บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ (correlational study) ชนิดที่เป็นการศึกษาระยะยาว (longitudinal study) เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่ใช้โมเดลประยุกต์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงระหว่างโมเดลที่มีข้อมูลครบสมบูรณ์จากการวัดระยะยาว 5 ครั้ง กับโมเดลที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์และโมเดลที่มีข้อมูลขาดหาย เมื่อมีการวัดไม่ครบสมบูรณ์และข้อมูลขาดหายดังเงื่อนไขต่อไปนี้ 1) ข้อมูลวัดไม่ครบสมบูรณ์เมื่อจำนวนครั้งที่วัดได้เป็น 3 และ 4 ครั้ง จากการวัดที่ควรจะเป็น 5 ครั้ง 2) ข้อมูลวัดไม่ครบสมบูรณ์เมื่อช่วงเวลาที่วัดต่างกัน 3) ข้อมูลขาดหายที่มีอัตราการขาดหายเป็น 5% 10% 15% และ 20% ดังมีรายละเอียดของวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว 5 ช่วงเวลา โดยประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมด 4 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 เป็นข้อมูลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 เป็นข้อมูลอัตราการเข้าเรียนระดับประถมศึกษา ชุดที่ 3 เป็นอัตราการเข้าเรียนระดับมัธยมศึกษา และชุดที่ 4 เป็นข้อมูลอัตราการเข้าเรียนระดับอุดมศึกษา ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

ชุดที่ 1 เป็นฐานข้อมูลจากการวิจัยของ อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล (2541) ซึ่งเป็นข้อมูลการวัดระยะยาว 5 ครั้ง ของตัวแปรคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยการวัดใน 3 ครั้งแรกของการวัดดำเนินการโดย ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ส่วนการวัดอีก 2 ครั้งดำเนินการโดย อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล (2541) ทำให้ช่วงเวลาที่ทำการวัดในครั้งที่ 3 และ 4 มีช่วงเวลาที่ห่างกว่าช่วงอื่น กล่าวคือมีระยะเวลาห่างกัน 4 เดือน ในขณะที่ระยะห่างระหว่างการวัดครั้งอื่นมีระยะเวลา 1 เดือน

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยของอิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล (2541) เป็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2539 สังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 35,384 คน สุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) โดยใช้สำนักงานเขตหรืออำเภอและขนาดโรงเรียนเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้น ได้โรงเรียนทั้งหมดจำนวน 8 โรงเรียน ในเขตคลองสานและเขตยานนาวา

ผลการคำนวณขนาดพอดีของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 396 คน แต่กลุ่มตัวอย่างที่ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลได้จริงมีจำนวน 406 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่

พัฒนาโดย ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) มีจำนวนข้อคำถาม 60 ข้อ เป็นแบบสอบที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรประถมศึกษา พ.ศ. 2521 (ฉบับปรับปรุง 2533) วิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบโดยโปรแกรมสำเร็จรูป CTIA. มีค่าความยากและดัชนีความยากมาตรฐานโดยเฉลี่ยเท่ากับ .44 และ 13.65 ส่วนค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ .31 ความเที่ยงของแบบสอบ (KR-20) มีค่าเท่ากับ .813 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดเท่ากับ 3.39 แสดงให้เห็นว่าแบบสอบมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์สูง

ข้อมูลชุดที่ 2-4 เป็นข้อมูลอัตราการเข้าเรียนต่อจำนวนประชากรในกลุ่มอายุเป้าหมายของนักเรียนระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และอุดมศึกษาของประเทศต่างๆ ทั่วโลก ซึ่งมีช่วงที่วัดเป็นระยะเวลา 5 ปี คือเป็นข้อมูลในปีคริสตศักราช 1975, 1980, 1985, 1990 และ 1995 เป็นข้อมูลเป็นข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากรายงานสถิติรายปีขององค์การสหประชาชาติ โดยผู้วิจัยได้สร้างแบบบันทึกข้อมูลเอง มีลักษณะเป็นตารางสองทาง ซึ่งประกอบด้วยชื่อประเทศและปีที่เก็บข้อมูล สร้างแยกเป็น 3 ตารางได้แก่ตารางอัตราการเข้าเรียนระดับประถมศึกษา อัตราการเข้าเรียนระดับมัธยมศึกษาและอัตราการเข้าเรียนระดับอุดมศึกษา

โมเดลการวิเคราะห์ข้อมูล

โมเดลในการวิจัยครั้งนี้เป็นโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่ประยุกต์ใช้กับการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์และมีข้อมูลขาดหาย จำนวนทั้งสิ้น 15 โมเดล ในข้อมูลแต่ละชุด เป็นโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่มีการวัดครบครั้งและข้อมูลสมบูรณ์ จำนวน 1 โมเดล โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ที่มีจำนวนครั้งและครั้งที่วัดได้ต่างกัน จำนวน 10 โมเดล โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบกลุ่มพหุสำหรับข้อมูลที่มีอัตราการขาดหายต่างกัน 4 โมเดล

สำหรับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีการวัดครบครั้งและข้อมูลสมบูรณ์ มีจำนวน 1 โมเดล สัญลักษณ์ที่ใช้คือ (Complete) โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์มีทั้งสิ้นจำนวน 10 โมเดล เป็นโมเดลที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ที่มีจำนวนครั้งและครั้งที่วัดได้ต่างกัน ประกอบด้วยโมเดลที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ที่วัดได้เพียง 4 ครั้งจากที่ควรจะวัดได้ 5 ครั้ง และครั้งที่วัดได้แตกต่างกันจำนวน 4 โมเดล โมเดลที่การวัดไม่ครบสมบูรณ์ที่วัดได้เพียง 3 ครั้งจากที่ควรจะวัดได้ 5 ครั้งและครั้งที่วัดได้แตกต่างกันจำนวน 6 โมเดล สัญลักษณ์สำหรับใช้แทนโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ คือ I t (j k) เมื่อ t คือจำนวนครั้งที่วัดได้ j และ k คือครั้งที่ไม่ได้วัด เช่น I3(2 3) หมายถึงโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่วัดได้เพียง 3 ครั้งจากที่ควรจะเป็น 5 ครั้ง โดยไม่ได้วัดในครั้งที่ 2 และ 3 สำหรับโมเดลแต่ละแบบผู้วิจัยได้เสนอจำนวนครั้งและครั้งที่วัดได้ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีการวัดครบและไม่ครบสมบูรณ์ และช่วงเวลาที่วัดแตกต่างกัน

โมเดล	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
Complete	✓	✓	✓	✓	✓
โมเดลที่มีการวัดเพียง 4 ครั้ง					
1. I4 (2)	✓	✗	✓	✓	✓
2. I4 (3)	✓	✓	✗	✓	✓
3. I4 (4)	✓	✓	✓	✗	✓
4. I4 (5)	✓	✓	✓	✓	✗
โมเดลที่มีการวัดเพียง 3 ครั้ง					
5. I3 (2 3)	✓	✗	✗	✓	✓
6. I3 (2 4)	✓	✗	✓	✗	✓
7. I3 (3 4)	✓	✓	✗	✗	✓
8. I3 (2 5)	✓	✗	✓	✓	✗
9. I3 (3 5)	✓	✓	✗	✓	✗
10. I3 (4 5)	✓	✓	✓	✗	✗

หมายเหตุ ✓ แทน มีการวัด ✗ แทน ไม่มีการวัด

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหายมีลักษณะเป็นโมเดลกลุ่มพหุ โดยแยกลักษณะกลุ่มตัวอย่างตามรูปแบบข้อมูลที่ขาดหายเป็น 4 กลุ่ม ผู้วิจัยจัดกลุ่มข้อมูลตามลักษณะของข้อมูลที่ขาดหาย กล่าวคือ ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหายในการวัดครั้งที่ 2-4 เป็นบางส่วนจะจัดกลุ่มตัวอย่างแยกออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวครบทั้ง 5 ครั้ง กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวได้ในครั้งที่ 1-4 กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวได้ในครั้งที่ 1-3 และกลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวได้ในครั้งที่ 1-2 ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่ข้อมูลขาดหายมีจำนวน 4 โมเดลตามอัตราการขาดหายของข้อมูล ได้แก่ การขาดหายของข้อมูลร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 ในการวัดแต่ละครั้ง สัญลักษณ์ที่ใช้แทนโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหายคือ V p% เมื่อ p คือร้อยละของการขาดหาย เช่น ACH10% หมายถึงโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว ตัวแปรคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีอัตราการขาดหายของข้อมูลเป็นร้อยละ 10

ตารางที่ 2 การจัดกลุ่มตัวอย่างในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหาย

กลุ่ม	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	วัดครั้งที่ 3	วัดครั้งที่ 4	วัดครั้งที่ 5
กลุ่มที่ 1	✓	✓	✓	✓	✓
กลุ่มที่ 2	✓	✓	✓	✓	✗
กลุ่มที่ 3	✓	✓	✓	✗	✗
กลุ่มที่ 4	✓	✓	✗	✗	✗

หมายเหตุ ✓ แทน มีการวัด ✗ แทน ไม่มีการวัด

เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบความสอดคล้องของค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นรายหน่วยที่ได้จากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์และข้อมูลขาดหาย ผู้วิจัยจึงต้องนำข้อมูลที่มีอยู่ออกจากการวิเคราะห์ โดยการนำข้อมูลออกนั้นเป็นไปตามรูปแบบของโมเดลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย กล่าวคือสำหรับโมเดลที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ ผู้วิจัยดึงข้อมูลในช่วงเวลาที่กำหนดให้ไม่มีการวัดออกจากการวิเคราะห์หมดทั้งช่วงเวลา ซึ่งในส่วนนี้จำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละโมเดลยังมีจำนวนเท่ากัน สำหรับโมเดลที่มีข้อมูลขาดหาย ผู้วิจัยดำเนินการแบ่งกลุ่มของข้อมูลที่ขาดหายโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ในอัตราการขาดหายที่ต้องการ ทำให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มขึ้นอยู่กับอัตราการขาดหาย

จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่วัดได้ในแต่ละกลุ่มของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหาย สำหรับโมเดลที่มีอัตราการขาดหายเป็นร้อยละ 5 จะเห็นได้ว่าเป็นการขาดหายของกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 จะขาดหายประมาณครั้งละ 5% ทำให้มีข้อมูลที่ครบสมบูรณ์ (กลุ่มที่ 1) อยู่ประมาณร้อยละ 85 ในขณะที่เมื่อมีอัตราการขาดหายของข้อมูลเป็นร้อยละ 10 ข้อมูลครบสมบูรณ์จะมีประมาณร้อยละ 70 เมื่ออัตราการขาดหายของข้อมูลเป็นร้อยละ 15 จะเหลือข้อมูลครบสมบูรณ์ประมาณร้อยละ 55 และเมื่ออัตราการการขาดหายของข้อมูลเป็นร้อยละ 20 จะมีข้อมูลครบสมบูรณ์ประมาณร้อยละ 40 สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่างในการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบกลุ่มพหุสำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีข้อมูลครบสมบูรณ์และข้อมูลขาดหายผู้วิจัยได้แสดงไว้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีข้อมูลครบสมบูรณ์และมีข้อมูลขาดหาย

โมเดล	กลุ่มที่ 1		กลุ่มที่ 2		กลุ่มที่ 3		กลุ่มที่ 4	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ACH0%	406	100	0	0	0	0	0	0
ACH5%	345	84.98	20	4.93	20	4.93	21	5.17
ACH10%	285	70.20	40	9.85	41	10.10	40	9.85
ACH15%	225	55.42	60	14.78	61	15.02	60	14.78
ACH20%	162	39.90	81	19.95	81	19.95	82	20.20
ELE0%	125	100	0	0	0	0	0	0
ELE5%	106	84.80	7	5.60	6	4.80	6	4.80
ELE10%	87	69.60	13	10.40	13	10.40	12	9.60
ELE15%	68	54.40	19	15.20	19	15.20	19	15.20
ELE20%	50	40.00	25	20.00	25	20.00	25	20.00
SEC0%	118	100	0	0	0	0	0	0
SEC5%	99	83.90	7	5.93	6	5.08	6	5.08
SEC10%	83	70.34	12	10.17	12	10.17	11	9.32
SEC15%	65	55.08	17	14.41	18	15.25	18	15.25
SEC20%	47	39.83	24	20.34	24	20.34	23	19.49
UNV0%	112	100	0	0	0	0	0	0
UNV5%	96	85.71	6	5.36	5	4.46	5	4.46
UNV10%	78	69.64	11	9.82	12	10.71	11	9.82
UNV15%	61	54.46	17	15.18	17	15.18	17	15.18
UNV20%	45	40.18	22	19.64	23	20.54	22	19.64

ตัวแปรในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งตัวแปรเป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว และตัวแปรในการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาว

ตัวแปรในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว

ตัวแปรสังเกตได้เป็นชุดตัวแปรที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว 5 ช่วงเวลา จาก ข้อมูล 4 ชุด ได้แก่ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ACH1, ACH2, ACH3, ACH4 และ ACH5) อัตราการเข้าเรียนระดับประถมศึกษา (ELE1, ELE2, ELE3, ELE4 และ

ELE5) อัตราการเข้าเรียนระดับมัธยมศึกษา (SEC1, SEC2, SEC3, SEC4 และ SEC5) และอัตราการเข้าเรียนระดับอุดมศึกษา (UNV1, UNV2, UNV3, UNV4 และ UNV5)

ตัวแปรแฝง ได้แก่ ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดครั้งแรก (L) ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (S) ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนสุ่มหรือคะแนนเศษเหลือที่เป็นตัวแปรสุ่มในการวัดแต่ละช่วงเวลา (Et)

ตัวแปรในการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาว

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ครั้งที่วัด จำนวนครั้งที่วัดได้ และอัตราการขาดหายของข้อมูล ตัวแปรตามได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error; RMSE) ระหว่างค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นรายหน่วยที่ได้จากข้อมูลที่มีการวัดครบและไม่ครบสมบูรณ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ตอน ดังนี้คือ

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบลักษณะเบื้องต้นของข้อมูล ได้แก่การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่วัดในแต่ละครั้ง ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าความโด่งและค่าความเบ้ การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS/PC+

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีการวัดครบและไม่ครบสมบูรณ์

การวิเคราะห์ในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ตามโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีการวัดครบครั้ง 1 โมเดล และการวัดไม่ครบสมบูรณ์ที่มีจำนวนครั้งและช่วงเวลาที่วัดได้ต่างกัน 10 เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงที่เป็นคะแนนในการวัดครั้งแรกและตัวแปรแฝงความชัน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงการวัดแต่ละครั้งที่มีต่อองค์ประกอบความชัน นอกจากนั้นยังวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโมเดลโดยการตรวจสอบ ค่าไค-สแควร์ (Chi-squares Statistics) ดัชนีวัดความกลมกลืน (Goodness-of-fit Index) ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษ (Root Mean Squared Residual) ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด (Largest Standardized Residual)

การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ใช้โปรแกรมลิสเรล เวอร์ชั่น 8.10 รูปแบบคำสั่งแบบสัญลักษณ์แรม (Reticular Action Model; RAM notation) ซึ่งแตกต่างจากคำสั่งลิสเรลที่การกำหนดเมทริกซ์พารามิเตอร์ LY เป็นเมทริกซ์พารามิเตอร์แทนสัมประสิทธิ์จากตัวแปรสังเกตได้ไปยังตัวแปรทุกตัวในโมเดลทั้ง

ที่เป็นตัวแปรสังเกตได้และตัวแปรแฝง จึงมีขนาดเป็นเมทริกซ์ Y X M เมื่อ Y คือจำนวนตัวแปรสังเกตได้ และ M คือจำนวนตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้รวมกัน เมทริกซ์ BE เป็นเมทริกซ์พารามิเตอร์แทนสัมประสิทธิ์จากตัวแปรสังเกตได้และตัวแปรแฝงไปยังตัวแปรทุกตัวในโมเดล จึงมีขนาดเป็นเมทริกซ์ M X M ส่วนเมทริกซ์ PS เป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของเทอมความคลาดเคลื่อนของตัวแปรทุกตัวในโมเดล

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบที่มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter) ซึ่งโมเดลนี้มีโค้งพัฒนาการที่ไม่เป็นเส้นตรง โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงการวัดแต่ละครั้งที่มีต่อองค์ประกอบความชัน (Bt) สำหรับการวัดครั้งแรกและครั้งที่สองในการวัดครั้งแรกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 (B1=0) นั่นคือยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง และในการวัดครั้งที่สองกำหนดให้มีค่าเป็น 1 (B2=1) เพื่อเป็นแกนอ้างอิงที่จะสะท้อนให้เห็นวิถีของการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน แต่สำหรับโมเดลการวัดไม่ครบสมบูรณ์ซึ่งบางโมเดลระยะห่างจากช่วงที่วัดครั้งแรกกับครั้งที่สองห่างกันมากกว่า 1 ช่วงเวลา จึงกำหนดค่า Bt ให้มีค่าเท่ากับระยะห่างระหว่างช่วงเวลาที่วัดครั้งแรกกับครั้งที่สองสำหรับโมเดลที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ ในข้อมูลชุดคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ การเก็บรวบรวมข้อมูลของอิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล (2541) มีช่วงเวลาในการวัดในครั้งที่ 4 ห่างจากการวัดครั้งที่ 3 เป็นระยะ 4 ช่วงเวลา ดังนั้นการกำหนดค่า B4 ในโมเดลที่ 5 จึงกำหนดให้มีค่าเป็น 6 ดังที่ผู้วิจัยได้แสดงรายละเอียดกำหนดค่า Bt ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ในการวัดแต่ละครั้งต่อตัวแปรแฝงความชันในแต่ละโมเดล

โมเดล	B1	B2	B3	B4	B5
Complete	0	1	*	*	*
1. I4 (2)	0	–	2	*	*
2. I4 (3)	0	1	–	*	*
3. I4 (4)	0	1	*	–	*
4. I4 (5)	0	1	*	*	–
5. I3 (2 3)	0	–	–	3 (6)	*
6. I3 (2 4)	0	–	2	–	*
7. I3 (3 4)	0	1	–	–	*
8. I3 (2 5)	0	–	2	*	–
9. I3 (3 5)	0	1	–	*	–
10. I3 (4 5)	0	1	*	–	–

หมายเหตุ – แทน ไม่มีพารามิเตอร์ * แทน พารามิเตอร์อิสระ

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหาย

การวิเคราะห์ในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ตามโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบกลุ่มพหุในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหายในอัตราที่ต่างกัน 4 โมเดล เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงที่เป็นคะแนนในการวัดครั้งแรกและตัวแปรแฝงความชัน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงการวัดแต่ละครั้งที่มีต่อองค์ประกอบความชัน นอกจากนั้นยังวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโมเดลโดยการตรวจสอบ ค่าไค-สแควร์ (Chi-squares Statistics) ดัชนีวัดความกลมกลืน (Goodness-of-fit Index) ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษ (Root Mean Squared Residual) ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด (Largest Standardized Residual)

การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีข้อมูลขาดหายใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ EQS for Windows เวอร์ชัน 5.7b ซึ่งมีความสามารถในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นแบบกลุ่มพหุ (multiple groups) ที่มีจำนวนตัวแปรสังเกตได้ในแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน โดยในการวิจัยครั้งนี้จำแนกกลุ่มข้อมูลตามรูปแบบการขาดหายของข้อมูล ออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีการวัดครบสมบูรณ์จึงมีจำนวนตัวแปรสังเกตได้ในโมเดล 5 ตัวแปร ในขณะที่กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีการขาดหายในครั้งที่ 5 จึงมีตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีการขาดหายในครั้งที่ 4-5 จึงมีตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร และกลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มที่มีการขาดหายในครั้งที่ 3-5 จึงมีตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัวแปร

การวิเคราะห์ตามโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหายนี้เป็นโมเดลกลุ่มพหุที่มีการบังคับ (constraint) ค่าพารามิเตอร์ในทุกกลุ่มให้มีค่าเท่ากัน ในการวิเคราะห์จะมีค่าพารามิเตอร์รวม 13 ค่า ได้แก่ พารามิเตอร์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงระดับ (ML,DL) พารามิเตอร์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชัน (MS,DS) พารามิเตอร์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงระดับและตัวแปรแฝงความชัน (RLS) พารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบในการวัดครั้งที่ 3, 4 และ 5 ต่อตัวแปรแฝงความชัน (B1, B2 และ B3) พารามิเตอร์ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 (E1, E2, E3, E4 และ E5) ค่าพารามิเตอร์ที่บังคับให้เท่ากัน ผู้วิจัยได้แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้มีค่าเท่ากันของแต่ละกลุ่มในการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหาย

พารามิเตอร์	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4
ML	*	=	=	=
DL	*	=	=	=
MS	*	=	=	=
DS	*	=	=	=
RLS	*	=	=	=
B3	*	=	=	X
B4	*	=	X	X
B5	*	X	X	X
E1	*	=	=	=
E2	*	=	=	=
E3	*	=	=	X
E4	*	=	X	X
E5	*	X	X	X

หมายเหตุ * แทน พารามิเตอร์อิสระ = แทน พารามิเตอร์บังคับให้มีค่าเท่ากัน
X แทน ไม่มีพารามิเตอร์

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาว

หลังจากการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแล้ว ผู้วิจัยนำค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (factor score regression) จากทั้ง 11 โมเดลกับคะแนนดิบในการวัดแต่ละครั้ง มาคำนวณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายหน่วย โดยใช้คำสั่ง compute ด้วยโปรแกรม SPSS/PC+ แต่เนื่องจากข้อจำกัดในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (factor score regression) ของโปรแกรม EQS ในการประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นรายหน่วยสำหรับโมเดลที่มีข้อมูลขาดหายซึ่งวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม EQS ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการคำนวณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงจากผลบวกของผลคูณระหว่างค่าน้ำหนักองค์ประกอบกับคะแนนมาตรฐานของคะแนนที่วัดได้แต่ละครั้ง

คะแนนอัตราการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายหน่วยนี้เป็นผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาว จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวดังกล่าวโดยดำเนินการดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นรายหน่วย ได้แก่ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความโด่งและความเบ้

2. วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงจากโมเดลที่มีการวัดครบและไม่ครบสมบูรณ์ และโมเดลที่มีข้อมูลขาดหาย

3. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนอัตราการเปลี่ยนแปลงจากโมเดลที่วัดครบสมบูรณ์กับโมเดลที่วัดไม่ครบสมบูรณ์และโมเดลที่มีข้อมูลขาดหาย ด้วยค่าสถิติที (t)

4. คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงจากโมเดลที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์และโมเดลที่มีข้อมูลขาดหาย โดยการคำนวณค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error; RMSE)

สูตรที่ใช้คือ

$$RMSEm = \left(\frac{\sum_{n=1}^{n} (Cs - Is)^2}{n} \right)^{1/2}$$

เมื่อ $RMSEm$ คือ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

Cs คือ ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากโมเดลที่มีการวัดครบสมบูรณ์

Is คือ ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากโมเดลที่มีการวัดไม่ครบครั้งและโมเดลที่มีข้อมูลขาดหาย

n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย