สามารถนำมาใช้แทนการศึกษาระยะเวลาที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลา ในการศึกษาพัฒนาการทางร่างกายด้านน้ำหนักและส่วนสูงได้ ซึ่งในส่วนของผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุนั้นเป็นการทดสอบเพื่อยืนยันผลสรุปจากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ โดยในการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุจะมีการรวมกลุ่มระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสอดคล้องที่ชัดเจนยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามผลสรุปที่ได้ดังกล่าวเป็นผลสรุปภายใต้การวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงซึ่งเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นตัวแปรแฝง ความชันของตัวแปรในการวัดทั้ง 10 ครั้งให้มีค่าเพิ่มขึ้นเท่า ๆ กัน เนื่องจากมีทฤษฎีหรืองานวิจัยสนับสนุนว่าพัฒนาการในช่วงอายุที่กำลังศึกษามีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเชิงเส้นตรง ดังนั้นหากจะนำผลสรุปที่ได้ในส่วนนี้ไปใช้เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านน้ำหนักและส่วนสูงจึงควรมีการตรวจสอบก่อนว่าพัฒนาการที่ศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงหรือไม่

3.2 ผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุจากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ

เมื่อพิจารณาในส่วนของผลการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุสำหรับกรณีการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระให้ผลสรุปดังนี้ สำหรับตัวแปรน้ำหนัก พบว่า โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 6 ช่วงเวลาที่มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด ขณะที่ในตัวแปรส่วนสูงพบว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลาที่มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุดจึงแสดงให้เห็นว่าทั้งโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 และโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 6 ช่วงเวลาถือได้ว่าเป็นโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดที่ความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในการศึกษาพัฒนาการด้านน้ำหนักและส่วนสูง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมิได้ทำการปรับโมเดลให้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้วิจัยใช้โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ (10 ช่วงเวลา) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ

เทียบ เพื่อให้ได้โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดที่เหมาะสมซึ่งให้ผลสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด โดยการพิจารณาจากค่าสถิติไค-สแควร์ซึ่งหากโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดใดให้ค่าสถิติไค-สแควร์ที่ใกล้เคียงกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุดย่อมแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดดังกล่าวมีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุดซึ่งจะเห็นได้ว่าผู้วิจัยใช้ค่าสถิติไค-สแควร์และผลต่างของค่าสถิติไค-สแควร์เท่านี้ในการพิจารณา ทั้งนี้เนื่องจากดัชนีดังกล่าวมีความไว (sensitive) จึงสามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาได้ ส่วนค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องอื่น ๆ ให้ผลที่ใกล้เคียงกันทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาได้

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยครั้งแรกที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์ห่าล้อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันซึ่งต่างจากการวิจัยที่ผ่านมาที่ทำการวิเคราะห์ห่าล้อมลำดับไปใช้ในเชิงปฏิบัติเท่านั้น โดยมีได้มีการพิจารณาถึงเงื่อนไขสำคัญต่าง ๆ ของการวิเคราะห์ห่าล้อมลำดับและพบว่าการวิจัยส่วนใหญ่ทำการวิเคราะห์ห่าล้อมลำดับไปใช้ในวิเคราะห์ในกรณีข้อมูลมีการขาดหายหรือไม่ครบสมบูรณ์ ดังเช่นผลงานวิจัยของ McArdle and Hamagami (1995) Duncan, Duncan and Li (1998) Duncan and Duncan (1994) แต่สำหรับการวิจัยครั้งนี้มิได้พิจารณาในเรื่องการขาดหายของข้อมูล แต่มุ่งพิจารณาเฉพาะการวิเคราะห์ห่าล้อมลำดับ ข้อค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้จึงทำให้ได้สารสนเทศในเชิงทฤษฎีสำหรับการวิเคราะห์ห่าล้อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงโดยได้แสดงให้เห็นถึงการในการพิจารณาเลือกรูปแบบโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ห่าล้อมลำดับ

นอกจากนั้นการวิจัยครั้งนี้ยังให้สารสนเทศเชิงปฏิบัติ กล่าวคือ ข้อค้นพบที่ได้นำไปสู่แนวคิดในการพัฒนาวิธีการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีจำนวนครั้งในการวัดน้อยลงแต่ยังคงให้สารสนเทศที่ใกล้เคียงกับการวัดครบทุกช่วงเวลา

4. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี เป็นการนำเสนอค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 รูปแบบ ในการศึกษาพัฒนาการทางร่างกายด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 รูปแบบ ผลปรากฏว่า ในการศึกษาพัฒนาการทั้งทางด้านน้ำหนักและส่วนสูงนั้น โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีความสอดคล้องกลมกลืน (fit) กับข้อมูลที่นำมาศึกษามากที่สุด แสดงให้เห็นว่า โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระเป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพมากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง สำหรับใช้ในการศึกษาพัฒนาการทางด้านน้ำหนักและส่วนสูง

ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในข้อแรกที่ผู้วิจัยตั้งไว้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของอิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไธ (2541) ที่ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูปแบบ ในการศึกษาการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และพัฒนาการด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนระดับประถมศึกษาซึ่งประกอบด้วย โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนด และโมเดลพัฒนาการความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระเป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพมากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงในการศึกษาพัฒนาการทางร่างกายด้านน้ำหนัก และส่วนสูง สำหรับข้อที่น่าสังเกตในส่วนนี้ คือ เมื่อพิจารณาจากกราฟที่แสดงพัฒนาการทางด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียนจากที่รายงานไว้ในส่วนของค่าสถิติพื้นฐานประกอบกับรายงานผลการวิจัยเดิมที่กล่าวว่า พัฒนาการด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียนในช่วงอายุดังกล่าวมีแนวโน้มค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเป็นลักษณะกราฟเชิงเส้นตรง ซึ่งน่าจะทำให้โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการศึกษาพัฒนาการด้านน้ำหนักและส่วนสูงมากกว่าโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระแต่จากผลการวิจัยกลับชี้ให้เห็นว่า โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีความสอดคล้องกับข้อมูลน้ำหนัก และส่วนสูงมากกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้มิได้มีการปรับโมเดลที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวดังกล่าว ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการปรับโมเดลให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อตรวจสอบผลสรุปที่ได้ดังกล่าวอีกครั้ง ซึ่งสารสนเทศที่ได้ในส่วนนี้น่าจะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถเลือกรูปแบบโมเดลที่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการทางร่างกายด้านน้ำหนักและส่วนสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

การนำเสนอในตอนนี้นำเสนอโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการนำเสนอข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการปฏิบัติ และส่วนที่สองเป็นการนำเสนอข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการปฏิบัติ

1. แม้ว่าการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวด้วยแผนแบบการวิจัยระยะยาวจะเป็นการติดตามพัฒนาการที่มีการรายงานให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนมากที่สุด เนื่องจากการศึกษาลักษณะดังกล่าวเป็นการติดตามกลุ่มตัวอย่างตลอดช่วงเวลา แต่ในทางปฏิบัติการเก็บข้อมูลในการศึกษาลักษณะดังกล่าวจำเป็นที่จะต้องใช้เวลานานทำให้สิ้นเปลืองทั้งเวลาและและงบประมาณ อีกทั้งยังต้องประสบปัญหาในเรื่องของข้อมูลขาดหายในระยะใกล้สิ้นสุด ซึ่งจากผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้การศึกษาเหลื่อมลำดับโดยใช้การวิเคราะห์เหลื่อม

ลำดับซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่จะช่วยลดจำนวนช่วงเวลาในการศึกษาระยะยาวให้น้อยลง สำหรับรูปแบบการวิเคราะห์ที่เชื่อมลำดับนั้น เป็นรูปแบบที่มีวิเคราะห์ข้อมูลจากคนต่างกลุ่มมากกว่า 1 กลุ่ม ซึ่งเป็นข้อมูลจากการวัดซ้ำในแต่ละกลุ่มด้วยช่วงเวลาการวัดเท่า ๆ กัน และมีช่วงเวลาการวัดที่เชื่อมกัน โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตำแหน่งของช่วงเวลาการวัดที่เชื่อมกันให้มีค่าเท่ากันแล้วจึงนำข้อมูลจากทุกกลุ่มมาวิเคราะห์ร่วมกันด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แบบกลุ่มพหุซึ่งหากผู้วิจัยได้นำแผนแบบการศึกษาเชื่อมลำดับไปใช้ โดยเลือกโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ที่เชื่อมลำดับในการศึกษาพัฒนาการด้านน้ำหนักและส่วนสูงย่อมทำให้ผู้วิจัยได้สารสนเทศเพื่อศึกษาแนวโน้มของพัฒนาการทางร่างกายได้ในช่วงระยะเวลาที่สั้นลง ช่วยลดปัญหาที่ผู้วิจัยไม่สามารถดำเนินการเก็บข้อมูลตามแผนที่วางไว้ได้

2. แม้ว่ารูปแบบการศึกษาเชื่อมลำดับจะเป็นวิธีที่ใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่มีจำนวนจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวก็ยังคงมีข้อจำกัด เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ไม่ได้มีการติดตามพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่างอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลา เช่นเดียวกับการศึกษาระยะยาว (longitudinal study) จึงอาจทำให้ผู้วิจัยขาดสารสนเทศที่สำคัญบางประการได้ อีกทั้งรูปแบบการศึกษาดังกล่าวไม่สามารถพิจารณาได้ถึงผลที่เกิดจากตัวแปรคั่นกลาง (intervening variable) ดังนั้นหากจะนำรูปแบบการวิเคราะห์ที่เชื่อมลำดับไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาพัฒนาการด้านต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงข้อจำกัดในส่วนนี้

3. วิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group analysis) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทั้งที่เป็นการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม หรือศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว โดยแยกศึกษาเป็นกลุ่มย่อยตามตัวแปรคุณลักษณะ (attributes) ที่ผู้วิจัยสนใจศึกษาวิธีดังกล่าวจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะใช้ศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะของตัวแปร ว่ามีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มหรือไม่ ดังนั้นจึงน่าจะเป็นประโยชน์หากมีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวทางการศึกษา

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. สำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้การศึกษาเหลือมล่ำดับด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เหลือมล่ำดับในการศึกษาพัฒนาการทางร่างกายด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเหลือมล่ำดับ พบว่างานวิจัยในต่างประเทศมีการนำรูปแบบการศึกษาดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับการศึกษาพัฒนาการด้านต่าง ๆ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมตัวแปรอื่น ๆ เช่น พัฒนาการทางด้านสติปัญญา ทั้งนี้เพื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลสรุปของงานวิจัยครั้งนี้

2. เนื่องจากการวิเคราะห์เหลือมล่ำดับนั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่มีการวัดซ้ำจากกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม อีกทั้งโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดอื่น ๆ เป็นโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 10 ช่วงเวลาซึ่งจากการสำรวจข้อมูลพัฒนาการด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของโรงเรียน พบว่าข้อมูลส่วนใหญ่ไม่ครบสมบูรณ์ ขาดความต่อเนื่องในการจัดเก็บ เนื่องจากหลายโรงเรียนยังไม่ค่อยให้ความสำคัญในเรื่องดังกล่าว ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องคัดเลือกโรงเรียนเฉพาะโรงเรียนที่มีข้อมูลการวัดครบทั้ง 10 ช่วงเวลา ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้จึงไม่ได้ถูกเลือกมาอย่างสุ่มซึ่งอาจมีผลทำให้ไม่เป็นตัวแทนที่ดี สำหรับการศึกษารังต่อไปจึงควรมีการนำรูปแบบการจำลองสถานการณ์ (simulation) มาใช้ในการศึกษาในเรื่องดังกล่าว โดยการหาสมการทำนายที่ดีที่สุดที่สามารถพยากรณ์พัฒนาการที่เกิดขึ้นจากข้อมูลจริงซึ่งจะทำให้ได้รูปแบบการแจกแจงของพัฒนาการที่เกิดขึ้นในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ (completed model) จากการศึกษาระยะยาว (longitudinal study) จากนั้นจึงทำการจำลอง (simulate) การวิเคราะห์เหลือมล่ำดับในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดแตกต่างกัน เพื่อหาโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดที่ให้ผลสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์มากที่สุด โดยทำการศึกษาภายใต้รูปแบบการแจกแจงของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ที่มีพัฒนาการในรูปแบบต่าง ๆ

3. จากผลสรุปที่ได้ในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า โมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดอยู่ในช่วง 5 – 6 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ (10 ช่วงเวลา) มากที่สุด จะเห็นว่าโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดที่เหมาะสมจะมีช่วงเวลากการวัดอยู่ประมาณช่วงร้อยละ 50 ของโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรทำการศึกษาโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัดครบสมบูรณ์ที่มีจำนวนช่วงเวลากการวัดแตกต่างกัน เช่น โมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 20 ช่วงเวลา โดยยังคงศึกษาตัวแปรเดิม ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจสอบผลสรุปที่ได้ โดยข้อค้นพบที่ได้ อาจทำให้สามารถสร้างทฤษฎีที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์เหลือมล่ำดับได้

4. การศึกษาครั้งนี้ได้มีการพิจารณาในประเด็นของการเชื่อมกันอย่างละเอียดซึ่งถือว่าเป็นประเด็นที่น่าสนใจที่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการพิจารณาการเชื่อมกันของช่วงเวลาการวัดในโมเดล กรณีที่มีการเชื่อมกันของช่วงเวลาการวัดที่แตกต่างกันโมเดลเดียวกันจะให้ข้อสรุปอย่างไร

5. เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยครั้งแรกที่ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชื่อมลำดับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาเปรียบเทียบการวิเคราะห์เชื่อมลำดับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกันกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ คือ ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในโมเดล และผลต่างของค่าสถิติไค-สแควร์ สำหรับการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการพัฒนาเกณฑ์ในการตัดสินโมเดลเพื่อเป็นการตรวจสอบข้อสรุปให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- จิราพร ผลประเสริฐ. (2542). การประยุกต์การวิเคราะห์โครงสร้างค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน
ร่วมแบบกลุ่มพหุที่มีตัวแปรแปดพหุในการศึกษาระหว่างตัวบ่งชี้สถานภาพของ
โรงเรียน ความพึงพอใจในงาน และความผูกพันในอาชีพ. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). โมเดลลิสม์: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3,
กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2543). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์นการพิมพ์.
- ประนอม รอดคำดี. 2531. การพัฒนาสุขภาพเด็ก: โครงการตำราและเอกสารทางวิชาการ
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประสิทธิ์ ไชยกาล. (2539). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลลิสม์ 3 แบบที่ใช้
ในการศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทาง
การเรียนวิชาคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มนต์ทิศา ไชยแก้ว. (2542). การเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงระยะยาวโดยใช้โมเดล
ประยุกต์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเมื่อมีอัตราการขาดหายของข้อมูลช่วงเวลา
การวัดและจำนวนครั้งที่วัดแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัย
การศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรรณิ แกมเกตุ. (2540). การพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู: การประยุกต์ใช้ในโมเดล
สมการโครงสร้างกลุ่มพหุและโมเดลเอ็มทีเอ็มเอ็ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมถวิล วิจิตรวรรณ. (2543). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มี
ตัวแปรแฝงโมเดลพหุระดับและโมเดลกึ่งซิมเพลกซ์ในการวัดการเปลี่ยนแปลง
ระยะยาวชนิดตัวแปรเดี่ยวและตัวแปรพหุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชา
วิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภารัตน์ เรืองจันทร์. (2542). การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสิ่งแวดล้อม: การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยโมเดลเอชแอลเอ็มและโมเดลลิสเรล. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรุณี อ่อนสวัสดิ์. (2537). การวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไฉ. (2541). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูป ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของการพัฒนาการทางกายและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Anderson, E. R. (1993). Analyzing change in short term longitudinal research using cohort-sequential design. *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 61: 929-940.

Bentler, P. M., and Wu, E. J. C. (1995). *EQS for Windows user's guide*. Encino, CA: Multivariate Software, Inc..

Bijleveld, J. H., et al. (1998). *Longitudinal data analysis: Design, models, methods*. London: Sage.

Bollen, K. A. (1989). *Structural Equations with Latent Variables*. New York: John Wiley & Sons.

Bordens, K. S. and Abbott. B. B. (2002). *Research design and methods: A process approach*. 5th ed. Boston: McGraw-Hill.

Byrne, B. M. (1998). *Structural Equation Modeling with LISREL, PRELIS, and SIMPLIS: Basic concepts, applications, and programming*. New Jersey: Lawrence Erlbaum associates.

- Campbell, D. T., and Stanley, J. C. (1963). **Experimental and Quasi – Experimental Designs for Research**. Boston: Houghton Mifflin.
- Collins, L. M. and Horns, J. L. (1991). **Best methods for the analysis of change: Recent advance, answered questions, future directions**. Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Cooney, J. B. (1999). An investigation of mathematics and reading achievement of 5 - through 14 - year olds using growth curve methodology. **Dissertation Abstracts** 60: 238.
- Dale, A., and Davies, B. R. (1994). **Analyzing social and political change: a case of methods**. London: Sage.
- Diana, D. S. (1999). **An investigation of mathematics and reading achievement of 5 through 14 year olds using latent growth curve methodology**. [Online] Available from: [http:// www.car.chula.ac.th/curef-db/alist. html#e](http://www.car.chula.ac.th/curef-db/alist.html#e) [1999, January 9]
- Duncan, S. C., and Duncan, T. E. (1994). Modeling incomplete longitudinal substance use data using latent variable growth curve methodology. **Multivariate Behavioral Research** 29: 313-338.
- Duncan, S. C., Duncan, T. E., and Hops, H. (1996). Analysis of longitudinal data within accelerated longitudinal designs. **Psychological Methods** 1: 236-248.
- Duncan, T. E., Duncan, S. C., Li, F. (1998). A Comparison of model and multiple imputaion-based approaches to longitudinal analysis with partial missingness. **Structural Equation Modeling** 5: 1-21.
- Duncan, T. E., Duncan, S. C., Stoolmiller, M. (1994). Modeling processes using latent growth structural equation methodology. **Applied Psychological Measurement** 18: 343-354.

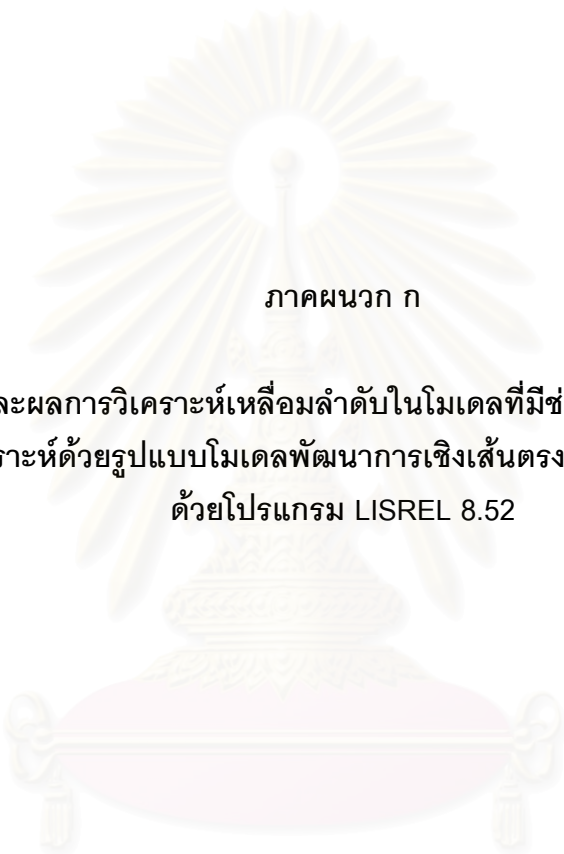
- Duncan, T. E., Duncan, S. C., Strycker L. A. and Li. F. (1999 b). **An Introduction to latent variable growth curve modeling: Concept, issue and applications.** Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum associates.
- Eye, A. V. (1990). Descriptive and associative developmental model. **Statistical methods in longitudinal research Volume 2.** Boston: Academic Press.
- Eye, A. V. (1990). Pattern of change within latent variable structural equation models. **Statistical methods in longitudinal research volume I: Principles and structuring change.** Boston: Academic Press.
- Gilbert, S. (1979). **Foundations of educational research.** Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Glenn, N. D. (1988). **Cohort analysis.** Beverly Hills, Calif. : Sage.
- Gottman, J. M. and Rushe R. H. (1991). The analysis of change: issue, fallacies, and new ideas. **Journal of Conselting and Clinical Psychology** 61: 907-910.
- Gottman, J. M. (1995). **The Analysis of change: Accelerating and maximizing information from short-term longitudinal research.** New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Howell, D. C. (1989). **Fundamental statistics for the behavioral sciences.** Boston, Mass: Boston, Mass: PWS-Kent..
- Jacques, A. H. (1990). **Categorical longitudinal data: log-linear panel, trend, and cohort analysis.** Newbury Park, Calif.: Sage.
- Joreskög, K. G. and Sörbom, D. (1989). **LISREL7 User's Reference Guide.** Chicago: Scientific Software.
- Judith, B. and Mark, S.F.(2002). **Latent growth curve modeling with a cohort-sequential Design.** [Online] Available from: [http:// www.car.chula.ac.th/curef-db/alist.html#d](http://www.car.chula.ac.th/curef-db/alist.html#d)
[2002, December 3]

- Kirk, R. E. (1995). **Experimental design: Procedures for the behavioral sciences (Third Edition)**. Pacific Grove, California: Books/Cole Publishing Company.
- Kirk, R. E. (1999). **Statistics an introduction (Fourth Edition)**. Fort Worth, TX.: Horcourt Brace College Publishers.
- McArdle, J. J. and Epstein, D. (1987). Latent growth curve within developmental structural equation models. **Child Development** 58: 110-133.
- McArdle, J. J. and Hamagami, F. (1991). Modeling incomplete: Longitudinal and cross-sectional data using latent growth structural models. In L.M. Collins and J.L. Horn. (Eds.). **Best method for the analysis of change**. Washing, D.D.: American Psychology Association.
- Meredith, W., and Tisak, J. (1990). Latent curve analysis. **Psychometrica** 55: 107-122.
- Raudenbush, S. W. and Chan, W. S. (1993). Application of a Hierarchical Linear Model to the study of adolescent deviance in an overlapping cohort design. **Journal of Consulting and Clinical Psychology** 61: 941-951.
- Raykov, T. (1994). Studying correlations and predictors of longitudinal change: Using structural equation modeling. **Applied Psychological Measurement** 18: 63-77.
- Sapsford, R. and Jupp, V. (1996). **Data collection and analysis**. London: Sage.
- Tisak, J. and Meredith, W. (1989). Exploratory longitudinal factor analysis in multiple population. **Psychometrica** 54, 261-281.
- Willett, J. B. (1994). Measuring change more effectively by model individual change over Time. In T. Husen & T.N. Postlethwaite (Eds.). **The International Encyclopedia of Education**. 2nd ed. Elmsford, NY. Pergamon Press.
- Woodruff, D. and Houston, M. (1994). Growth rate reliability in longitudinal measurement. **Educational and Psychological Measurement** 54: 897-902.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

ตัวอย่างคำสั่งและผลการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลา
จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงของชุดตัวแปรน้ำหน้ก
ด้วยโปรแกรม LISREL 8.52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์หีส้อมลำดับในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 8 ช่วงเวลาจากการ
วิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงของชุดตัวแปรน้ำหนัก

SEQUENTIAL ANALYSIS-8 interval-LIN-weight

GROUP 1

DA NG=3 NO=214 NI=8 MA=CM

MO NY=8 NE=12 AL=FI PS=SY,FI LY=FU,FI TE=FI,DI

LE

S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10 LEVEL SLOPE

CM

27.397

27.683 30.146

29.664 31.721 36.862

30.728 32.744 37.750 39.693

33.816 35.606 40.711 43.127 53.447

35.503 37.292 42.797 45.299 55.108 60.082

38.281 40.437 46.314 48.959 58.838 64.089 72.647

40.503 42.566 49.179 52.014 62.591 67.689 76.185 83.280

ME

23.107 24.422 26.421 27.901 30.061 32.811 35.429 37.998

MA LY

1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0

0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1

0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 2

0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 3

0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 4

0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 5

0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 6

0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 7

MA PS

1

0 1

0 0 1

0 0 0 1

0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 1

0000001
 00000001
 000000000
 0000000000
 00000000001
 0000000000.11
 FR PS 11 11 PS 12 12 PS 12 11
 FR PS 1 1 PS 2 2 PS 3 3 PS 4 4 PS 5 5 PS 6 6 PS 7 7 PS 8 8
 FR AL 1 11 AL 1 12
 OU NS SS TV ND=3 ADD=OFF
 GROUP 2
 DA NO=213 NI=8 MA=CM
 LE
 S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10 LEVEL SLOPE
 CM
 41.345
 44.852 51.069
 46.241 52.199 55.036
 49.385 55.691 58.343 64.808
 51.024 57.661 60.134 66.782 71.856
 54.511 61.713 64.639 71.620 76.764 87.642
 55.722 62.682 65.524 72.484 78.427 89.010 95.917
 61.926 69.808 72.974 80.807 86.954 98.039 104.251 117.527
 ME
 25.028 27.176 28.713 30.925 33.429 36.240 38.797 41.049
 MODEL NY=8 NE=12 AL=FI PS=SY,FI LY=FU,FI TE=FI,DI
 MA LY
 010000000011
 001000000012
 000100000013
 000010000014
 000001000015
 000000100016
 000000010017
 000000001018

MA PS

0

0 1

0 0 1

0 0 0 1

0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 . 1 1

FR AL 1 11 AL 1 12

FR PS 11 11 PS 12 12 PS 12 11

FR PS 2 2 PS 3 3 PS 4 4 PS 5 5 PS 6 6 PS 7 7 PS 8 8 PS 9 9

EQ PS 1 11 11 PS 2 11 11

EQ PS 1 12 12 PS 2 12 12

EQ PS 1 12 11 PS 2 12 11

EQ PS 1 2 2 PS 2 2 2

EQ PS 1 3 3 PS 2 3 3

EQ PS 1 4 4 PS 2 4 4

EQ PS 1 5 5 PS 2 5 5

EQ PS 1 6 6 PS 2 6 6

EQ PS 1 7 7 PS 2 7 7

EQ PS 1 8 8 PS 2 8 8

EQ AL 1 11 AL 2 11

EQ AL 1 12 AL 2 12

OU NS SS TV ND=3 ADD=OFF

GROUP 3

DA NO=213 NI=8 MA=CM

LE

S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10 LEVEL SLOPE

CM

44.766

46.569 50.213

47.846 50.829 56.098

49.404 52.516 57.041 61.366

53.540 56.812 62.477 66.973 77.184

55.048 58.507 64.518 69.542 80.205 87.010

57.115 60.504 66.667 71.491 81.849 88.573 94.612

56.532 59.962 66.184 71.127 81.183 87.970 93.533 96.645

ME

26.605 28.107 30.356 32.952 35.589 38.127 40.298 42.448

MODEL NY=8 NE=12 AL=FI PS=SY,FI LY=FU,FI TE=FI,DI

MA LY

001000000012

000100000013

000010000014

000001000015

000000100016

000000010017

000000001018

000000000119

MA PS

0

00

001

0001

00001

000001

0000001

00000001

000000001

0000000001

00000000001

0000000000.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VAR 8 -- -- -- -- -- --

LAMBDA-Y

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
VAR 1	--	--	--	--	1.000	--
VAR 2	--	--	--	--	1.000	1.000
VAR 3	--	--	--	--	1.000	2.000
VAR 4	--	--	--	--	1.000	3.000
VAR 5	--	--	--	--	1.000	4.000
VAR 6	--	--	--	--	1.000	5.000
VAR 7	1.000	--	--	--	1.000	6.000
VAR 8	--	1.000	--	--	1.000	7.000

Covariance Matrix of ETA

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	3.972					
S2	--	1.642				
S3	--	--	1.160			
S4	--	--	--	1.972		
S5	--	--	--	--	3.037	
S6	--	--	--	--	--	2.323
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

Covariance Matrix of ETA

	S7	S8	S9
S7	2.413		
S8	--	2.997	
S9	--	--	--

S10 -- -- -- --
 LEVEL -- -- -- -- 34.164
 SLOPE -- -- -- -- 1.340 0.660

Mean Vector of Eta-Variables

S1	S2	S3	S4	S5	S6
-----	-----	-----	-----	-----	-----
--	--	--	--	--	--

Mean Vector of Eta-Variables

S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
-----	-----	-----	-----	-----	-----
--	--	--	--	22.032	2.261

PSI

S1	S2	S3	S4	S5	S6
-----	-----	-----	-----	-----	-----
S1 3.972 (0.486) 8.177					
S2 -- 1.642 (0.177) 9.265					
S3 -- -- 1.160 (0.110) 10.587					
S4 -- -- -- 1.972 (0.133) 14.792					
S5 -- -- -- -- 3.037 (0.188) 16.123					
S6 -- -- -- -- -- 2.323 (0.154) 15.111					
S7 -- -- -- -- -- --					

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--
PSI						
	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	2.413 (0.172) 14.006					
S8	-- 2.997 (0.227) 13.201					
S9	-- -- --					
S10	-- -- -- --					
LEVEL	-- -- -- --				34.164 (1.979) 17.262	
SLOPE	-- -- -- --				1.340 (0.204) 6.561	0.660 (0.040) 16.446

ALPHA EQUALS ALPHA IN THE FOLLOWING GROUP

Group Goodness of Fit Statistics

Contribution to Chi-Square = 653.219

Percentage Contribution to Chi-Square = 42.743

Root Mean Square Residual (RMR) = 6.900

Standardized RMR = 0.139

Goodness of Fit Index (GFI) = 0.515

SEQUENTIAL ANALYSIS-8interval

Within Group Standardized Solution

LAMBDA-Y

S1	S2	S3	S4	S5	S6
-----	-----	-----	-----	-----	-----

VAR 1	1.993	--	--	--	--	--
VAR 2	--	1.281	--	--	--	--
VAR 3	--	--	1.077	--	--	--
VAR 4	--	--	--	1.404	--	--
VAR 5	--	--	--	--	1.743	--
VAR 6	--	--	--	--	--	1.524
VAR 7	--	--	--	--	--	--
VAR 8	--	--	--	--	--	--

LAMBDA-Y

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
VAR 1	--	--	--	--	5.845	--
VAR 2	--	--	--	--	5.845	0.812
VAR 3	--	--	--	--	5.845	1.625
VAR 4	--	--	--	--	5.845	2.437
VAR 5	--	--	--	--	5.845	3.250
VAR 6	--	--	--	--	5.845	4.062
VAR 7	1.553	--	--	--	5.845	4.874
VAR 8	--	1.731	--	--	5.845	5.687

Correlation Matrix of ETA

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	1.000					
S2	--	1.000				
S3	--	--	1.000			
S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	
S6	--	--	--	--	--	1.000
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

Correlation Matrix of ETA

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	1.000					
S8	--	1.000				
S9	--	--	1.000			
S10	--	--	--	1.000		
LEVEL	--	--	--	--	1.000	
SLOPE	--	--	--	--	0.282	1.000

PSI

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	1.000					
S2	--	1.000				
S3	--	--	1.000			
S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	
S6	--	--	--	--	--	1.000
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

PSI

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	1.000					
S8	--	1.000				
S9	--	--	1.000			
S10	--	--	--	1.000		
LEVEL	--	--	--	--	1.000	
SLOPE	--	--	--	--	0.282	1.000

GROUP 2

Number of Iterations = 13

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-Y

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
VAR 1	--	1.000	--	--	--	--
VAR 2	--	--	1.000	--	--	--
VAR 3	--	--	--	1.000	--	--
VAR 4	--	--	--	--	1.000	--
VAR 5	--	--	--	--	--	1.000
VAR 6	--	--	--	--	--	--
VAR 7	--	--	--	--	--	--
VAR 8	--	--	--	--	--	--

LAMBDA-Y

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
VAR 1	--	--	--	--	1.000	1.000
VAR 2	--	--	--	--	1.000	2.000
VAR 3	--	--	--	--	1.000	3.000
VAR 4	--	--	--	--	1.000	4.000
VAR 5	--	--	--	--	1.000	5.000
VAR 6	1.000	--	--	--	1.000	6.000
VAR 7	--	1.000	--	--	1.000	7.000
VAR 8	--	--	1.000	--	1.000	8.000

Covariance Matrix of ETA

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	--					
S2	--	1.642				
S3	--	--	1.160			
S4	--	--	--	1.972		
S5	--	--	--	--	3.037	

S6	--	--	--	--	--	2.323
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

Covariance Matrix of ETA

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE

S7	2.413					
S8	--	2.997				
S9	--	--	2.992			
S10	--	--	--	--		
LEVEL	--	--	--	--	34.164	
SLOPE	--	--	--	--	1.340	0.660

Mean Vector of Eta-Variables

	S1	S2	S3	S4	S5	S6

	--	--	--	--	--	--

Mean Vector of Eta-Variables

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE

	--	--	--	--	22.032	2.261

PSI

	S1	S2	S3	S4	S5	S6

S1	--					
S2	--	1.642				
		(0.177)				
		9.265				
S3	--	--	1.160			
			(0.110)			
			10.587			

S4	--	--	--	1.972		
				(0.133)		
				14.792		
S5	--	--	--	--	3.037	
					(0.188)	
					16.123	
S6	--	--	--	--	--	2.323
						(0.154)
						15.111
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--
PSI						
	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
S7	2.413					
	(0.172)					
	14.006					
S8	--	2.997				
		(0.227)				
		13.201				
S9	--	--	2.992			
			(0.302)			
			9.921			
S10	--	--	--	--		
LEVEL	--	--	--	--	34.164	
					(1.979)	
					17.262	
SLOPE	--	--	--	--	1.340	0.660
					(0.204)	(0.040)
					6.561	16.446

ALPHA EQUALS ALPHA IN THE FOLLOWING GROUP

Group Goodness of Fit Statistics

Contribution to Chi-Square = 462.281

Percentage Contribution to Chi-Square = 30.249

Root Mean Square Residual (RMR) = 8.511

Standardized RMR = 0.128

Goodness of Fit Index (GFI) = 0.587

GROUP 2

Within Group Standardized Solution

LAMBDA-Y

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
VAR 1	--	1.281	--	--	--	--
VAR 2	--	--	1.077	--	--	--
VAR 3	--	--	--	1.404	--	--
VAR 4	--	--	--	--	1.743	--
VAR 5	--	--	--	--	--	1.524
VAR 6	--	--	--	--	--	--
VAR 7	--	--	--	--	--	--
VAR 8	--	--	--	--	--	--

LAMBDA-Y

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
VAR 1	--	--	--	--	5.845	0.812
VAR 2	--	--	--	--	5.845	1.625
VAR 3	--	--	--	--	5.845	2.437
VAR 4	--	--	--	--	5.845	3.250
VAR 5	--	--	--	--	5.845	4.062
VAR 6	1.553	--	--	--	5.845	4.874
VAR 7	--	1.731	--	--	5.845	5.687
VAR 8	--	--	1.730	--	5.845	6.499

Correlation Matrix of ETA

S1	S2	S3	S4	S5	S6
-----	-----	-----	-----	-----	-----

S1	--					
S2	--	1.000				
S3	--	--	1.000			
S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	
S6	--	--	--	--	--	1.000
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

Correlation Matrix of ETA

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	1.000					
S8	--	1.000				
S9	--	--	1.000			
S10	--	--	--	1.000		
LEVEL	--	--	--	--	1.000	
SLOPE	--	--	--	--	0.282	1.000

PSI

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	--					
S2	--	1.000				
S3	--	--	1.000			
S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	
S6	--	--	--	--	--	1.000
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--

LEVEL -- -- -- -- --
 SLOPE -- -- -- -- --

PSI

S7 S8 S9 S10 LEVEL SLOPE

```

-----
S7 1.000
S8 -- 1.000
S9 -- -- 1.000
S10 -- -- -- --
LEVEL -- -- -- -- 1.000
SLOPE -- -- -- -- 0.282 1.000
    
```

GROUP 3

Number of Iterations = 13

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-Y

S1 S2 S3 S4 S5 S6

```

-----
VAR 1 -- -- 1.000 -- --
VAR 2 -- -- -- 1.000 -- --
VAR 3 -- -- -- -- 1.000 --
VAR 4 -- -- -- -- -- 1.000
VAR 5 -- -- -- -- -- --
VAR 6 -- -- -- -- -- --
VAR 7 -- -- -- -- -- --
VAR 8 -- -- -- -- -- --
    
```

LAMBDA-Y

S7 S8 S9 S10 LEVEL SLOPE

```

-----
VAR 1 -- -- -- -- 1.000 2.000
VAR 2 -- -- -- -- 1.000 3.000
VAR 3 -- -- -- -- 1.000 4.000
VAR 4 -- -- -- -- 1.000 5.000
VAR 5 1.000 -- -- -- 1.000 6.000
    
```

VAR 6	--	1.000	--	--	1.000	7.000
VAR 7	--	--	1.000	--	1.000	8.000
VAR 8	--	--	--	1.000	1.000	9.000

Covariance Matrix of ETA

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	--					
S2	--	--				
S3	--	--	1.160			
S4	--	--	--	1.972		
S5	--	--	--	--	3.037	
S6	--	--	--	--	--	2.323
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

Covariance Matrix of ETA

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	2.413					
S8	--	2.997				
S9	--	--	2.992			
S10	--	--	--	4.737		
LEVEL	--	--	--	--	34.164	
SLOPE	--	--	--	--	1.340	0.660

Mean Vector of Eta-Variables

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
	--	--	--	--	--	--

Mean Vector of Eta-Variables

S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
--	--	--	--	22.032	2.261

PSI

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	--					
S2	--	--				
S3	--	--	1.160 (0.110) 10.587			
S4	--	--	--	1.972 (0.133) 14.792		
S5	--	--	--	--	3.037 (0.188) 16.123	
S6	--	--	--	--	--	2.323 (0.154) 15.111
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

PSI

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	2.413 (0.172) 14.006					

S8	--		2.997			
			(0.227)			
			13.201			
S9	--	--	2.992			
			(0.302)			
			9.921			
S10	--	--	--	4.737		
				(0.619)		
				7.653		
LEVEL	--	--	--	--	34.164	
					(1.979)	
					17.262	
SLOPE	--	--	--	--	1.340	0.660
					(0.204)	(0.040)
					6.561	16.446

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	VAR 6
-----	-----	-----	-----	-----	-----
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

VAR 7	VAR 8
-----	-----
1.000	1.000

ALPHA

S1	S2	S3	S4	S5	S6
-----	-----	-----	-----	-----	-----

ALPHA

S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
-----	-----	-----	-----	-----	-----
--	--	--	--	22.032	2.261
				(0.235)	(0.034)
				93.576	67.465

Global Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 117

Minimum Fit Function Chi-Square = 1528.259 (P = 0.0)

Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 1681.768 (P = 0.0)

Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 1564.768

90 Percent Confidence Interval for NCP = (1435.883 ; 1701.052)

Minimum Fit Function Value = 2.399

Population Discrepancy Function Value (F0) = 2.456

90 Percent Confidence Interval for F0 = (2.254 ; 2.670)

Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.251

90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.240 ; 0.262)

P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.000

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 2.687

90 Percent Confidence Interval for ECVI = (2.447 ; 2.864)

ECVI for Saturated Model = 0.113

ECVI for Independence Model = 24.302

Chi-Square for Independence Model with 84 Degrees of Freedom = 15464.245

Independence AIC = 15512.245

Model AIC = 1711.768

Saturated AIC = 216.000

Independence CAIC = 15643.320

Model CAIC = 1793.690

Saturated CAIC = 805.839

Normed Fit Index (NFI) = 0.901

Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.934

Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 1.255

Comparative Fit Index (CFI) = 0.908

Incremental Fit Index (IFI) = 0.908

Relative Fit Index (RFI) = 0.929

Critical N (CN) = 65.813

Group Goodness of Fit Statistics

Contribution to Chi-Square = 412.759

Percentage Contribution to Chi-Square = 27.008

Root Mean Square Residual (RMR) = 5.772

Standardized RMR = 0.0624

Goodness of Fit Index (GFI) = 0.673

GROUP 3

Within Group Standardized Solution

LAMBDA-Y

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
VAR 1	--	--	1.077	--	--	--
VAR 2	--	--	--	1.404	--	--
VAR 3	--	--	--	--	1.743	--
VAR 4	--	--	--	--	--	1.524
VAR 5	--	--	--	--	--	--
VAR 6	--	--	--	--	--	--
VAR 7	--	--	--	--	--	--
VAR 8	--	--	--	--	--	--

LAMBDA-Y

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
VAR 1	--	--	--	--	5.845	1.625
VAR 2	--	--	--	--	5.845	2.437
VAR 3	--	--	--	--	5.845	3.250
VAR 4	--	--	--	--	5.845	4.062
VAR 5	1.553	--	--	--	5.845	4.874
VAR 6	--	1.731	--	--	5.845	5.687
VAR 7	--	--	1.730	--	5.845	6.499
VAR 8	--	--	--	2.17	5.845	7.312

Correlation Matrix of ETA

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	--					
S2	--	--				
S3	--	--	1.000			
S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	
S6	--	--	--	--	--	1.000

S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

Correlation Matrix of ETA

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	1.000					
S8	--	1.000				
S9	--	--	1.000			
S10	--	--	--	1.000		
LEVEL	--	--	--	--	1.000	
SLOPE	--	--	--	--	0.282	1.000

PSI

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	--					
S2	--	--				
S3	--	--	1.000			
S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	
S6	--	--	--	--	--	1.000
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

PSI

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	1.000					
S8	--	1.000				

S9	--	--	1.000			
S10	--	--	--	1.000		
LEVEL	--	--	--	--	1.000	
SLOPE	--	--	--	--	0.282	1.000

SEQUENTIAL ANALYSIS-8interval

Common Metric Standardized Solution

LAMBDA-Y

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
VAR 1	1.152	--	--	--	--	--
VAR 2	--	1.047	--	--	--	--
VAR 3	--	--	1.077	--	--	--
VAR 4	--	--	--	1.404	--	--
VAR 5	--	--	--	--	1.743	--
VAR 6	--	--	--	--	--	1.524
VAR 7	--	--	--	--	--	--
VAR 8	--	--	--	--	--	--

LAMBDA-Y

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
VAR 1	--	--	--	--	5.845	--
VAR 2	--	--	--	--	5.845	0.812
VAR 3	--	--	--	--	5.845	1.625
VAR 4	--	--	--	--	5.845	2.437
VAR 5	--	--	--	--	5.845	3.250
VAR 6	--	--	--	--	5.845	4.062
VAR 7	1.553	--	--	--	5.845	4.874
VAR 8	--	1.731	--	--	5.845	5.687

Covariance Matrix of ETA

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	2.991					
S2	--	1.499				
S3	--	--	1.000			

S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	
S6	--	--	--	--	--	1.000
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

Covariance Matrix of ETA

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	1.000					
S8	--	1.000				
S9	--	--	1.000			
S10	--	--	--	1.000		
LEVEL	--	--	--	--	1.000	
SLOPE	--	--	--	--	0.282	1.000

PSI

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	2.991					
S2	--	1.499				
S3	--	--	1.000			
S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	
S6	--	--	--	--	--	1.000
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

PSI

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	1.000					
S8	--	1.000				
S9	--	--	--			
S10	--	--	--	--		
LEVEL	--	--	--	--	1.000	
SLOPE	--	--	--	--	0.282	1.000

GROUP 2

Common Metric Standardized Solution

LAMBDA-Y

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
VAR 1	--	1.047	--	--	--	--
VAR 2	--	--	1.077	--	--	--
VAR 3	--	--	--	1.404	--	--
VAR 4	--	--	--	--	1.743	--
VAR 5	--	--	--	--	--	1.524
VAR 6	--	--	--	--	--	--
VAR 7	--	--	--	--	--	--
VAR 8	--	--	--	--	--	--

LAMBDA-Y

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
VAR 1	--	--	--	--	5.845	0.812
VAR 2	--	--	--	--	5.845	1.625
VAR 3	--	--	--	--	5.845	2.437
VAR 4	--	--	--	--	5.845	3.250
VAR 5	--	--	--	--	5.845	4.062
VAR 6	1.553	--	--	--	5.845	4.874
VAR 7	--	1.731	--	--	5.845	5.687
VAR 8	--	--	1.411	--	5.845	6.499

Covariance Matrix of ETA

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	--					
S2	--	1.499				
S3	--	--	1.000			
S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	
S6	--	--	--	--	--	1.000
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

Covariance Matrix of ETA

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	1.000					
S8	--	1.000				
S9	--	--	1.502			
S10	--	--	--	--		
LEVEL	--	--	--	--	1.000	
SLOPE	--	--	--	--	0.282	1.000

PSI

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	--					
S2	--	1.499				
S3	--	--	1.000			
S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	
S6	--	--	--	--	--	1.000
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--

S9 -- -- -- -- --
 S10 -- -- -- -- --
 LEVEL -- -- -- -- --
 SLOPE -- -- -- -- --

PSI

S7 S8 S9 S10 LEVEL SLOPE

 S7 1.000
 S8 -- 1.000
 S9 -- -- 1.502
 S10 -- -- -- --
 LEVEL -- -- -- -- 1.000
 SLOPE -- -- -- -- 0.282 1.000

GROUP 3

Common Metric Standardized Solution

LAMBDA-Y

S1 S2 S3 S4 S5 S6

 VAR 1 -- -- 1.077 -- -- --
 VAR 2 -- -- -- 1.404 -- --
 VAR 3 -- -- -- -- 1.743 --
 VAR 4 -- -- -- -- -- 1.524
 VAR 5 -- -- -- -- -- --
 VAR 6 -- -- -- -- -- --
 VAR 7 -- -- -- -- -- --
 VAR 8 -- -- -- -- -- --

LAMBDA-Y

S7 S8 S9 S10 LEVEL SLOPE

 VAR 1 -- -- -- -- 5.845 1.625
 VAR 2 -- -- -- -- 5.845 2.437
 VAR 3 -- -- -- -- 5.845 3.250
 VAR 4 -- -- -- -- 5.845 4.062
 VAR 5 1.553 -- -- -- 5.845 4.874

VAR 6	--	1.731	--	--	5.845	5.687
VAR 7	--	--	1.411	--	5.845	6.499
VAR 8	--	--	--	1.256	5.845	7.312

Covariance Matrix of ETA

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	--					
S2	--	--				
S3	--	--	1.000			
S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	
S6	--	--	--	--	--	1.000
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

Covariance Matrix of ETA

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE
S7	1.000					
S8	--	1.000				
S9	--	--	1.502			
S10	--	--	--	3.005		
LEVEL	--	--	--	--	1.000	
SLOPE	--	--	--	--	0.282	1.000

PSI

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	--					
S2	--	--				
S3	--	--	1.000			
S4	--	--	--	1.000		
S5	--	--	--	--	1.000	

S6	--	--	--	--	--	1.000
S7	--	--	--	--	--	--
S8	--	--	--	--	--	--
S9	--	--	--	--	--	--
S10	--	--	--	--	--	--
LEVEL	--	--	--	--	--	--
SLOPE	--	--	--	--	--	--

PSI

	S7	S8	S9	S10	LEVEL	SLOPE

S7	1.000					
S8	--	1.000				
S9	--	--	1.502			
S10	--	--	--	3.005		
LEVEL	--	--	--	--	1.000	
SLOPE	--	--	--	--	0.282	1.000

Time used: 0.232 Seconds

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลา
จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระของตัวแปรนำหน้า
ด้วยโปรแกรม LISREL 8.52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับในโมเดลที่มีช่วงเวลากการวัด 8 ช่วงเวลา
จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระของตัวแปรน้ำหนัก

SEQUENTIAL ANALYSIS-8interval-FRE-weight

GROUP 1

DA NG=3 NO=214 NI=8 MA=CM

MO NY=8 NE=12 AL=FI PS=SY,FI LY=FU,FI TE=FI,DI

LE

S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10 LEVEL SLOPE

CM

27.397

27.683 30.146

29.664 31.721 36.862

30.728 32.744 37.750 39.693

33.816 35.606 40.711 43.127 53.447

35.503 37.292 42.797 45.299 55.108 60.082

38.281 40.437 46.314 48.959 58.838 64.089 72.647

40.503 42.566 49.179 52.014 62.591 67.689 76.185 83.280

ME

23.107 24.422 26.421 27.901 30.061 32.811 35.429 37.998

MA LY

1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0

0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1

0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0

0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0

0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0

0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0

0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0

0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0

FR LY 3 12 LY 4 12 LY 5 12 LY 6 12 LY 7 12 LY 8 12

ST 2 LY 3 12

ST 3 LY 4 12

ST 4 LY 5 12

ST 5 LY 6 12

ST 6 LY 7 12

ST 7 LY 8 12

MA PS

1

0 1

0 0 1

0 0 0 1

0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 .1 1

FR PS 11 11 PS 12 12 PS 12 11

FR PS 1 1 PS 2 2 PS 3 3 PS 4 4 PS 5 5 PS 6 6 PS 7 7 PS 8 8

FR AL 1 11 AL 1 12

OU NS SS TV ND=3 ADD=OFF

GROUP 2

DA NO=213 NI=8 MA=CM

LE

S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10 LEVEL SLOPE

CM

41.345

44.852 51.069

46.241 52.199 55.036

49.385 55.691 58.343 64.808

51.024 57.661 60.134 66.782 71.856

54.511 61.713 64.639 71.620 76.764 87.642

55.722 62.682 65.524 72.484 78.427 89.010 95.917

61.926 69.808 72.974 80.807 86.954 98.039 104.251 117.527

ME

25.028 27.176 28.713 30.925 33.429 36.240 38.797 41.049

MODEL NY=8 NE=12 AL=FI PS=SY,FI LY=FU,FI TE=FI,DI

MA LY

010000000011

001000000010

000100000010

000010000010

000001000010

000000100010

000000010010

000000001010

FR LY 2 12 LY 3 12 LY 4 12 LY 5 12 LY 6 12 LY 7 12 LY 8 12

ST 2 LY 2 12

ST 3 LY 3 12

ST 4 LY 4 12

ST 5 LY 5 12

ST 6 LY 6 12

ST 7 LY 7 12

ST 8 LY 8 12

MA PS

0

01

001

0001

00001

000001

0000001

00000001

000000001

0000000000

00000000001

0000000000.11

FR AL 1 11 AL 1 12

FR PS 11 11 PS 12 12 PS 12 11

FR PS 2 2 PS 3 3 PS 4 4 PS 5 5 PS 6 6 PS 7 7 PS 8 8 PS 9 9

EQ LY 1 3 12 LY 2 2 12

EQ LY 1 4 12 LY 2 3 12



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EQ LY 1 5 12 LY 2 4 12

EQ LY 1 6 12 LY 2 5 12

EQ LY 1 7 12 LY 2 6 12

EQ LY 1 8 12 LY 2 7 12

EQ PS 1 11 11 PS 2 11 11

EQ PS 1 12 12 PS 2 12 12

EQ PS 1 12 11 PS 2 12 11

EQ PS 1 2 2 PS 2 2 2

EQ PS 1 3 3 PS 2 3 3

EQ PS 1 4 4 PS 2 4 4

EQ PS 1 5 5 PS 2 5 5

EQ PS 1 6 6 PS 2 6 6

EQ PS 1 7 7 PS 2 7 7

EQ PS 1 8 8 PS 2 8 8

EQ AL 1 11 AL 2 11

EQ AL 1 12 AL 2 12

OU NS SS TV ND=3 ADD=OFF

GROUP 3

DA NO=213 NI=8 MA=CM

LE

S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10 LEVEL SLOPE

CM

44.766

46.569 50.213

47.846 50.829 56.098

49.404 52.516 57.041 61.366

53.540 56.812 62.477 66.973 77.184

55.048 58.507 64.518 69.542 80.205 87.010

57.115 60.504 66.667 71.491 81.849 88.573 94.612

56.532 59.962 66.184 71.127 81.183 87.970 93.533 96.645

ME

26.605 28.107 30.356 32.952 35.589 38.127 40.298 42.448

MODEL NY=8 NE=12 AL=FI PS=SY,FI LY=FU,FI TE=FI,DI

MA LY

001000000010

000100000010

000010000010

000001000010

000000100010

000000010010

000000001010

000000000110

FR LY 1 12 LY 2 12 LY 3 12 LY 4 12 LY 5 12 LY 6 12 LY 7 12 LY 8 12

ST 2 LY 1 12

ST 3 LY 2 12

ST 4 LY 3 12

ST 5 LY 4 12

ST 6 LY 5 12

ST 7 LY 6 12

ST 8 LY 7 12

ST 9 LY 8 12

MA PS

0

00

001

0001

00001

000001

0000001

00000001

000000001

0000000001

00000000001

0000000000.11

FR AL 1 11 AL 1 12

FR PS 11 11 PS 12 12 PS 12 11

FR PS 3 3 PS 4 4 PS 5 5 PS 6 6 PS 7 7 PS 8 8 PS 9 9 PS 10 10

EQ LY 2 2 12 LY 3 1 12



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EQ LY 2 3 12 LY 3 2 12

EQ LY 2 4 12 LY 3 3 12

EQ LY 2 5 12 LY 3 4 12

EQ LY 2 6 12 LY 3 5 12

EQ LY 2 7 12 LY 3 6 12

EQ LY 2 8 12 LY 3 7 12

EQ PS 1 11 11 PS 3 11 11

EQ PS 1 12 12 PS 3 12 12

EQ PS 1 12 11 PS 3 12 11

EQ PS 2 3 3 PS 3 3 3

EQ PS 2 4 4 PS 3 4 4

EQ PS 2 5 5 PS 3 5 5

EQ PS 2 6 6 PS 3 6 6

EQ PS 2 7 7 PS 3 7 7

EQ PS 2 8 8 PS 3 8 8

EQ PS 2 9 9 PS 3 9 9

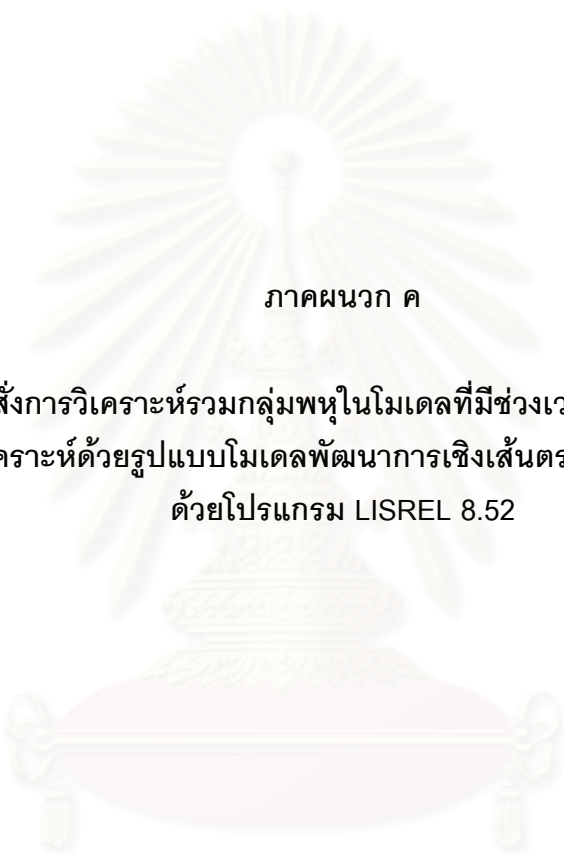
EQ AL 2 11 AL 3 11

EQ AL 2 12 AL 3 12

OU NS SS TV ND=3 ADD=OFF



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลา
จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงของตัวแปรน้ำหนัก
ด้วยโปรแกรม LISREL 8.52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ (combined multi-sample analysis)
 ในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลา จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบ
 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงของตัวแปรน้ำหนัก

1. โมเดลที่ไม่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับให้พารามิเตอร์มีค่าเท่ากันระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

SEQUENTIAL ANALYSIS-8interval-combined group (1)
 GROUP1
 DA NG=4 NO=214 NI=10 MA=CM
 MO NY=10 NE=2 AL=FI PS=FU,FI LY=FU,FI TE=DI,FR
 LE
 LEVLE SLOPE
 CM
 27.397
 27.683 30.146
 29.664 31.721 36.862
 30.728 32.744 37.750 39.693
 33.816 35.606 40.711 43.127 53.447
 35.503 37.292 42.797 45.299 55.108 60.082
 38.281 40.437 46.314 48.959 58.838 64.089 72.647
 40.503 42.566 49.179 52.014 62.591 67.689 76.185 83.280
 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 1.0000
 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 1.0000
 ME
 23.107 24.422 26.421 27.901 30.061 32.811 35.429 37.998 0.0000 0.0000
 VA 1.00 LY 1 1 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 2 2
 VA 0 LY 1 2
 VA 2 LY 3 2
 VA 3 LY 4 2
 VA 4 LY 5 2
 VA 5 LY 6 2
 VA 6 LY 7 2
 VA 7 LY 8 2
 FR PS 1 1 PS 2 2 PS 2 1
 FR AL 1 1 AL 1 2

ST 2.00 ALL

OU NS SS TV ND=3 IT=1000 ADD=OFF

GROUP 2

DA NO=213 NI=10 MA=CM

LE

LEVEL SLOPE

CM

1.000

00.000 41.345

00.000 44.852 51.069

00.000 46.241 52.199 55.036

00.000 49.385 55.691 58.343 64.808

00.000 51.024 57.661 60.134 66.782 71.856

00.000 54.511 61.713 64.639 71.620 76.764 87.642

00.000 55.722 62.682 65.524 72.484 78.427 89.010 95.917

00.000 61.926 69.808 72.974 80.807 86.954 98.039 104.251 117.527

00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 1.000

ME

0.000 25.028 27.176 28.713 30.925 33.429 36.240 38.797 41.049 0.000

MO NY=10 NE=2 AL=FR PS=IN LY=FU,FI TE=DI,FR

VA 1.00 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1

VA 3 LY 4 2

VA 4 LY 5 2

VA 5 LY 6 2

VA 6 LY 7 2

VA 7 LY 8 2

VA 8 LY 9 2

VA 1.00 LY 2 2

VA 2.00 LY 3 2

EQ AL 1 1 AL 2 1

EQ AL 1 2 AL 2 2

EQ TE 1 2 2 TE 2 2 2

EQ TE 1 3 3 TE 2 3 3

EQ TE 1 4 4 TE 2 4 4

EQ TE 1 5 5 TE 2 5 5

EQ TE 1 6 6 TE 2 6 6

EQ TE 1 7 7 TE 2 7 7

EQ TE 1 8 8 TE 2 8 8

ST 2.5 ALL

OU NS SS TV ND=3 IT=1000 ADD=OFF

GROUP 3

DA NO=213 NI=10 MA=CM

LE

LEVEL SLOPE

CM

1.000

00.000 1.000

00.000 00.000 44.766

00.000 00.000 46.569 50.213

00.000 00.000 47.846 50.829 56.098

00.000 00.000 49.404 52.516 57.041 61.366

00.000 00.000 53.540 56.812 62.477 66.973 77.184

00.000 00.000 55.048 58.507 64.518 69.542 80.205 87.010

00.000 00.000 57.115 60.504 66.667 71.491 81.849 88.573 94.612

00.000 00.000 56.532 59.962 66.184 71.127 81.183 87.970 93.533 96.645

ME

0.000 0.000 26.605 28.107 30.356 32.952 35.589 38.127 40.298 42.448

MO NY=10 NE=2 AL=FR PS=IN LY=FU,FI TE=DI,FR

VA 1.00 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1 LY 10 1

VA 3 LY 4 2

VA 4 LY 5 2

VA 5 LY 6 2

VA 6 LY 7 2

VA 7 LY 8 2

VA 8 LY 9 2

VA 9 LY 10 2

VA 2.00 LY 3 2

EQ AL 2 1 AL 3 1

EQ AL 2 2 AL 3 2

EQ TE 2 3 3 TE 3 3 3

EQ TE 2 4 4 TE 3 4 4

EQ TE 2 5 5 TE 3 5 5

EQ TE 2 6 6 TE 3 6 6

EQ TE 2 7 7 TE 3 7 7

EQ TE 2 8 8 TE 3 8 8

EQ TE 2 9 9 TE 3 9 9

ST 2.5 ALL

OU NS SS TV ND=3 IT=1000 ADD=OFF

GROUP 4 – Long

DA NO=200 NI=10 MA=CM

MO NY=10 NE=2 AL=FI PS=FU,FI LY=FU,FI TE=DI,FR

LE

LEVLE SLOPE

CM

42.281

42.234 44.738

47.058 49.069 56.838

48.511 51.011 58.185 61.808

51.076 53.923 61.279 65.213 72.535

52.636 55.442 62.936 66.857 73.896 79.627

55.834 59.325 66.643 70.353 77.624 82.299 91.079

57.127 61.087 68.852 72.607 79.584 84.197 91.901 97.023

61.111 65.135 73.165 77.191 84.856 89.027 97.619 102.404 111.961

63.127 67.650 75.769 79.798 87.567 91.735 100.768 106.143 115.458 122.795

ME

24.269 25.684 27.819 29.348 31.652 34.272 36.783 39.210 41.718 43.854

VA 1.00 LY 1 1 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1 LY 10 1 LY 2 2

VA 0 LY 1 2

VA 2 LY 3 2

VA 3 LY 4 2

VA 4 LY 5 2

VA 5 LY 6 2

VA 6 LY 7 2

VA 7 LY 8 2

VA 8 LY 9 2

VA 9 LY 10 2
 FR PS 1 1 PS 2 2 PS 2 1
 FR AL 1 1 AL 1 2
 ST 5.00 ALL
 OU NS SS TV ND=3 IT=1000 ADD=OFF

2. โมเดลที่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับให้พารามิเตอร์มีค่าเท่ากันระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

SEQUENTIAL ANALYSIS-8interval-combined group (2)

GROUP 1

DA NG=4 NO=214 NI=10 MA=CM

MO NY=10 NE=2 AL=FI PS=FU,FI LY=FU,FI TE=DI,FR

LE

LEVLE SLOPE

CM

27.397

27.683 30.146

29.664 31.721 36.862

30.728 32.744 37.750 39.693

33.816 35.606 40.711 43.127 53.447

35.503 37.292 42.797 45.299 55.108 60.082

38.281 40.437 46.314 48.959 58.838 64.089 72.647

40.503 42.566 49.179 52.014 62.591 67.689 76.185 83.280

0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 1.0000

0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 1.0000

ME

23.107 24.422 26.421 27.901 30.061 32.811 35.429 37.998 0.0000 0.0000

VA 1.00 LY 1 1 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 2 2

VA 0 LY 1 2

VA 2 LY 3 2

VA 3 LY 4 2

VA 4 LY 5 2

VA 5 LY 6 2

VA 6 LY 7 2

VA 7 LY 8 2
 FR PS 1 1 PS 2 2 PS 2 1
 FR AL 1 1 AL 1 2
 ST 2.00 ALL
 OU NS SS TV ND=3 IT=1000 ADD=OFF
 GROUP 2
 DA NO=213 NI=10 MA=CM
 LE
 LEVEL SLOPE
 CM
 1.000
 00.000 41.345
 00.000 44.852 51.069
 00.000 46.241 52.199 55.036
 00.000 49.385 55.691 58.343 64.808
 00.000 51.024 57.661 60.134 66.782 71.856
 00.000 54.511 61.713 64.639 71.620 76.764 87.642
 00.000 55.722 62.682 65.524 72.484 78.427 89.010 95.917
 00.000 61.926 69.808 72.974 80.807 86.954 98.039 104.251 117.527
 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 1.000
 ME
 0.000 25.028 27.176 28.713 30.925 33.429 36.240 38.797 41.049 0.000
 MO NY=10 NE=2 AL=FR PS=IN LY=FU,FI TE=DI,FR
 VA 1.00 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1
 VA 3 LY 4 2
 VA 4 LY 5 2
 VA 5 LY 6 2
 VA 6 LY 7 2
 VA 7 LY 8 2
 VA 8 LY 9 2
 VA 1.00 LY 2 2
 VA 2.00 LY 3 2
 EQ AL 1 1 AL 2 1
 EQ AL 1 2 AL 2 2
 EQ TE 1 2 2 TE 2 2 2

EQ TE 1 3 3 TE 2 3 3

EQ TE 1 4 4 TE 2 4 4

EQ TE 1 5 5 TE 2 5 5

EQ TE 1 6 6 TE 2 6 6

EQ TE 1 7 7 TE 2 7 7

EQ TE 1 8 8 TE 2 8 8

ST 2.5 ALL

OU NS SS TV ND=3 IT=1000 ADD=OFF

GROUP 3

DA NO=213 NI=10 MA=CM

LE

LEVEL SLOPE

CM

1.000

00.000 1.000

00.000 00.000 44.766

00.000 00.000 46.569 50.213

00.000 00.000 47.846 50.829 56.098

00.000 00.000 49.404 52.516 57.041 61.366

00.000 00.000 53.540 56.812 62.477 66.973 77.184

00.000 00.000 55.048 58.507 64.518 69.542 80.205 87.010

00.000 00.000 57.115 60.504 66.667 71.491 81.849 88.573 94.612

00.000 00.000 56.532 59.962 66.184 71.127 81.183 87.970 93.533 96.645

ME

0.000 0.000 26.605 28.107 30.356 32.952 35.589 38.127 40.298 42.448

MO NY=10 NE=2 AL=FR PS=IN LY=FU,FI TE=DI,FR

VA 1.00 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1 LY 10 1

VA 3 LY 4 2

VA 4 LY 5 2

VA 5 LY 6 2

VA 6 LY 7 2

VA 7 LY 8 2

VA 8 LY 9 2

VA 9 LY 10 2

VA 2.00 LY 3 2

EQ AL 2 1 AL 3 1

EQ AL 2 2 AL 3 2

EQ TE 2 3 3 TE 3 3 3

EQ TE 2 4 4 TE 3 4 4

EQ TE 2 5 5 TE 3 5 5

EQ TE 2 6 6 TE 3 6 6

EQ TE 2 7 7 TE 3 7 7

EQ TE 2 8 8 TE 3 8 8

EQ TE 2 9 9 TE 3 9 9

ST 2.5 ALL

OU NS SS TV ND=3 IT=1000 ADD=OFF

GROUP 4 - Long

DA NO=200 NI=10 MA=CM

MO NY=10 NE=2 AL=FR PS=IN LY=FU,FI TE=DI,FR

LE

LEVLE SLOPE

CM

42.281

42.234 44.738

47.058 49.069 56.838

48.511 51.011 58.185 61.808

51.076 53.923 61.279 65.213 72.535

52.636 55.442 62.936 66.857 73.896 79.627

55.834 59.325 66.643 70.353 77.624 82.299 91.079

57.127 61.087 68.852 72.607 79.584 84.197 91.901 97.023

61.111 65.135 73.165 77.191 84.856 89.027 97.619 102.404 111.961

63.127 67.650 75.769 79.798 87.567 91.735 100.768 106.143 115.458 122.795

ME

24.269 25.684 27.819 29.348 31.652 34.272 36.783 39.210 41.718 43.854

VA 1.00 LY 1 1 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1 LY 10 1 LY 2 2

VA 0 LY 1 2

VA 2 LY 3 2

VA 3 LY 4 2

VA 4 LY 5 2

VA 5 LY 6 2

VA 6 LY 7 2

VA 7 LY 8 2

VA 8 LY 9 2

VA 9 LY 10 2

EQ AL 3 1 AL 4 1

EQ AL 3 2 AL 4 2

EQ TE 1 1 1 TE 4 1 1

EQ TE 1 2 2 TE 4 2 2

EQ TE 3 3 3 TE 4 3 3

EQ TE 3 4 4 TE 4 4 4

EQ TE 3 5 5 TE 4 5 5

EQ TE 3 6 6 TE 4 6 6

EQ TE 3 7 7 TE 4 7 7

EQ TE 3 8 8 TE 4 8 8

EQ TE 3 9 9 TE 4 9 9

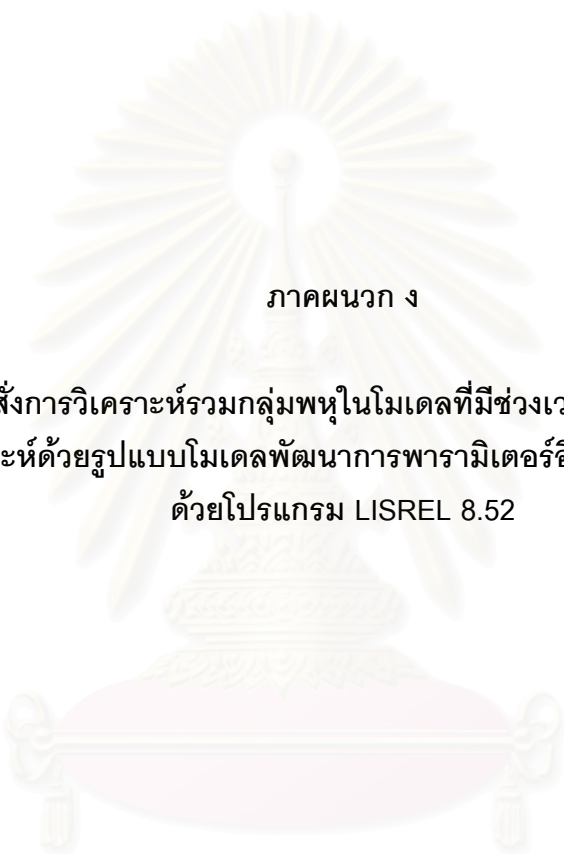
EQ TE 3 10 10 TE 4 10 10

ST 5.00 ALL

OU NS SS TV ND=3 IT=1000 ADD=OFF



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลา
จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระของตัวแปรหน้าหน้า
ด้วยโปรแกรม LISREL 8.52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์รวมกลุ่มพหุ (combined multi-sample analysis)
 ในโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลา จากการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบ
 โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระของตัวแปรน้ำหนัก

1. โมเดลที่ไม่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับให้พารามิเตอร์มีค่าเท่ากันระหว่างโมเดลที่มีช่วง
 เวลาการวัด 8 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

SEQUENTIAL ANALYSIS-8interval-combined group (1)

combined 8

GROUP1

DA NG=4 NO=214 NI=10 MA=CM

MO NY=10 NE=2 AL=FI PS=FU,FI LY=FU,FI TE=DI,FR

LE

LEVLE SLOPE

CM

27.397

27.683 30.146

29.664 31.721 36.862

30.728 32.744 37.750 39.693

33.816 35.606 40.711 43.127 53.447

35.503 37.292 42.797 45.299 55.108 60.082

38.281 40.437 46.314 48.959 58.838 64.089 72.647

40.503 42.566 49.179 52.014 62.591 67.689 76.185 83.280

0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 1.0000

0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 1.0000

ME

23.107 24.422 26.421 27.901 30.061 32.811 35.429 37.998 0.0000 0.0000

VA 1.00 LY 1 1 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 2 2

VA 0 LY 1 2

VA 2 LY 3 2

FR LY 4 2 LY 5 2 LY 6 2 LY 7 2 LY 8 2

FR PS 1 1 PS 2 2 PS 2 1

FR AL 1 1 AL 1 2

ST 2.00 ALL

OU NS RS SE TV ND=3 SS IT=1000 AD=OFF

GROUP 2

DA NO=213 NI=10 MA=CM

LE

LEVEL SLOPE

CM

1.000

00.000 41.345

00.000 44.852 51.069

00.000 46.241 52.199 55.036

00.000 49.385 55.691 58.343 64.808

00.000 51.024 57.661 60.134 66.782 71.856

00.000 54.511 61.713 64.639 71.620 76.764 87.642

00.000 55.722 62.682 65.524 72.484 78.427 89.010 95.917

00.000 61.926 69.808 72.974 80.807 86.954 98.039 104.251 117.527

00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 1.000

ME

0.000 25.028 27.176 28.713 30.925 33.429 36.240 38.797 41.049 0.000

MO NY=10 NE=2 AL=FR PS=IN LY=FU,FI TE=DI,FR

VA 1.00 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1

FR LY 4 2 LY 5 2 LY 6 2 LY 7 2 LY 8 2 LY 9 2

VA 1.00 LY 2 2

VA 2.00 LY 3 2

EQ LY 1 4 2 LY 2 4 2

EQ LY 1 5 2 LY 2 5 2

EQ LY 1 6 2 LY 2 6 2

EQ LY 1 7 2 LY 2 7 2

EQ LY 1 8 2 LY 2 8 2

EQ AL 1 1 AL 2 1

EQ AL 1 2 AL 2 2

EQ TE 1 2 2 TE 2 2 2

EQ TE 1 3 3 TE 2 3 3

EQ TE 1 4 4 TE 2 4 4

EQ TE 1 5 5 TE 2 5 5

EQ TE 1 6 6 TE 2 6 6

EQ TE 1 7 7 TE 2 7 7

EQ TE 1 8 8 TE 2 8 8

ST 2.5 ALL

OU NS RS SE TV ND=3 SS IT=1000 AD=OFF

GROUP 3

DA NO=213 NI=10 MA=CM

LE

LEVEL SLOPE

CM

1.000

00.000 1.000

00.000 00.000 44.766

00.000 00.000 46.569 50.213

00.000 00.000 47.846 50.829 56.098

00.000 00.000 49.404 52.516 57.041 61.366

00.000 00.000 53.540 56.812 62.477 66.973 77.184

00.000 00.000 55.048 58.507 64.518 69.542 80.205 87.010

00.000 00.000 57.115 60.504 66.667 71.491 81.849 88.573 94.612

00.000 00.000 56.532 59.962 66.184 71.127 81.183 87.970 93.533 96.645

ME

0.000 0.000 26.605 28.107 30.356 32.952 35.589 38.127 40.298 42.448

MO NY=10 NE=2 AL=FR PS=IN LY=FU,FI TE=DI,FR

VA 1.00 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1 LY 10 1

FR LY 4 2 LY 5 2 LY 6 2 LY 7 2 LY 8 2 LY 9 2 LY 10 2

VA 2.00 LY 3 2

EQ LY 2 4 2 LY 3 4 2

EQ LY 2 5 2 LY 3 5 2

EQ LY 2 6 2 LY 3 6 2

EQ LY 2 7 2 LY 3 7 2

EQ LY 2 8 2 LY 3 8 2

EQ LY 2 9 2 LY 3 9 2

EQ AL 2 1 AL 3 1

EQ AL 2 2 AL 3 2

EQ TE 2 3 3 TE 3 3 3

EQ TE 2 4 4 TE 3 4 4

EQ TE 2 5 5 TE 3 5 5

EQ TE 2 6 6 TE 3 6 6

EQ TE 2 7 7 TE 3 7 7

EQ TE 2 8 8 TE 3 8 8

EQ TE 2 9 9 TE 3 9 9

ST 2.5 ALL

OU NS RS SE TV ND=3 SS IT=1000 AD=OFF

GROUP 4 - Long

DA NO=253 NI=10 MA=CM

MO NY=10 NE=2 AL=FI PS=FU,FI LY=FU,FI TE=DI,FR

LE

LEVLE SLOPE

CM

37.947

38.194 40.819

42.384 44.522 51.481

43.459 46.002 52.337 55.235

45.972 48.790 55.256 58.389 65.697

47.602 50.311 56.935 60.030 67.150 72.682

50.690 54.060 60.655 63.540 70.844 75.633 84.426

51.880 55.701 62.591 65.521 72.582 77.340 85.241 90.191

55.342 59.343 66.533 69.550 77.379 81.858 90.390 94.984 104.055

57.063 61.481 68.711 71.699 79.632 84.121 93.035 98.108 106.996 113.648

ME

24.138 25.551 27.642 29.138 31.391 34.059 36.676 39.129 41.589 43.689

VA 1.00 LY 1 1 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1 LY 10 1 LY 2 2

VA 0 LY 1 2

VA 2 LY 3 2

FR LY 4 2 LY 5 2 LY 6 2 LY 7 2 LY 8 2 LY 9 2 LY 10 2

FR PS 1 1 PS 2 2 PS 2 1

FR AL 1 1 AL 1 2

ST 5.00 ALL

OU NS RS SE TV ND=3 SS IT=1000 AD=OFF

2. โมเดลที่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับให้พารามิเตอร์มีค่าเท่ากันระหว่างโมเดลที่มี
ช่วงเวลาการวัด 8 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์

SEQUENTIAL ANALYSIS-8interval-combined group (2)

GROUP1

DA NG=4 NO=214 NI=10 MA=CM

MO NY=10 NE=2 AL=FI PS=FU,FI LY=FU,FI TE=DI,FR

LE

LEVEL SLOPE

CM

27.397

27.683 30.146

29.664 31.721 36.862

30.728 32.744 37.750 39.693

33.816 35.606 40.711 43.127 53.447

35.503 37.292 42.797 45.299 55.108 60.082

38.281 40.437 46.314 48.959 58.838 64.089 72.647

40.503 42.566 49.179 52.014 62.591 67.689 76.185 83.280

0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 1.0000

0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 1.0000

ME

23.107 24.422 26.421 27.901 30.061 32.811 35.429 37.998 0.0000 0.0000

VA 1.00 LY 1 1 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 2 2

VA 0 LY 1 2

VA 2 LY 3 2

FR LY 4 2 LY 5 2 LY 6 2 LY 7 2 LY 8 2

FR PS 1 1 PS 2 2 PS 2 1

FR AL 1 1 AL 1 2

ST 2.00 ALL

OU NS RS SE TV ND=3 SS IT=1000 AD=OFF

GROUP 2

DA NO=213 NI=10 MA=CM

LE

LEVEL SLOPE

CM

1.000

00.000 41.345

00.000 44.852 51.069

00.000 46.241 52.199 55.036

00.000 49.385 55.691 58.343 64.808

00.000 51.024 57.661 60.134 66.782 71.856

00.000 54.511 61.713 64.639 71.620 76.764 87.642

00.000 55.722 62.682 65.524 72.484 78.427 89.010 95.917

00.000 61.926 69.808 72.974 80.807 86.954 98.039 104.251 117.527

00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 00.000 1.000

ME

0.000 25.028 27.176 28.713 30.925 33.429 36.240 38.797 41.049 0.000

MO NY=10 NE=2 AL=FR PS=IN LY=FU,FI TE=DI,FR

VA 1.00 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1

FR LY 4 2 LY 5 2 LY 6 2 LY 7 2 LY 8 2 LY 9 2

VA 1.00 LY 2 2

VA 2.00 LY 3 2

EQ LY 1 4 2 LY 2 4 2

EQ LY 1 5 2 LY 2 5 2

EQ LY 1 6 2 LY 2 6 2

EQ LY 1 7 2 LY 2 7 2

EQ LY 1 8 2 LY 2 8 2

EQ AL 1 1 AL 2 1

EQ AL 1 2 AL 2 2

EQ TE 1 2 2 TE 2 2 2

EQ TE 1 3 3 TE 2 3 3

EQ TE 1 4 4 TE 2 4 4

EQ TE 1 5 5 TE 2 5 5

EQ TE 1 6 6 TE 2 6 6

EQ TE 1 7 7 TE 2 7 7

EQ TE 1 8 8 TE 2 8 8

ST 2.5 ALL

OU NS RS SE TV ND=3 SS IT=1000 AD=OFF

GROUP 3

DA NO=213 NI=10 MA=CM

LE

LEVEL SLOPE

CM

1.000

00.000 1.000

00.000 00.000 44.766

00.000 00.000 46.569 50.213

00.000 00.000 47.846 50.829 56.098

00.000 00.000 49.404 52.516 57.041 61.366

00.000 00.000 53.540 56.812 62.477 66.973 77.184

00.000 00.000 55.048 58.507 64.518 69.542 80.205 87.010

00.000 00.000 57.115 60.504 66.667 71.491 81.849 88.573 94.612

00.000 00.000 56.532 59.962 66.184 71.127 81.183 87.970 93.533 96.645

ME

0.000 0.000 26.605 28.107 30.356 32.952 35.589 38.127 40.298 42.448

MO NY=10 NE=2 AL=FR PS=IN LY=FU,FI TE=DI,FR

VA 1.00 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1 LY 10 1

FR LY 4 2 LY 5 2 LY 6 2 LY 7 2 LY 8 2 LY 9 2 LY 10 2

VA 2.00 LY 3 2

EQ LY 2 4 2 LY 3 4 2

EQ LY 2 5 2 LY 3 5 2

EQ LY 2 6 2 LY 3 6 2

EQ LY 2 7 2 LY 3 7 2

EQ LY 2 8 2 LY 3 8 2

EQ LY 2 9 2 LY 3 9 2

EQ AL 2 1 AL 3 1

EQ AL 2 2 AL 3 2

EQ TE 2 3 3 TE 3 3 3

EQ TE 2 4 4 TE 3 4 4

EQ TE 2 5 5 TE 3 5 5

EQ TE 2 6 6 TE 3 6 6

EQ TE 2 7 7 TE 3 7 7

EQ TE 2 8 8 TE 3 8 8

EQ TE 2 9 9 TE 3 9 9

ST 2.5 ALL

OU NS RS SE TV ND=3 SS IT=1000 AD=OFF

GROUP 4 - Long

DA NO=253 NI=10 MA=CM

MO NY=10 NE=2 AL=FR PS=IN LY=FU,FI TE=DI,FR

LE

LEVLE SLOPE

CM

37.947

38.194 40.819

42.384 44.522 51.481

43.459 46.002 52.337 55.235

45.972 48.790 55.256 58.389 65.697

47.602 50.311 56.935 60.030 67.150 72.682

50.690 54.060 60.655 63.540 70.844 75.633 84.426

51.880 55.701 62.591 65.521 72.582 77.340 85.241 90.191

55.342 59.343 66.533 69.550 77.379 81.858 90.390 94.984 104.055

57.063 61.481 68.711 71.699 79.632 84.121 93.035 98.108 106.996 113.648

ME

24.138 25.551 27.642 29.138 31.391 34.059 36.676 39.129 41.589 43.689

VA 1.00 LY 1 1 LY 2 1 LY 3 1 LY 4 1 LY 5 1 LY 6 1 LY 7 1 LY 8 1 LY 9 1 LY 10 1 LY 2 2

VA 0 LY 1 2

VA 2 LY 3 2

FR LY 4 2 LY 5 2 LY 6 2 LY 7 2 LY 8 2 LY 9 2 LY 10 2

EQ LY 3 4 2 LY 4 4 2

EQ LY 3 5 2 LY 4 5 2

EQ LY 3 6 2 LY 4 6 2

EQ LY 3 7 2 LY 4 7 2

EQ LY 3 8 2 LY 4 8 2

EQ LY 3 9 2 LY 4 9 2

EQ LY 3 10 2 LY 4 10 2

EQ AL 3 1 AL 4 1

EQ AL 3 2 AL 4 2

EQ TE 1 1 1 TE 4 1 1

EQ TE 1 2 2 TE 4 2 2

EQ TE 3 3 3 TE 4 3 3

EQ TE 3 4 4 TE 4 4 4

EQ TE 3 5 5 TE 4 5 5

EQ TE 3 6 6 TE 4 6 6

EQ TE 3 7 7 TE 4 7 7

EQ TE 3 8 8 TE 4 8 8

EQ TE 3 9 9 TE 4 9 9

EQ TE 3 10 10 TE 4 10 10

ST 5.00 ALL

OU NS RS SE TV ND=3 SS IT=1000 AD=OFF



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศศิวิมล อมตชีวิน เกิดเมื่อวันอังคารที่ 21 มิถุนายน 2520 ที่ตำบล คลองถนน อำเภอสายไหม จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขามัธยมศึกษา จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544 เข้าศึกษาต่อใน หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย