การเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์: การศึกษาแบบมอนติคาร์โล

นางสาวนิอร ไชยพรพัฒนา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARISON OF THE QUALITY OF GROWTH MEASUREMENT METHODS USING THE LATENT GROWTH CURVE MODEL AS THE CRITERION: A MONTE CARLO STUDY

Miss Niorn Chaiyapornpattana

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Educational Measurement and Evaluation
Department of Educational Research and Psychology
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์: การศึกษาแบบมอนติคาร์โล
โดย	นางสาวนิอร ไชยพรพัฒนา
สาขาวิชา	การวัดและประเมินผลการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อวยพร เรืองตระกูล

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พฤทธิ์ ศิริบรรณพิทักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อวยพร เรืองตระกูล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วรรณี แกมเกตุ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิอร ไชยพรพัฒนา: การเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์: การศึกษาแบบมอนติคาร์โล. (A COMPARISON OF THE QUALITY OF GROWTH MEASUREMENT METHODS USING THE LATENT GROWTH CURVE MODEL AS THE CRITERION: A MONTE CARLO STUDY) อ.ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.อวยพร เรืองตระกูล,165 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิม 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (DS) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (RG) และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล (BRG) โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ เมื่อข้อมูลมีเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรงและแบบไม่เป็นเส้นตรง และจำนวนครั้งของการวัดซ้ำแตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการจำลอง (simulate) ข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลโดยใช้โปรแกรม MPLUS version 4.1 ตามเงื่อนไข 4 ประการ ได้แก่ 1) รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล 2) จำนวนครั้งของการวัดซ้ำ 3) ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) และ 4) ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) รวมทั้งสิ้น 108 สถานการณ์ และในแต่ละสถานการณ์มีกลุ่มตัวอย่างเป็น 500 ชุดข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ และวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการในด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์และค่าความคลาดเคลื่อนด้วยสถิติทดสอบ Hotelling และแผนภาพการกระจาย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) คะแนนพัฒนาการที่ได้จากการประมาณค่าด้วยวิธีการวัดทั้ง 3 วิธี มีความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์อยู่ในระดับสูง และให้ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการต่ำ

2) เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] ในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG เมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่นทุกจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ

3) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] ในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้งและ 4 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น

4) สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง ในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง และ 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น

ภาควิชา วิจัยและจิตวิทยาการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต นิอร ไชยพรพัฒนา

สาขาวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2549

#4883702427: MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION
KEY WORD: GROWTH MEASUREMENT METHODS/ LATENT GROWTH CURVE MODEL/ MONTE CARLO

NIORN CHAIYAPORNPATTANA: A COMPARISON OF THE QUALITY OF GROWTH MEASUREMENT METHODS USING THE LATENT GROWTH CURVE MODEL AS THE CRITERION: A MONTE CARLO STUDY. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. AUYPORN RUENGTRAGUL, Ph.D., 165 pp.

The purposes of this research were to compare the quality of the three measuring growth methods based on the classical test theory which were 1) observed different score method (DS), 2) relative gain score (RG), and 3) balanced relative gain score (BRG) using the latent growth curve model as the criterion for the data that had changed in linear and nonlinear growth model and had different time-point-measurement. The 108 situations were built up by monte carlo technique using MPLUS version 4.1 from 4 conditions which were 1) form of data-changing, 2) time-point-measurement, 3) mean of level (ML), and 4) mean of slope (MS). The data were analyzed in order to estimate growth scores, and the scores quality using criterion-related validity and measurement error were compared by Hotelling test and scatter plot.

The research results indicated that:

1) The growth scores from all of the three measuring growth methods had high level in criterion-related validity and low measurement errors.

2) For the data that had changed in linear growth model and basis coefficient is [0,1,2,3,4], it showed that the method of RG had better quality than DS and BRG, respectively. Even if in the different time-point-measurement condition.

3) For the data that had changed in linear growth model with basis coefficient [0,0.2,0.4,0.6,0.8], it showed that the method of RG had better quality than BRG and DS, respectively. It still had a better quality for 3 or 4 time-point-measurement conditions. But whenever the data had 5 time-point-measurement, the method of BRG had better quality than others.

4) For the data that had changed in nonlinear growth model, it showed that the method of RG had better quality than BRG and DS, respectively. It still had a better quality for 5 time-point-measurement conditions. But whenever the data had 3 or 4 time-point-measurement, the method of BRG had better quality than others.

Department Educational Research and Psychology Student's signature Niorn Chaiyapornpattana
Field of study Educational Measurement and Evaluation Advisor's signature Auyporn Ruengtragul
Academic year 2006

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.อวยพร เรืองตระกูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิชาการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำและความช่วยเหลือที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยตั้งแต่เริ่มเข้าเรียนจนถึงการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังดูแลเอาใจใส่ คอยติดตามความก้าวหน้า คอยให้กำลังใจ และเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ศ.ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และ อ.ดร.วรรณี แกมเกตุ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาชี้จุดบกพร่องและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิจัยทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทั้งทางด้านวิชาการและการดำเนินชีวิตให้แก่ผู้วิจัย รวมไปถึงคุณ Linda Muthen ที่สละเวลาในการตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับโปรแกรม MPLUS ที่ผู้วิจัยใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยสำหรับทุนในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อนและรุ่นน้องภาควิชาวิจัยทุกคน โดยเฉพาะ คุณสุธาสินี คุณวรรณา คุณซิธิมาโวร์ น้องนิพัทธา น้องนริศรา น้องอังค์วรา น้องยุทธพงษ์ น้องพนิดา น้องจุฑา น้องนิลเนตร น้องกฤติยา น้องชรินรัตน์ พี่อัญชลี พี่สมเกียรติ และพี่ชนาธิป ที่ช่วยแบ่งปันความรู้ซึ่งกันและกัน คอยเป็นกำลังใจ และทำให้โลกแห่งการเรียนรู้ตลอดเวลาที่ผ่านมาเต็มไปด้วยความสุขและความทรงจำที่ดีมากมาย

ขอขอบคุณครอบครัวทองกลึง คุณสุนทรี คุณเนาวรัตน์ คุณปฐมาพร คุณพรเพ็ญ น้องเสาวนีย์ พี่เกษม พี่วิไล พี่นาตยา และพี่สุรัสวดี ที่เชื่อมั่น คอยช่วยเหลือ เป็นที่พึ่งทางใจ และแบ่งปันความทุกข์ความสุขเสมอมา

ขอบคุณคุณครูทุกคนและบุคคลที่เป็นแรงบันดาลใจให้แก่ผู้วิจัยทั้งทางตรงและทางอ้อม ในด้านการเรียน การทำงาน และการใช้ชีวิต รวมถึงขอบคุณบุคคลผู้เป็นแรงใจสำหรับผู้วิจัย ช่วยให้ผู้วิจัยมีแรงพลัง และจุดมุ่งหมายในการทำงาน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อจำนงค์ คุณแม่นันทกา พี่ปิยะมาศ น้องกัลยา รวมไปถึงพี่อังกูร พี่ภูมิ และพี่อาทิตย์ ที่คอยดูแล มอบความรักความอบอุ่น ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจ อีกทั้งยังหล่อหลอมสิ่งดีๆให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญภาพ.....ฏ

บทที่

1 บทนำ.....1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

คำถามวิจัย.....5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....5

สมมติฐานการวิจัย.....6

ขอบเขตการวิจัย.....6

ข้อจำกัดของการวิจัย.....8

นิยามศัพท์เฉพาะ.....8

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....10

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....11

ตอนที่ 1 แนวคิดในการวัดคะแนนพัฒนาการ.....11

ตอนที่ 2 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม.....13

ตอนที่ 3 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่.....25

ตอนที่ 4 การศึกษาแบบมอนติคาร์โล.....32

ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....34

ตอนที่ 6 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....51

3 วิธีดำเนินการวิจัย.....53

ตอนที่ 1 เงื่อนไขที่ใช้ในการจำลองข้อมูล.....53

ตอนที่ 2 การจำลองข้อมูล.....57

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....57

บทที่ หน้า

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....60
ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับโมเดลโค้งพัฒนาการและประมาณค่าคะแนนพัฒนาการของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์สำหรับใช้เป็นคะแนนเกณฑ์.....61
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานและลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์.....68
2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี.....68
2.2 ผลการเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี เทียบกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์.....82
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ.....86
3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์.....86
3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ.....100
ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ.....110
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....115
สรุปผลการวิจัย.....116
อภิปรายผลการวิจัย.....121
ข้อเสนอแนะ.....124
รายการอ้างอิง.....126
ภาคผนวก.....130
ภาคผนวก ก ตัวอย่างคำสั่งการจำลองข้อมูลด้วยโปรแกรม MPLUS version 4.1.....131
ภาคผนวก ข ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการจำลอง.....143

บทที่ หน้า

ภาคผนวก ค ตัวอย่างคำสั่งและผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลโค้ง
พัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงด้วยโปรแกรม LISREL 8.72.....145
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนภาพการกระจายในการเปรียบเทียบคุณภาพ
ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด DS, RG และ BRG.163
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....165

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม	22
2.2	งานวิจัยที่ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ	47
2.3	งานวิจัยที่ศึกษาการวัดคะแนนพัฒนาการที่ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง	49
3.1	สถานการณ์ที่ใช้ในการจำลองข้อมูล	56
4.1	ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ และสมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ	62
4.2	ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ	70
4.3	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดต่างๆ กับคะแนนพัฒนาการที่เป็นเกณฑ์ จำแนกตามรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงและจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ	88
4.4	ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการตามสถานการณ์ต่างๆ	91
4.5	ผลการเปรียบเทียบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดวิธีต่างๆ ในแต่ละสถานการณ์ย่อย	98
4.6	ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดวิธีต่างๆของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์	101
4.7	ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดต่างๆในแต่ละสถานการณ์ย่อย	108
4.8	ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดต่างๆ ในแต่ละสถานการณ์ย่อย	113

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2.1 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงวัดด้วยตัวบ่งชี้เดียว.....27
2.2 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัด 3 ครั้ง.....28
2.3 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัด 4 ครั้ง.....28
2.4 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัด 5 ครั้ง.....29
2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....52
3.1 ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลตามรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน...54
3.2 ลักษณะของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) แตกต่างกัน.....55
3.3 ลักษณะของข้อมูลที่มีค่าอัตราพัฒนาการ (MS) แตกต่างกัน.....55
4.1 แผนภูมิใยแมงมุมแสดงร้อยละของสถานการณ์ที่พบวิธีการวัดที่ให้ลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ใกล้เคียงกับลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์มากที่สุด.....85
4.2 แผนภูมิใยแมงมุมแสดงร้อยละของสถานการณ์ที่พบวิธีการวัดที่ให้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงมากกว่าวิธีอื่น.....99
4.3 แผนภูมิใยแมงมุมแสดงร้อยละของสถานการณ์ที่พบวิธีการวัดที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการน้อยกว่าวิธีอื่น.....109
4.4 แผนภูมิใยแมงมุมแสดงร้อยละของสถานการณ์ที่พบวิธีการวัดที่มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น.....114

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันองค์กรทางการศึกษาในต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็นประเทศอังกฤษ หรือสหรัฐอเมริกา ได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการวัดพัฒนาการมากยิ่งขึ้น (Goldstein and Behuniak, 2005) สำหรับในประเทศไทยนั้น พบว่าการจัดการศึกษาตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 มาตราที่ 22 ระบุให้มีการจัดการศึกษาที่เน้นผู้เรียนสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, 2547) นอกจากนั้นการจัดการศึกษาเป็นการจัดประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และคุณธรรม สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข โดยหลักการศึกษาในปัจจุบันยึดหลักที่ว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545)

การวัดพัฒนาการเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการจัดการเรียนการสอนแก่ผู้เรียน เนื่องจากการวัดพัฒนาการนั้น จะทำให้ทราบว่า ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด และมีการพัฒนาได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอน และตามหลักสูตรที่ได้จัดขึ้นหรือไม่ ซึ่งการวัดคะแนนพัฒนาการเป็นวิธีวิทยาการที่ได้รับความสนใจจากศาสตร์เกือบทุกสาขา ทั้งนักวิจัย นักวัดและประเมิน และนักสถิติ โดยจุดมุ่งหมายในการวัดคะแนนพัฒนาการที่สำคัญ ประการแรก เพื่อพัฒนาวิธีการวัดที่ถูกต้อง (Chou, Bentler and Pentz, 1998; Fan, 2006; Ferrer, Hamagami and McArdle, 2004; วินิจ เทือกทอง, 2537; อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537) ประการที่สอง เพื่อประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ (ศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์, 2547; อัญชลี สิทธิกุลธร, 2543) และประการที่สาม เพื่อศึกษารูปแบบของพัฒนาการ (Compton, 2003; Fan, 2001; Speece and Ritchey, 2005; Mast and Allaire, 2006) โดยคะแนนพัฒนาการจากการวัดระยะยาวรายบุคคลนั้นมีแบบแผนการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถจัดประเภทแบบแผนของการเปลี่ยนแปลงได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การเปลี่ยนแปลงที่มีแนวโน้มเป็นแบบเส้นตรง และการเปลี่ยนแปลงที่มีแนวโน้มไม่เป็นแบบเส้นตรง

วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการเป็นเรื่องที่นักวิจัย และนักวัดผลให้ความสนใจและศึกษาโดยมีการพัฒนาแนวคิดต่างๆ มาเป็นระยะเวลาหลายสิบปี เริ่มจากการศึกษาของ Thorndike

และ Thomson ในปี 1924 เป็นต้นมา โดยการวัดพัฒนาการในระยะแรกเรียกว่า การวัดคะแนนการเปลี่ยนแปลง (change score) ต่อมานักวัดผลจำนวนหนึ่งได้พัฒนาสูตรสำหรับประมาณค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล จนกระทั่งในปี 1962 Chester Harris ได้จัดให้มีการประชุมสัมมนา เรื่อง การวัดความเปลี่ยนแปลง และมีการจัดเผยแพร่หนังสือชื่อ Problems in Measuring Change ซึ่งนับว่าเป็นการรวบรวมความรู้เกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการเป็นครั้งแรก (Gottman, 1995 อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) จากนั้นเป็นต้นมาก็มีการพัฒนาและนำเสนอวิธีการวัดต่างๆมากมาย

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถแบ่งแนวคิดของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการออกได้เป็น 2 แนวคิด ได้แก่ แนวคิดที่หนึ่ง คือแนวคิดการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม (traditional methods of measuring changes or classical methods for measuring changes) โดยได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ครั้ง ซึ่งวิธีการวัดในกลุ่มแนวคิดนี้มีข้อจำกัดเกี่ยวกับการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (classical test theory) กล่าวคือ มีการอนุโลมให้ความคลาดเคลื่อนของการวัดในครั้งแรกกับการวัดในครั้งหลังสามารถหักลบกันหมดพอดี ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรที่ใช้วัดคะแนนพัฒนาการตามไปด้วย นอกจากนี้การใช้การเก็บรวบรวมในการวัดเพียง 2 ครั้งเท่านั้นไม่เพียงพอในการอธิบายกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ (Gottman and Rushe, 1993; Raykov, 1994; Willett, 1994 อ้างถึงใน อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล, 2541) จึงทำให้มีการพัฒนาวิธีการวัดตามแนวคิดที่สองขึ้น คือ แนวคิดในการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่ (recent methods of measuring changes or modern methods of measuring changes) โดยมีโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) เป็นหนึ่งในวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดนี้

การใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์พัฒนาการเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในหลายสาขาวิชา เนื่องจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้แม้จำนวนกลุ่มตัวอย่างมีไม่ครบสมบูรณ์ (McArdle and Hamagami, 1995) อีกทั้งยังสามารถประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงทั้งเป็นรายบุคคลและระหว่างบุคคล และสามารถใช้ในการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการเมื่อการวัดคะแนนพัฒนาการของแต่ละบุคคลมีการวัดต่างครั้งกันหรือจำนวนครั้งไม่เท่ากัน นอกจากนี้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงมีจุดเด่นข้อหนึ่ง คือ ในการวัดหลายครั้งทำให้มีข้อสารสนเทศมากเพียงพอที่จะบอกได้ว่าแบบแผนของพัฒนาการเป็นรูปแบบใด เป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง คะแนนพัฒนาการรายบุคคลต่างกันหรือไม่ รวมทั้งมีการนำค่าความคลาดเคลื่อนเข้าไปร่วมในการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ

จากจุดเด่นของการวัดคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น จะเห็นได้ว่าโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงจัดว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งสำหรับการวัดพัฒนาการ แต่กระนั้นโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงก็มีข้อจำกัดกล่าวคือ ความสิ้นเปลืองที่ใช้ในการวัดหลายครั้ง นอกจากนั้นการนำโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงไปใช้จริงในการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการของนักเรียนในโรงเรียน ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆ นั้นมีความเป็นไปได้น้อยมาก เพราะครูต้องอาศัยความรู้ทางด้านการวัด ความรู้ทางด้านสถิติขั้นสูง ต้องอาศัยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ในการช่วยวิเคราะห์อีกด้วย อีกทั้งการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนั้น มีลำดับและขั้นตอนในการวิเคราะห์ที่ยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่าการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิมมาก นอกจากนั้นจากงานวิจัยของอวยพร เรืองตระกูล (2544) พบว่า คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์กับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการประมาณค่าจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสูง และมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ อีกทั้งยังมีความสะดวกในการนำไปใช้จริงมากกว่าคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดจากกลุ่มวิธีอื่นๆ ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการระหว่างวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามกลุ่มวิธีของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมในแต่ละวิธี เมื่อใช้การวัดคะแนนพัฒนาการด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ เพื่อหาวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่มีคุณภาพและเหมาะสมที่สุดต่อการนำไปใช้ในการปฏิบัติจริง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าในประเทศไทยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการในแต่ละวิธี ไม่ว่าจะเป็นการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิม ได้แก่ อรุณี อ่อนสวัสดิ์ (2537) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนจริง วิธีหาความแตกต่างระหว่างความสามารถ วิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ และวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล วินิจ เทือกทอง (2537) ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนจริง วิธีเศษเหลือ วิธีของลอร์ด วิธีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีเทียบส่วนร้อยของคะแนนพัฒนาการ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล การเปรียบเทียบวิธีการวัดตามแนวคิดแนวใหม่ ได้มีผู้ศึกษาหลายคน เช่น ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลลิสเรล 3 แบบ คือ โมเดลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว โมเดลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว และโมเดลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว โดยศึกษาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล (2541) ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 4 รูปแบบ โดยศึกษาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา สำหรับการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิมและแนวคิดแบบแนวใหม่ มีผู้ศึกษาไว้ คือ อวยพร เรืองตระกูล (2544) ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม 5 วิธี และตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 2 วิธี โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ และศึกษาในผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

เมื่อพิจารณางานวิจัยที่ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามกลุ่มแนวคิดแบบดั้งเดิมที่ผ่านมา พบว่า วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ เป็นวิธีที่มีคุณภาพดี และมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ต่อมา ธีระ อาชวเมธี กมลวรรณ ตังธนกานนท์ และสมหวัง พิธิยานุวัฒน์ (2548) ได้มีการพัฒนาวิธีการวัดพัฒนาการแบบดั้งเดิมขึ้นมาอีกหนึ่งวิธี คือ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยปรับสมดุลเกี่ยวกับปัญหาเรื่องขนาดของคะแนนเพิ่ม (gain size) ต่อคะแนนพัฒนาการสัมพันธ์ และยังเป็นวิธีที่ไม่เคยนำมาเปรียบเทียบคุณภาพกับวิธีอื่นๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการทั้ง 3 วิธีข้างต้นมาเป็นวิธีที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพในงานวิจัยครั้งนี้

นอกจากนั้นจะเห็นได้ว่างานวิจัยที่ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการวัดแต่ละวิธีนั้น ส่วนใหญ่ใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการนั้น จะต้องมีการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแต่ละรูปแบบว่าสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลหรือไม่ แล้วจึงทำการวิเคราะห์ประมาณค่าคะแนนพัฒนาการต่อไป และเนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์จากข้อมูลจริงเพียงไม่กี่ชุด ทำให้งานวิจัยที่ผ่านมาไม่สามารถเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่ได้ครบทุกรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง แต่การจำลอง (simulate) ข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการออกแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งมีการสุ่มข้อมูลตามเงื่อนไขต่างๆ ทำให้ครอบคลุมเงื่อนไขทั้งหมดที่เป็นไปได้ และได้ข้อค้นพบที่ครอบคลุมในทุกกรณีตัวอย่าง จะช่วยขยายความรู้ทางด้านการวัดและประเมินผลมากขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ ด้วยวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล โดยใช้โมเดลโค้ง

พัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ และใช้เทคนิคมอนติคาร์โล เพื่อจำลองข้อมูลเชิงทฤษฎีในการวิเคราะห์ต่อไป

คำถามวิจัย

1. เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรงและมีการวัดซ้ำแตกต่างกัน คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล เมื่อใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

2. เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงและมีการวัดซ้ำแตกต่างกัน คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล เมื่อใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิม 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ 3 วิธี โดยมีโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] และ [0,0.2,0.4,0.6,0.8] มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรกเป็น 30, 60 และ 80 มีอัตราพัฒนาการเป็น -0.2, 1 และ 2.5 และมีการวัดซ้ำด้วยจำนวน 3, 4 และ 5 ครั้ง

2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ 3 วิธี โดยมีโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] และ [0,1,2.20,6.10,5.20] มีค่าเฉลี่ย

ตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรกเป็น 30, 60 และ 80 มีอัตราพัฒนาการเป็น -0.2, 1 และ 2.5 และมีการวัดซ้ำด้วยจำนวน 3, 4 และ 5 ครั้ง

สมมติฐานการวิจัย

จากผลการวิจัยของอวยพร เรืองตระกูล (2544) พบว่า คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดคะแนนพัฒนาตามแนวคิดแบบดั้งเดิมมีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์กับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการประมาณค่าจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสูง และมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ โดยวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบมีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น นอกจากนั้นงานวิจัยของวินิจ เทือกทอง (2537) ยังพบว่าวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จากงานวิจัยทั้งสองงานนี้ทำให้ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานการวิจัยดังต่อไปนี้

1. คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการในกลุ่มวิธีตามแนวคิดแบบดั้งเดิม 3 วิธีมีความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์อยู่ในระดับสูง

2. คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการในกลุ่มวิธีตามแนวคิดแบบดั้งเดิม 3 วิธีให้ความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการต่ำ

3. เมื่อเปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการแต่ละวิธีแล้ว คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ จะมีความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงและให้ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการต่ำกว่าวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล

ขอบเขตการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ โดยผู้วิจัยกำหนดวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจำนวน 3 วิธี ได้แก่

   (1) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ

   (2) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

   (3) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล

2. ผู้วิจัยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบคุณภาพในครั้งนี้โดยแบ่งเป็นโมเดลจำนวน 2 โมเดลของการวัด คือ

   (1) โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง

(2) โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนด

ทั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดให้วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงเป็นวิธีเกณฑ์ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบ สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และให้วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนดเป็นวิธีเกณฑ์ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบ สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยทั้งสองโมเดลเป็นโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝง

3. ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจำนวน 3 วิธีนี้ ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติในการตรวจสอบคุณภาพของแต่ละวิธี ดังนี้

3.1 ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์

3.1.1 สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง ใช้ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีต่างๆ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล

3.1.2 สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรง ใช้ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนดกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีต่างๆ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล

3.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการของผู้เรียนที่ได้จากการวัดแต่ละวิธี

4. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการจำลอง (simulate) ข้อมูล

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรอิสระ: วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีต่างๆ จำนวน 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล

ตัวแปรตาม: คุณภาพของการวัดคะแนนพัฒนาการ ได้แก่ ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ

ข้อจำกัดของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ การวัดคะแนนพัฒนาการในกลุ่มวิธีตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล คำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการวัดซ้ำในครั้งแรก และครั้งสุดท้าย ส่วนการวัดคะแนนพัฒนาการด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง คำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการวัดซ้ำทุกครั้ง

นิยามศัพท์เฉพาะ

พัฒนาการ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติที่มีอยู่ของสิ่งต่างๆ ในเชิงปริมาณ หรือคุณภาพที่มีการวัดมากกว่า 2 ครั้งอย่างต่อเนื่องกัน

คะแนนพัฒนาการ หมายถึง ขนาดของการเปลี่ยนแปลงของคะแนนที่แสดงถึงพัฒนาการของข้อมูลที่ต้องการวัด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้เป็นขนาดการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากแบบการจำลอง (simulate) ข้อมูล ที่ใช้วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม 3 วิธี และโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยในการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม 3 วิธี คำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการวัดซ้ำในครั้งแรก และครั้งสุดท้าย ส่วนการวัดคะแนนพัฒนาการด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง คำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการวัดซ้ำทุกครั้ง

วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ หมายถึง กระบวนการนำข้อมูลที่ได้จากแบบการจำลองตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไปมาจัดกระทำให้ได้คะแนนพัฒนาการ ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มวิธีตามแนวคิดแบบดั้งเดิมจำนวน 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล

โดยคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดทั้ง 3 วิธี มีนิยามดังต่อไปนี้

1. **วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ** (observed difference score: DS)

คะแนนพัฒนาการ หมายถึง ผลต่างระหว่างคะแนนครั้งสุดท้ายและคะแนนครั้งแรก

2. **วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์** (relative gain score: RG)

คะแนนพัฒนาการ หมายถึง คะแนนที่เกิดจากค่าอัตราส่วนร้อยละระหว่างผลต่างของคะแนนครั้งสุดท้าย กับคะแนนครั้งแรกกับผลต่างของคะแนนเต็มกับคะแนนครั้งแรก

3. **วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล** (balanced relative gain score: BRG)

คะแนนพัฒนาการ หมายถึงคะแนนที่ได้จากค่าอัตราส่วนร้อยละระหว่างผลต่างของคะแนนครั้งสุดท้าย กับคะแนนครั้งแรกกับผลต่างของคะแนนเต็มกับครึ่งหนึ่งของผลบวกของคะแนนครั้งสุดท้ายและคะแนนครั้งแรก

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) หมายถึง วิธีวิทยาทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์คะแนนพัฒนาการจากข้อมูลการวัดระยะยาว มีลักษณะเป็นกระบวนวิธีสมการโครงสร้าง โดยคะแนนที่เปลี่ยนแปลงไปจะต้องเกี่ยวข้องกับเวลาอย่างเป็นระบบ กรอบแนวคิดการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาว คือ คะแนนการวัดแต่ละครั้งเป็นคะแนนผสมที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ คะแนนเริ่มต้น อัตราพัฒนาการ และความคลาดเคลื่อนในการวัด ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดให้วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัด 3 วิธี โดยกำหนดโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงออกเป็น 2 โมเดล ตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล ได้แก่ โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนด ซึ่งแต่ละโมเดลมีนิยามดังต่อไปนี้

1. **โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง** (linear growth model) หมายถึง โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นโมเดลการวัดคะแนนพัฒนาการที่มีลักษณะพัฒนาการตามช่วงเวลาต่างๆ เป็นเส้นตรง ในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดให้เป็นวิธีเกณฑ์ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบสำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง

2. **โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนด** (fixed curve parameter growth) หมายถึง โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นโมเดลการวัดคะแนนพัฒนาการที่มีลักษณะพัฒนาการตามช่วงเวลาต่างๆ เป็นเส้นโค้ง ในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดให้เป็นวิธีเกณฑ์ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบสำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรง

คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ หมายถึง ความสามารถของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการในการวัดคะแนนพัฒนาการ ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการนั้น ได้แก่

1. ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ หมายถึง ค่าที่ได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากโมเดลการวัดที่ใช้เป็นเกณฑ์ โดยใช้สูตรค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

2. ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี และวิธีเกณฑ์ ซึ่งใช้ค่าสถิติ 2 ค่า ได้แก่ ค่าความลำเอียง และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

การจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล หมายถึง การสร้างข้อมูลด้วยการใช้ตัวเลขแบบสุ่มและความน่าจะเป็นสะสม เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงทฤษฎีที่กว้างขวางในหลายสถานการณ์ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล โดยใช้โปรแกรม MPLUS version 4.1

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการขยายองค์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ
2. เป็นแนวทางในการศึกษาการวัดคะแนนพัฒนาการตามกลุ่มแนวคิดแบบดั้งเดิมและกลุ่มแนวคิดแนวใหม่โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล
3. ได้ข้อสารสนเทศเกี่ยวกับวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีต่างๆ ซึ่งครูสามารถใช้เป็นสารสนเทศในการเลือกวิธีที่เหมาะสมเพื่อวัดคะแนนพัฒนาการรายบุคคลของนักเรียนในการประเมินผลการเรียนรู้รายบุคคลได้ง่ายและสะดวก
4. ได้วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่สามารถประยุกต์ใช้กับงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวกับการวัดพัฒนาการรายบุคคล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแยกเสนอเป็น 4 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 แนวคิดในการวัดคะแนนพัฒนาการ ตอนที่ 2 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม ตอนที่ 3 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่ ตอนที่ 4 การศึกษาแบบมอนติคาร์โล ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการวัดคะแนนพัฒนาการ และตอนที่ 6 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตอนที่ 1 แนวคิดในการวัดคะแนนพัฒนาการ

การวัดคะแนนพัฒนาการ เป็นวิธีวิทยาการที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากหลายสาขาวิชา ไม่ว่าจะเป็น สาขาวิชาทางสังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ จิตวิทยาคลินิก เศรษฐศาสตร์ เป็นต้น เนื่องจากว่า สามารถนำการวัดคะแนนพัฒนาการมาใช้เป็นดัชนีตัวหนึ่งในการบ่งชี้ถึงความก้าวหน้าของสิ่งที่ได้รับการวัด ส่วนในทางวงการการศึกษานั้น การวัดคะแนนพัฒนาการนับว่าเป็นกระบวนการสำคัญกระบวนการหนึ่งของการวัดและประเมินผลการศึกษาในปัจจุบัน เนื่องจากผลจากการวัดคะแนนพัฒนาการนั้นสามารถนำไปใช้เป็นสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน ผู้สอน และผู้บริหาร เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนตลอดจนการวางแผนการบริหารการศึกษาได้

คะแนนพัฒนาการ (growth score) เป็นปริมาณที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการวัดตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป โดยมีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันไป เช่น คะแนนเพิ่ม (gain score) เป็นชื่อที่ใช้เรียกคะแนนของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการวัดก่อนและหลังการเรียนรู้ คะแนนความแตกต่าง (difference score) เป็นชื่อที่ใช้เรียกเมื่อมีการวัดโดยใช้วิธีวัดแบบดั้งเดิม ส่วนคะแนนพัฒนาการนั้น เป็นชื่อที่เรียกสำหรับคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวัดหลายครั้ง

ในการศึกษาเกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการ จำเป็นจะต้องระบุรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากพัฒนาการอาจจะเป็นบวก หรือลบ อาจจะเป็นเส้นตรง หรือไม่เป็นเส้นตรงก็ได้ (Acock and Li, 2000) คะแนนพัฒนาการจากการวัดระยะยาวรายบุคคลจะมีแบบแผนการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน ซึ่งจำแนกลักษณะของการเปลี่ยนแปลงได้เป็น 5 แบบ (สมถวิล วิจิตรวรรณา, 2547) ได้แก่

1. พัฒนาการเชิงเส้นตรง (straight line growth) ถ้าคะแนนพัฒนาการมีลักษณะเพิ่มขึ้นในอัตราค่อนข้างสม่ำเสมอ พัฒนาการจะมีค่าเป็นบวก แต่ถ้าคะแนนพัฒนาการมีลักษณะลดลงในอัตราค่อนข้างสม่ำเสมอ พัฒนาการจะมีค่าเป็นลบ โดยน้ำหนักองค์ประกอบของอัตราพัฒนาการ (slope) จะกำหนดด้วยเมทริกซ์ของเวลาเชิงเส้นตรง

2. พัฒนาการที่ไม่ใช่เส้นตรง (nonlinear growth) คะแนนพัฒนาการจะมีลักษณะกระเพื่อม กล่าวคือ บางครั้งเพิ่มขึ้น บางครั้งลดลง หรือเพิ่มขึ้นในอัตราที่ไม่สม่ำเสมอ โดยน้ำหนักองค์ประกอบของอัตราพัฒนาการ (slope) จะกำหนดด้วยเมทริกซ์ของเวลาที่ไม่ใช่เส้นตรง

3. พัฒนาการรายบุคคลไม่ต่างกัน (no individual differences in growth) คือ คะแนนการวัดตลอดทุกครั้งของแต่ละบุคคลมีลักษณะขนานกัน ทำให้ไม่มีความแปรปรวนของพัฒนาการ ซึ่งจะเป็นไปได้ทั้งแบบแผนเส้นตรงและไม่ใช่เส้นตรง

4. ลำดับที่รายบุคคลไม่เปลี่ยนแปลง (no changes in rank order) คือ คะแนนการวัดตลอดทุกครั้งระหว่างกลุ่มผู้สอบมีลำดับที่เหมือนเดิมทุกครั้ง แต่ช่วงห่างของคะแนนในกลุ่มแต่ละครั้งต่างกันมีลักษณะกระจายออก ทำให้ความแปรปรวนของคะแนนการวัดครั้งหลังมีมากกว่าครั้งแรกๆ ซึ่งจะเป็นไปได้ทั้งแบบแผนเส้นตรงและไม่ใช่เส้นตรง

5. ไม่มีค่าเฉลี่ยของพัฒนาการ (no mean growth) คือ คะแนนการวัดตลอดทุกครั้งของกลุ่มมีลักษณะทั้งเพิ่ม ลด หรือคงที่ ทำให้ค่าเฉลี่ยของพัฒนาการของกลุ่มผู้สอบเป็นศูนย์ ซึ่งจะเป็นไปได้ทั้งแบบแผนเส้นตรงและไม่ใช่เส้นตรง

จากแบบแผนการเปลี่ยนแปลงทั้ง 5 แบบนี้ สามารถจัดกลุ่มของแบบแผนการเปลี่ยนแปลงออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ แบบแผนการเปลี่ยนแปลงที่มีแนวโน้มเป็นแบบเส้นตรง และแบบแผนการเปลี่ยนแปลงที่มีแนวโน้มไม่เป็นแบบเส้นตรง

วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการเป็นเรื่องที่นักวิจัย และนักวัดผลให้ความสนใจและศึกษา โดยมีการพัฒนาแนวคิดต่างๆมาเป็นระยะเวลาหลายปีแล้ว เริ่มจากการศึกษาของ Thorndike และ Thomson ในปี 1924 เป็นต้นมา โดยการวัดพัฒนาการในระยะแรกเรียกว่าการวัดคะแนนความเปลี่ยนแปลง (change score) ต่อมานักวิจัยต่างมุ่งพัฒนาสูตรสำหรับประมาณค่าคะแนนความเปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล จนกระทั่งในปี 1962 Chester Harris ได้จัดให้มีการประชุมสัมมนา เรื่อง การวัดความเปลี่ยนแปลง และมีการจัดเผยแพร่หนังสือชื่อ Problems in Measuring Change ซึ่งนับว่าเป็นการรวบรวมความรู้เกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการเป็นครั้งแรก (Gottman, 1995 อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) จากนั้นเป็นต้นมาก็มีการพัฒนาและนำเสนอวิธีการวัดต่างๆมากมาย ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า แนวคิดของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบ่งออกได้เป็น 2 แนวคิดตามทฤษฎี

การทดสอบแบบดั้งเดิม ได้แก่การวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม และการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่

ตอนที่ 2 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม

การวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม เป็นการรวมวิธีการวัดที่ใช้ข้อมูลที่มีการวัดเพียง 2 ครั้ง คือ ก่อนการเรียนรู้ และหลังการเรียนรู้ และใช้สถิติที่ไม่ยุ่งยาก โดยผลจากการวัดจะเรียกว่า คะแนนเพิ่ม (gain score) โดยวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม มีรายละเอียดดังนี้

2.1 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (observed difference score)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้หาได้จากผลต่างระหว่างคะแนนสอบหลังเรียนและคะแนนสอบก่อนเรียน โดยมีข้อตกลงว่า การสอบทั้ง 2 ครั้งจะต้องวัดคุณลักษณะเดียวกัน และใช้แบบสอบชุดเดิมหรือแบบสอบคู่ขนาน (Pike, 1991 อ้างถึงใน อวยพร เรืองตระกูล, 2544) ซึ่งแสดงโดยสมการ ดังนี้

$$DS = Y_2 - Y_1$$

โดย DS คือ คะแนนพัฒนาการที่ได้จากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ

Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ เป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นวิธีเริ่มแรกของการวัดคะแนนพัฒนาการที่ได้รับความนิยมสูง เพราะเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่ลำเอียงในการหาคะแนนพัฒนาการที่แท้จริง (Raykov, 1993; Willett, 1994 อ้างถึงใน อวยพร เรืองตระกูล, 2544) แต่ข้อจำกัดของวิธีการวัดวิธีนี้ คือ คะแนนพัฒนาการที่หาได้จากวิธีนี้ไม่สนใจในเรื่องความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดของคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเท่ากันและหักล้างกันหมดไป ซึ่งถือว่าเป็นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ที่ว่าความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็นอิสระต่อกัน นอกจากนั้นการวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้ยังมีจุดอ่อนอีก กล่าวคือเป็นวิธีที่ทำให้เกิดความไม่ยุติธรรมต่อผู้ที่

ได้คะแนนจากการสอบในครั้งแรกสูง เพราะจะมีคะแนนเพิ่มน้อยกว่าผู้ที่ได้คะแนนจากการสอบในครั้งแรกต่ำ (Lord, 1956; Bereiter, 1963; Linn and Slinde, 1977 อ้างถึงใน Willet, 1994)

2.2 **วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่แท้จริงของลอร์ด** (estimated true gain score)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ พัฒนาโดย Lord ในปี 1956 ซึ่งอาศัยหลักการถดถอยพหุ โดยใช้คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนทำนายความแตกต่างระหว่างคะแนนจริง ซึ่งแสดงได้โดยสมการ ดังนี้

$$L_i = W_X X_i + W_Y Y_i + k$$

โดย L_i คือ คะแนนพัฒนาการของคนที่ i

W_X , W_Y คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยพหุของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ

X_i , Y_i คือ คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ (ของคนที่ i)

k คือ ค่าคงที่ในการถดถอยพหุ

ข้อดีของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ ผู้ที่ทำคะแนนสอบก่อนเรียนได้สูงกว่าจะมีคะแนนพัฒนาการสูง เนื่องจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากัน ทำให้เกิดความยุติธรรมในการวัด นอกจากนั้นผลการหาคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้จะให้ผลคงที่ ส่วนข้อจำกัดของวิธีการวัดคะแนนวิธีนี้ คือ คะแนนพัฒนาการจะมีพิสัยแคบกว่าพิสัยของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ

2.3 **วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ** (residual change score)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ พัฒนาโดย Manning และ DuBois ในปี 1958 เพื่อแก้ไขจุดอ่อนในการวัดคะแนนเพิ่มโดยไม่คำนึงถึงคะแนนเดิมที่ใช้เป็นฐาน โดยวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ ต้องใช้การวิเคราะห์การถดถอย โดยมีการวัดในครั้งหลังเป็นตัวแปรตาม และการวัดในครั้งแรกเป็นตัวแปรต้น และใช้หลักที่ว่า คะแนนพัฒนาการ คือ ความแตกต่างระหว่างคะแนนหลังเรียนกับคะแนนทำนายหลังเรียน ซึ่งทำนายจากคะแนนดิบก่อนเรียน แสดงได้โดยสมการ ดังนี้

$$R_i = Y_i - Y_i'$$
$$Y_i' = \overline{Y} + B_{YX}(X_i - \overline{X})$$

โดย R_i คือ คะแนนพัฒนาการของคนที่ i

X_i, Y_i คือ คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ (ของคนที่ i)

Y_i' คือ คะแนนทำนายหลังเรียนของคนที่ i

$\overline{X}, \overline{Y}$ คือ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ

B_{XY} คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยคะแนนดิบหลังเรียนลงบนคะแนนดิบก่อนเรียน

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือจะเป็นคะแนนเพิ่มไม่มีปัญหาเรื่องคะแนนในการวัดครั้งแรก จึงมีอิสระจากการวัดครั้งแรกที่เป็นฐาน ส่วนข้อจำกัดของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ ถ้าคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันสูง จะทำให้ความเที่ยงของคะแนนพัฒนาการที่ได้มีค่าต่ำ และคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือจะไม่สามารถแสดงถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงรายบุคคลได้โดยตรง (อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537)

2.4 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่เป็นอิสระจากคะแนนสอบก่อนเรียน (base-free measure of change)

วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ พัฒนาขึ้นโดย Tucker, Damarin และ Messic ในปี 1966 โดยใช้หลักการเดียวกับวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ แต่คะแนนทำนายหลังเรียนจะทำนายด้วยคะแนนจริงก่อนเรียน ซึ่งแสดงได้โดยสมการ ดังนี้

$$B_i = Y_i - Y_i'$$
$$Y_i' = \overline{Y} + B_{YX} / R_{XX'}(X_i - \overline{X})$$

โดย B_i คือ คะแนนพัฒนาการของคนที่ i

X_i, Y_i คือ คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ (ของคนที่ i)

Y_i' คือ คะแนนทำนายหลังเรียนของคนที่ i

$\overline{X}, \overline{Y}$ คือ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ

B_{XY} คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยคะแนนดิบหลังเรียนลงบนคะแนนดิบก่อนเรียน

$R_{XX'}$ คือ ความเที่ยงในการวัดก่อนเรียน

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ คะแนนพัฒนาการจะเป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียน และสามารถกำจัดความสัมพันธ์ลวงระหว่างคะแนนพัฒนาการกับคะแนนสถานภาพเริ่มต้นได้ ส่วนข้อจำกัดของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีลักษณะเหมือนกับการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ (อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537)

2.5 **วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากคะแนนมาตรฐาน** (standard score method)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ พัฒนาโดย Labouvie ในปี 1982 โดยคะแนนพัฒนาการจากวิธีนี้จะหาได้จากผลต่างระหว่างคะแนนมาตรฐานหลังเรียนกับคะแนนมาตรฐานก่อนเรียน ซึ่งแสดงได้โดยสมการ ดังนี้

$$SG = Z_2 - Z_1$$

โดย SG คือ คะแนนพัฒนาการจากคะแนนมาตรฐาน

Z_1 คือ คะแนนมาตรฐานก่อนเรียน

Z_2 คือ คะแนนมาตรฐานหลังเรียน

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ ช่วยแก้ปัญหาของคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนที่มีการแจกแจงต่างกัน ซึ่งจะทำให้สามารถนำคะแนนพัฒนาการที่ได้มาเปรียบเทียบกันได้ในระหว่างคนหรือระหว่างวิชาที่ต่างกัน (อวยพร เรืองตระกูล, 2544)

2.6 **วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากลอการิทึมของคะแนนดิบ** (logarithm of observed score method)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ พัฒนาโดย Tornqvist และ Vartia and Vartia ในปี 1985 (Burr and Nesselroade, 1990 อ้างถึงใน อวยพร เรืองตระกูล, 2544) โดยคะแนนพัฒนาการเกิดจากผลต่างระหว่างลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบหลังเรียน กับลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบก่อนเรียน ซึ่งแสดงได้โดยสมการ ดังนี้

$$NL = \ln X_2 - \ln X_1$$

โดย NL คือ คะแนนพัฒนาการจากลอการิทึมของคะแนนดิบ

X_1 คือ ลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบก่อนเรียน

X_2 คือ ลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบหลังเรียน

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ ช่วยแก้ปัญหาในกรณีที่คะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนไม่เป็นฟังก์ชันบวก และทำให้คะแนนที่แปลงแล้วมีการแจกแจงแบบสมมาตร เป็นฟังก์ชันบวก และมีการแจกแจงแบบปกติ (symmetric, additive and normalized properties) (อวยพร เรืองตระกูล, 2544)

2.7 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score)

การวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้ พัฒนาโดย ศิริชัย กาญจนวาสี ในปี 2532 โดยคะแนนพัฒนาการเกิดจากค่าอัตราส่วนร้อยละระหว่างผลต่างของคะแนนสอบหลังเรียน กับคะแนนสอบก่อนเรียนกับผลต่างของคะแนนเต็มกับคะแนนสอบก่อนเรียน ดังสมการต่อไปนี้

$$RG = \frac{Y_2 - Y_1}{F - Y_1} \times 100$$

โดย RG คือ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

F คือ คะแนนเต็มในการวัด

Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ เป็นการแก้จุดอ่อนอิทธิพลเพดานในการวัดคะแนนเพิ่ม และเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกในการนำไปใช้ นอกจากนั้นยังสามารถนำมาตีความได้ชัดเจนอีกด้วย

2.8 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยขจัดอิทธิพลเพดาน (ceiling effect)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ พัฒนาโดย อรุณี อ่อนสวัสดิ์ ในปี 2537 โดยคะแนนพัฒนาการจากวิธีนี้ประมาณได้จากฟังก์ชั่นของพื้นความรู้เดิม การเรียนการสอน และอิทธิพลเพดาน ดังสมการต่อไปนี้

คะแนนพัฒนาการ = F(พื้นความรู้เดิม , การเรียนการสอน , อิทธิพลเพดาน)

โดย (1) คะแนนพัฒนาการใช้ความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียน และหลังเรียน หรือ $DT_i = T_{Yi} - T_{Xi}$

(2) พื้นความรู้เดิม ใช้คะแนนจริงก่อนเรียน (T_{Xi}) และอิทธิพลเนื่องจากพื้นความรู้เดิม ใช้การถดถอยความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงลงบนคะแนนจริงก่อนเรียน แทนด้วย $W_i T_{Xi}$

(3) การเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเรียนการสอนซึ่งแต่ละคนจะรับได้ไม่เท่ากัน แทนด้วย V_i

(4) อิทธิพลเพดาน เป็นปัจจัยที่ยังไม่สามารถตัดสินได้ว่าจะใช้ตัวแปรใดแทน ซึ่งอรุณี อ่อนสวัสดิ์ ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับตัวแปรอิทธิพลเพดานเป็น 4 แนวคิด ได้แก่

แนวคิดที่ 1 อิทธิพลเพดานใช้สัมประสิทธิ์ถดถอยอย่างง่ายที่ได้จากคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียนและหลังเรียน ถดถอยลงบนคะแนนจริงความแตกต่างระหว่างคะแนนเต็มและคะแนนหลังเรียน ($W_2 T_{(F-Y_i)}$)

แนวคิดที่ 2 อิทธิพลเพดาน มี 2 ตัว คือ 1) สัมประสิทธิ์ถดถอยอย่างง่ายที่ได้จากคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงหลังเรียนและก่อนเรียน ถดถอยลงบนคะแนนจริง ความแตกต่างระหว่างคะแนนเต็มและคะแนนหลังเรียน และ 2) สัมประสิทธิ์ถดถอยอย่างง่ายที่ได้จากคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนจริง ถดถอยลงบนคะแนนจริงความแตกต่างระหว่างคะแนนเต็มและคะแนนก่อนเรียน ($W_2 T_{(F-Y_i)}$ และ $W_3 T_{(F-X_i)}$)

แนวคิดที่ 3 อิทธิพลเพดานใช้สัมประสิทธิ์ถดถอยพหุ ที่ได้จากคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนจริง ถดถอยลงบนคะแนนจริงความแตกต่างระหว่างคะแนนเต็มและคะแนนหลังเรียน เมื่อควบคุมคะแนนจริงก่อนเรียน ($W_{2.1} T_{(F-Y_i)}$)

แนวคิดที่ 4 อิทธิพลเพดานใช้สัมประสิทธิ์ถดถอยอย่างง่าย ที่ได้จากคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียนและหลังเรียน ถดถอยลงบนคะแนนจริงความแตกต่างระหว่างคะแนนเต็มและคะแนนหลังเรียน หารด้วยคะแนนจริงก่อนเรียน ($W_2 T_{(F-Y_i)} / T_{Xi}$)

จากแนวคิดทั้ง 4 แนวคิดนี้ สามารถนำไปสู่วิธีวัดคะแนนพัฒนาการได้ 2 แนวทาง ได้แก่ 1) ใช้ค่าประมาณคะแนนจริงจากวิธีของลอร์ด และ 2) ใช้คะแนนดิบ ด้วยเหตุนี้ อรุณี อ่อนสวัสดิ์จึงเสนอวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการได้ 8 วิธี

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ สามารถแก้ปัญหาของอิทธิพลเพดานได้ ส่วนข้อจำกัด คือ ผลการวัดคะแนนพัฒนาการจะมีประสิทธิภาพดีในสถานการณ์ที่ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนมีค่าสูง

2.9 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการเทียบส่วนร้อยของคะแนนพัฒนาการ

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ พัฒนาขึ้นโดย วินิจ เทือกทอง ในปี 2537 โดยทำการแก้จุดอ่อนของการวัดคะแนนพัฒนาการที่มีอิทธิพลของคะแนนเพดาน โดยการใช้ฐานในการเปรียบเทียบใหม่ให้เทียบเป็นร้อยละ โดยฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือคะแนนสอบครั้งแรก และนำค่าคะแนนพัฒนาการจากการคำนวณ 3 วิธี ได้แก่ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ และคะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด มาเทียบส่วนร้อยกับฐาน ซึ่งแสดงโดยสมการได้ ดังนี้

1) คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม เทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

$$VPD = \frac{100D}{X}$$

โดย VPD คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิมเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

D คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

2) คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ เทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

$$VPR = \frac{100R}{X}$$

โดย VPR คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

R คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

3) คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด เทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

$$VPL = \frac{100L}{X}$$

โดย VPL คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ดเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

L คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ ทำให้อัตราพัฒนาการของแต่ละคนแตกต่างกันตามพื้นความรู้เดิมของตนเอง ผู้สอบที่มีพื้นความรู้เดิมสูงจะมีอัตราคะแนนพัฒนาการสูงกว่าอัตราคะแนนพัฒนาการของผู้สอบที่มีพื้นความรู้ต่ำ

2.10 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการเทียบคะแนนพัฒนาการกับศักยภาพของผู้สอบ

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ พัฒนาโดย วินิจ เทือกทอง ในปี 2537 เช่นเดียวกับวิธีที่ 9 โดยใช้ฐานในการปรับเทียบเป็นคะแนนศักยภาพของผู้สอบ ซึ่งได้จากผลต่างของคะแนนเต็มกับคะแนนสอบครั้งหลัง และนำคะแนนพัฒนาการที่ได้จาก 3 วิธี คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม คะแนนพัฒนาการวิธีเศษเหลือ และคะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด มาเทียบส่วนร้อยกับคะแนนศักยภาพ ซึ่งแสดงโดยสมการได้ ดังนี้

1) คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม เทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

$$SRD = \frac{100D}{F - X}$$

โดย SRD คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิมเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

D คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

F คือ คะแนนเต็ม

2) คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ เทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

$$SRR = \frac{100R}{F - X}$$

โดย SRR คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

R คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

F คือ คะแนนเต็ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด เทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

$$SRL = \frac{100L}{F - X}$$

โดย SRL คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ดเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

L คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

F คือ คะแนนเต็ม

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ ทำให้อัตราพัฒนาการของแต่ละคนแตกต่างกันตามศักยภาพของตนเอง ผู้สอบที่มีศักยภาพสูงจะมีอัตราคะแนนพัฒนาการสูงกว่าอัตราคะแนนพัฒนาการของผู้สอบที่มีศักยภาพต่ำ ส่วนข้อจำกัด คือมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าวิธีที่ยังไม่มีการแก้ปัญหาอิทธิพลเพดาน

2.11 **วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล** (balanced relative gain score)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ พัฒนาโดย ธีระ อาชวเมธี กมลวรรณ ตังธนกานนท์ และสมหวัง พิธิยานุวัฒน์ ในปี 2548 ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนามาจากวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ โดยคะแนนพัฒนาการเกิดจากค่าอัตราส่วนร้อยละระหว่างผลต่างของคะแนนสอบหลังเรียน กับคะแนนสอบก่อนเรียนกับผลต่างของคะแนนเต็มกับครึ่งหนึ่งของผลบวกของคะแนนสอบหลังเรียนและคะแนนสอบก่อนเรียน ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$BRG = \frac{Y_2 - Y_1}{F - (Y_1 + Y_2)/2} \times 100$$

โดย BRG คือ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล

F คือ คะแนนเต็มในการวัด

Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ ช่วยปรับสมดุลเกี่ยวกับปัญหาเรื่องขนาดของคะแนนเพิ่ม (gain size) ต่อ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม

วิธี	สูตรการหาคะแนนพัฒนาการ	ข้อดี	ข้อเสีย
1.วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (DS)	$DS = Y_2 - Y_1$	1.ง่าย ไม่ซับซ้อน 2.มีค่าความเที่ยงสูง	1.ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนในการวัด 2.ไม่ยุติธรรมต่อผู้ที่ได้คะแนนจากการสอบครั้งแรกสูง
2.วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่แท้จริงของลอร์ด (L)	$L_i = W_X X_i + W_Y Y_i + k$	1.ยุติธรรมต่อผู้ที่ทำคะแนนสอบในครั้งแรกได้สูง 2.ความคลาดเคลื่อนในการวัดต่ำ	1.คะแนนพัฒนาการมีพิสัยแคบกว่าพิสัยของคะแนนพัฒนาการจากวิธีจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ
3.วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ (R)	$R_i = Y_i - Y_i'$ $Y_i' = \bar{Y} + B_{YX}(X_i - \bar{X})$	1.เป็นอิสระจากการวัดครั้งแรกที่ใช้เป็นคะแนนฐาน	1.ถ้าคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันสูง จะทำให้ความเที่ยงต่ำ 2.ไม่สามารถแสดงถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงรายบุคคลได้โดยตรง
4.วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่เป็นอิสระจากคะแนนสอบก่อนเรียน (B)	$B_i = Y_i - Y_i'$ $Y_i' = \bar{Y} + B_{YX} / R_{XX'}(X_i - \bar{X})$	1.คะแนนพัฒนาการเป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียน 2.กำจัดความสัมพันธ์ลวงระหว่างคะแนนพัฒนาการกับคะแนนเริ่มต้น	เหมือนวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธี	สูตรการหาคะแนนพัฒนาการ	ข้อดี	ข้อเสีย
5.วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากคะแนนมาตรฐาน (SG)	SG = $Z_2 - Z_1$	1.ช่วยแก้ปัญหาของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนที่มีการแจกแจงต่างกัน	-
6.วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากลอการิทึมของคะแนนดิบ (NL)	NL = $\ln X_2 - \ln X_1$	1. ทำให้คะแนนที่แปลงแล้วมีการแจกแจงแบบสมมาตร เป็นฟังก์ชันบวกและมีการแจกแจงปกติ	-
7.วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (RG)	$RG = \frac{Y_2 - Y_1}{F - Y_1} \times 100$	1.แก้จุดอ่อนอิทธิพลเพดานในการวัดคะแนนเพิ่ม 2.ง่ายและสะดวกในการใช้	-
8.วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยขจัดอิทธิพลเพดาน (CE)	คะแนนพัฒนาการ = F(พื้นความรู้เดิม , การเรียนการสอน , อิทธิพลเพดาน)	1.สามารถแก้ปัญหาอิทธิพลเพดานได้	1.การวัดคะแนนพัฒนาการจะมีประสิทธิภาพดีเมื่อความสัมพันธ์ของคะแนนก่อนและหลังเรียนมีค่าสูง
9.วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการเทียบส่วนร้อยของคะแนนพัฒนาการ (VP)	9.1วิธีดั้งเดิม เทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก $VPD = \frac{100D}{X}$ 9.2ส่วนที่เหลือเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก $VPR = \frac{100R}{X}$	1.ทำให้อัตราพัฒนาการของแต่ละบุคคลแตกต่างกันตามพื้นความรู้เดิมของตนเอง	1.มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าวิธีที่ยังไม่มีการแก้ปัญหาอิทธิพลเพดาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธี	สูตรการหาคะแนนพัฒนาการ	ข้อดี	ข้อเสีย
	9.3คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด เทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก $$VPL = \frac{100L}{X}$$		
10.วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการเทียบคะแนนพัฒนาการกับศักยภาพของผู้สอบ (SR)	10.1คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม เทียบกับศักยภาพของผู้สอบ $$SRD = \frac{100D}{F - X}$$ 10.2คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ เทียบกับศักยภาพของผู้สอบ $$SRR = \frac{100R}{F - X}$$ 10.3คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด เทียบกับศักยภาพของผู้สอบ $$SRL = \frac{100L}{F - X}$$	1.ทำให้อัตราพัฒนากายของแต่ละบุคคลแตกต่างกันตามศักยภาพของตนเอง	1.มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าวิธีที่ยังไม่มีการแก้ปัญหาอิทธิพลเพดาน
11.วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล (BRG)	$$BRG = \frac{Y_2 - Y_1}{F - (Y_1 + Y_2)/2} \times 100$$	1.ช่วยปรับสมดุลเกี่ยวกับปัญหาเรื่องขนาดของคะแนนเพิ่ม (Gain Size) ต่อ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 3 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่

เมื่อนักวิจัยพบจุดอ่อนในการวัดคะแนนพัฒนาการจากการวัด 2 ครั้ง จึงได้พัฒนาวิธีการวัดที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างน้อย 3 ครั้ง ทำให้ได้สารสนเทศมากขึ้น ซึ่งต่อมาพัฒนาเป็นโมเดลโค้งพัฒนาการ และมีวิธีการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลลิสเรล ซึ่งวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่ เป็นการรวมเฉพาะวิธีที่ใช้โมเดลตามแนวคิดที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในระยะหลัง ที่สามารถวิเคราะห์ลักษณะโมเดลพัฒนาการของหน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยได้อย่างถูกต้องโดยวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่ สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะของโมเดลการวัด ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 **โมเดลการวัดคะแนนพัฒนาการในรูปสมการโครงสร้างที่มีตัวแปรแฝงและตัวแปรทำนาย** (structural equation model with latent variables and predictors)

โดยพัฒนาขึ้นจากแนวคิดของ Pike (1991) ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการทางความรู้ของผู้เรียนจากการวัด 2 ครั้ง โดยควบคุมอิทธิพลของตัวแปรระดับพื้นความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีผลต่อพัฒนาการทางความรู้ของผู้เรียน ซึ่งเอื้อมพร หลินเจริญ (2539) ได้นำมาใช้ศึกษาการวัดการเปลี่ยนแปลงโดยพัฒนาเป็นโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาในสถานศึกษาที่แตกต่างกัน โดยศึกษาว่าตัวแปรใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งได้โมเดลที่มีลักษณะของโมเดลประกอบด้วยโมเดลการวัดและโมเดลแสดงอิทธิพล (path model)

3.2 **โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบ** (longitudinal factor analysis model) โดยโมเดลในกลุ่มนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) โมเดลที่มีการวัดคะแนนพัฒนาการในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (baseline longitudinal factor analysis model) พัฒนาจากแนวคิดดั้งเดิมของ Tisak และ Meredith (1990) ใช้ในการวัดคะแนนพัฒนาการขององค์ประกอบในระยะยาว โดยมีแนวคิดว่าคะแนนดิบของแต่ละบุคคลที่วัดตัวแปรหนึ่งๆ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันจะประกอบไปด้วยคะแนนสองส่วน คือ คะแนนองค์ประกอบร่วม และคะแนนองค์ประกอบเฉพาะของแต่ละบุคคลที่วัดตัวแปรนั้นๆในช่วงเวลานั้นๆ

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวนี้ องค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลาจะมีความสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะบอกว่าองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่ง สามารถเป็นตัวทำนายองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาถัดไป

(2) โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (longitudinal factor analysis with single indicator model) พัฒนาโดย Raykov ในปี 1994 เพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาว โดยใช้ข้อมูลจากการวัดหลายๆครั้ง โดยโมเดลนี้ทำการวัดองค์ประกอบโดยใช้ตัวบ่งชี้เพียงตัวเดียว

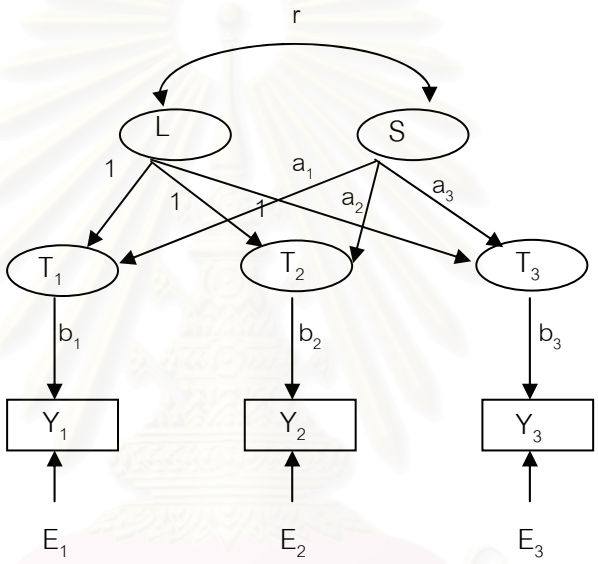
โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว เป็นโมเดลที่มีแนวคิดในการวัดตัวแปรตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม โดยอธิบายว่า คะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในแต่ละช่วงเวลาจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญซึ่งอยู่ในรูปตัวแปรแฝงสามส่วน ได้แก่ ส่วนที่หนึ่ง คือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (initial factor) ส่วนที่สอง คือ องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (overall change factor) และส่วนที่สาม คือองค์ประกอบเฉพาะ หรือ ความคลาดเคลื่อนในการวัด

(3) โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว (longitudinal factor analysis with several indicators model) พัฒนาขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดในการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยาที่ว่า การวัดโครงสร้างองค์ประกอบที่เป็นคุณลักษณะทางจิตวิทยา หรือตัวแปรแฝง ควรทำการวัดจากดัชนีบ่งชี้องค์ประกอบหลายๆตัว ซึ่งโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวนี้ มีแนวคิดที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลเหมือนกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

3.3 **โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง** (latent growth curve model)

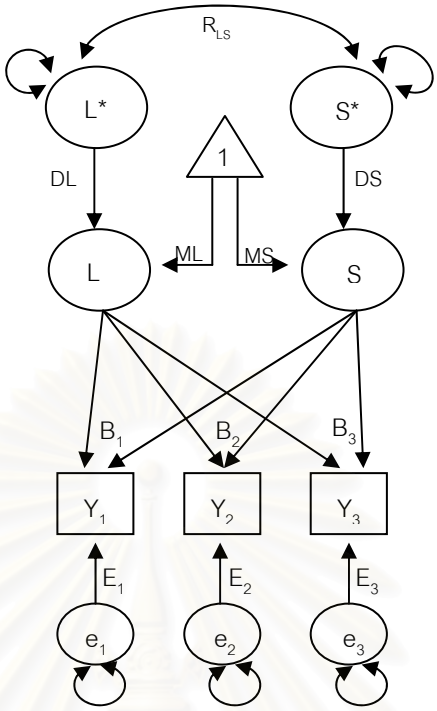
พัฒนามาจากโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง (growth curve) ต่อมา Rao และ Tucker (1958) ได้เสนอให้ใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบมาใช้ในการพัฒนาโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบการวิเคราะห์ส่วนประกอบมุขสำคัญมาศึกษาแบบแผนพัฒนาการรายบุคคล แบบแผนพัฒนาการแปลผลจากคะแนนประกอบที่น้ำหนักแต่ละส่วนได้มาจากการหมุนแกน ต่อมา Meredith และ Tisak (1988, 1990) และ McArdle (1988) ได้พัฒนาโมเดลพื้นฐานของ Rao และ Tucker ให้สามารถวิเคราะห์โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งรายบุคคลโดยใช้โมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) และตรวจสอบโมเดลด้วยสมการโครงสร้างเชิงยืนยัน (Duncan & Duncan, 1999) ซึ่งก็คือ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในระยะแรก แสดงดังแผนภาพที่ 5 ซึ่งจะเห็นได้ว่า มีการวัดรวม 3 ครั้ง คะแนนที่วัดได้ คือ ตัวแปรสังเกตได้ Y_1, Y_2 และ Y_3 ซึ่งคะแนนสังเกตได้นี้ ประกอบด้วยตัวแปรแฝงคะแนนจริง (true score = T) และองค์ประกอบเฉพาะ (e) ตัวแปรแฝงคะแนนจริงจากการวัดทั้ง 3 ครั้ง เป็นผลมาจากองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เรียกว่าองค์ประกอบสถานะเริ่มต้น (initial factor) หรือ คะแนนระดับ (level = L) และส่วนที่สองเรียกว่า

องค์ประกอบอัตราการเปลี่ยนแปลง หรืออัตราการพัฒนา (change factor) หรือความชัน (slope = S) ลักษณะของโมเดลเป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบลำดับที่สอง โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นอิทธิพลจากองค์ประกอบ level ที่มีต่อตัวแปรแฝงคะแนนจริง จากการวัดแต่ละครั้ง มีค่าเป็น 1 ทั้งหมด และน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นอิทธิพลจากองค์ประกอบ slope ที่มีต่อตัวแปรแฝงคะแนนจริงจากการวัดแต่ละครั้งมีค่าเป็น b_1, b_2 และ b_3 ตามลำดับ โมเดลในภาพที่ 2.1 นี้ ตัวแปรแฝงคะแนนจริงวัดได้จากตัวบ่งชี้เพียงตัวเดียว แต่ในทางปฏิบัติอาจจะวัดจากตัวบ่งชี้หลายตัวก็ได้

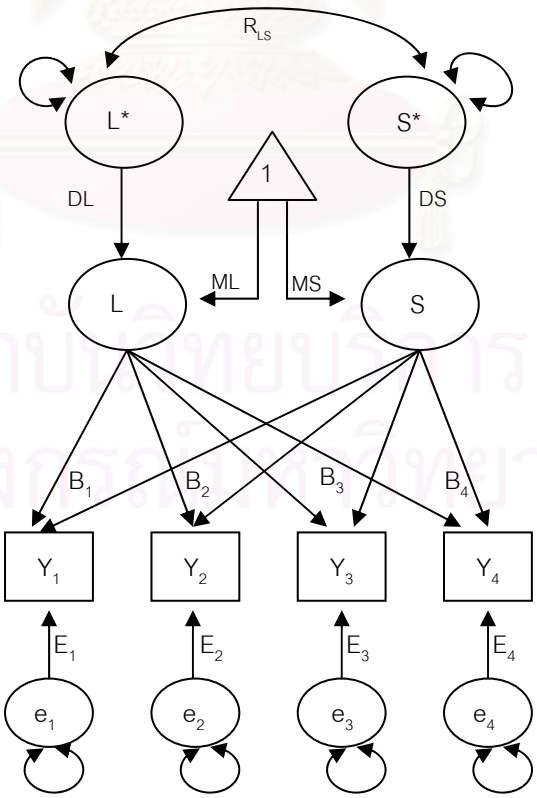


ภาพที่ 2.1 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงวัดด้วยตัวบ่งชี้เดียว

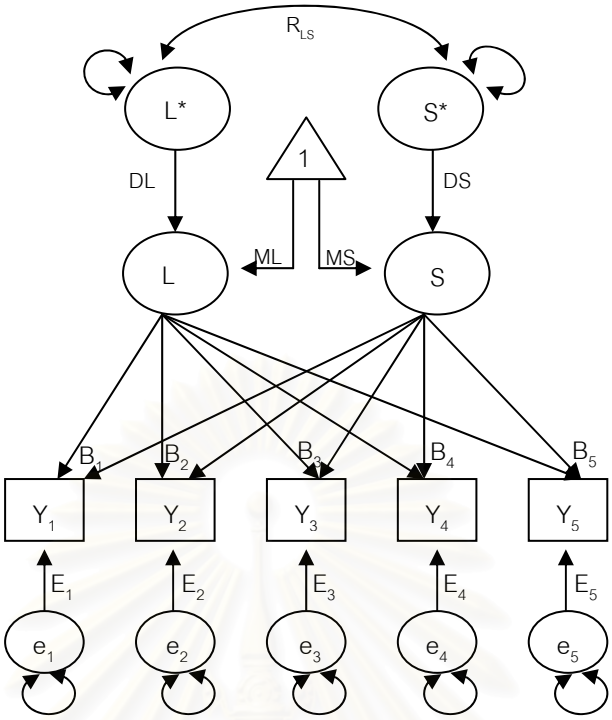
จุดอ่อนของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบนี้ คือ ไม่สามารถให้ค่าคะแนนพัฒนาการที่เป็นคะแนนดิบได้ ประกอบกับมีการวัดเพียง 3 ครั้ง โดยที่ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงความชัน สำหรับคะแนนการวัดครั้งแรกมีค่าเป็นศูนย์ จึงเหลือค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่จะบ่งบอกรูปแบบของพัฒนาการได้เพียง 2 ค่า จึงมีการพัฒนาโมเดลให้ดีขึ้นโดยมีรูปแบบแตกต่างจากเดิมเล็กน้อย ซึ่งโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัด 3, 4 และ 5 ครั้งแสดงดังภาพที่ 2.2 – 2.4



ภาพที่ 2.2 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัด 3 ครั้ง



ภาพที่ 2.3 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัด 4 ครั้ง



ภาพที่ 2.4 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัด 5 ครั้ง

โมเดลที่เสนอขึ้นใหม่นี้มีลักษณะพิเศษจากโมเดลลิสเรลปกติอยู่ 5 ประการ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ได้แก่

<u>ประการที่หนึ่ง</u> โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง เป็นโมเดลที่ให้ผลการวิเคราะห์ในรูปคะแนนดิบ มีหน่วยการวัดตามหน่วยของคะแนนหรือตัวแปรสังเกตได้ ในโมเดลจึงต้องมีการนำค่าเฉลี่ยมารวมด้วย โดยใส่ค่าตัวแปรสังเกตได้ที่มีค่าเป็นหนึ่งซึ่งสามารถเพิ่มเข้าในโมเดลลิสเรลได้โดยไม่มีผลกระทบในการคำนวณ หรือการประมาณค่าพารามิเตอร์ขนาดอิทธิพลตามหลักการวิเคราะห์อิทธิพลแต่อย่างใด

ตามโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนี้ เมื่อพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ Y และตัวแปรแฝง S และ L จะสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

ในการวัดแต่ละครั้ง คะแนนของแต่ละบุคคลจะมีค่าดังนี้

$$Y = L + B(S) + e$$

และคะแนนเฉลี่ยของการวัดแต่ละครั้งมีค่าดังสมการ

$$MY = ML + B(MS)$$

เมื่อ L = ตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก

S = ตัวแปรแฝงความชัน หรืออัตราพัฒนาการ

ML = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝง L

MS = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝง S

B = สัมประสิทธิ์พื้นฐาน หรือ พารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากโมเดลในการวัด ซึ่งในการวัด n ครั้ง จะประมาณค่าพารามิเตอร์ B_1, B_2, B_3,..., B_n

e = ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ประการที่สอง ค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน (B) เป็นพารามิเตอร์สำคัญในการกำหนดลักษณะโค้งพัฒนาการ ซึ่งนักวิจัยสามารถกำหนดค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการตามหลักฐานจากทฤษฎีหรือรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ หรือจะไม่กำหนดค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน แต่ปล่อยเป็นพารามิเตอร์อิสระให้โปรแกรมลิสเรลประมาณค่าก็ได้ ซึ่งจากคุณสมบัติข้อนี้ ทำให้โมเดลโค้งพัฒนาการมีความยืดหยุ่น สามารถใช้วิเคราะห์โค้งพัฒนาการได้หลายแบบ ดังตัวอย่างโค้งพัฒนาการทั้ง 5 แบบ ดังนี้

(1) โมเดลโค้งพัฒนาการมีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นศูนย์ หรือโมเดลพัฒนาการที่เป็นฐาน (Baseline Growth Model = BAS Model) หรือโมเดลโค้งพัฒนาการที่ไม่มีความชันและใช้เป็นพื้นฐาน (no slope baseline growth model) ซึ่งนักวิจัยอาจกำหนดให้พารามิเตอร์สัมประสิทธิ์พื้นฐานมีค่าเท่ากับศูนย์ในการวัดทุกครั้ง นั่นคือ การวัดแต่ละครั้งหน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยจะได้คะแนนคงเดิม ไม่มีพัฒนาการ โมเดลนี้นิยมใช้เป็นฐานในการเปรียบเทียบกับโมเดลอื่น

(2) โมเดลโค้งพัฒนาการมีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบเส้นตรง หรือ โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (Linear Growth Model = LIN Model) โดยนักวิจัยอาจกำหนดให้พารามิเตอร์สัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นเวกเตอร์ที่มีค่าเพิ่มขึ้นแต่ละช่วงเท่ากัน เช่นกำหนดให้ $[B_1,B_2,B_3,B_4,B_5] = [0,1,2,3,4]$ การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานแบบนี้ นักวิจัยต้องมีทฤษฎีสนับสนุนว่า โค้งพัฒนาการที่กำลังศึกษามีลักษณะการเจริญเติบโตหรือการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง

(3) โมเดลโค้งพัฒนาการมีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบพารามิเตอร์กำหนดชนิดเส้นโค้ง หรือโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนด (Fixed Curve Parameter Growth Model = FIC Model) ซึ่งนักวิจัยอาจกำหนดให้พารามิเตอร์สัมประสิทธิ์

พื้นฐานเป็นเวกเตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีพัฒนาการเป็นเส้นโค้ง เช่น กำหนดให้ $[B_1,B_2,B_3,B_4,B_5] = [0,2,2,-1,3]$ โดยมีทฤษฎีหรืองานวิจัยสนับสนุน

(4) โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบพารามิเตอร์อิสระ หรือโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (Free Parameter Growth Model = FRE Model) โดยตามรูปแบบนี้ นักวิจัยจะใช้เมื่อไม่มีข้อมูลหรือสารสนเทศเกี่ยวกับพัฒนาการของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งนักวิจัยอาจกำหนดพารามิเตอร์ให้เป็นพารามิเตอร์อิสระสำหรับสัมประสิทธิ์พื้นฐาน และให้สัมประสิทธิ์ B_1 มีค่าเป็นศูนย์อยู่แล้ว เพราะคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับตัวแปรแฝงระดับโมเดลโค้งพัฒนาการตามรูปแบบนี้ถือว่าเป็นโมเดลที่มีเงื่อนไขจำกัดน้อยที่สุด

(5) โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีการกำหนดพารามิเตอร์ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน หรือโมเดลพัฒนาการความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (Unequal Disturbance variance Growth Model = UDV Model) ซึ่งแตกต่างจากโมเดล 4 โมเดลข้างต้นนั้น ต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า เทอมความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละครั้งต้องมีค่าเท่ากัน แต่ในการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการ นักวิจัยอาจผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้น ยอมให้ความแปรปรวนเทอมคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันก็ได้ จึงกลายมาเป็นโมเดลแบบที่ 5 นี้

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 5 แบบข้างต้นนี้ ช่วยให้นักวิจัยสามารถวิเคราะห์ข้อมูล และตรวจสอบได้ว่าโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงรูปแบบใดสอดคล้องกับคะแนนพัฒนาการที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ เมื่อได้แบบของโมเดลโค้งพัฒนาการที่เหมาะสมจึงทำการประมาณค่าตัวแปรแฝงต่อไป

<u>ประการที่สาม</u> ลักษณะของโมเดลโค้งพัฒนาการเป็นโมเดลออโตรีเกรสสีพ (autoregressive model) ซึ่งแสดงให้เห็นในลักษณะของเส้นโค้งลูกศรสองหัวที่เทอมความคลาดเคลื่อนทุกเทอมในโมเดล ซึ่งเรียกว่า สลิง โดยที่สลิงนี้เป็นพารามิเตอร์พิเศษที่ใช้บ่งบอกถึงความแปรปรวนในเทอมความคลาดเคลื่อนที่มีค่าแตกต่างจากศูนย์ และบ่งบอกว่าเทอมความคลาดเคลื่อนของการวัดแต่ละครั้งไม่สัมพันธ์กัน คะแนนจากการวัดแต่ละครั้งมีส่วนสัมพันธ์กัน แต่ส่วนที่สัมพันธ์กันนั้นเกิดขึ้นจากตัวแปรแฝงอัตราพัฒนาการที่มีอิทธิพลต่อการวัดแต่ละครั้ง

<u>ประการที่สี่</u> เนื่องจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง มีตัวแปรแฝงทั้งที่เป็นตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้เป็นจำนวนมาก การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรลโดยทั่วไปอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ จึงมีการพัฒนาวิธีการที่จะช่วยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยลิสเรลให้สะดวกยิ่งขึ้น

ประการที่ห้า โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงมีข้อตกลงเบื้องต้น 4 ประการ คือ 1) ตัวแปรแฝงระดับ และตัวแปรแฝงอัตราพัฒนาการมีความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กัน 2) ตัวแปรแฝงองค์ประกอบร่วมทั้งที่เป็นตัวแปรแฝงระดับ และตัวแปรแฝงอัตราพัฒนาการ ไม่สัมพันธ์กับเทอมความคลาดเคลื่อนของตัวบ่งชี้ หรือองค์ประกอบเฉพาะ 3) เทอมความคลาดเคลื่อนมีเส้นทางอิทธิพลเป็นสัญลักษณ์สลิง แทนข้อตกลงเบื้องต้นว่าเทอมความคลาดเคลื่อนของตัวบ่งชี้ / ตัวแปรสังเกตได้ในการวัดแต่ละครั้งไม่สัมพันธ์กัน และ 4) เทอมความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

ตอนที่ 4 การศึกษาแบบมอนติคาร์โล

การศึกษาแบบมอนติคาร์โลเป็นการศึกษาที่โดยทั่วไปจะใช้สำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพของค่าพารามิเตอร์ทางสถิติภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ยังเป็นเทคนิคหนึ่งสำหรับการจำลองข้อมูลทางทฤษฎีด้วย

การจำลอง (simulation) เป็นวิธีการที่ใช้ศึกษาระบบหรือเป็นกระบวนการออกแบบจำลองระบบจริง ซึ่งในโลกของความเป็นจริงระบบงานจริง สลับซับซ้อน ซึ่งเป็นไปได้ลำบากที่จะแก้ไขโดยคณิตศาสตร์ สิ่งที่น่าจะเป็นไปได้ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยและใช้ข้อมูลที่เก็บมาเหมือนกับมาจากระบบจริง แล้วทำการจำลองระบบขึ้นมา

เทคนิคการจำลองข้อมูลแบบมอนติคาร์โล เป็นการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (computer simulation) กล่าวคือ เป็นการจำลองที่อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์โปรแกรมซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมาก มีการนำข้อมูลเข้า ซึ่งต้องจัดเตรียมและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งอาจใช้วิธีการทางสถิติช่วยได้ นอกจากนี้ สมชัย ยืนนาน (2528 อ้างถึงใน วินิจ เทือกทอง, 2537) กล่าวว่าการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการการออกแบบจำลองสถานการณ์ สำหรับแก้ปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ หรือทางด้านสถิติ ซึ่งการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลนั้นจะช่วยในการขยายความรู้ทางทฤษฎีทางด้านสถิติให้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น

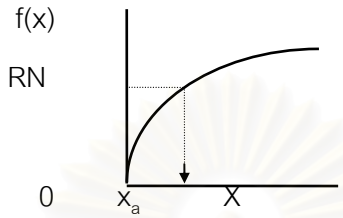
เทคนิคมอนติคาร์โล เป็นเทคนิคการสร้างข้อมูลด้วยการใช้ตัวเลขแบบสุ่ม และความน่าจะเป็นสะสม โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างกราฟ หรือตารางความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลที่ต้องการ
2. สร้างตัวเลขสุ่ม เนื่องจากการใช้เลขสุ่ม เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากต่อระเบียบวิธีการมอนติคาร์โล เนื่องจาก หลักการของเทคนิคมอนติคาร์โลนั้นอาศัยตัวเลขสุ่มที่มีลักษณะการกระจายแบบสม่ำเสมอ (uniform) ในช่วงตัวเลข (0,1) มาช่วยในการหาคำตอบของปัญหา

3. ใช้ค่าตัวเลขสุ่มที่ได้ในข้อ 2 แทนค่าความน่าจะเป็นสะสม

4. อ่านค่าของข้อมูลจากกราฟหรือตารางซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับตัวเลขในข้อ 3 และค่าที่ได้นี้คือค่าของข้อมูลที่ต้องการ

เช่น สมมติว่าตัวแปรแบบสุ่ม X มีลักษณะการแจกแจงของความน่าจะเป็นสะสม



โดยทำการ

4.1 จากตารางตัวเลขสุ่ม (หรือจากการสร้างตัวเลขแบบสุ่มด้วยวิธีอื่น) ได้ตัวเลขสุ่ม (Random Number: RN)

4.2 ทำค่า RN ให้ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยใส่จุดทศนิยมข้างหน้า

4.3 หาค่า RN บนแกนตั้ง ลากเส้นนอนจากแกนตั้งที่ค่า RN ตัดกับกราฟที่ใด ลากเส้นดิ่งลงมา หาแกนนอนซึ่งเป็นแกนของค่าตัวแปรสุ่ม X มีค่า x_a

5. ทดลองกระทำ เมื่อประยุกต์ปัญหาที่ต้องการศึกษามาใช้กับตัวเลขสุ่มแล้ว จะใช้กระบวนการของการสุ่มมากระทำในลักษณะซ้ำๆ กัน เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการ

ข้อดีของการใช้ข้อมูลที่ได้จากการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล มี 4 ประการ ได้แก่

1. การใช้ข้อมูลจากการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลจะเป็นการได้มาซึ่งข้อมูลที่สามารถทำซ้ำได้

2. มีประสิทธิภาพมากของการเก็บข้อมูลที่ใช้ในทฤษฎีของการแจกแจงความน่าจะเป็น

3. เป็นการง่ายที่จะเปลี่ยนพารามิเตอร์ของทฤษฎีการแจกแจง

4. ทำให้ได้ข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ในหลายสถานการณ์ ซึ่งข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการเก็บรวบรวมนั้นจะให้รูปแบบของข้อมูลเพียงแบบเดียวเท่านั้น

ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในตอนนี้ ผู้วิจัยจะนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดคะแนนพัฒนาการ ซึ่งขอแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่หนึ่ง งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง และส่วนที่สอง งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

ทั้งในต่างประเทศ และในประเทศไทยนั้น มีการศึกษาเกี่ยวกับคะแนนพัฒนาการมากมาย โดยงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น

5.1.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

Fan (2001) ทำการศึกษาอิทธิพลของความมีส่วนร่วมของพ่อแม่ต่อพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียน โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และด้านสังคมศาสตร์ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 ครั้ง ณ ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ได้แก่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2, 4 และ 6 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการ

ผลการวิจัยพบว่า ความมีส่วนร่วมของพ่อแม่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียน นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการพบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ทางด้านการอ่านมีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 28.95, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.45 ทางด้านคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 38.77, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 2.99 ทางด้านวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 19.97, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.17 และทางด้านสังคมศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 30.48, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.28

Compton (2003) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการในทักษะการให้รหัส และพัฒนาการในการให้ชื่ออัตโนมัติในนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะยาวจำนวน 7 ครั้ง ครั้งละ 1 เดือน ในทักษะด้านการอ่านคำ การอ่าน

แบบไม่มีคำ การให้ชื่อตัวเลข การให้ชื่อสี โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัย พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างการให้ชื่อตัวเลข และทักษะการให้รหัสและการให้ชื่อต่างอัตโนมัติ สามารถทำนายทักษะการให้รหัสได้อีกด้วย นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการ พบว่าข้อมูลด้านต่างๆ นั้นมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง โดยมีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [36,25,16,9,4,1,0] และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ทางด้านการอ่านคำ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 10.12, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 2.073, ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงความโค้งกำลังสอง (MQ) = 0.11 ทางด้านการอ่านที่ไม่มีคำมีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 6.87, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.32, ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงความโค้งกำลังสอง (MQ)= 0.01

Ferrer, Hamagami และ McArdle (2004) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ โปรแกรม LISREL, Mx, Mplus, Amos และ SAS โดยในการศึกษาครั้งนี้ ได้ข้อมูลที่มาจากการเก็บรวมรวมโดยใช้แบบวัด WISC (Wechsler Intelligence Scale for Children) กับนักเรียนระดับชั้นเกรด 3 ถึง เกรด 5 จำนวน 204 คน ทำการวัดทั้งหมด 6 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่าค่าสถิติต่างๆ ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์แต่ละโปรแกรมมีค่าไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยในด้านความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนั้น พบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8,1.0] และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ทางด้านการอ่านคำ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 19.70, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 27.70

Parrila, Aunda และคณะ (2005) ทำการศึกษาพัฒนาการของความแตกต่างรายบุคคลในทักษะด้านการอ่าน โดยการศึกษาพัฒนาการทางด้านการระบุคำศัพท์ ทางด้านความเข้าใจ และทางด้านคำศัพท์ในภาษาอังกฤษ และภาษาฟินนิช มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนแคนาดาที่พูดภาษาอังกฤษในระดับชั้นเกรด 1 ถึง เกรด 5 วัดซ้ำจำนวน 5 ครั้ง และนักเรียนแคนาดาที่พูดภาษาฟินนิชในระดับชั้นเกรด 1 ถึงเกรด 2 วัดซ้ำจำนวน 4 ครั้ง ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการตัวแปรแฝง และ โมเดลโค้งพัฒนาการผสม (growth mixture model)

ผลการวิจัยพบว่า คะแนนจากการสอบครั้งแรกสัมพันธ์กับพัฒนาการในแต่ละช่วงในทางตรงกันข้าม และคงที่ โดยความแตกต่างรายบุคคลจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละช่วงเวลา นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการ พบว่าข้อมูลแต่ละด้านมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง โดยมีพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นดังนี้ ทางด้านภาษาอังกฤษ มีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,4,9,16] โดยมีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 12.697, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 24.513 ทางด้านภาษาฟินนิช มีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,4,9] โดยมีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 0.3, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) =0.455

Speece และ Ritchey (2005) ทำการศึกษาพัฒนาการของทักษะการอ่านออกเสียงในนักเรียนที่มีความเสี่ยงต่อการล้มเหลวในการอ่าน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาลักษณะของพัฒนาการของทักษะการอ่านออกเสียงในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นเกรด 1 ที่มีความเสี่ยงต่อการล้มเหลวในการอ่าน และทำนายอิทธิพลของสถานการณ์การอ่านที่มีต่อพัฒนาการ โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นเกรด 1 จำนวน 276 คน ทำการเก็บข้อมูลแบบ cohort โดยทำการทดสอบเพื่อจำแนกนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยง และกลุ่มไม่เสี่ยง จากนั้นจึงทำการศึกษาพัฒนาการทางด้านการอ่านของนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยง โดยศึกษาทักษะการอ่านออกเสียงตัวอักษร และใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยใช้โปรแกรม SAS PROC MIXED

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงควรได้รับการดูแลเกี่ยวกับทักษะการอ่านคำก่อนทักษะอื่นๆ นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาทางด้านความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง พบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 38.17, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.13

Mast และ Allaire (2006) ทำการศึกษาเพื่อระบุตัวทำนายที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้ทางคำศัพท์ โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ป่วยที่เป็นโรคดีเมนเทีย (dementia) จำนวน 116 คน ซึ่งมีอายุระหว่าง 58-89 ปี โดยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมได้แก่ The Fuld Object Memory Evaluation : FOME ซึ่งจะถามเกี่ยวกับการจดจำสิ่งของ 100 อย่างที่ได้เห็น เก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 5 ครั้ง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยในด้านความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนั้น พบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ทางด้านการอ่านคำ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 2.85, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 0.07

Shivpuri, Schmitt, Oswald และ Kim (2006) ทำการศึกษาเพื่อตรวจสอบว่าความรู้ทั่วไปสามารถทำนายคะแนนเริ่มแรกของรายบุคคลได้หรือไม่ เมื่อมีการควบคุมการวัดของคะแนนสอบ SAT และ ACT และตรวจสอบว่าตัวแปร 4 ตัว ได้แก่ การเรียนรู้ที่ต่อเนื่อง ความพยายาม ความสามารถในการปรับตัว และทักษะภายในของบุคคล สามารถทำนายความแตกต่างรายบุคคลในพัฒนาการทางการเรียนได้หรือไม่ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษาปีที่ 1 จำนวน 644 คน ของมหาวิทยาลัยมิดเวสเทิร์น โดยวัดจากคะแนนสอบมาตรฐานที่ได้จากการสอบ SAT และ ACT คะแนนจากแบบวัดพฤติกรรม Biodata และระดับคะแนนเฉลี่ย (GPA) เก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2 ในชั้นปีที่ 1 และปีที่ 2 จำนวน 4 ครั้ง ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยในด้านความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนั้น พบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3] และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ทางด้านการอ่านคำ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 3.02, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 0.00

5.1.2 งานวิจัยในประเทศ

อัญชลี สิทธิกุลธร (2543) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 4 ครั้ง จากนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนในสังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 365 คน และครู จำนวน 11 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษแบบวัดเชาว์ปัญญามาตรฐานของ J.C. Raven และแบบบันทึกคุณลักษณะของครู ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SEM โดยใช้โปรแกรม EQS for windows 5.7b และโปรแกรม SPSS for windows 9.01

ผลการวิจัย พบว่า อัตราพัฒนาการของนักเรียนในระดับภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ

จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง นอกจากนั้น ยังพบว่า ข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับโดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,1.358,1.433] และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ทางด้านการอ่านคำ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 19.834, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 2.26

ศศิวิมล อมตชีวิน (2546) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3-9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ 10 ช่วงเวลา เก็บรวบรวมข้อมูลจากการวัดน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนในสังกัดงานการประถมศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 840 คน ใน 10 ช่วงเวลา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบมีตัวแปรแฝง

ผลการวิจัย พบว่า โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลามากที่สุด สำหรับการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับด้วยรูปแบบโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นตรง โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 และ 6 ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลามากที่สุด สำหรับการวิเคราะห์ด้วยโมเดลพารามิเตอร์อิสระ และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีประสิทธิภาพในการศึกษาพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียน

นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการ พบว่า ในการวัดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักนักเรียนด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9] และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 23.406, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 2.245 ส่วนในการวัดการเปลี่ยนแปลงของส่วนสูงนักเรียนด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9] และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 118.174, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 3.341 แต่เมื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักนักเรียนด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.470,3.531,5.186,6.974,8.796,10.432,12.187,13.632] และมีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 24.262, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.433 และ ในการวัดการเปลี่ยนแปลงของส่วนสูงนักเรียนด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.157,3.118,4.471,5.863,7.267,8.600,9.901,11.057] และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 119.123, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 2.639

ศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์ (2547) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลต่อพัฒนาการทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน 2) เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการโครงสร้างที่สร้างขึ้นระหว่างนักเรียนเพศชายและเพศหญิง และ 3) เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการโครงสร้างที่สร้างขึ้นระหว่างคะแนนพัฒนาการที่มีการตรวจให้คะแนนแบบทวิภาค และคะแนนพัฒนาการที่มีการให้คะแนนความรู้บางส่วน โดยกลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 334 คน และครูจำนวน 11 คน ข้อมูลในส่วนของคะแนนพัฒนาการมาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีการเก็บข้อมูลซ้ำ 3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 4 สัปดาห์

ผลการวิจัย พบว่า โมเดลปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ตัวแปรพัฒนาการของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ได้รับอิทธิพลทางตรงจากฐานะทางเศรษฐกิจของผู้ปกครอง รองลงมาคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเดิม การศึกษาของผู้สอน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน นอกจากนั้น โมเดลปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพศชายและเพศหญิง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความไม่แปรเปลี่ยนในด้านรูปแบบของโมเดลและในด้านพารามิเตอร์ และโมเดลปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการตรวจให้ค่าคะแนนแบบทวิภาคและได้จากการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน มีความไม่แปรเปลี่ยนในด้านรูปแบบของโมเดล และในด้านพารามิเตอร์

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ

5.2.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

Chou, Bentler และ Pentz (1998) ทำการศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการวิธีในการศึกษาโค้งพัฒนาการเกี่ยวกับการสูบบุหรี่ของนักเรียนโดยเปรียบเทียบระหว่างโมเดลพหุระดับและการวิเคราะห์ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาของ 57 โรงเรียนในรัฐอินเดียนาโพลิส จำนวน 2,779 คน ทำการวัดซ้ำจำนวน 4 ครั้ง ซึ่งข้อมูลได้มาจากการสัมภาษณ์นักเรียนถึงการสูบบุหรี่

ผลการวิจัยทางด้านการเปรียบเทียบวิธีในการศึกษาโค้งพัฒนาการนั้น พบว่า การใช้โมเดลพหุระดับจะเป็นวิธีที่ใช้ง่ายกว่า แต่โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงจะให้การประมาณค่าของโมเดลความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลประจักษ์ และความยืดหยุ่นของโมเดลในการทดสอบสมมติฐานมากกว่า

Fan (2006) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่มีลักษณะเป็นแบบเส้นตรงเมื่อมีจำนวนการวัดซ้ำที่แตกต่างกัน และศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงกับวิธีการทางสถิติวิธีอื่น โดยใช้การจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซึ่งมีเงื่อนไขของสถานการณ์ต่างๆ ได้แก่ขนาดของพัฒนาการเชิงเส้นตรง จำนวนการวัดซ้ำ และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง

ผลการวิจัย พบว่า จำนวนการวัดซ้ำไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง อย่างไรก็ตามผลการวิจัยยังพบว่า ในการวัดซ้ำจำนวน 3 ครั้งนั้น สัดส่วนของขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถวิเคราะห์ได้ใน SEM และเมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีต่างๆ พบว่า วิธีการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการทดสอบด้วย t-test และวิธีการวิเคราะห์แบบวัดซ้ำด้วย ANOVA

5.2.2 **งานวิจัยในประเทศ**

วินิจ เทือกทอง (2537) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการคำนวณหาค่าคะแนนเพิ่ม 5 วิธี คือ วิธีดั้งเดิม วิธีเศษเหลือ วิธีของลอร์ด วิธีพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีเทียบส่วนร้อย ว่าวิธีการคำนวณวิธีใดมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้การจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ตามสถานการณ์ลักษณะการแจกแจงคะแนนการวัดครั้งแรกและครั้งหลัง ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการวัดครั้งแรก และคะแนนเพิ่ม ความเบ้ของข้อมูล ความโด่งของข้อมูล จำนวนตัวอย่าง และขนาดของค่าคะแนนเพิ่ม โดยทำการทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง โดยมีเกณฑ์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการคำนวณ 4 เกณฑ์ คือ ความไม่ลำเอียง ความคงเส้นคงวา ความมีประสิทธิภาพ และความพอเพียง

ผลการวิจัย พบว่า ในทุกสถานการณ์ที่กำหนดนั้น วิธีการคำนวณหาค่าคะแนนเพิ่มวิธีดั้งเดิมให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมา คือ วิธีเศษเหลือเทียบกับศักยภาพของผู้เข้าสอบ

อรุณี อ่อนสวัสดิ์ (2537) ทำการพัฒนาวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ในสถานการณ์ที่มีการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ที่พัฒนา และเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ที่พัฒนากับวิธีการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนจริง วิธีหาความแตกต่างระหว่างความสามารถ และวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด โดยใช้การจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล

ตามสถานการณ์การเรียน 3 ลักษณะ ได้แก่ การเรียนแบบรอบรู้ แบบทั่วไป และแบบกึ่งรอบรู้ ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถก่อนเรียนและหลังเรียน 3 ระดับ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง และความยาวของแบบสอบ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้วิธีต่างๆ กับวิธีเกณฑ์ โดยหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวิธีที่พัฒนากับวิธีเกณฑ์ หาความเที่ยงและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานกับวิธีวัดต่างๆ

ผลการวิจัย พบว่า วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความสัมพันธ์ทางบวกสูงกับวิธีการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงในทุกสถานการณ์ มีความสัมพันธ์ทางบวกสูงกับวิธีการหาความแตกต่างระหว่างความสามารถในบางสถานการณ์ นอกจากนั้นวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยงสูงกว่าวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบและวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดสูงกว่าวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ และวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด

ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลลิสเรล 3 แบบได้แก่ โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว และโมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว ที่ใช้ในการศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็น นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และเก็บข้อมูลผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ 3 ครั้ง และวัดตัวแปรด้านความถนัดทางคณิตศาสตร์ 1 ครั้ง

ผลการวิจัย พบว่า โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวเป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด รองลงมาคือโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว และโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว ตามลำดับ

อิทธิพล ตั้งสกุลเรืองไล (2541) ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูปแบบ ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของการพัฒนาทางกาย และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา โดยใช้ดัชนี 4 ประเภท เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้แก่ ค่าสถิติไค-สแควร์ ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือ และค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด มีกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนประถมศึกษาของโรงเรียนในสังกัดกรุงเทพมหานคร และในสังกัด

กรมสามัญศึกษา จำนวน 406 คน และในสังกัดสำนักงานการประถมศึกษา จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 592 คน มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบบันทึกการตรวจสุขภาพของนักเรียน โดยข้อมูลในการวิจัยนี้เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะยาว 5 ครั้ง และผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบมีตัวแปรแฝง

ผลการวิจัย พบว่า โค้งพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีลักษณะเป็นเส้นโค้งพาราโบลาคว่ำ ในขณะที่น้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนมีลักษณะเป็นเส้นโค้งพาราโบลาหงาย ผลการประยุกต์ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูปแบบ ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาว พบว่า โมเดลลิสเรลในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระชนิดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน มีประสิทธิภาพในการศึกษาพัฒนาการเกี่ยวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนักและส่วนสูงได้ดีที่สุด

มนต์ทิวา ไชยแก้ว (2542) ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่ใช้โมเดลประยุกต์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ระหว่างโมเดลที่มีข้อมูลครบสมบูรณ์จากการวัดระยะยาว 5 ครั้ง กับโมเดลที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ คือโมเดลที่มีการวัด 3 และ 4 ครั้ง และโมเดลที่มีข้อมูลขาดหาย ประกอบด้วยโมเดลที่มีอัตราการขาดหายแตกต่างกันเป็น 5% 10% 15% และ 20% โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากข้อมูลทุติยภูมิรวม 4 ชุด การวิเคราะห์ความกลมกลืนของโมเดลประยุกต์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทั้ง 4 ชุด ใช้โปรแกรม LISREL และโปรแกรม EQS

ผลการวิจัยสรุปว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ กับโมเดลที่มีการวัดครบสมบูรณ์ส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่า 0.70 โดยโมเดลที่วัดได้ 4 ครั้ง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าโมเดลที่วัดได้ 3 ครั้ง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลที่มีการวัดครบสมบูรณ์ กับโมเดลที่มีอัตราการขาดหายของข้อมูลต่ำมีค่าสูงกว่าโมเดลที่มีอัตราการขาดหายสูง

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาความสอดคล้องของข้อมูลเชิงประจักษ์กับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สำหรับข้อมูลซึ่งมีการวัด 5 ครั้งนั้น พบว่าข้อมูลทั้ง 4 ชุดมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นโค้ง โดยข้อมูลชุดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.263,6.107,5.163] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 23.042, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 0.578 ข้อมูลชุดอัตราการ

เข้าเรียนระดับประถมศึกษามีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.037,3.239,4.294] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 88.748, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.104 ข้อมูลชุดอัตราการเข้าเรียนระดับมัธยมศึกษามีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,1.933,2.492,3.295] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 40.984, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 5.663 และข้อมูลชุดอัตราการเข้าเรียนระดับอุดมศึกษามีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.962,6.236,9.347] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 10.565, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.102

สำหรับข้อมูลซึ่งมีการวัด 4 ครั้งนั้น พบว่า ข้อมูลทั้ง 4 ชุดมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นโค้ง โดยข้อมูลชุดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,3.032,6.988] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 23.042, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 0.493 ข้อมูลชุดอัตราการเข้าเรียนระดับประถมศึกษามีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,1.88,2.386] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 86.272, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 3.006 ข้อมูลชุดอัตราการเข้าเรียนระดับมัธยมศึกษามีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,1.898,2.283] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 40.819, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 5.925 และข้อมูลชุดอัตราการเข้าเรียนระดับอุดมศึกษามีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,5.852,9.003] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 10.375, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.1626

และสำหรับข้อมูลซึ่งมีการวัด 3 ครั้งนั้น พบว่า ข้อมูลทั้ง 4 ชุดมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นโค้ง โดยข้อมูลชุดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,2,4.957] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 23.025, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 0.705 ข้อมูลชุดอัตราการเข้าเรียนระดับประถมศึกษามีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,1.377] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 86.317, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 4.461 ข้อมูลชุดอัตราการเข้าเรียนระดับมัธยมศึกษามีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.278] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 40.790, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 6.021 และข้อมูลชุดอัตราการเข้าเรียนระดับอุดมศึกษามีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,3,4.654] ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 10.216, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 2.291

สมถวิล วิจิตรวรรณา (2543) ทำการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงโมเดลพหุระดับ และโมเดลกึ่งซิมเพลกซ์ ในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวชนิดตัวแปรเดี่ยวและตัวแปรพหุ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 469 คน ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดสมุทรสงคราม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2542 โดยทำการวัด 5 ครั้งในช่วงเวลาต่างกัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบคู่ขนานวิชาคณิตศาสตร์ 5 ฉบับที่วัด 2 คุณลักษณะ คือ การคิดคำนวณและการแก้โจทย์ปัญหา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลพหุระดับใช้โปรแกรม HLM ส่วนโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง และโมเดลกึ่งซิมเพล็กซ์ที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการ ใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม EQS

ผลการวิจัย พบว่า โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นโมเดลที่ใช้อธิบายการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งชนิดตัวแปรเดี่ยวและตัวแปรพหุ รองลงมาคือ โมเดลกึ่งซิมเพล็กซ์ที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการ และโมเดลพหุระดับ นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง พบว่าในด้านทักษะการคิดคำนวณนั้น ข้อมูลสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.225,3.744,5.226] และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 9.406, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.555 ส่วนด้านทักษะโจทย์ปัญหานั้น พบว่า ข้อมูลเชิงประจักษ์สอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นโค้ง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,1.768,3.869,5.591] และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 6.863, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = -0.190

อวยพร เรืองตระกูล (2544) ได้ทำการพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ 9 วิธี ซึ่งประกอบด้วย วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม 5 วิธี และวิธีวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 2 วิธี และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่ผู้วิจัยพัฒนา 2 วิธี โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 698 คน และ 637 คน จากโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาเขตกรุงเทพมหานคร 12 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 ฉบับที่คู่ขนานกัน การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ และการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการในด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ และค่าความคลาดเคลื่อนด้วยการวิเคราะห์โมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น และสถิติทดสอบ Hotelling

ผลการวิจัย พบว่า เมื่อเปรียบเทียบผลการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการระหว่าง 3 กลุ่มวิธี พบว่า กลุ่มวิธีของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม กลุ่มวิธีของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ และกลุ่มวิธีของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีคุณภาพไม่แตกต่างกัน โดยเมื่อพิจารณาวิธีภายในกลุ่มทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม พบว่า วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น

นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง พบว่า สำหรับข้อมูลที่ได้จากการวัดซ้ำ 3 ครั้งด้วยแบบทดสอบฉบับเดิมด้วยการตรวจให้คะแนนแบบทวิภาค สอดคล้องกับโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงที่กำหนดพารามิเตอร์อิสระ และมีความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 6.9849, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 2.0587 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0, 0.5035,1.5195] สำหรับข้อมูลที่ได้จากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ด้วยแบบทดสอบคู่ขนานด้วยการตรวจให้คะแนนแบบทวิภาค สอดคล้องกับโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงที่กำหนดพารามิเตอร์อิสระ และมีความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 7.3848, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 0.6962 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.4229,1.6630] และข้อมูลที่ได้จากการวัดซ้ำ 5 ครั้ง ด้วยแบบทดสอบคู่ขนานด้วยการตรวจให้คะแนนแบบทวิภาค สอดคล้องกับโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงที่กำหนดพารามิเตอร์อิสระ และมีความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 7.4494, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.5458 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0, 0.1530,0.6210,1.6467,1.5901]

จากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ พบว่ามี 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่หนึ่ง งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิม ประเภทที่สอง งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบแนวใหม่ และประเภทที่สาม งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิมและแนวคิดแบบแนวใหม่ โดยงานวิจัยส่วนใหญ่มีการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ ส่วนงานวิจัยที่ใช้การจำลองข้อมูลมีเพียง 3 เรื่องเท่านั้น และเป็นการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิม และเมื่อพิจารณางานวิจัยที่มีการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแนวใหม่แล้ว จะเห็นได้ว่าโมเดลโค้ง

พัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นวิธีการวัดพัฒนาการที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง 2 ส่วนที่มีการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ และวิเคราะห์ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนั้น จะพบว่าข้อมูลมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบ่งได้เป็น 2 แบบหลักๆ คือ มีการเปลี่ยนแปลงแบบเส้นตรง ซึ่งจะสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง และแบบที่สองคือข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง ซึ่งจะสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นโค้ง โดยส่วนใหญ่จะเป็นเส้นโค้งแบบไม่สม่ำเสมอ คือบางครั้งมีการพัฒนาเพิ่มขึ้น บางครั้งมีการพัฒนาลดลง โดยเฉพาะเส้นโค้งที่มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นก่อนในครั้งแรกๆ และลดลงในครั้งหลัง หรือเส้นโค้งที่มีพัฒนาการในแต่ละช่วงต่างกันมาก โดยมีรายละเอียดค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับการวัดในครั้งแรก และค่าอัตราพัฒนาการที่แตกต่างกัน รายละเอียดดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 งานวิจัยที่ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ

ผู้วิจัย	ปี	ประเภทของข้อมูล		วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ			ผลการเปรียบเทียบ
		ประจักษ์	จำลอง	กลุ่มวิธีแบบดั้งเดิม	กลุ่มวิธีแบบแนวใหม่	อื่นๆ	
Chou, Bentler, Pentz	1988	√		-	LGM	MLM	LGM ให้การประมาณค่าโมเดล ความสอดคล้องและความยืดหยุ่นได้มากกว่า
Fan	2006	√		-	LGM	t-test, ANOVA	LGM มีประสิทธิภาพมากที่สุด
วินิจ เทือกทอง	2537		√	DS,L,R,RG,VP,SR	-	-	DS ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด
อรุณี อ่อนสวัสดิ์	2537		√	DS,L,CE	-	-	คะแนนที่ได้จาก CE มีความสัมพันธ์สูงกับคะแนนที่ได้จาก DE,L
ประสิทธิ์ ไขยกาล	2539	√		-	โมเดลองค์ประกอบระยะยาวพื้นฐาน, องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้เดียว , องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว	-	โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวมีประสิทธิภาพสูงที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้วิจัย	ปี	ประเภทของข้อมูล		วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ			ผลการเปรียบเทียบ
		ประจักษ์	จำลอง	กลุ่มวิธีแบบดั้งเดิม	กลุ่มวิธีแบบแนวใหม่	อื่นๆ	
อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล	2541	√		-	LGM 4 รูปแบบ	-	โมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระชนิดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันมีประสิทธิภาพในการศึกษาข้อมูลชุดนี้ที่สุด
มนต์ทิวา ไชยแก้ว	2542	√		-	LGM	-	โมเดลที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์กับโมเดลที่มีการวัดครบสมบูรณ์มีค่าสปส.สหสัมพันธ์สูงกว่า 0.70
สมถวิล วิจิตรวรรณา	2543	√		-	LGM ,โมเดลพหุระดับ ,โมเดลกึ่งซิมเพล็กซ์	-	LGM ใช้อธิบายการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีประสิทธิภาพสูงสุด
อวยพร เรืองตระกูล	2544	√		DS,SG,NL,RG,SR,	LGM	โมเดลราส์ชพหุมิติ,ความสามารถจริงสัมพัทธเทียบกับศักยภาพ,ความ สามารถจริงสัมพัทธ์เทียบกับความสามารถจริงก่อนเรียน	-ทั้งสามกลุ่มมีคุณภาพไม่แตกต่างกัน -วิธี DS,RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 งานวิจัยที่ศึกษาการวัดคะแนนพัฒนาการที่ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

ผู้วิจัย	ปี	จำนวนการวัด /ลักษณะการเปลี่ยนแปลง								ML	ค่าพารามิเตอร์ที่พบ							หมายเหตุ
		3 ครั้ง		4 ครั้ง		5 ครั้ง		> 5 ครั้ง			MS	MQ	B1	B2	B3	B4	B5	
		L	NL	L	NL	L	NL	L	NL									
Fan	2001		√							28.95	1.45	0.09						การอ่าน
										38.77	2.99	0.13						คณิตศาสตร์
										19.97	1.17	0.12						วิทยาศาสตร์
										30.48	1.28	0.32						สังคมศาสตร์
Compton	2003								√	10.12	2.07	0.11	36	25	16	9	4	B6=1,B7=0
										6.87	1.32	0.07	36	25	16	9	4	B6=1,B7=0
Ferrer	2004							√		19.70	27.70		0	0.2	0.4	0.6	0.8	B6=1.0
Speece, Ritchey	2005							√		38.17	1.13							
Parrila	2005						√			12.70	24.51	-2.52	0	1	4	9	16	ภาษาอังกฤษ
										0.30	0.46	0.10	0	1	4	9		ภาษาฟินนิช
Mast	2006					√				2.85	0.07		0	1	2	3	4	
Shivpuri	2006			√						3.02	0.00		0	1	2	3		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้วิจัย	ปี	จำนวนการวัด /ลักษณะการเปลี่ยนแปลง									ค่าพารามิเตอร์ที่พบ							หมายเหตุ
		3 ครั้ง		4 ครั้ง		5 ครั้ง		> 5 ครั้ง		ML	MS	MQ	B1	B2	B3	B4	B5	
		L	NL	L	NL	L	NL	L	NL									
มนต์ทิวา ไชยแก้ว	2542						√			23.04	0.58		0	1	2.263	6.107	5.163	คณิตศาสตร์
							√			88.75	1.10		0	1	2.037	3.239	4.294	ประถมศึกษา
					√					23.04	0.49		0	1	3.032	6.988		คณิตศาสตร์
					√					86.27	3.01		0	1	1.880	2.386		ประถมศึกษา
			√							23.03	0.71		0	2	4.957			คณิตศาสตร์
			√							86.32	4.46		0	1	1.377			ประถมศึกษา
สมถวิล วิจิตรวรรณา	2543					√				9.41	1.56		0	1	2.225	3.744	5.226	คำนวณ
							√			6.86	-0.19		0	1	1.768	3.869	5.591	โจทย์ปัญหา
อัญชลี สิทธิกุลธร	2543			√						19.83	2.26		0	1	1.358	1.433		
อวยพร เรืองตระกูล	2544		√							6.98	2.06		0	0.504	1.520			แบบสอบฉบับเดิม
			√							7.38	0.70		0	0.423	1.663			แบบสอบคู่ขนาน
							√			7.45	1.55		0	0.153	0.621	1.647	1.59	แบบสอบคู่ขนาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 6 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารเพื่อนำมาประกอบเป็นเงื่อนไขในการจำลองข้อมูล พบว่าในการวิเคราะห์ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนั้น คะแนนพัฒนาการขึ้นอยู่กับรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับการวัดในครั้งแรก หรือ ML และค่าอัตราพัฒนาการ หรือ MS ซึ่งรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน โดยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าสำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง ส่วนใหญ่จะมีการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] และ [0,0.2,0.4,0.6,0.8] โดยทั้งสองรูปแบบเป็นลักษณะของข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรงเหมือนกัน แต่ในรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] นั้น ข้อมูลในแต่ละครั้งของการวัดซ้ำจะมีค่าใกล้เคียงกันมากกว่ารูปแบบ [0,1,2,3,4] ส่วนข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง พบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์ส่วนใหญ่จะสอดคล้องกับโมเดลที่มีลักษณะของเส้นโค้งที่มีการพัฒนาการเพิ่มขึ้นก่อนในช่วงแรกของการวัดซ้ำ และลดลงในช่วงหลัง ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมา ลักษณะดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.1530,0.6210,1.6467,1.5901] และ [0,1,2.263,6.107,5.163] ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] และ [0,0.2,0.4,0.6,0.8] สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และรูปแบบที่มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] และ [0,1,2.20,6.10,5.20] สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง

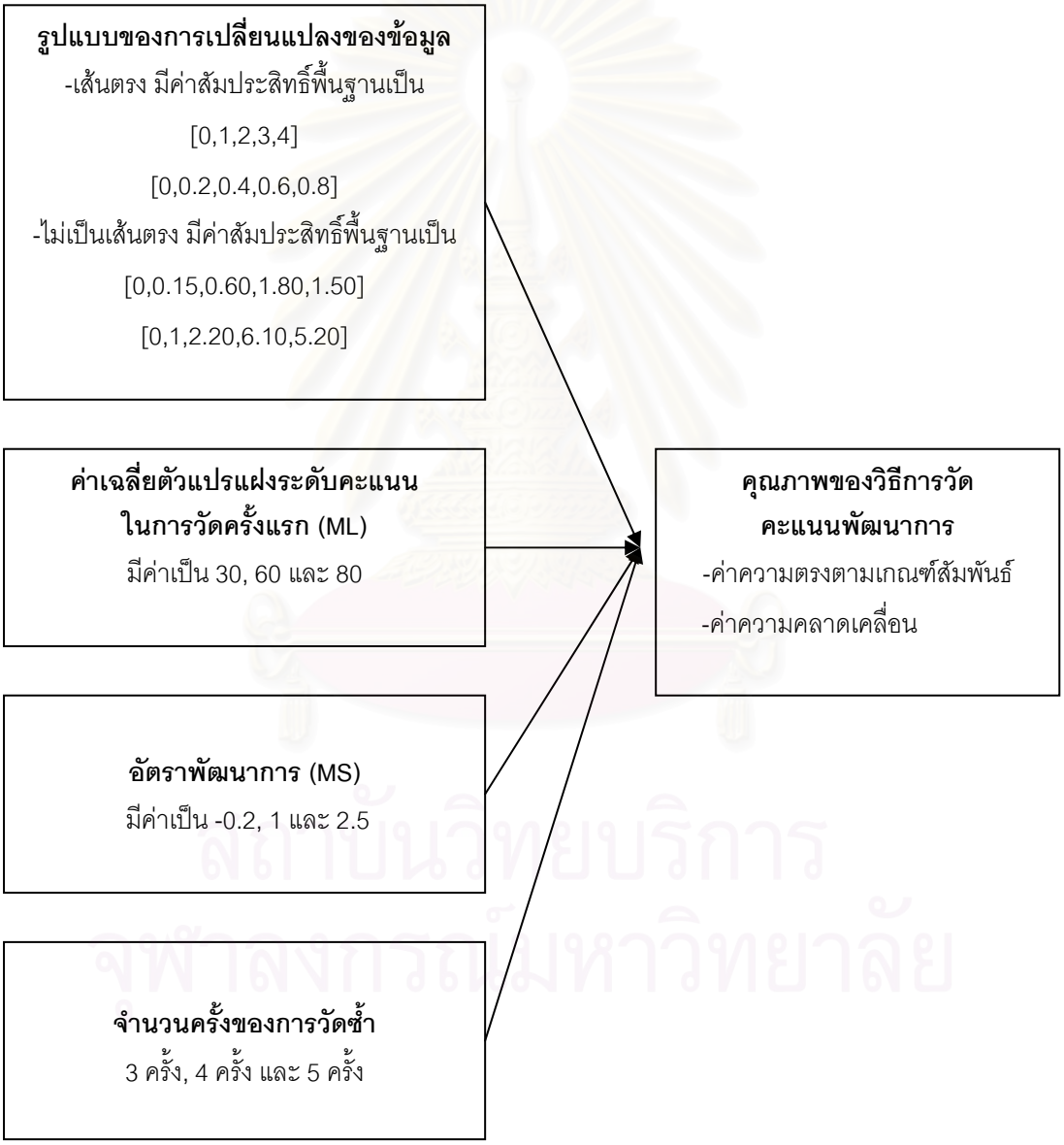
ส่วนค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับการวัดในครั้งแรก หรือ ML พบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จะขึ้นอยู่กับคะแนนเต็มของการวัดของข้อมูลแต่ละชุด ซึ่งข้อมูลบางชุดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อย บางชุดมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง และบางชุดมีค่าอยู่ในระดับสูง โดยส่วนใหญ่ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในระดับน้อยจะมีค่าประมาณ 30 และค่าเฉลี่ยที่อยู่ในระดับสูงจะมีค่าประมาณ 80 และในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดคะแนนเต็มของการวัดของข้อมูลเป็น 100 คะแนน ตามคะแนนเต็มของสาระการเรียนรู้แต่ละกลุ่มสาระ ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับการวัดในครั้งแรกออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ 30, 60 และ 80 แทนข้อมูลที่มีคะแนนในการวัดครั้งแรกที่ได้ระดับน้อย ปานกลาง และสูง ตามลำดับ

และสำหรับค่าอัตราพัฒนาการ หรือ MS นั้น พบว่าค่าที่ได้จะมีค่าเป็นได้ทั้งค่าบวก ศูนย์ และค่าลบ โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าค่าอัตราพัฒนาการจะมีค่าตั้งแต่ -0.19 ถึง 27.70 ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง 1 ถึง 2.5 ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดค่าอัตราพัฒนาการออกเป็น 3 ลักษณะ คือ -0.2 สำหรับข้อมูลที่มีพัฒนาการลดลงในแต่ละครั้งของการวัดซ้ำ และเท่ากับ 1 และ

2.5 สำหรับข้อมูลที่มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งของการวัดซ้ำ โดยมีขนาดการเปลี่ยนแปลงในระดับที่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าส่วนใหญ่ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยทำการวัดซ้ำจำนวน 3 – 5 ครั้ง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดเงื่อนไขในการวัดซ้ำเป็น 3, 4 และ 5 ครั้งเช่นกัน

ซึ่งจากเงื่อนไขทั้งหมด ทำให้ผู้วิจัยได้กรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิม 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการจำลอง (simulate) ข้อมูลเชิงทฤษฎี ผู้วิจัยขอเสนอวิธีการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 เงื่อนไขที่ใช้ในการจำลองข้อมูล ตอนที่ 2 การจำลองข้อมูล และตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 เงื่อนไขที่ใช้ในการจำลองข้อมูล

ผู้วิจัยทำการจำลองข้อมูลโดยใช้โปรแกรม MPLUS version 4.1 โดยมีเงื่อนไขของสถานการณ์ ดังต่อไปนี้

1.1 รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรง แต่เนื่องจากในการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดคะแนนพัฒนาการนั้น พบว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงจะเปลี่ยนไปตามสัมประสิทธิ์พื้นฐาน ซึ่งจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ในแต่ละลักษณะของการเปลี่ยนแปลงนั้น จะมีรูปแบบของสัมประสิทธิ์พื้นฐานที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงขอแยกลักษณะย่อยๆ ออกเป็นดังนี้

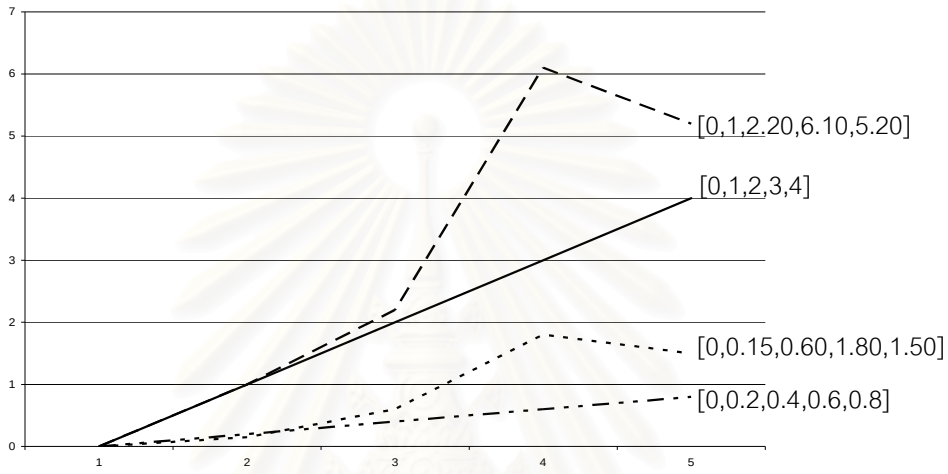
1.1.1 ลักษณะข้อมูลที่มีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] โดยข้อมูลจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง

1.1.2 ลักษณะข้อมูลที่มีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] โดยข้อมูลจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรงเช่นเดียวกับข้อมูลในข้อ 1.1.1 แต่ข้อมูลในแต่ละครั้งของการวัดซ้ำจะมีค่าใกล้เคียงกันมากกว่า

1.1.3 ลักษณะข้อมูลที่มีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] โดยข้อมูลจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง ซึ่งในช่วงแรกข้อมูลจะมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ค่าจะลดลงในช่วงหลัง

1.1.4 ลักษณะข้อมูลที่มีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] โดยข้อมูลจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง ช่วงแรกข้อมูลจะมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ค่าจะลดลงในช่วงหลัง นอกจากนี้ข้อมูลในแต่ละครั้งของการวัดซ้ำมีค่าต่างกันมาก

ซึ่งในแต่ละรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลตามรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน

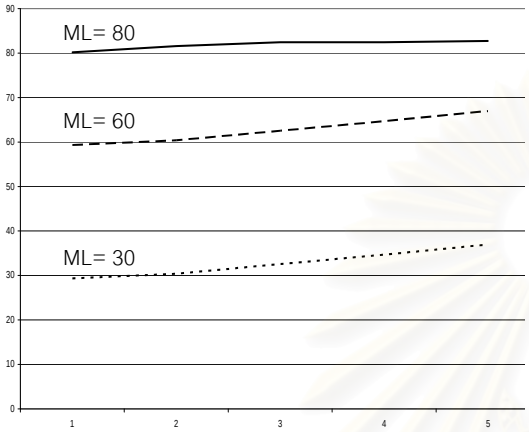
1.2 จำนวนของการวัดซ้ำ แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ ข้อมูลที่มีการวัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง 4 ครั้ง และ 5 ครั้ง

1.3 ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก หรือ ML ซึ่งจากงานวิจัยพบว่า ค่า ML นี้ จะขึ้นอยู่กับคะแนนเต็มของข้อมูลด้วย โดยในงานวิจัยในครั้งนี้จะกำหนดให้คะแนนเต็มของข้อมูลเท่ากับ 100 ซึ่งมีค่าเท่ากับคะแนนเต็มของการจัดการเรียนการสอนตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆ ในโรงเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งค่า ML ออกเป็น 3 ลักษณะ คือ 30, 60 และ 80 ซึ่งทั้ง 3 ลักษณะจะแทนข้อมูลที่มีคะแนนในการวัดครั้งแรกที่ได้ระดับน้อย ปานกลาง และสูงตามลำดับ

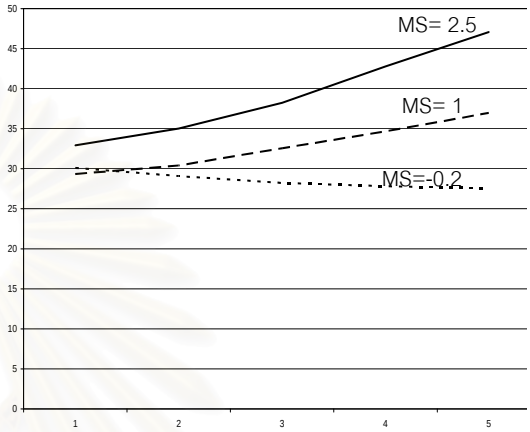
1.4 ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงความชัน หรืออัตราพัฒนาการ หรือ MS ซึ่งค่า MS นี้จะมีค่าเป็นได้ทั้งค่าบวก ศูนย์ และค่าลบ โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ค่า MS จะมีค่าตั้งแต่ -0.19 ถึง 27.70 โดยที่ข้อมูลส่วนใหญ่พบว่าจะมีค่า MS อยู่ในช่วง 1 ถึง 2.5 และข้อมูลที่มีค่า MS ตั้งแต่ 5.00 ขึ้นไปมีจำนวนน้อยมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งค่า MS ออกเป็น 3 ลักษณะ คือ -0.2

สำหรับข้อมูลที่มีพัฒนาการลดลงในแต่ละครั้งของการวัดซ้ำ และเท่ากับ 1.0 และ 2.5 สำหรับข้อมูลที่มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งของการวัดซ้ำ โดยเพิ่มขึ้นในระดับที่แตกต่างกัน

โดยข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) และค่าอัตราพัฒนาการ (MS) ที่แตกต่างกัน มีลักษณะต่างกันดังภาพที่ 3.2 และภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.2 ลักษณะของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) แตกต่างกัน



ภาพที่ 3.3 ลักษณะของข้อมูลที่มีค่าอัตราพัฒนาการ (MS) แตกต่างกัน

1.5 ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงความโค้งกำลังสอง หรือ MQ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้สำหรับการจำลองข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ค่า MQ จะมีค่าตั้งแต่ -2.52 ถึง 0.32 โดยที่ข้อมูลส่วนใหญ่พบว่าจะมีค่า MQ เท่ากับ 0.1 ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้ค่า MQ มีค่าเท่ากับ 0.1 เพียงค่าเดียว

1.6 จำนวนกลุ่มตัวอย่างของทุกสถานการณ์เป็น 500 ชุดข้อมูล

เงื่อนไขที่ 1.1 – 1.4 เป็นเงื่อนไขตามกรอบแนวคิดของการวิจัย เงื่อนไขที่ 1.5 -1.6 เป็นเงื่อนไขที่ใช้ประกอบการจำลองข้อมูล ซึ่งจากเงื่อนไขทั้ง 6 เงื่อนไข และระดับของเงื่อนไข ผู้วิจัยสามารถจัดแบบแผนการวิจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมด 108 สถานการณ์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สถานการณ์ที่ใช้ในการจำลองข้อมูล

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง	จำนวนครั้งของการวัดซ้ำ	ค่าอัตราพัฒนาการ (MS)	ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML)
เส้นตรง [0,1,2,3,4] [0,0.2,0.4,0.6,0.8] ไม่เป็นเส้นตรง [0,0.15,0.60,1.80,1.50] [0,1,2.20,6.10,5.20]	3	-0.2	30
			60
			80
		1	30
			60
			80
		2.5	30
			60
			80
	4	-0.2	30
			60
			80
		1	30
			60
			80
		2.5	30
			60
			80
	5	-0.2	30
			60
			80
		1	30
			60
			80
		2.5	30
			60
			80

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 การจำลองข้อมูล

ผู้วิจัยทำการจำลองข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ทำซ้ำจำนวน 100 ครั้งใช้โปรแกรม MPLUS version 4.1 โดยมีขั้นตอนการจำลองข้อมูล ดังนี้

2.1 สร้างตัวแปรคะแนนจากการวัดแต่ละครั้ง โดยจำนวนตัวแปรที่สร้างจะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่จะใช้ในการวัด เช่น ถ้าวัด 4 ครั้ง จะมีตัวแปรจำนวน 4 ตัว ได้แก่ y_{11},y_{12},y_{13} และ y_{14} เป็นต้น

2.2 ใส่ค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานตามรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งใส่ค่า ML ค่า MS และค่า MQ ตามสถานการณ์ต่างๆ

2.3 สร้างชุดข้อมูลของตัวแปรแต่ละตัวออกมาเป็นจำนวน 500 ชุดข้อมูล ตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2.4 ทำการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของข้อมูลที่ได้กับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยถ้าเป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง จะตรวจสอบกับโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง ส่วนข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรงจะตรวจสอบกับโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนด โดยเขียนคำสั่ง (syntax) ในส่วนของ model ของโปรแกรม ถ้าข้อมูลสอดคล้องกับโมเดลแล้วจะทำการเก็บข้อมูลที่ได้ไว้ในแฟ้มข้อมูลของโปรแกรมเพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าตามวิธีการต่างๆ แต่ถ้าข้อมูลไม่สอดคล้องกับโมเดลแล้วจะกลับไปทำการสร้างข้อมูลในข้อ 2.3 ใหม่

2.5 นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประมาณค่าคะแนนพัฒนาการของข้อมูลตามแนวคิดแบบดั้งเดิม เพื่อประมาณค่าคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิม 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ 2) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และ 3) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้ ผู้วิจัยใช้การประมาณค่าคะแนนพัฒนาการด้วยโปรแกรม SPSS for Window 10.0 โดยผู้วิจัยกำหนดวิธีประมาณค่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัดทั้ง 3 วิธีในรูปแบบเดียวกัน กล่าวคือ ใช้คะแนนที่ได้จากการวัดครั้งที่ 1 และครั้งสุดท้ายของการวัดในการคำนวณประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ

3.2 ประมาณค่าคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแนวใหม่ 2 โมเดลของการวัด ได้แก่ โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงสำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และ โมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนดสำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้ ผู้วิจัยใช้การประมาณค่าคะแนนพัฒนาการด้วยโปรแกรม LISREL 8.72

3.3 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี เพื่อตรวจสอบลักษณะการกระจายของคะแนนพัฒนาการที่ประมาณค่าได้ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window 10.0

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ

เป็นการวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิม 3 วิธี โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์

1) หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดที่เป็นเกณฑ์ โดยใช้สูตร Pearson's Product Moment

2) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการทั้ง 3 วิธี โดยทำการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการของวิธีการวัดเป็นรายคู่ เพื่อดูว่าคู่ใดบ้างที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน โดยใช้สูตรการทดสอบ Hotelling ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$t = \frac{(r_{12} - r_{13})\sqrt{(n-3)(1+r_{23})}}{\sqrt{2(1-r_{12}^2-r_{13}^2-r_{23}^2+2r_{12}r_{13}r_{23})}}$$

เมื่อ r_{12} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของวิธีการวัด 1 กับวิธีการวัด 2

r_{13} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของวิธีการวัด 1 กับวิธีการวัด 3

r_{23} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของวิธีการวัด 2 กับวิธีการวัด 3

n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.2 การวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ

1) แปลงคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีต่างๆให้เป็นคะแนนมาตรฐาน (Z-Score)

2) ทำการวิเคราะห์ค่าสถิติ 2 ค่า ได้แก่ ค่าความลำเอียง (bias) และ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (root mean squared error: RMSE) โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\text{bias} = \frac{\sum_{k}^{n}(\hat{Z}_k - Z_k)}{n}$$

$$\text{RMSE} = \left[\frac{\sum_{k}^{n}(\hat{Z}_k - Z_k)^2}{n}\right]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ $\hat{Z}_k$ คือ คะแนนพัฒนาการที่แปลงเป็นคะแนนมาตรฐานแล้วของคนที่ k

Z_k คือ อัตราพัฒนาการที่หาได้จากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่แปลงเป็นคะแนนมาตรฐานแล้วของคนที่ k

3.5 การเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแต่ละวิธี โดยการวิเคราะห์แผนภาพการกระจาย (scatter plot) ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (RMSE)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิม 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 4 ตอน ตอนแรก ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับโมเดลโค้งพัฒนาการและประมาณค่าคะแนนพัฒนาการของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์สำหรับใช้เป็นคะแนนเกณฑ์ ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานและลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ และตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อภาษาอังกฤษที่ใช้สื่อความหมายแทนวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ และแทนค่าสถิติ ดังนี้

สัญลักษณ์แทนวิธีการวัดคะแนนพัฒนา

DS หมายถึง วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ

RG หมายถึง วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

BRG หมายถึง วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล

GR หมายถึง อัตราพัฒนาการที่ได้จากการประมาณค่าด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการทั้งสองโมเดล

สัญลักษณ์แทนค่าสถิติ

GFI หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ใช้วัดความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล

AGFI หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว

RMR หมายถึง ดัชนีรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือที่ใช้วัดความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล

LSR หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นคะแนนมาตรฐานสูงสุดที่ใช้วัดความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล

BIAS หมายถึง ค่าความลำเอียง

RMSE หมายถึง ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

สัญลักษณ์แทนตัวแปร

SC_1- SC_5 หมายถึง คะแนนที่ได้จากการจำลองข้อมูลครั้งที่ 1-ครั้งที่ 5

ML หมายถึง ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก

MS หมายถึง อัตราพัฒนาการ

Time หมายถึง จำนวนครั้งของการวัดซ้ำ

ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับโมเดลโค้งพัฒนาการ และประมาณค่าคะแนนพัฒนาการของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์สำหรับใช้เป็นคะแนนเกณฑ์

ผลการวิเคราะห์ในตอนนี้ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม MPLUS version 4.1 ว่ามีความสอดคล้องกลมกลืนกับโมเดลโค้งพัฒนาการหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบด้วยโปรแกรม LISREL 8.72 ซึ่งข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง จะตรวจสอบกับโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง ส่วนข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง จะตรวจสอบกับโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนด จากนั้นจึงทำการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ เพื่อใช้เป็นคะแนนเกณฑ์

ในการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนนี้ พิจารณาจากค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนต่างๆ พบว่า ค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) มีค่าระหว่าง 0.0072 ถึง 9.7064 โดยมีค่า P อยู่ระหว่าง 0.5003 ถึง 1 ส่วนดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าระหว่าง 0.9936 ถึง 1 ในขณะที่ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AFGI) มีค่าระหว่าง 0.9873 ถึง 0.9999 ส่วนค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (RMR) มีค่าระหว่าง 0.0007 ถึง 1.9336 และมีค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นคะแนนมาตรฐานสูงสุดที่ใช้วัดความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล (LSR) อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.6574 ซึ่งจากค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนทั้งหมด แสดงว่าข้อมูลที่จำลองขึ้นทุกสถานการณ์ย่อยสอดคล้องกลมกลืนกับโมเดลโค้งพัฒนาการ

เมื่อพิจารณาสมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ พบว่าในบางสถานการณ์ย่อยมีสมการการประมาณค่าเหมือนกัน แต่ในบางสถานการณ์ย่อยมีสมการการประมาณค่าที่แตกต่างกัน รายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ และสมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ

รูปแบบ	Time	MS	ML	χ^2	P	df	RMR	GFI	AGFI	LSR	สมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ
เส้นตรง [0,1,2,3,4]	3	-0.2	30	1.7688	0.6217	3	0.4486	0.9982	0.9941	0.7446	$-0.2183SC_1+0.0312SC_2+0.2807SC_3$
			60	1.7688	0.6217	3	0.8705	0.9982	0.9941	0.7066	$-0.2183SC_1+0.0312SC_2+0.2807SC_3$
			80	1.7688	0.6217	3	1.1517	0.9982	0.9941	0.6966	$-0.2183\ SC_1+0.0312\ SC_2+0.2807\ SC_3$
		1	30	0.8421	0.6563	2	0.4476	0.9992	0.9958	0.6922	$-0.1979\ SC_1+0.0362\ SC_2+0.2851\ SC_3$
			60	0.4467	0.5039	1	0.8766	0.9996	0.9955	0.6682	$-0.2036\ SC_1+0.0444\ SC_2+0.2812\ SC_3$
			80	1.7688	0.6217	3	1.1687	0.9982	0.9941	0.6965	$-0.2183\ SC_1+0.0312\ SC_2+0.2807\ SC_3$
		2.5	30	1.7688	0.6217	3	0.4876	0.9982	0.9941	0.7285	$-0.2183\ SC_1+0.0312\ SC_2+0.2807\ SC_3$
			60	1.7688	0.6217	3	0.9090	0.9982	0.9941	0.7019	$-0.2183\ SC_1+0.0312\ SC_2+0.2807\ SC_3$
			80	1.7688	0.6217	3	1.1902	0.9982	0.9941	0.6935	$-0.2183\ SC_1+0.0312\ SC_2+0.2807\ SC_3$
	4	-0.2	30	0.6519	0.9955	6	0.3892	0.9995	0.9987	0.6590	$-0.1809\ SC_1-0.0265\ SC_2+0.0677\ SC_3+0.2280SC_4$
			60	0.5546	0.9900	5	0.1533	0.9996	0.9987	0.0853	$-0.1825\ SC_1-0.0421\ SC_2+0.0690\ SC_3+0.2248\ SC_4$
			80	0.2141	0.9990	5	0.1880	0.9998	0.9995	0.1201	$-0.1810\ SC_1-0.0265\ SC_2+0.0677\ SC_3+0.2281\ SC_4$
		1	30	0.2057	0.9991	5	0.0787	0.9998	0.9995	0.1303	$-0.1809\ SC_1-0.0264\ SC_2+0.0677\ SC_3+0.2280\ SC_4$
			60	0.2124	0.9990	5	0.1471	0.9998	0.9995	0.1220	$-0.1810\ SC_1-0.0265\ SC_2+0.0677\ SC_3+0.2280\ SC_4$
			80	0.2141	0.9990	5	0.1927	0.9998	0.9995	0.1198	$-0.1810\ SC_1-0.0265\ SC_2+0.0677\ SC_3+0.2281\ SC_4$
		2.5	30	2.6890	0.9122	7	0.4410	0.9978	0.9954	0.6672	$-0.1673\ SC_1-0.0302\ SC_2+0.0762\ SC_3+0.2107\ SC_4$
			60	0.2124	0.9990	5	0.1530	0.9998	0.9995	0.1218	$-0.1810\ SC_1-0.0265\ SC_2+0.0677\ SC_3+0.2280\ SC_4$
			80	5.2094	0.7350	8	1.0753	0.9959	0.9924	0.6419	$-0.1358\ SC_1-0.0274\ SC_2+0.0811\ SC_3+0.1896\ SC_4$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ และสมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ(ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	χ^2	P	df	RMR	GFI	AGFI	LSR	สมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ
เส้นตรง [0,1,2,3,4]	5	-0.2	30	0.1834	1.0000	8	0.0393	0.9999	0.9997	0.0991	$-0.1006\ SC_1-0.0458\ SC_2+0.0270\ SC_3+0.0744\ SC_4+0.1401SC_5$
			60	2.8375	0.9966	12	0.8760	0.9981	0.9966	0.7289	$-0.1100\ SC_1-0.0467\ SC_2+0.0161\ SC_3+0.0789\ SC_4+0.1417\ SC_5$
			80	1.6595	0.9994	11	1.1647	0.9989	0.9979	0.7642	$-0.1003\ SC_1-0.0501\ SC_2+0.0264\ SC_3+0.0779\ SC_4+0.1388\ SC_5$
		1	30	3.5616	0.9950	13	0.4851	0.9976	0.9962	0.9100	$-0.1058\ SC_1-0.0439\ SC_2+0.0176\ SC_3+0.0790\ SC_4+0.1405\ SC_5$
			60	3.6921	0.9941	13	0.9155	0.9975	0.9960	1.0380	$-0.1054\ SC_1-0.0438\ SC_2+0.0176\ SC_3+0.0790\ SC_4+0.1404\ SC_5$
			80	3.7261	0.9938	13	1.2028	0.9975	0.9960	0.6970	$-0.1053\ SC_1-0.0437\ SC_2+0.0176\ SC_3+0.0790\ SC_4+0.1404\ SC_5$
		2.5	30	3.5616	0.9950	13	0.5369	0.9976	0.9962	0.9109	$-0.1058\ SC_1-0.0439\ SC_2+0.0176\ SC_3+0.0790\ SC_4+0.1405\ SC_5$
			60	3.6921	0.9941	13	0.9662	0.9975	0.9960	1.3516	$-0.1054\ SC_1-0.0438\ SC_2+0.0176\ SC_3+0.0790\ SC_4+0.1404\ SC_5$
			80	3.7261	0.9938	13	1.2532	0.9975	0.9960	0.7977	$-0.1053\ SC_1-0.0437\ SC_2+0.0176\ SC_3+0.0790\ SC_4+0.1404\ SC_5$
เส้นตรง [0,0.2,0.4,0.6,0.8]	3	-0.2	30	0.3099	0.5778	1	0.0066	0.9997	0.9969	0.5556	$-0.7843\ SC_1+0.1736\ SC_2+0.7446\ SC_3$
			60	0.3351	0.5627	1	0.0068	0.9997	0.9966	0.5140	$-0.8467\ SC_1+0.1470\ SC_2+0.7506\ SC_3$
			80	1.0899	0.5799	2	1.4731	0.9989	0.9946	0.8644	$-0.7745\ SC_1+0.1745\ SC_2+0.7394\ SC_3$
		1	30	1.0899	0.5799	2	0.5643	0.9989	0.9946	0.8811	$-0.7745\ SC_1+0.1745\ SC_2+0.7394\ SC_3$
			60	1.0899	0.5799	2	1.1121	0.9989	0.9946	0.8676	$-0.7745\ SC_1+0.1745\ SC_2+0.7394\ SC_3$
			80	0.3417	0.5588	1	0.0070	0.9997	0.9966	1.2330	$-0.7798\ SC_1+0.1740\ SC_2+0.7430\ SC_3$
		2.5	30	1.0899	0.5799	2	0.5696	0.9989	0.9946	0.8813	$-0.7744\ SC_1+0.1745\ SC_2+0.7394\ SC_3$
			60	0.3351	0.5627	1	0.0070	0.9997	0.9966	0.3860	$-0.7805\ SC_1+0.1739\ SC_2+0.7433\ SC_3$
			80	1.0901	0.5798	2	1.4827	0.9989	0.9946	0.8654	$-0.7743\ SC_1+0.1745\ SC_2+0.7394\ SC_3$

ตารางที่ 4.1 ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ และสมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ(ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	χ^2	P	df	RMR	GFI	AGFI	LSR	สมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ
เส้นตรง [0,0.2,0.4,0.6,0.8]	4	-0.2	30	0.8186	0.9359	4	0.5390	0.9994	0.9975	0.8945	$-0.2023\ SC_1-0.0835\ SC_2+0.2310\ SC_3+0.1689\ SC_4$
			60	3.9850	0.6787	6	1.0135	0.9969	0.9923	0.9122	$-0.2021\ SC_1-0.0567\ SC_2+0.1716\ SC_3+0.1583\ SC_4$
			80	3.9850	0.6787	6	1.3425	0.9969	0.9923	0.9046	$-0.2021\ SC_1-0.0567\ SC_2+0.1716\ SC_3+0.1583\ SC_4$
		1	30	1.3147	0.9334	5	0.0219	0.9990	0.9969	0.0501	$-0.2133\ SC_1-0.0403\ SC_2+0.1604\ SC_3+0.1651\ SC_4$
			60	3.9850	0.6787	6	1.0186	0.9969	0.9923	0.9119	$-0.2021\ SC_1-0.0567\ SC_2+0.1716\ SC_3+0.1583\ SC_4$
			80	3.9850	0.6787	6	1.3476	0.9969	0.9923	0.9036	$-0.2021\ SC_1-0.0567\ SC_2+0.1716\ SC_3+0.1583\ SC_4$
		2.5	30	0.6310	0.8559	4	1.0196	0.9965	0.9960	0.4320	$-0.1581\ SC_1-0.1016\ SC_2+0.2484\ SC_3+0.1768\ SC_4$
			60	1.5619	0.9058	5	1.0569	0.9988	0.9962	0.9060	$-0.2275\ SC_1-0.0548\ SC_2+0.2340\ SC_3+0.1199\ SC_4$
			80	0.8570	0.9307	4	1.4431	0.9993	0.9974	0.8955	$-0.1898\ SC_1-0.0623\ SC_2+0.1877\ SC_3+0.1463\ SC_4$
	5	-0.2	30	6.4325	0.9290	13	0.5429	0.9958	0.9932	0.9703	$-0.0275\ SC_1-0.0064\ SC_2+0.0402\ SC_3+0.0740\ SC_4+0.1078\ SC_5$
			60	4.5797	0.9706	12	1.0696	0.9970	0.9947	0.8650	$-0.0039\ SC_1-0.0028\ SC_2+0.0517\ SC_3+0.0795\ SC_4+0.1072\ SC_5$
			80	1.1385	0.9991	9	0.7504	0.9992	0.9982	0.4802	$-0.1514\ SC_1-0.0615\ SC_2+0.0596\ SC_3+0.1423\ SC_4+0.2243\ SC_5$
		1	30	6.4325	0.9290	13	0.5529	0.9958	0.9932	0.9702	$-0.0275\ SC_1+0.0064\ SC_2+0.0402\ SC_3+0.0740\ SC_4+0.1078\ SC_5$
			60	3.7637	0.9763	11	1.3800	0.9975	0.9952	0.6915	$-0.0263\ SC_1-0.0086\ SC_2+0.0090\ SC_3+0.0265\ SC_4+0.0919\ SC_5$
			80	4.5847	0.9704	12	1.4344	0.9970	0.9947	0.8594	$-0.0031\ SC_1-0.0027\ SC_2+0.0519\ SC_3+0.0795\ SC_4+0.1070\ SC_5$
		2.5	30	4.5635	0.9710	12	0.5600	0.9970	0.9947	0.8827	$-0.0068\ SC_1-0.0035\ SC_2+0.0507\ SC_3+0.0794\ SC_4+0.1081\ SC_5$
			60	3.1276	0.9783	10	0.7897	0.9979	0.9956	0.6528	$-0.0300\ SC_1-0.0139\ SC_2+0.0517\ SC_3+0.0920\ SC_4+0.1293\ SC_5$
			80	4.5847	0.9704	12	1.4469	0.9970	0.9947	0.8593	$-0.0031\ SC_1-0.0027\ SC_2+0.0519\ SC_3+0.0795\ SC_4+0.1070\ SC_5$

ตารางที่ 4.1 ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ และสมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	χ^2	P	df	RMR	GFI	AGFI	LSR	สมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ
ไม่เป็นเส้นตรง [0,0.15,0.60,1.80,1.50]	3	-0.2	30	1.0791	0.5830	2	0.6630	0.9989	0.9946	1.0005	$-0.6631\ SC_1-0.1261\ SC_2+1.0324\ SC_3$
			60	1.0194	0.6007	2	1.3270	0.9990	0.9949	1.0050	$-0.6985\ SC_1-0.1355\ SC_2+1.0946\ SC_3$
			80	1.0194	0.6007	2	1.7687	0.9990	0.9949	1.0046	$-0.6985\ SC_1-0.1355\ SC_2+1.0946\ SC_3$
		1	30	1.0194	0.6009	2	0.6696	0.9990	0.9949	1.0072	$-0.7026\ SC_1-0.1371\ SC_2+1.0981\ SC_3$
			60	0.0072	0.9322	1	0.0007	1.0000	0.9999	0.0678	$-0.7011\ SC_1-0.1367\ SC_2+1.0970\ SC_3$
			80	0.0083	0.9274	1	0.0008	1.0000	0.9999	0.0000	$-0.7008\ SC_1-0.1366\ SC_2+1.0968\ SC_3$
		2.5	30	1.0194	0.6007	2	0.6760	0.9990	0.9949	1.0073	$-0.6985\ SC_1-0.1355\ SC_2+1.0946\ SC_3$
			60	1.0194	0.6007	2	1.3385	0.9990	0.9949	1.0064	$-0.6985\ SC_1-0.1355\ SC_2+1.0946\ SC_3$
			80	0.0083	0.9274	1	0.0008	1.0000	0.9999	0.0374	$-0.7008\ SC_1-0.1366\ SC_2+1.0968\ SC_3$
	4	-0.2	30	5.3459	0.5003	6	0.2037	0.9957	0.9893	0.6567	$-0.1982\ SC_1-0.0991\ SC_2+0.1999\ SC_3+0.2489\ SC_4$
			60	1.9697	0.8533	5	0.4151	0.9985	0.9953	0.6777	$-0.2033\ SC_1-0.0417\ SC_2+0.1823\ SC_3+0.2374\ SC_4$
			80	4.4085	0.5926	6	0.5073	0.9957	0.9892	0.4210	$-0.1985\ SC_1-0.0991\ SC_2+0.1998\ SC_3+0.2490\ SC_4$
		1	30	2.1255	0.8315	5	0.2207	0.9983	0.9950	0.7943	$-0.2068\ SC_1-0.0491\ SC_2+0.1887\ SC_3+0.2384\ SC_4$
			60	4.3956	0.5942	6	0.3892	0.9957	0.9892	0.7505	$-0.1985\ SC_1-0.0991\ SC_2+0.1998\ SC_3+0.2490\ SC_4$
			80	4.4085	0.5926	6	0.5108	0.9957	0.9892	0.6433	$-0.1985\ SC_1-0.0991\ SC_2+0.1998\ SC_3+0.2490\ SC_4$
		2.5	30	0.8479	0.9319	4	0.2215	0.9993	0.9943	0.4130	$-0.1974\ SC_1-0.0461\ SC_2+0.1769\ SC_3+0.2377\ SC_4$
			60	0.6754	0.9543	4	0.3899	0.9995	0.9980	0.3347	$-0.2330\ SC_1-0.0263\ SC_2+0.1539\ SC_3+0.2430\ SC_4$
			80	5.4085	0.6103	7	0.5154	0.9957	0.9908	0.0028	$-0.1985\ SC_1-0.0991\ SC_2+0.1998\ SC_3+0.2490\ SC_4$

ตารางที่ 4.1 ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ และสมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	χ^2	P	df	RMR	GFI	AGFI	LSR	สมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ
ไม่เป็นเส้นตรง [0,0.15,0.60,1.80,1.50]	5	-0.2	30	7.8733	0.6454	10	0.7619	0.9949	0.9886	0.7333	$-0.2655\ SC_1-0.0007\ SC_2+0.1153\ SC_3+0.1701\ SC_4+0.1485\ SC_5$
			60	7.8928	0.6431	10	0.8382	0.9948	0.9885	0.6799	$-0.2655\ SC_1-0.0006\ SC_2+0.1154\ SC_3+0.1701\ SC_4+0.1485\ SC_5$
			80	5.4327	0.7105	9	1.5111	0.9955	0.9898	0.8226	$-0.2647\ SC_1-0.0010\ SC_2+0.1150\ SC_3+0.1700\ SC_4+0.1493\ SC_5$
		1	30	6.2869	0.7573	9	0.5697	0.9958	0.9904	0.3569	$-0.2477\ SC_1-0.0139\ SC_2+0.0898\ SC_3+0.1983\ SC_4+0.1493\ SC_5$
			60	9.1154	0.6043	11	1.7136	0.9942	0.9893	0.9682	$-0.2631\ SC_1-0.0023\ SC_2+0.1113\ SC_3+0.1828\ SC_4+0.1347\ SC_5$
			80	9.1154	0.6043	11	1.5431	0.9942	0.9893	0.9810	$-0.2631\ SC_1-0.0023\ SC_2+0.1113\ SC_3+0.1828\ SC_4+0.1347\ SC_5$
		2.5	30	9.1154	0.6043	11	1.3056	0.9942	0.9893	0.9746	$-0.2631\ SC_1-0.0023\ SC_2+0.1113\ SC_3+0.1828\ SC_4+0.1347\ SC_5$
			60	9.1154	0.6043	11	1.1036	0.9942	0.9893	0.9869	$-0.2631\ SC_1-0.0023\ SC_2+0.1113\ SC_3+0.1828\ SC_4+0.1347\ SC_5$
			80	6.5121	0.7339	9	1.8495	0.9967	0.9910	0.2332	$-0.2451\ SC_1-0.0112\ SC_2+0.1018\ SC_3+0.1913\ SC_4+0.1439\ SC_5$
ไม่เป็นเส้นตรง [0,1,2.20, 6.10,5.20]	3	-0.2	30	1.8276	0.6089	3	0.3418	0.9982	0.9939	0.5709	$-0.3960\ SC_1-0.0141\ SC_2+0.5298\ SC_3$
			60	1.8276	0.6089	3	0.6608	0.9982	0.9939	0.5354	$-0.3960\ SC_1-0.0141\ SC_2+0.5298\ SC_3$
			80	1.8276	0.6089	3	0.8735	0.9982	0.9939	0.5267	$-0.3960\ SC_1-0.0141\ SC_2+0.5298\ SC_3$
		1	30	1.8276	0.6089	3	0.3463	0.9982	0.9939	0.5678	$-0.3960\ SC_1-0.0141\ SC_2+0.5298\ SC_3$
			60	1.8276	0.6089	3	0.6653	0.9982	0.9939	0.5345	$-0.3960\ SC_1-0.0141\ SC_2+0.5298\ SC_3$
			80	1.8276	0.6089	3	0.8780	0.9982	0.9939	0.5258	$-0.3960\ SC_1-0.0141\ SC_2+0.5298\ SC_3$
		2.5	30	1.8276	0.6089	3	0.3521	0.9982	0.9939	0.5643	$-0.3960\ SC_1-0.0141\ SC_2+0.5298\ SC_3$
			60	1.8276	0.6089	3	0.6710	0.9982	0.9939	0.5336	$-0.3960\ SC_1-0.0141\ SC_2+0.5298\ SC_3$
			80	1.8276	0.6089	3	0.8837	0.9982	0.9939	0.5259	$-0.3960\ SC_1-0.0141\ SC_2+0.5298\ SC_3$

ตารางที่ 4.1 ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ และสมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	χ^2	P	df	RMR	GFI	AGFI	LSR	สมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ
ไม่เป็นเส้นตรง [0,1,2.20, 6.10,5.20]	4	-0.2	30	1.3775	0.9268	5	0.2638	0.9989	0.9967	0.4529	$-0.2855\ SC_1+0.0176\ SC_2+0.2426\ SC_3+0.2061\ SC_4$
			60	1.5053	0.9125	5	0.5110	0.9988	0.9964	0.4304	$-0.2862\ SC_1+0.0179\ SC_2+0.2453\ SC_3+0.2057\ SC_4$
			80	3.4973	0.7443	6	0.6939	0.9972	0.9930	0.4238	$-0.1842\ SC_1+0.0248\ SC_2+0.0363\ SC_3+0.2481\ SC_4$
		1	30	0.7991	0.9771	5	0.2642	0.9994	0.9981	0.4166	$-0.2499\ SC_1+0.0178\ SC_2+0.1843\ SC_3+0.2165\ SC_4$
			60	0.7991	0.9771	5	0.5112	0.9994	0.9981	0.4087	$-0.2499\ SC_1+0.0178\ SC_2+0.1843\ SC_3+0.2164\ SC_4$
			80	0.8407	0.9744	5	0.7313	0.9993	0.9980	0.4406	$-0.2459\ SC_1+0.0200\ SC_2+0.1781\ SC_3+0.2175\ SC_4$
		2.5	30	3.1841	0.7854	6	0.3015	0.9975	0.9937	0.4841	$-0.1814\ SC_1+0.0414\ SC_2+0.0381\ SC_3+0.2496\ SC_4$
			60	1.2513	0.9399	5	0.6039	0.9990	0.9970	0.5561	$-0.2658\ SC_1+0.0189\ SC_2+0.2144\ SC_3+0.2113\ SC_4$
			80	1.0507	0.9584	5	0.6889	0.9992	0.9975	0.4166	$-0.2252\ SC_1+0.0225\ SC_2+0.1999\ SC_3+0.1816\ SC_4$
	5	-0.2	30	8.5614	0.5742	10	0.9620	0.9943	0.9880	1.5953	$-0.2141\ SC_1-0.2037\ SC_2-0.1083\ SC_3+0.3843\ SC_4+0.2660\ SC_5$
			60	8.3626	0.6805	11	1.7046	0.9944	0.9894	1.6528	$-0.1664\ SC_1-0.1861\ SC_2-0.0480\ SC_3+0.3743\ SC_4+0.2381\ SC_5$
			80	8.3626	0.6805	11	1.9336	0.9944	0.9894	1.6516	$-0.1664\ SC_1-0.1861\ SC_2-0.0480\ SC_3+0.3743\ SC_4+0.2381\ SC_5$
		1	30	8.3626	0.6805	11	1.1510	0.9944	0.9894	1.6574	$-0.1664\ SC_1-0.1861\ SC_2-0.0480\ SC_3+0.3743\ SC_4+0.2381\ SC_5$
			60	7.9086	0.6378	10	1.3797	0.9947	0.9888	1.3261	$-0.1932\ SC_1-0.1989\ SC_2-0.0864\ SC_3+0.3563\ SC_4+0.2296\ SC_5$
			80	7.9039	0.6382	10	1.8239	0.9947	0.9888	1.3188	$-0.1932\ SC_1-0.1989\ SC_2-0.0864\ SC_3+0.3563\ SC_4+0.2296\ SC_5$
		2.5	30	9.7064	0.5570	11	1.4087	0.9936	0.9873	1.6050	$-0.1879\ SC_1-0.2182\ SC_2-0.0682\ SC_3+0.3700\ SC_4+0.2623\ SC_5$
			60	8.3113	0.5031	9	1.4199	0.9945	0.9878	0.2149	$-0.2396\ SC_1-0.1960\ SC_2-0.0628\ SC_3+0.3598\ SC_4+0.2605\ SC_5$
			80	8.3626	0.6805	11	1.0224	0.9944	0.9894	1.6516	$-0.1664\ SC_1-0.1861\ SC_2-0.0480\ SC_3+0.3743\ SC_4+0.2381\ SC_5$

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานและลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์

ในตอนนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก ได้แก่ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี คือวิธีการวัด DS, RG, BRG และ GR และส่วนที่ 2 ได้แก่ผลการตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี คือวิธีการวัด DS, RG และ BRG เมื่อเทียบกับการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์ คือวิธีการวัด GR ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี

ในการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีนั้น ผู้วิจัยขอนำเสนอโดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ชุดข้อมูลตามรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง และลักษณะของค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน มีรายละเอียดดังนี้

(1) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์ คือ GR มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.516 ถึง 10.378 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าระหว่าง 0.406 ถึง 0.461 ค่าต่ำสุดอยู่ระหว่าง 1.123 ถึง 9.123 ค่าสูงสุดอยู่ระหว่าง 3.742 ถึง 18.991 ส่วนคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดวิธีอื่นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -3.219 ถึง 69.570 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าระหว่าง 1.409 ถึง 20.153 ค่าต่ำสุดอยู่ระหว่าง -31.685 ถึง 61.815 ค่าสูงสุดอยู่ระหว่าง -20.940 ถึง 90.939

เมื่อพิจารณารูปแบบโค้งการแจกแจง พบว่า คะแนนพัฒนาการจากทุกวิธีมีลักษณะการแจกแจงที่แตกต่างกันทั้งด้านความเบ้และด้านความโด่ง (Sk มีค่าระหว่าง -0.104 ถึง 0.303, Ku มีค่าระหว่าง -0.221 ถึง -0.044) แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของความเบ้และความโด่งซึ่งมีค่าเป็น 0.109 และ 0.218 ตามลำดับในทุกวิธี และทุกสถานการณ์ ซึ่งทั้งสองค่ามีค่าไม่เกิน 2.00 หรือไม่น้อยกว่า -2.00 จึงถือได้ว่ามีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ (SPSS Base 8.0, 1998 อ้างถึงใน อวยพร เรืองตระกูล, 2544)

(2) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์ คือ GR มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -0.235 ถึง 18.995 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าระหว่าง 0.133 ถึง 5.381 ค่าต่ำสุดอยู่ระหว่าง -16.118 ถึง 18.298 ค่าสูงสุดอยู่ระหว่าง 5.879 ถึง 19.935 ส่วนคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดวิธีอื่นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -0.569 ถึง 11.144 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าระหว่าง 0.841 ถึง 5.797 ค่าต่ำสุดอยู่ระหว่าง -17.270 ถึง 8.834 ค่าสูงสุดอยู่ระหว่าง 3.191 ถึง 31.786

เมื่อพิจารณารูปแบบโค้งการแจกแจง พบว่า คะแนนพัฒนาการจากทุกวิธีมีลักษณะการแจกแจงที่แตกต่างกันทั้งด้านความเบ้และด้านความโด่ง (Sk มีค่าระหว่าง -0.107 ถึง 0.227, Ku มีค่าระหว่าง -0.288 ถึง 0.194) แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของความเบ้และความโด่งซึ่งมีค่าเป็น 0.109 และ 0.218 ตามลำดับในทุกวิธี และทุกสถานการณ์ ซึ่งทั้งสองค่ามีค่าไม่เกิน 2.00 หรือไม่น้อยกว่า -2.00 จึงถือได้ว่ามีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

(3) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์ คือ GR มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.547 ถึง 22.440 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าระหว่าง 0.632 ถึง 1.101 ค่าต่ำสุดอยู่ระหว่าง 2.569 ถึง 19.480 ค่าสูงสุดอยู่ระหว่าง 6.208 ถึง 25.460 ส่วนคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดวิธีอื่นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -0.235 ถึง 28.919 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าระหว่าง 1.138 ถึง 14.350 ค่าต่ำสุดอยู่ระหว่าง -30.266 ถึง -0.286 ค่าสูงสุดอยู่ระหว่าง 3.378 ถึง77.948

เมื่อพิจารณารูปแบบโค้งการแจกแจง พบว่า คะแนนพัฒนาการจากทุกวิธีมีลักษณะการแจกแจงที่แตกต่างกันทั้งด้านความเบ้และด้านความโด่ง (Sk มีค่าระหว่าง -0.092 ถึง 0.462, Ku มีค่าระหว่าง -0.298 ถึง 0.542) แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของความเบ้และความโด่งซึ่งมีค่าเป็น 0.109 และ 0.218 ตามลำดับในทุกวิธี และทุกสถานการณ์ ซึ่งทั้งสองค่ามีค่าไม่เกิน 2.00 หรือไม่น้อยกว่า -2.00 จึงถือได้ว่ามีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

(4) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์ คือ GR มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.572 ถึง 19.808 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าระหว่าง 0.601 ถึง 9.763 ค่าต่ำสุดอยู่ระหว่าง -0.768 ถึง 15.435 ค่าสูงสุดอยู่ระหว่าง 5.301 ถึง 23.576 ส่วนคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดวิธีอื่นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -0.263 ถึง 33.256 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าระหว่าง 1.217 ถึง 17.250 ค่าต่ำสุดอยู่ระหว่าง -34.824 ถึง -0.303 ค่าสูงสุดอยู่ระหว่าง 3.711 ถึง89.070

เมื่อพิจารณารูปแบบโค้งการแจกแจง พบว่า คะแนนพัฒนาการจากทุกวิธีมีลักษณะการแจกแจงที่แตกต่างกันทั้งด้านความเบ้และด้านความโด่ง (Sk มีค่าระหว่าง -0.078 ถึง 0.481, Ku มีค่าระหว่าง -0.272 ถึง 0.649) แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของความเบ้และความโด่งซึ่งมีค่าเป็น 0.109 และ 0.218 ตามลำดับในทุกวิธี และทุกสถานการณ์ ซึ่งทั้งสองค่ามีค่าไม่เกิน 2.00 หรือไม่น้อยกว่า -2.00 จึงถือได้ว่ามีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

รายละเอียดของค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีในแต่ละสถานการณ์มีดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
เส้นตรง	3	-0.2	30	DS	500	-4.237	4.284	-0.316	1.409	0.048	-0.172
[0,1,2,3,4]				RG	500	-6.033	5.971	-0.460	2.014	0.025	-0.192
				BRG	500	-5.856	6.155	-0.439	2.006	0.079	-0.171
				GR	500	1.528	3.983	2.711	0.406	0.046	-0.148
			60	DS	500	-4.237	4.284	-0.316	1.409	0.048	-0.172
				RG	500	-10.531	10.262	-0.817	3.528	0.007	-0.201
				BRG	500	-10.005	10.817	-0.752	3.504	0.102	-0.162
				GR	500	4.336	6.791	5.519	0.406	0.046	-0.148
			80	DS	500	-4.237	4.284	-0.316	1.409	0.048	-0.172
				RG	500	-20.940	19.701	-1.689	7.094	-0.039	-0.199
				BRG	500	-18.956	21.853	-1.430	6.998	0.153	-0.114
				GR	500	6.208	8.663	7.391	0.406	0.046	-0.148
		1	30	DS	500	-1.837	6.684	2.084	1.409	0.048	-0.172
				RG	500	-2.616	9.316	2.967	2.000	0.028	-0.192
				BRG	500	-2.582	9.771	3.033	2.062	0.083	-0.172
				GR	500	3.113	5.653	4.329	0.418	0.045	-0.149
			60	DS	500	-1.837	6.684	2.084	1.409	0.048	-0.172
				RG	500	-4.567	16.011	5.183	3.488	0.016	-0.201
				BRG	500	-4.465	17.405	5.386	3.681	0.113	-0.161
				GR	500	6.730	9.273	7.948	0.418	0.045	-0.148
			80	DS	500	-1.837	6.684	2.084	1.409	0.048	-0.172
				RG	500	-9.080	31.677	10.332	6.941	0.001	-0.203
				BRG	500	-8.686	37.639	11.178	7.757	0.201	-0.094
				GR	500	1.894	4.423	3.065	0.411	0.050	-0.146
		2.5	30	DS	500	1.163	9.684	5.084	1.409	0.048	-0.172
				RG	500	1.655	13.498	7.252	1.985	0.031	-0.191
				BRG	500	1.669	14.475	7.546	2.139	0.087	-0.171
				GR	500	3.128	5.583	4.311	0.406	0.046	-0.148
			60	DS	500	1.163	9.684	5.084	1.409	0.048	-0.172
				RG	500	2.890	23.198	12.682	3.450	0.027	-0.196
				BRG	500	2.932	26.242	13.613	3.940	0.127	-0.155
				GR	500	5.936	8.391	7.119	0.406	0.046	-0.148
			80	DS	500	1.163	9.684	5.084	1.409	0.048	-0.172
				RG	500	5.745	47.221	25.358	6.864	0.047	-0.184
				BRG	500	5.915	61.815	29.396	9.070	0.264	-0.044
				GR	500	7.808	10.263	8.991	0.406	0.046	-0.148

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตาม สถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
เส้นตรง [0,1,2,3,4]	4	-0.2	30	DS	500	-6.087	3.814	-0.513	1.725	-0.071	-0.114
				RG	500	-8.794	5.283	-0.734	2.463	-0.077	-0.110
				BRG	500	-8.424	5.426	-0.702	2.444	-0.009	-0.149
				GR	500	1.123	3.742	2.516	0.461	-0.102	-0.205
			60	DS	500	-6.087	3.814	-0.513	1.725	-0.071	-0.114
				RG	500	-15.523	9.039	-1.288	4.313	-0.082	-0.101
				BRG	500	-14.405	9.467	-1.189	4.258	0.038	-0.163
				GR	500	2.680	5.186	4.027	0.445	-0.094	-0.207
			80	DS	500	-6.087	3.814	-0.513	1.725	-0.071	-0.114
				RG	500	-31.685	17.344	-2.590	8.654	-0.094	-0.061
				BRG	500	-27.352	18.991	-2.196	8.459	0.145	-0.154
				GR	500	5.536	8.156	6.930	0.461	-0.102	-0.205
		1	30	DS	500	-2.487	7.414	3.087	1.725	-0.071	-0.114
				RG	500	-3.593	10.270	4.411	2.462	-0.079	-0.119
				BRG	500	-3.529	10.826	4.543	2.573	-0.010	-0.158
				GR	500	1.837	4.447	3.236	0.459	-0.100	-0.205
			60	DS	500	-2.487	7.414	3.087	1.725	-0.071	-0.114
				RG	500	-6.342	17.689	7.724	4.312	-0.080	-0.113
				BRG	500	-6.147	19.405	8.138	4.666	0.044	-0.171
				GR	500	4.723	7.342	6.116	0.461	-0.102	-0.205
			80	DS	500	-2.487	7.414	3.087	1.725	-0.071	-0.114
				RG	500	-12.944	37.290	15.488	8.678	-0.062	-0.073
				BRG	500	-12.157	45.836	17.269	10.253	0.203	-0.104
				GR	500	6.488	9.107	7.881	0.461	-0.102	-0.205
		2.5	30	DS	500	2.013	11.914	7.587	1.725	-0.071	-0.114
				RG	500	2.909	16.503	10.843	2.465	-0.082	-0.125
				BRG	500	2.952	17.988	11.500	2.754	-0.009	-0.164
				GR	500	3.274	5.785	4.592	0.440	-0.101	-0.215
			60	DS	500	2.013	11.914	7.587	1.725	-0.071	-0.114
				RG	500	5.135	29.516	18.988	4.335	-0.075	-0.117
				BRG	500	5.270	34.626	21.106	5.294	0.058	-0.165
				GR	500	5.912	8.531	7.305	0.461	-0.102	-0.205
			80	DS	500	2.013	11.914	7.587	1.725	-0.071	-0.114
				RG	500	10.482	62.223	38.086	8.898	-0.016	-0.058
				BRG	500	11.061	90.323	47.795	13.725	0.303	0.046
				GR	500	9.163	11.552	10.378	0.417	-0.104	-0.221

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
เส้นตรง [0,1,2,3,4]	5	-0.2	30	DS	500	-6.115	6.412	-0.645	2.071	0.078	-0.074
				RG	500	-8.632	9.253	-0.920	2.955	0.083	-0.075
				BRG	500	-8.275	9.701	-0.873	2.934	0.169	0.027
				GR	500	1.668	4.124	2.717	0.416	0.044	-0.052
			60	DS	500	-6.115	6.412	-0.645	2.071	0.078	-0.074
				RG	500	-14.972	16.316	-1.610	5.170	0.086	-0.072
				BRG	500	-13.929	17.765	-1.466	5.112	0.239	0.133
				GR	500	3.629	6.053	4.670	0.410	0.044	-0.048
			80	DS	500	-6.115	6.412	-0.645	2.071	0.078	-0.074
				RG	500	-29.339	33.222	-3.219	10.355	0.093	-0.052
				BRG	500	-25.586	39.840	-2.651	10.185	0.416	0.508
				GR	500	6.233	8.676	7.276	0.415	0.046	-0.050
		1	30	DS	500	-1.315	11.212	4.155	2.071	0.078	-0.074
				RG	500	-1.856	16.179	5.933	2.958	0.083	-0.062
				BRG	500	-1.839	17.603	6.162	3.149	0.172	0.045
				GR	500	2.385	4.824	3.432	0.413	0.041	-0.049
			60	DS	500	-1.315	11.212	4.155	2.071	0.078	-0.074
				RG	500	-3.220	28.529	10.383	5.184	0.091	-0.047
				BRG	500	-3.169	33.276	11.110	5.799	0.256	0.180
				GR	500	5.037	7.476	6.084	0.413	0.040	-0.049
			80	DS	500	-1.315	11.212	4.155	2.071	0.078	-0.074
				RG	500	-6.309	58.091	20.795	10.446	0.126	0.013
				BRG	500	-6.117	81.871	23.979	13.298	0.515	0.770
				GR	500	6.803	9.243	7.850	0.413	0.040	-0.049
		2.5	30	DS	500	4.685	17.212	10.155	2.071	0.078	-0.074
				RG	500	6.613	24.837	14.500	2.968	0.082	-0.044
				BRG	500	6.839	28.359	15.689	3.459	0.177	0.068
				GR	500	3.570	6.009	4.617	0.413	0.041	-0.049
			60	DS	500	4.685	17.212	10.155	2.071	0.078	-0.074
				RG	500	11.471	43.796	25.375	5.234	0.095	-0.013
				BRG	500	12.168	56.075	29.269	6.910	0.280	0.246
				GR	500	6.222	8.661	7.269	0.413	0.040	-0.049
			80	DS	500	4.685	17.212	10.155	2.071	0.078	-0.074
				RG	500	22.477	89.178	50.813	10.823	0.162	0.109
				BRG	500	25.323	90.939	69.570	20.153	0.687	0.298
				GR	500	7.988	10.427	9.035	0.413	0.040	-0.049

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
เส้นตรง [0,0.2,0.4, 0.6,0.8]	3	-0.2	30	DS	500	-2.753	3.191	-0.019	1.071	0.040	-0.267
				RG	500	-4.104	4.448	-0.038	1.529	-0.001	-0.280
				BRG	500	-4.021	4.549	-0.027	1.529	0.039	-0.270
				GR	500	1.680	6.772	4.001	0.847	0.048	-0.176
			60	DS	500	-2.753	3.191	-0.019	1.071	0.040	-0.267
				RG	500	-7.424	7.645	-0.082	2.678	-0.032	-0.281
				BRG	500	-7.159	7.949	-0.046	2.677	0.037	-0.267
				GR	500	0.768	5.879	3.041	0.870	0.047	-0.175
			80	DS	500	-2.753	3.191	-0.019	1.071	0.040	-0.267
				RG	500	-14.916	15.839	-0.109	5.389	0.026	-0.250
				BRG	500	8.834	13.892	11.144	0.841	0.048	-0.176
				GR	500	-16.118	14.676	-0.235	5.381	-0.107	-0.248
		1	30	DS	500	-2.273	3.671	0.461	1.071	0.040	-0.267
				RG	500	-3.388	5.117	0.647	1.524	0.000	-0.282
				BRG	500	-3.332	5.252	0.661	1.535	0.039	-0.271
				GR	500	2.255	7.313	4.566	0.841	0.048	-0.176
			60	DS	500	-2.273	3.671	0.461	1.071	0.040	-0.267
				RG	500	-6.130	8.795	1.118	2.663	-0.029	-0.284
				BRG	500	-5.948	9.199	1.160	2.693	0.039	-0.269
				GR	500	6.440	11.498	8.751	0.841	0.048	-0.176
			80	DS	500	-2.273	3.671	0.461	1.071	0.040	-0.267
				RG	500	-13.308	16.884	2.169	5.319	-0.097	-0.258
				BRG	500	-12.477	18.441	2.339	5.436	0.043	-0.245
				GR	500	9.040	14.120	11.359	0.845	0.048	-0.176
		2.5	30	DS	500	-1.673	4.271	1.061	1.071	0.040	-0.267
				RG	500	-2.494	5.954	1.504	1.518	0.001	-0.284
				BRG	500	-2.463	6.136	1.527	1.541	0.040	-0.273
				GR	500	2.751	7.809	5.062	0.841	0.048	-0.176
			60	DS	500	-1.673	4.271	1.061	1.071	0.040	-0.267
				RG	500	-4.512	10.232	2.618	2.644	-0.026	-0.288
				BRG	500	-4.412	10.784	2.689	2.715	0.042	-0.272
				GR	500	6.764	11.846	9.083	0.845	0.048	-0.176
			80	DS	500	-1.673	4.271	1.061	1.071	0.040	-0.267
				RG	500	-9.795	19.643	5.175	5.246	-0.084	-0.269
				BRG	500	-9.337	21.783	5.461	5.530	0.056	-0.249
				GR	500	9.734	14.792	12.045	0.841	0.048	-0.176

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
เส้นตรง [0,0.2,0.4, 0.6,0.8]	4	-0.2	30	DS	500	-3.093	3.236	-0.079	1.036	0.098	0.008
				RG	500	-4.555	4.483	-0.120	1.478	0.065	-0.011
				BRG	500	-4.453	4.585	-0.109	1.478	0.109	-0.006
				GR	500	2.507	4.251	3.399	0.311	-0.030	-0.235
			60	DS	500	-3.093	3.236	-0.079	1.036	0.098	0.008
				RG	500	-8.159	7.670	-0.219	2.588	0.041	-0.015
				BRG	500	-7.839	7.976	-0.185	2.586	0.117	-0.012
				GR	500	3.533	4.939	4.248	0.258	-0.018	-0.211
			80	DS	500	-3.093	3.236	-0.079	1.036	0.098	0.008
				RG	500	-17.270	14.582	-0.482	5.194	-0.013	0.009
				BRG	500	-15.897	15.729	-0.347	5.181	0.141	-0.006
				GR	500	4.956	6.362	5.671	0.258	-0.018	-0.211
		1	30	DS	500	-2.373	3.956	0.641	1.036	0.098	0.008
				RG	500	-3.495	5.480	0.909	1.474	0.064	-0.015
				BRG	500	-3.435	5.634	0.924	1.488	0.107	-0.010
				GR	500	1.575	3.010	2.325	0.260	-0.027	-0.202
			60	DS	500	-2.373	3.956	0.641	1.036	0.098	0.008
				RG	500	-6.260	9.376	1.583	2.574	0.041	-0.019
				BRG	500	-6.070	9.838	1.630	2.618	0.117	-0.017
				GR	500	3.716	5.122	4.431	0.258	-0.018	-0.211
			80	DS	500	-2.373	3.956	0.641	1.036	0.098	0.008
				RG	500	-13.250	17.826	3.133	5.137	-0.005	0.006
				BRG	500	-12.427	19.570	3.321	5.315	0.151	-0.003
				GR	500	5.138	6.544	5.853	0.258	-0.018	-0.211
		2.5	30	DS	500	-1.473	4.856	1.541	1.036	0.098	0.008
				RG	500	-2.169	6.727	2.196	1.468	0.062	-0.019
				BRG	500	-2.146	6.961	2.231	1.502	0.106	-0.015
				GR	500	1.627	3.518	2.539	0.332	0.112	0.048
			60	DS	500	-1.473	4.856	1.541	1.036	0.098	0.008
				RG	500	-3.886	11.509	3.836	2.557	0.040	-0.024
				BRG	500	-3.812	12.212	3.946	2.661	0.117	-0.021
				GR	500	3.917	5.483	4.694	0.283	0.005	-0.210
			80	DS	500	-1.473	4.856	1.541	1.036	0.098	0.008
				RG	500	-8.225	21.881	7.653	5.078	0.007	0.009
				BRG	500	-7.900	24.569	8.102	5.507	0.165	0.010
				GR	500	6.209	7.642	6.932	0.260	-0.023	-0.228

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
เส้นตรง [0,0.2,0.4, 0.6,0.8]	5	-0.2	30	DS	500	-2.744	3.431	-0.098	1.060	0.089	-0.162
				RG	500	-3.896	4.875	-0.147	1.514	0.071	-0.164
				BRG	500	-3.821	4.997	-0.135	1.513	0.112	-0.130
				GR	500	5.367	6.825	5.996	0.249	0.006	0.020
			60	DS	500	-2.744	3.431	-0.098	1.060	0.089	-0.162
				RG	500	-6.880	8.496	-0.265	2.652	0.057	-0.162
				BRG	500	-6.651	8.873	-0.229	2.648	0.130	-0.101
				GR	500	13.175	14.807	13.870	0.277	0.016	-0.019
			80	DS	500	-2.744	3.431	-0.098	1.060	0.089	-0.162
				RG	500	-14.058	16.831	-0.569	5.320	0.022	-0.147
				BRG	500	-13.135	18.378	-0.427	5.307	0.173	-0.012
				GR	500	16.068	18.159	17.018	0.357	0.071	0.194
		1	30	DS	500	-1.784	4.391	0.862	1.060	0.089	-0.162
				RG	500	-2.519	6.239	1.224	1.509	0.073	-0.158
				BRG	500	-2.487	6.440	1.243	1.529	0.115	-0.123
				GR	500	5.544	7.002	6.174	0.249	0.006	0.020
			60	DS	500	-1.784	4.391	0.862	1.060	0.089	-0.162
				RG	500	-4.429	10.873	2.134	2.635	0.062	-0.152
				BRG	500	-4.333	11.498	2.193	2.696	0.137	-0.088
				GR	500	5.290	6.080	5.643	0.133	0.035	0.173
			80	DS	500	-1.784	4.391	0.862	1.060	0.089	-0.162
				RG	500	-9.050	21.540	4.234	5.255	0.042	-0.129
				BRG	500	-8.658	24.140	4.473	5.506	0.197	0.024
				GR	500	18.067	19.705	18.764	0.278	0.016	-0.021
		2.5	30	DS	500	-0.584	5.591	2.062	1.060	0.089	-0.162
				RG	500	-0.825	7.944	2.938	1.502	0.075	-0.150
				BRG	500	-0.822	8.272	2.993	1.549	0.118	-0.115
				GR	500	6.535	8.148	7.222	0.274	0.017	-0.011
			60	DS	500	-0.584	5.591	2.062	1.060	0.089	-0.162
				RG	500	-1.431	13.844	5.132	2.616	0.069	-0.138
				BRG	500	-1.421	14.874	5.304	2.760	0.144	-0.070
				GR	500	14.607	16.552	15.451	0.334	0.042	0.106
			80	DS	500	-0.584	5.591	2.062	1.060	0.089	-0.162
				RG	500	-2.804	27.427	10.238	5.194	0.067	-0.099
				BRG	500	-2.765	31.786	10.948	5.797	0.227	0.075
				GR	500	18.298	19.935	18.995	0.278	0.016	-0.021

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
ไม่เป็นเส้นตรง [0,0.15, 0.60,1.80, 1.50]	3	-0.2	30	DS	500	-2.898	3.378	-0.020	1.138	0.040	-0.276
				RG	500	-4.266	4.708	-0.039	1.625	0.003	-0.289
				BRG	500	-4.177	4.822	-0.026	1.625	0.045	-0.278
				GR	500	4.471	10.108	7.261	1.036	0.033	-0.261
			60	DS	500	-2.898	3.378	-0.020	1.138	0.040	-0.276
				RG	500	-7.718	8.092	-0.083	2.846	-0.025	-0.291
				BRG	500	-7.431	8.433	-0.043	2.845	0.048	-0.274
				GR	500	8.359	13.815	11.024	1.010	0.034	-0.298
			80	DS	500	-2.898	3.378	-0.020	1.138	0.040	-0.276
				RG	500	-16.756	15.534	-0.235	5.718	-0.092	-0.264
				BRG	500	-15.461	16.843	-0.073	5.706	0.056	-0.245
				GR	500	17.856	23.828	20.812	1.098	0.033	-0.260
		1	30	DS	500	-2.178	4.098	0.700	1.138	0.040	-0.276
				RG	500	-3.193	5.712	0.989	1.618	0.004	-0.290
				BRG	500	-3.143	5.880	1.007	1.635	0.046	-0.279
				GR	500	5.518	11.502	8.481	1.101	0.033	-0.262
			60	DS	500	-2.178	4.098	0.700	1.138	0.040	-0.276
				RG	500	-5.777	9.817	1.717	2.825	-0.021	-0.293
				BRG	500	-5.614	10.323	1.773	2.876	0.052	-0.276
				GR	500	13.322	19.303	16.283	1.100	0.033	-0.261
			80	DS	500	-2.178	4.098	0.700	1.138	0.040	-0.276
				RG	500	-12.541	18.846	3.371	5.633	-0.077	-0.274
				BRG	500	-11.801	20.806	3.595	5.832	0.071	-0.247
				GR	500	18.524	24.504	21.484	1.100	0.033	-0.261
		2.5	30	DS	500	-1.278	4.998	1.600	1.138	0.040	-0.276
				RG	500	-1.851	6.966	2.275	1.610	0.006	-0.292
				BRG	500	-1.834	7.218	2.314	1.648	0.047	-0.280
				GR	500	6.544	12.516	9.500	1.098	0.033	-0.260
			60	DS	500	-1.278	4.998	1.600	1.138	0.040	-0.276
				RG	500	-3.349	11.973	3.967	2.800	-0.017	-0.296
				BRG	500	-3.294	12.735	4.088	2.916	0.056	-0.277
				GR	500	14.362	20.334	17.318	1.098	0.033	-0.260
			80	DS	500	-1.279	4.998	1.600	1.138	0.040	-0.276
				RG	500	-7.271	22.984	7.879	5.538	-0.059	-0.282
				BRG	500	-7.016	25.969	8.375	6.009	0.090	-0.245
				GR	500	19.480	25.460	22.440	1.100	0.033	-0.261

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
ไม่เป็นเส้นตรง [0,0.15, 0.60,1.80, 1.50]	4	-0.2	30	DS	500	-5.466	5.983	0.045	2.156	0.064	-0.088
				RG	500	-7.983	8.288	0.061	3.077	0.059	-0.089
				BRG	500	-7.676	8.646	0.108	3.084	0.147	-0.074
				GR	500	2.569	6.208	4.547	0.656	-0.023	-0.166
			60	DS	500	-5.466	5.983	0.045	2.156	0.064	-0.088
				RG	500	-14.300	14.180	0.103	5.385	0.056	-0.081
				BRG	500	-13.346	15.263	0.248	5.414	0.210	-0.042
				GR	500	8.566	12.109	10.487	0.637	-0.042	-0.152
			80	DS	500	-5.466	5.983	0.045	2.156	0.064	-0.088
				RG	500	-30.266	28.564	0.187	10.797	0.051	-0.036
				BRG	500	-26.288	33.324	0.777	10.973	0.369	0.121
				GR	500	10.115	13.753	12.092	0.656	-0.023	-0.166
		1	30	DS	500	-3.306	8.143	2.205	2.156	0.064	-0.088
				RG	500	-4.802	11.280	3.148	3.074	0.057	-0.087
				BRG	500	-4.690	11.954	3.248	3.179	0.146	-0.071
				GR	500	3.849	7.412	5.781	0.641	-0.039	-0.156
			60	DS	500	-3.306	8.143	2.205	2.156	0.064	-0.088
				RG	500	-8.602	19.300	5.509	5.378	0.055	-0.076
				BRG	500	-8.248	21.361	5.823	5.713	0.214	-0.030
				GR	500	7.761	11.399	9.738	0.656	-0.023	-0.166
			80	DS	500	-3.306	8.143	2.205	2.156	0.064	-0.088
				RG	500	-18.207	40.797	11.034	10.780	0.063	-0.015
				BRG	500	-16.688	51.252	12.375	12.279	0.406	0.210
				GR	500	10.779	14.417	12.756	0.656	-0.023	-0.166
		2.5	30	DS	500	-0.606	10.843	4.905	2.156	0.064	-0.088
				RG	500	-0.876	15.020	7.007	3.072	0.054	-0.083
				BRG	500	-0.872	16.239	7.314	3.305	0.145	-0.067
				GR	500	4.651	8.167	6.558	0.632	-0.039	-0.149
			60	DS	500	-0.606	10.843	4.905	2.156	0.064	-0.088
				RG	500	-1.546	26.299	12.268	5.376	0.054	-0.065
				BRG	500	-1.534	30.281	13.245	6.131	0.220	-0.011
				GR	500	10.927	14.483	12.851	0.649	-0.055	-0.133
			80	DS	500	-0.606	10.843	4.905	2.156	0.064	-0.088
				RG	500	-3.155	56.088	24.592	10.815	0.079	0.022
				BRG	500	-3.106	77.948	28.919	14.350	0.462	0.362
				GR	500	11.609	15.247	13.586	0.656	-0.023	-0.166

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
ไม่เป็นเส้นตรง [0,0.15, 0.60,1.80, 1.50]	5	-0.2	30	DS	500	-4.336	6.178	-0.019	1.694	0.052	-0.015
				RG	500	-6.121	8.778	-0.032	2.420	0.047	-0.017
				BRG	500	-5.939	9.181	-0.003	2.422	0.119	0.052
				GR	500	3.017	7.095	5.068	0.655	0.046	0.016
			60	DS	500	-4.336	6.178	-0.019	1.694	0.052	-0.015
				RG	500	-10.730	15.298	-0.062	4.237	0.043	-0.014
				BRG	500	-10.183	16.565	0.028	4.246	0.172	0.120
				GR	500	8.092	12.170	10.143	0.655	0.046	0.016
			80	DS	500	-4.336	6.178	-0.019	1.694	0.052	-0.015
				RG	500	-22.664	30.307	-0.150	8.500	0.033	0.008
				BRG	500	-20.357	35.719	0.213	8.563	0.302	0.347
				GR	500	11.431	15.514	13.484	0.656	0.047	0.017
		1	30	DS	500	-2.536	7.978	1.781	1.694	0.052	-0.015
				RG	500	-3.580	11.335	2.538	2.416	0.050	-0.009
				BRG	500	-3.517	12.016	2.601	2.481	0.123	0.062
				GR	500	3.759	8.153	6.024	0.693	0.041	0.045
			60	DS	500	-2.536	7.978	1.781	1.694	0.052	-0.015
				RG	500	-6.210	19.755	4.436	4.225	0.050	0.000
				BRG	500	-6.023	21.920	4.632	4.432	0.183	0.141
				GR	500	8.437	12.522	10.518	0.654	0.043	0.018
			80	DS	500	-2.536	7.978	1.781	1.694	0.052	-0.015
				RG	500	-12.653	39.136	8.856	8.460	0.060	0.037
				BRG	500	-11.901	48.657	9.679	9.363	0.346	0.425
				GR	500	11.706	15.791	13.787	0.654	0.043	0.018
		2.5	30	DS	500	-0.286	10.228	4.031	1.694	0.052	-0.015
				RG	500	-0.404	14.532	5.751	2.412	0.053	0.002
				BRG	500	-0.403	15.670	5.953	2.560	0.128	0.074
				GR	500	4.430	8.515	6.510	0.654	0.043	0.018
			60	DS	500	-0.286	10.228	4.031	1.694	0.052	-0.015
				RG	500	-0.700	25.326	10.058	4.216	0.059	0.019
				BRG	500	-0.698	28.998	10.694	4.690	0.197	0.168
				GR	500	9.333	13.418	11.414	0.654	0.043	0.018
			80	DS	500	-0.286	10.228	4.031	1.694	0.052	-0.015
				RG	500	-1.373	50.173	20.112	8.456	0.093	0.082
				BRG	500	-1.363	66.975	22.857	10.598	0.404	0.542
				GR	500	13.921	18.196	16.117	0.680	0.044	0.042

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
ไม่เป็นเส้นตรง [0,1,2.20, 6.10,5.20]	3	-0.2	30	DS	500	-3.198	3.711	-0.026	1.217	0.042	-0.249
				RG	500	-4.554	5.173	-0.048	1.738	0.008	-0.265
				BRG	500	-4.452	5.310	-0.033	1.738	0.054	-0.251
				GR	500	1.895	5.301	3.572	0.601	0.038	-0.229
			60	DS	500	-3.198	3.711	-0.026	1.217	0.042	-0.249
				RG	500	-8.060	8.891	-0.098	3.044	-0.017	-0.269
				BRG	500	-7.748	9.304	-0.052	3.043	0.062	-0.247
				GR	500	5.486	8.892	7.163	0.601	0.038	-0.229
			80	DS	500	-3.198	3.711	-0.026	1.217	0.042	-0.249
				RG	500	-17.498	17.068	-0.263	6.113	-0.078	-0.250
				BRG	500	-16.090	18.660	-0.077	6.103	0.082	-0.216
				GR	500	7.880	11.286	9.557	0.601	0.038	-0.229
		1	30	DS	500	-2.238	4.671	0.934	1.217	0.042	-0.249
				RG	500	-3.187	6.511	1.323	1.730	0.010	-0.266
				BRG	500	-3.137	6.730	1.347	1.754	0.055	-0.252
				GR	500	2.398	5.804	4.075	0.601	0.038	-0.229
			60	DS	500	-2.238	4.671	0.934	1.217	0.042	-0.249
				RG	500	-5.563	11.190	2.302	3.018	-0.013	-0.271
				BRG	500	-5.412	11.854	2.376	3.091	0.067	-0.248
				GR	500	5.989	9.395	7.666	0.601	0.038	-0.229
			80	DS	500	-2.238	4.671	0.934	1.217	0.042	-0.249
				RG	500	-11.877	21.483	4.545	6.012	-0.060	-0.260
				BRG	500	-11.211	24.068	4.844	6.305	0.102	-0.215
				GR	500	8.383	11.789	10.060	0.601	0.038	-0.229
		2.5	30	DS	500	-1.038	5.871	2.134	1.217	0.042	-0.249
				RG	500	-1.478	8.184	3.037	1.720	0.011	-0.267
				BRG	500	-1.467	8.533	3.099	1.774	0.057	-0.253
				GR	500	3.026	6.432	4.704	0.601	0.038	-0.229
			60	DS	500	-1.038	5.871	2.134	1.217	0.042	-0.249
				RG	500	-2.580	14.065	5.302	2.989	-0.007	-0.272
				BRG	500	-2.548	15.129	5.494	3.156	0.073	-0.248
				GR	500	6.617	10.023	8.295	0.601	0.038	-0.229
			80	DS	500	-1.038	5.871	2.134	1.217	0.042	-0.249
				RG	500	-5.131	27.374	10.556	5.906	-0.037	-0.263
				BRG	500	-5.002	31.715	11.349	6.598	0.127	-0.206
				GR	500	9.011	12.417	10.689	0.601	0.038	-0.229

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
ไม่เป็นเส้นตรง [0,1,2.20, 6.10,5.20]	4	-0.2	30	DS	500	-6.690	6.699	0.101	2.486	0.024	-0.102
				RG	500	-9.666	9.279	0.142	3.549	0.020	-0.104
				BRG	500	-9.220	9.731	0.205	3.559	0.120	-0.103
				GR	500	3.323	7.332	5.435	0.736	-0.071	-0.218
			60	DS	500	-6.690	6.699	0.101	2.486	0.024	-0.102
				RG	500	-17.061	15.877	0.245	6.211	0.017	-0.098
				BRG	500	-15.720	17.246	0.439	6.253	0.193	-0.078
				GR	500	8.853	12.878	10.970	0.738	-0.071	-0.219
			80	DS	500	-6.690	6.699	0.101	2.486	0.024	-0.102
				RG	500	-34.824	31.264	0.479	12.455	0.014	-0.057
				BRG	500	-29.660	37.057	1.269	12.717	0.375	0.078
				GR	500	8.119	11.652	10.020	0.660	-0.039	-0.100
		1	30	DS	500	-4.290	9.099	2.501	2.486	0.024	-0.102
				RG	500	-6.198	12.604	3.572	3.547	0.018	-0.104
				BRG	500	-6.012	13.451	3.703	3.683	0.120	-0.102
				GR	500	3.725	7.529	5.774	0.707	-0.068	-0.192
			60	DS	500	-4.290	9.099	2.501	2.486	0.024	-0.102
				RG	500	-10.940	21.565	6.253	6.208	0.017	-0.095
				BRG	500	-10.373	24.171	6.667	6.644	0.198	-0.071
				GR	500	8.782	12.586	10.831	0.706	-0.068	-0.192
			80	DS	500	-4.290	9.099	2.501	2.486	0.024	-0.102
				RG	500	-22.330	44.635	12.531	12.454	0.026	-0.045
				BRG	500	-20.087	57.458	14.322	14.448	0.417	0.160
				GR	500	12.246	16.045	14.292	0.705	-0.069	-0.189
		2.5	30	DS	500	-1.290	12.099	5.501	2.486	0.024	-0.102
				RG	500	-1.863	16.759	7.860	3.546	0.015	-0.103
				BRG	500	-1.846	18.292	8.252	3.849	0.120	-0.100
				GR	500	3.969	7.607	5.923	0.675	-0.048	-0.094
			60	DS	500	-1.290	12.099	5.501	2.486	0.024	-0.102
				RG	500	-3.289	29.023	13.762	6.211	0.016	-0.090
				BRG	500	-3.236	33.949	15.018	7.197	0.206	-0.056
				GR	500	10.269	14.189	12.358	0.723	-0.071	-0.206
			80	DS	500	-1.290	12.099	5.501	2.486	0.024	-0.102
				RG	500	-6.713	61.625	27.596	12.511	0.041	-0.022
				BRG	500	-6.495	89.070	33.256	17.250	0.481	0.309
				GR	500	13.878	17.424	15.747	0.643	-0.077	-0.211

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการของข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบ	Time	MS	ML	วิธี	N	Min	Max	Mean	S.D.	Sk	Ku
ไม่เป็นเส้นตรง [0,1,2.20, 6.10,5.20]	5	-0.2	30	DS	500	-4.893	6.976	0.032	1.944	0.058	-0.025
				RG	500	-6.907	9.911	0.042	2.777	0.055	-0.027
				BRG	500	-6.676	10.428	0.081	2.782	0.138	0.053
				GR	500	-0.768	7.665	3.742	1.271	0.035	0.080
			60	DS	500	-4.893	6.976	0.032	1.944	0.058	-0.025
				RG	500	-11.981	17.273	0.069	4.861	0.053	-0.025
				BRG	500	-11.304	18.906	0.187	4.882	0.201	0.136
				GR	500	8.352	16.493	12.725	1.249	0.046	0.107
			80	DS	500	-4.893	6.976	0.032	1.944	0.058	-0.025
				RG	500	-24.296	34.219	0.114	9.749	0.047	-0.005
				BRG	500	-21.664	41.282	0.594	9.879	0.358	0.421
				GR	500	12.590	20.731	16.963	1.249	0.046	0.107
		1	30	DS	500	-2.853	9.016	2.072	1.944	0.058	-0.025
				RG	500	-4.027	12.809	2.955	2.773	0.058	-0.020
				BRG	500	-3.948	13.686	3.039	2.862	0.142	0.062
				GR	500	3.260	11.401	7.633	1.249	0.046	0.107
			60	DS	500	-2.853	9.016	2.072	1.944	0.058	-0.025
				RG	500	-6.985	22.324	5.166	4.851	0.060	-0.013
				BRG	500	-6.750	25.129	5.430	5.132	0.212	0.156
				GR	500	3.517	11.155	7.614	1.153	0.039	0.081
			80	DS	500	-2.853	9.016	2.072	1.944	0.058	-0.025
				RG	500	-13.691	44.226	10.320	9.719	0.072	0.022
				BRG	500	-12.814	56.782	11.441	10.965	0.405	0.512
				GR	500	5.666	13.304	9.763	1.153	0.039	0.081
		2.5	30	DS	500	-0.303	11.566	4.622	1.944	0.058	-0.025
				RG	500	-0.427	16.432	6.596	2.770	0.061	-0.011
				BRG	500	-0.426	17.903	6.863	2.967	0.147	0.074
				GR	500	3.198	11.477	7.616	1.257	0.047	0.091
			60	DS	500	-0.303	11.566	4.622	1.944	0.058	-0.025
				RG	500	-0.741	28.638	11.537	4.846	0.068	0.004
				BRG	500	-0.738	33.424	12.384	5.481	0.226	0.184
				GR	500	5.866	13.983	10.161	1.231	0.042	0.066
			80	DS	500	-0.303	11.566	4.622	1.944	0.058	-0.025
				RG	500	-1.452	56.734	23.078	9.734	0.103	0.065
				BRG	500	-1.442	79.202	26.782	12.672	0.469	0.649
				GR	500	15.435	23.576	19.808	1.249	0.046	0.107

* ค่า SE(Sk) = 0.109 และ SE(Ku) = 0.218 ทุกวิธีและทุกสถานการณ์

2.2 ผลการเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี เทียบกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์

ผลวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด DS, RG และ BRG เมื่อเทียบกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์ คือ GR ซึ่งพิจารณาจากค่าความเบ้ (Sk) และค่าความโด่ง (Ku) โดยผู้วิจัยคำนวณร้อยละของสถานการณ์ย่อยที่พบวิธีการวัดที่ให้ลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ใกล้เคียงกับลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์มากที่สุด รายละเอียดมีดังนี้

2.2.1 ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 100

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 44.44 ทั้งสองวิธีรองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 11.11

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 72.73 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 27.27

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 72.41 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด RG และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 24.14 และ 3.45 ตามลำดับ

2.2.2 ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 66.67 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 33.33

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีลักษณะการแจกแจง

ใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 100

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 88.89 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 11.11

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 62.96 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด DS และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 25.93 และ 11.11 ตามลำดับ

2.2.3 ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นไม่เป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 100

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 63.64 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 36.36

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 80 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 40

2.2.4 ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นไม่เป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะ

การแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 80 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20

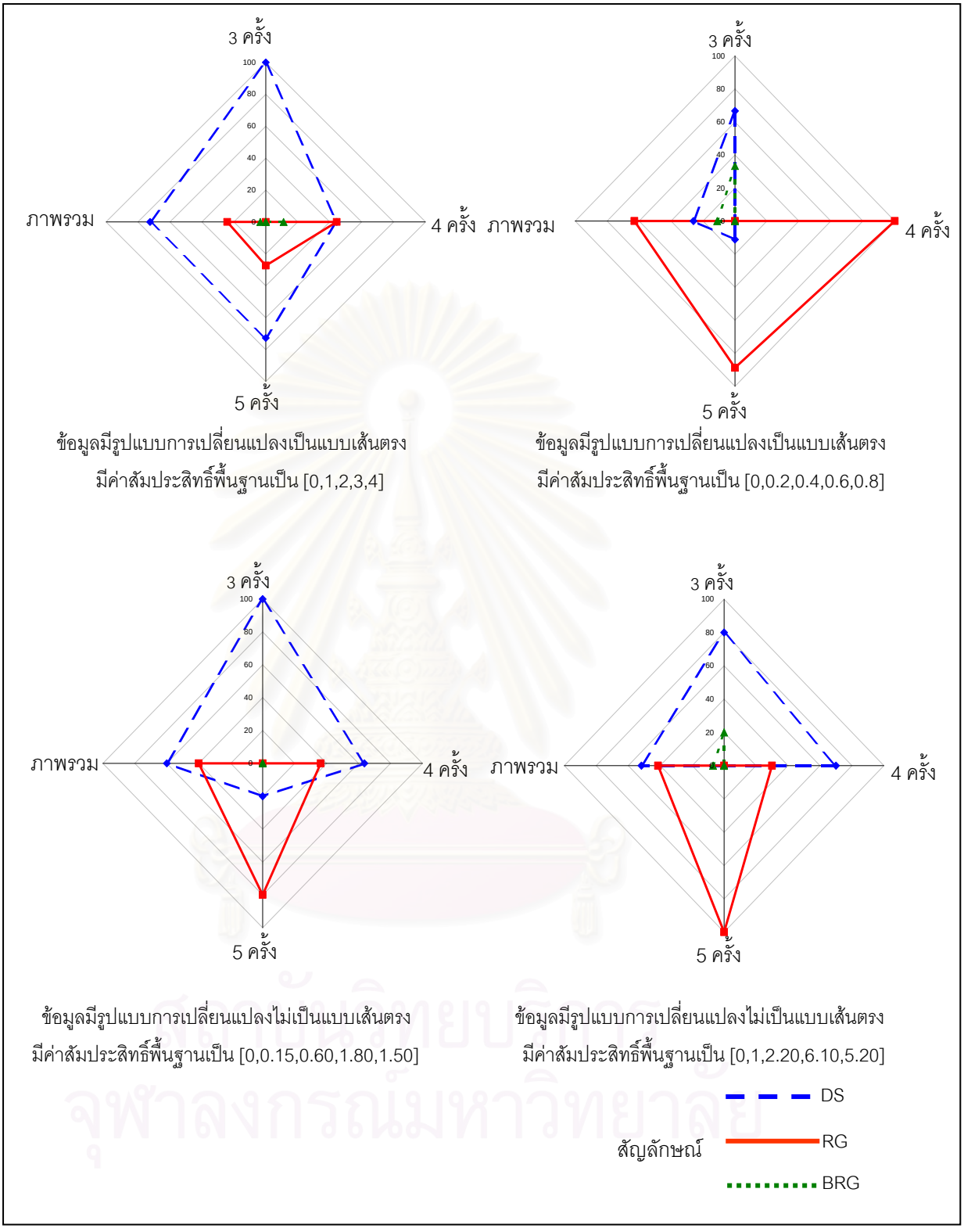
สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 70 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จากสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 9 สถานการณ์ พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 100

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 51.72 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด RG และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 41.38 และ 6.90 ตามลำดับ

รายละเอียดของผลการเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี เมื่อเทียบกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์ดังแผนภาพที่ 4.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพที่ 4.1 แผนภูมิใยแมงมุมแสดงร้อยละของสถานการณ์ที่พบวิธีการวัดที่ให้ลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการใกล้เคียงกับลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์มากที่สุด

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ

คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการในการวิจัยครั้งนี้ พิจารณาจากคุณภาพ 2 ด้าน ได้แก่ ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ ซึ่งมีรายละเอียดของการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์

ผลการวิเคราะห์ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ จะนำเสนอเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ผลการประมาณค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการ 2) ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการ และ 3) ผลการเปรียบเทียบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์

1) ผลการประมาณค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด GR ซึ่งใช้เป็นคะแนนเกณฑ์กับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี ได้แก่ วิธี DS, RG และ BRG โดยใช้สูตร Pearson's Product Moment พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีความสัมพันธ์ในระดับสูงทุกวิธี ในทุกสถานการณ์ย่อย (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.724 ถึง 0.996) ยกเว้นเมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] และมีการวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้งที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.403 ถึง 0.702)

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาในภาพรวมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ต่างๆ โดยสำหรับเงื่อนไขรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล เมื่อพิจารณารูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง พบว่าข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] ส่วนข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง พบว่าข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50]

สำหรับเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าลดลง กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้งจะมีค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ค่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดซ้ำเป็นจำนวน 4 ครั้ง และ 5 ครั้ง ตามลำดับ

สำหรับเงื่อนไขค่าอัตราพัฒนาการ (MS) พบว่าเมื่อข้อมูลมีค่าอัตราพัฒนาการสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าสูงขึ้น กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากข้อมูลที่มีค่าอัตราพัฒนาการเป็น 2.5 จะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากข้อมูลที่มีค่าอัตราพัฒนาการเป็น 1 และ -0.2 ตามลำดับ

และสำหรับเงื่อนไขค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) พบว่า เมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนในการวัดครั้งแรกสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าสูงขึ้น กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนในการวัดครั้งแรกเป็น 80 จะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากข้อมูลที่มีค่าอัตราพัฒนาการเป็น 60 และ 30 ตามลำดับ

รายละเอียดของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดต่างๆ กับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์ ของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ ดังตารางที่ 4.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดต่างๆ กับคะแนนพัฒนาการที่เป็นเกณฑ์ จำแนกตามรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงและจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ

จำนวน / วิธี	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง : เส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4]								
วัด 3 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.962**	0.962**	0.962**	0.937**	0.968**	0.995**	0.962**	0.962**	0.962**
RG	0.961**	0.960**	0.956**	0.945**	0.978**	0.996**	0.977**	0.985**	0.995**
BRG	0.961**	0.960**	0.957**	0.945**	0.977**	0.995**	0.977**	0.985**	0.994**
วัด 4 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.968**	0.974**	0.968**	0.972**	0.952**	0.968**	0.962**	0.968**	0.942**
RG	0.966**	0.972**	0.962**	0.978**	0.964**	0.984**	0.977**	0.988**	0.984**
BRG	0.966**	0.971**	0.961**	0.977**	0.963**	0.982**	0.976**	0.987**	0.980**
วัด 5 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.948**	0.956**	0.947**	0.952**	0.938**	0.952**	0.952**	0.952**	0.952**
RG	0.946**	0.953**	0.941**	0.960**	0.952**	0.972**	0.969**	0.977**	0.981**
BRG	0.946**	0.953**	0.939**	0.959**	0.952**	0.968**	0.968**	0.975**	0.971**
จำนวน / วิธี	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง : เส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8]								
วัด 3 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.976**	0.990**	0.974**	0.974**	0.974**	0.975**	0.974**	0.975**	0.974**
RG	0.975**	0.989**	0.971**	0.975**	0.975**	0.976**	0.976**	0.978**	0.979**
BRG	0.975**	0.990**	0.972**	0.975**	0.975**	0.977**	0.976**	0.978**	0.979**
วัด 4 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.729**	0.812**	0.812**	0.836**	0.812**	0.812**	0.885**	0.724**	0.768**
RG	0.728**	0.811**	0.809**	0.838**	0.816**	0.818**	0.893**	0.731**	0.787**
BRG	0.728**	0.810**	0.808**	0.838**	0.815**	0.817**	0.894**	0.730**	0.786**
วัด 5 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.474**	0.406**	0.702**	0.474**	0.636**	0.404**	0.415**	0.566**	0.404**
RG	0.472**	0.403**	0.696**	0.484**	0.653**	0.441**	0.441**	0.606**	0.495**
BRG	0.472**	0.404**	0.698**	0.484**	0.653**	0.444**	0.442**	0.606**	0.498**

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดต่างๆ กับคะแนนพัฒนาการที่เป็นเกณฑ์ จำแนกตามรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงและจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ (ต่อ)

จำนวน / วิธี	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง : ไม่เป็นเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50]								
วัด 3 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.952**	0.971**	0.951**	0.952**	0.951**	0.951**	0.951**	0.951**	0.951**
RG	0.952**	0.970**	0.947**	0.954**	0.956**	0.958**	0.957**	0.961**	0.969**
BRG	0.952**	0.971**	0.949**	0.954**	0.956**	0.959**	0.957**	0.962**	0.970**
วัด 4 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.934**	0.938**	0.933**	0.938**	0.938**	0.938**	0.935**	0.934**	0.938**
RG	0.938**	0.938**	0.933**	0.937**	0.945**	0.949**	0.944**	0.951**	0.960**
BRG	0.937**	0.937**	0.932**	0.934**	0.944**	0.945**	0.944**	0.949**	0.954**
วัด 5 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.903**	0.903**	0.904**	0.897**	0.899**	0.899**	0.899**	0.899**	0.894**
RG	0.903**	0.903**	0.902**	0.902**	0.905**	0.910**	0.907**	0.913**	0.921**
BRG	0.903**	0.903**	0.902**	0.902**	0.905**	0.909**	0.907**	0.913**	0.919**
จำนวน / วิธี	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง : ไม่เป็นเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20]								
วัด 3 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.972**	0.972**	0.972**	0.972**	0.972**	0.972**	0.972**	0.972**	0.972**
RG	0.972**	0.971**	0.969**	0.975**	0.976**	0.979**	0.978**	0.982**	0.989**
BRG	0.972**	0.971**	0.970**	0.975**	0.976**	0.980**	0.978**	0.982**	0.989**
วัด 4 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.930**	0.929**	0.977**	0.946**	0.946**	0.947**	0.969**	0.937**	0.925**
RG	0.930**	0.929**	0.976**	0.950**	0.952**	0.957**	0.977**	0.949**	0.947**
BRG	0.929**	0.927**	0.973**	0.949**	0.950**	0.951**	0.977**	0.947**	0.938**
วัด 5 ครั้ง	-0.2			1			2.5		
	30	60	80	30	60	80	30	60	80
DS	0.906**	0.895**	0.895**	0.895**	0.903**	0.903**	0.903**	0.914**	0.895**
RG	0.906**	0.895**	0.894**	0.899**	0.908**	0.912**	0.911**	0.925**	0.921**
BRG	0.906**	0.895**	0.893**	0.899**	0.908**	0.909**	0.911**	0.924**	0.917**

2) ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการแต่ละวิธี ในแต่ละสถานการณ์ย่อย โดยใช้สถิติทดสอบ Hotelling พบว่าส่วนใหญ่ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($\alpha = 0.01, df = 497, t = 2.326$) ทุกรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง ยกเว้นเมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] ที่ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ส่วนใหญ่มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการในแต่ละวิธี จะพบว่า ส่วนใหญ่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด RG และคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

รายละเอียดของผลการทดสอบความแตกต่างของค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการในแต่ละสถานการณ์ย่อย ดังตารางที่ 4.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการตามสถานการณ์ต่างๆ

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง				จำนวนครั้งของการวัดซ้ำ								
				3 ครั้ง			4 ครั้ง			5 ครั้ง		
	MS	ML		DS	RG	BRG	DS	RG	BRG	DS	RG	BRG
เส้นตรง [0,1,2,3,4]	-0.2	30	DS									
			RG	NS			NS			NS		
			BRG	NS	NS		NS	NS		NS	NS	
		60	DS									
			RG	*			*			NS		
			BRG	*	NS		*	NS		NS	NS	
		80	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	
	1	30	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	
		60	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	
		80	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	NS	*		*	*		*	*	
	2.5	30	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	
		60	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	*		*	*	
		80	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	*		*	*		*	*	

หมายเหตุ NS หมายถึง ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง				จำนวนครั้งของการวัดซ้ำ								
				3 ครั้ง			4 ครั้ง			5 ครั้ง		
	MS	ML		DS	RG	BRG	DS	RG	BRG	DS	RG	BRG
เส้นตรง [0,0.2,0.4, 0.6,0.8]	-0.2	30	DS									
			RG	NS			NS			NS		
			BRG	NS	NS		NS	NS		NS	NS	
		60	DS									
			RG	NS			NS			NS		
			BRG	NS	NS		NS	NS		NS	NS	
		80	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	
	1	30	DS									
			RG	*			NS			NS		
			BRG	*	NS		NS	NS		NS	NS	
		60	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	
		80	DS									
			RG	NS			*			*		
			BRG	*	*		*	NS		*	NS	
	2.5	30	DS									
			RG	NS			*			*		
			BRG	NS	NS		*	NS		*	NS	
		60	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	
		80	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	

หมายเหตุ NS หมายถึง ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง				จำนวนครั้งของการวัดซ้ำ								
				3 ครั้ง			4 ครั้ง			5 ครั้ง		
	MS	ML		DS	RG	BRG	DS	RG	BRG	DS	RG	BRG
ไม่เป็นเส้นตรง [0,0.15, 0.60,1.80, 1.50]	-0.2	30	DS									
			RG	NS			NS			NS		
			BRG	NS	NS		NS	NS		NS	NS	
		60	DS									
			RG	NS			NS			NS		
			BRG	NS	NS		NS	NS		NS	NS	
		80	DS									
			RG	*			NS			*		
			BRG	*	*		*	*		*	NS	
	1	30	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	
		60	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	*		*	NS	
		80	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	*		*	NS	
	2.5	30	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	
		60	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	*		*	NS	
		80	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	*		*	*	

หมายเหตุ NS หมายถึง ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการตามสถานการณ์ต่างๆ (ต่อ)

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง				จำนวนครั้งของการวัดซ้ำ								
				3 ครั้ง			4 ครั้ง			5 ครั้ง		
	MS	ML		DS	RG	BRG	DS	RG	BRG	DS	RG	BRG
ไม่เป็นเส้นตรง [0,1,2.20, 6.10,5.20]	-0.2	30	DS									
			RG	NS			NS			NS		
			BRG	NS	NS		NS	NS		NS	NS	
		60	DS									
			RG	NS			NS			NS		
			BRG	NS	NS		*	*		NS	NS	
		80	DS									
			RG	*			NS			NS		
			BRG	*	NS		NS	NS		NS	NS	
	1	30	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	
		60	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	*		*	NS	
		80	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	*		*	*		*	NS	
	2.5	30	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	NS		*	NS	
		60	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	*		*	NS	
		80	DS									
			RG	*			*			*		
			BRG	*	NS		*	*		*	*	

หมายเหตุ NS หมายถึง ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

3) ผลการเปรียบเทียบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี ซึ่งผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบโดยคำนวณจากร้อยละของสถานการณ์ย่อยที่พบวิธีการวัดที่ให้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด ในแต่ละรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่า เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 42.86 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.57 ทั้งสองวิธี

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.57 และ 21.43 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 31.25 และ 18.75 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.73 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 29.55 และ 22.73 ตามลำดับ

3.2) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่า เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 42.11 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 36.84 และ 21.05 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 42.11 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 15.79

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS ซึ่งคิดเป็น ร้อยละ 20

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่า คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.68 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 38.98 และ 20.34 ตามลำดับ

3.3) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่า เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 42.11 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 15.79

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 53.33 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 26.67 และ 20 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 44.44 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 38.89 และ 16.67 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46.15 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 34.62 และ 19.23 ตามลำดับ

3.4) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่า เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีค่าความตรงตาม

เกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 44.44 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 38.89 และ 16.67 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 53.33 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 26.67 และ 20 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 45 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 40 และ 15 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.28 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.85 และ 18.87 ตามลำดับ

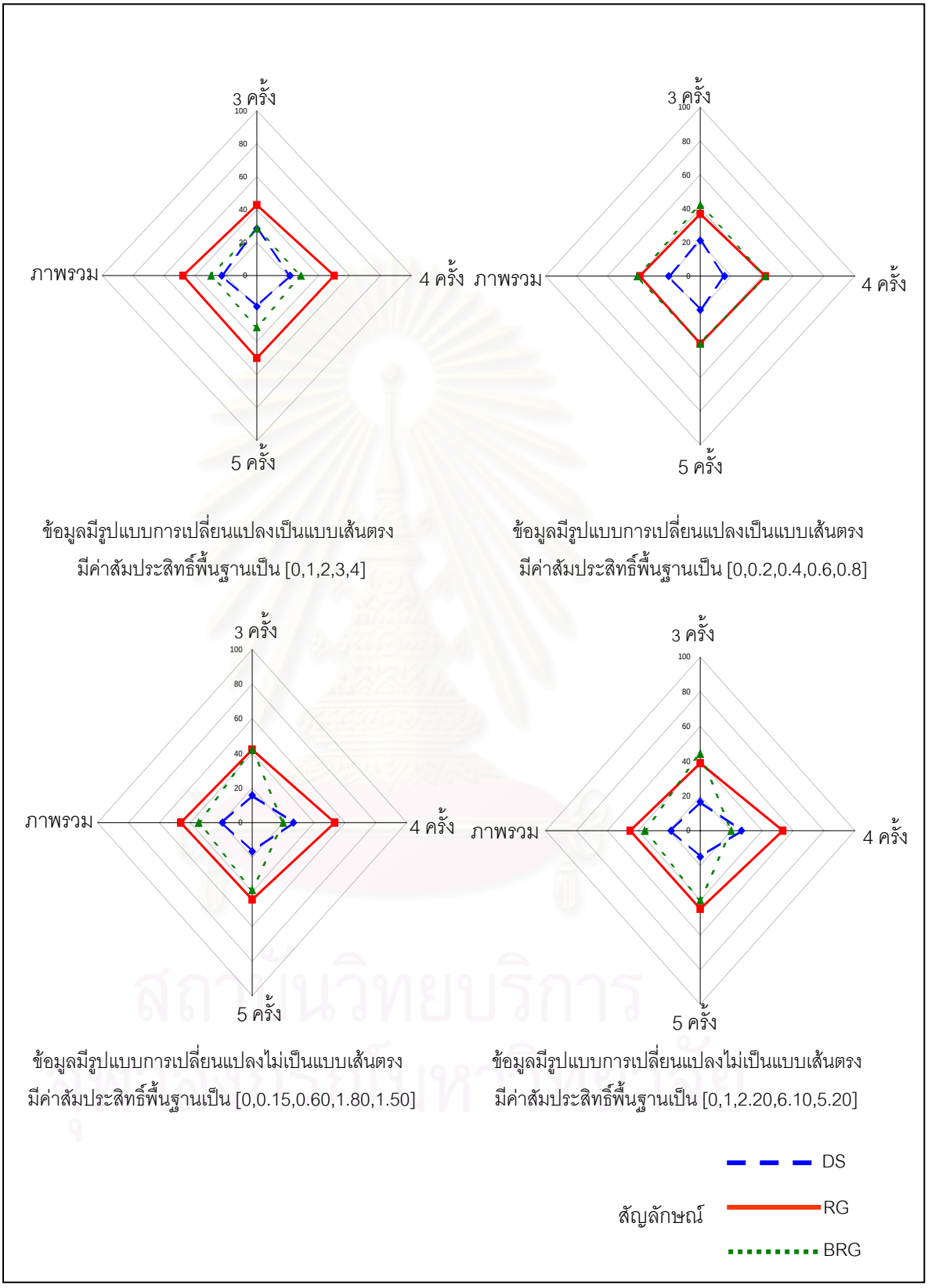
รายละเอียดของผลการเปรียบเทียบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดวิธีต่างๆ ในแต่ละสถานการณ์ ดังตารางที่ 4.5 และแผนภาพที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดวิธีต่างๆ ในแต่ละสถานการณ์ย่อย

Time	MS	ML	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง			
			เส้นตรง		ไม่เป็นเส้นตรง	
			[0,1,2,3,4]	[0,0.2,0.4,0.6,0.8]	[0,0.15,0.60,1.80,1.50]	[0,1,2.20,6.10,5.20]
3	-0.2	30	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG
		60	DS	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG
		80	DS	DS	DS	DS
	1	30	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG
		60	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG
		80	RG	BRG	RG ≈ BRG	BRG
	2.5	30	RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG
		60	DS	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG
		80	RG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG
4	-0.2	30	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG
		60	DS	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG
		80	DS	DS	DS ≈ RG	DS ≈ RG ≈ BRG
	1	30	RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG	DS	DS
		60	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG	RG
		80	RG	RG ≈ BRG	RG	RG
	2.5	30	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG
		60	RG	RG ≈ BRG	RG	RG
		80	RG	RG ≈ BRG	RG	RG
5	-0.2	30	DS ≈ RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG
		60	DS ≈ RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG
		80	DS	DS	DS	DS ≈ RG ≈ BRG
	1	30	RG ≈ BRG	DS ≈ RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG
		60	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG
		80	RG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG
	2.5	30	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG
		60	RG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG	RG ≈ BRG
		80	RG	RG ≈ BRG	RG	RG
ภาพรวม			RG	BRG	RG	RG

หมายเหตุ เครื่องหมาย ≈ หมายถึง ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มีค่าใกล้เคียงกัน



แผนภาพที่ 4.2 แผนภูมิใยแมงมุมแสดงร้อยละของสถานการณ์ที่พบวิธีการวัดที่ให้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีอื่น

3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ

ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ จะนำเสนอเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ผลการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ และ 2) ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ

1) ผลการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ โดยพิจารณาจากค่าสถิติ 2 ค่า ได้แก่ ค่าความลำเอียง (bias) ซึ่งหาจากค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดในแต่ละกลุ่มวิธีกับคะแนนพัฒนาการที่เป็นเกณฑ์ และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (root mean squared error: RMSE) ซึ่งประมาณค่าจากค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดในแต่ละกลุ่มวิธีกับคะแนนพัฒนาการที่เป็นเกณฑ์ โดยผู้วิจัยได้แปลงคะแนนพัฒนาการจากทุกวิธีให้เป็นคะแนนมาตรฐานเพื่อให้คะแนนพัฒนาการของทุกวิธีอยู่ในมาตร (scale) เดียวกัน แล้วจึงทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน พบว่า คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัดทุกวิธีมีค่าความลำเอียง (bias) อยู่ระหว่าง -0.00004 ถึง 0.00003 ส่วนค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (RMSE) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.00086

จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดแต่ละวิธีมีค่าน้อยมากและมีค่าใกล้เคียงกัน ในทุกเงื่อนไขของสถานการณ์

รายละเอียดของผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดวิธีต่างๆ ของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ ดังตารางที่ 4.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดวิธีต่างๆ ของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์

MS	ML	วิธี	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง : เป็นเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4]					
			3 ครั้ง		4 ครั้ง		5 ครั้ง	
			bias	RMSE	bias	RMSE	bias	RMSE
-0.2	30	DS	0.00000	0.00016	0.00000	0.00018	0.00000	0.00007
		RG	0.00000	0.00014	0.00000	0.00011	0.00000	0.00004
		BRG	0.00000	0.00022	0.00000	0.00017	0.00000	0.00005
	60	DS	0.00000	0.00016	0.00000	0.00011	0.00000	0.00014
		RG	0.00000	0.00016	0.00000	0.00006	0.00000	0.00009
		BRG	0.00000	0.00017	0.00000	0.00009	0.00000	0.00008
	80	DS	0.00000	0.00016	0.00001	0.00027	0.00000	0.00022
		RG	0.00000	0.00020	0.00001	0.00024	0.00000	0.00017
		BRG	0.00000	0.00020	0.00000	0.00022	0.00000	0.00017
1	30	DS	0.00000	0.00012	0.00000	0.00008	0.00000	0.00004
		RG	0.00000	0.00009	0.00000	0.00008	0.00000	0.00013
		BRG	0.00000	0.00006	0.00000	0.00004	0.00000	0.00008
	60	DS	0.00000	0.00013	0.00000	0.00004	0.00000	0.00012
		RG	0.00000	0.00016	0.00000	0.00011	0.00000	0.00009
		BRG	0.00000	0.00017	0.00000	0.00009	0.00000	0.00006
	80	DS	0.00000	0.00020	0.00000	0.00012	0.00000	0.00017
		RG	0.00000	0.00021	0.00000	0.00016	0.00000	0.00021
		BRG	0.00001	0.00025	0.00000	0.00016	0.00001	0.00022
2.5	30	DS	0.00000	0.00016	0.00000	0.00000	0.00000	0.00004
		RG	0.00000	0.00019	0.00000	0.00008	0.00000	0.00006
		BRG	0.00000	0.00021	0.00000	0.00006	0.00000	0.00010
	60	DS	0.00000	0.00016	0.00000	0.00020	0.00000	0.00012
		RG	0.00000	0.00019	0.00000	0.00018	0.00000	0.00006
		BRG	0.00000	0.00017	0.00000	0.00014	0.00000	0.00009
	80	DS	0.00000	0.00016	0.00000	0.00015	0.00000	0.00017
		RG	0.00000	0.00020	0.00000	0.00020	0.00000	0.00021
		BRG	0.00000	0.00020	0.00000	0.00020	0.00000	0.00022

ตารางที่ 4.6 ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดวิธีต่างๆ ของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ (ต่อ)

MS	ML	วิธี	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง : เป็นเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8]					
			3 ครั้ง		4 ครั้ง		5 ครั้ง	
			bias	RMSE	bias	RMSE	bias	RMSE
-0.2	30	DS	0.00002	0.00052	0.00003	0.00067	-0.00004	0.00086
		RG	-0.00002	0.00039	0.00001	0.00027	0.00000	0.00003
		BRG	0.00003	0.00069	0.00000	0.00022	0.00000	0.00012
	60	DS	0.00002	0.00046	0.00000	0.00001	-0.00002	0.00035
		RG	0.00000	0.00020	-0.00002	0.00044	0.00002	0.00047
		BRG	-0.00001	0.00029	-0.00002	0.00044	0.00002	0.00044
	80	DS	0.00002	0.00047	0.00000	0.00001	-0.00002	0.00062
		RG	0.00000	0.00001	-0.00002	0.00042	0.00000	0.00018
		BRG	0.00000	0.00004	-0.00002	0.00042	0.00000	0.00018
1	30	DS	0.00000	0.00000	0.00002	0.00036	0.00000	0.00013
		RG	0.00000	0.00010	0.00002	0.00044	0.00000	0.00015
		BRG	0.00000	0.00009	0.00002	0.00038	0.00000	0.00016
	60	DS	0.00000	0.00000	0.00001	0.00025	0.00003	0.00066
		RG	0.00000	0.00001	0.00001	0.00030	0.00003	0.00062
		BRG	0.00000	0.00008	0.00001	0.00026	0.00003	0.00059
	80	DS	0.00000	0.00010	0.00001	0.00025	0.00001	0.00032
		RG	0.00000	0.00007	0.00001	0.00028	0.00001	0.00024
		BRG	0.00000	0.00006	0.00001	0.00027	0.00001	0.00028
2.5	30	DS	0.00000	0.00000	-0.00002	0.00034	0.00000	0.00011
		RG	0.00000	0.00002	-0.00002	0.00034	0.00000	0.00020
		BRG	0.00000	0.00012	-0.00001	0.00031	0.00000	0.00017
	60	DS	0.00000	0.00002	0.00001	0.00024	0.00001	0.00024
		RG	0.00000	0.00004	0.00001	0.00031	0.00000	0.00018
		BRG	0.00000	0.00002	0.00001	0.00025	0.00000	0.00021
	80	DS	0.00000	0.00011	0.00000	0.00007	0.00000	0.00009
		RG	0.00000	0.00007	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000
		BRG	0.00000	0.00007	0.00000	0.00003	0.00000	0.00002

ตารางที่ 4.6 ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดวิธีต่างๆ ของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ (ต่อ)

MS	ML	วิธี	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง : ไม่เป็นเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50]					
			3 ครั้ง		4 ครั้ง		5 ครั้ง	
			bias	RMSE	bias	RMSE	bias	RMSE
-0.2	30	DS	0.00000	0.00014	0.00000	0.00004	0.00000	0.00008
		RG	0.00000	0.00018	0.00000	0.00006	0.00000	0.00004
		BRG	0.00000	0.00020	0.00000	0.00010	0.00000	0.00006
	60	DS	0.00000	0.00009	0.00000	0.00017	0.00000	0.00007
		RG	0.00000	0.00021	0.00000	0.00015	0.00000	0.00007
		BRG	0.00000	0.00013	0.00000	0.00016	0.00000	0.00006
	80	DS	0.00000	0.00016	0.00000	0.00010	0.00000	0.00007
		RG	0.00000	0.00008	0.00000	0.00016	0.00000	0.00007
		BRG	0.00000	0.00014	0.00000	0.00013	0.00000	0.00008
1	30	DS	0.00000	0.00002	0.00000	0.00006	0.00000	0.00007
		RG	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00007
		BRG	0.00000	0.00013	0.00000	0.00000	0.00000	0.00006
	60	DS	0.00000	0.00006	0.00000	0.00019	0.00000	0.00010
		RG	0.00000	0.00008	0.00000	0.00015	0.00000	0.00007
		BRG	0.00000	0.00008	0.00000	0.00013	0.00000	0.00011
	80	DS	0.00000	0.00005	0.00000	0.00007	0.00000	0.00003
		RG	0.00000	0.00011	0.00000	0.00013	0.00000	0.00003
		BRG	0.00000	0.00013	0.00000	0.00011	0.00000	0.00004
2.5	30	DS	0.00000	0.00001	0.00000	0.00010	0.00000	0.00004
		RG	0.00000	0.00006	0.00000	0.00002	0.00000	0.00005
		BRG	0.00000	0.00012	0.00000	0.00007	0.00000	0.00000
	60	DS	0.00000	0.00001	0.00000	0.00001	0.00000	0.00002
		RG	0.00000	0.00009	0.00000	0.00008	0.00000	0.00003
		BRG	0.00000	0.00006	0.00000	0.00006	0.00000	0.00004
	80	DS	0.00000	0.00014	0.00000	0.00006	0.00000	0.00002
		RG	0.00000	0.00006	0.00000	0.00011	0.00000	0.00002
		BRG	0.00000	0.00008	0.00000	0.00012	0.00000	0.00002

ตารางที่ 4.6 ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดวิธีต่างๆ ของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ (ต่อ)

MS	ML	วิธี	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง : ไม่เป็นเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20]					
			3 ครั้ง		4 ครั้ง		5 ครั้ง	
			bias	RMSE	bias	RMSE	bias	RMSE
-0.2	30	DS	0.00000	0.00019	0.00000	0.00008	0.00000	0.00008
		RG	-0.00002	0.00035	0.00000	0.00010	0.00000	0.00004
		BRG	-0.00003	0.00057	0.00000	0.00012	0.00000	0.00006
	60	DS	0.00000	0.00019	0.00000	0.00008	0.00000	0.00007
		RG	-0.00001	0.00029	0.00000	0.00011	0.00000	0.00007
		BRG	0.00000	0.00005	0.00000	0.00011	0.00000	0.00006
	80	DS	0.00000	0.00019	0.00000	0.00005	0.00000	0.00007
		RG	0.00000	0.00009	0.00000	0.00003	0.00000	0.00007
		BRG	0.00000	0.00008	0.00000	0.00003	0.00000	0.00008
1	30	DS	0.00000	0.00002	0.00000	0.00002	0.00000	0.00007
		RG	0.00000	0.00000	0.00000	0.00006	0.00000	0.00007
		BRG	0.00000	0.00000	0.00000	0.00006	0.00000	0.00006
	60	DS	0.00000	0.00002	0.00000	0.00014	0.00000	0.00010
		RG	0.00000	0.00008	0.00000	0.00012	0.00000	0.00007
		BRG	0.00000	0.00002	0.00000	0.00012	0.00000	0.00011
	80	DS	0.00000	0.00002	0.00000	0.00010	0.00000	0.00003
		RG	0.00000	0.00005	0.00000	0.00009	0.00000	0.00003
		BRG	0.00000	0.00007	0.00000	0.00009	0.00000	0.00004
2.5	30	DS	0.00000	0.00019	0.00000	0.00002	0.00000	0.00004
		RG	0.00000	0.00014	0.00000	0.00002	0.00000	0.00005
		BRG	0.00000	0.00009	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000
	60	DS	0.00000	0.00019	0.00000	0.00002	0.00000	0.00002
		RG	0.00000	0.00014	0.00000	0.00000	0.00000	0.00003
		BRG	0.00000	0.00011	0.00000	0.00000	0.00000	0.00004
	80	DS	0.00000	0.00019	0.00000	0.00005	0.00000	0.00002
		RG	0.00000	0.00010	0.00000	0.00007	0.00000	0.00002
		BRG	0.00000	0.00011	0.00000	0.00007	0.00000	0.00002

2) ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี ซึ่งผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบโดยคำนวณจากร้อยละของสถานการณ์ย่อยที่พบวิธีการวัดที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ในแต่ละรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่า เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 70 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20 และ 10 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 55.56 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 33.33 และ 11.11 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 40 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 ทั้งสองวิธี

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.17 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 24.14 และ 20.69 ตามลำดับ

2.2) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่า เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.37 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 27.26

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 60 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 และ 10 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 และ 20 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 41.94 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 32.26 และ 25.81 ตามลำดับ

2.3) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่า เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 77.78 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.22

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 และ 20 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 38.46 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30.77 ทั้งสองวิธี

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.24 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 40.54 และ 16.22 ตามลำดับ

2.4) ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่า เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีค่าความ

คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.54 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 27.28 และ 18.18 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 35.71 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.58

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 38.46 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30.77 ทั้งสองวิธี

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.84 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 31.58 ทั้งสองวิธี

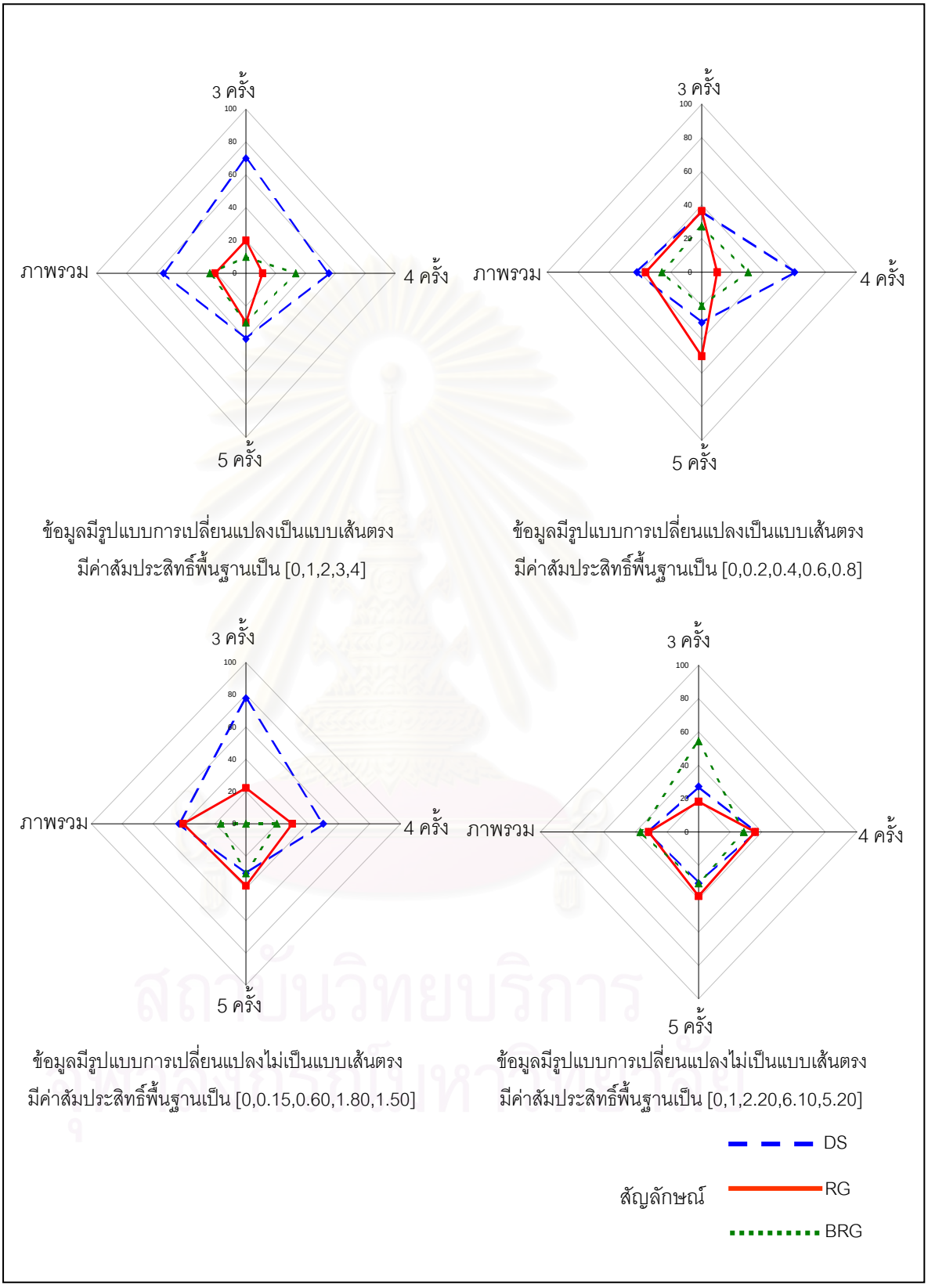
รายละเอียดของผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดวิธีต่างๆ ของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ดังตารางที่ 4.7 และแผนภาพที่ 4.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดวิธีต่างๆ ในแต่ละสถานการณ์ย่อย

Time	MS	ML	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง			
			เส้นตรง		ไม่เป็นเส้นตรง	
			[0,1,2,3,4]	[0,0.2,0.4,0.6,0.8]	[0,0.15,0.60,1.80,1.50]	[0,1,2.20,6.10,5.20]
3	-0.2	30	RG	RG	DS	DS
		60	DS=RG	RG	DS	BRG
		80	DS	RG	RG	BRG
	1	30	BRG	DS	DS	RG=BRG
		60	DS	DS	DS	DS=BRG
		80	DS	BRG	DS	DS
	2.5	30	DS	DS	DS	BRG
		60	DS	DS=BRG	DS	BRG
		80	DS	RG=BRG	RG	RG
4	-0.2	30	RG	BRG	DS	DS
		60	DS	DS	RG	DS
		80	BRG	DS	DS	RG=BRG
	1	30	BRG	DS	RG=BRG	DS
		60	DS	DS	BRG	RG=BRG
		80	DS	DS	DS	RG=BRG
	2.5	30	DS	BRG	RG	DS=RG
		60	BRG	DS	DS	RG=BRG
		80	DS	RG=BRG	DS	DS
5	-0.2	30	RG	RG	RG	RG
		60	BRG	DS	BRG	BRG
		80	RG=BRG	RG=BRG	DS=RG	DS=RG
	1	30	DS	DS	BRG	BRG
		60	BRG	BRG	RG	RG
		80	DS	RG	DS=RG	DS=RG
	2.5	30	DS	DS	BRG	BRG
		60	RG	RG	DS	DS
		80	DS	RG	DS=RG=BRG	DS=RG=BRG
ภาพรวม			DS	DS	DS	BRG

หมายเหตุ เครื่องหมาย = หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากัน



แผนภาพที่ 4.3 แผนภูมิใยแมงมุมแสดงร้อยละของสถานการณ์ที่พบวิธีการวัดที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการน้อยกว่าวิธีอื่น

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ

การเปรียบเทียบคุณภาพของคะแนนพัฒนาการที่ประมาณค่าจากวิธีการวัดแต่ละวิธี ทำโดยการเปรียบเทียบใน 2 ประเด็น คือประเด็นค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ซึ่งพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวิธีการวัดแต่ละวิธีกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์ และประเด็นค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่พิจารณาจากค่าความลำเอียง และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน โดยการวิเคราะห์แผนภาพการกระจาย (scatter plot) และคำนวณร้อยละของสถานการณ์ย่อยที่พบวิธีการวัดที่ให้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงที่สุด และให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รายละเอียดมีดังนี้

4.1 ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้งจาก 9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 55.56 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 33.33 และ 11.11 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้งจาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 66.67 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.22 และ 11.11 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้งจาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 66.67 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.22 และ 11.11 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 62.96 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.22 และ 14.81 ตามลำดับ

4.2 ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ

60 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 และ 10 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้งจาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 66.67 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.22 และ 11.11 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้งจาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 44.44 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 33.33 และ 22.22 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 32.14 และ 17.86 ตามลำดับ

4.3 ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จาก 9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 40 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 ทั้งสองวิธี

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้งจาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 77.78 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.22

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้งจาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 55.56 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 33.33 และ 11.11 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 53.57 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 25 และ 21.43 ตามลำดับ

4.4 ข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง จาก

9 สถานการณ์ย่อย คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 และ 20 ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้งจาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 55.56 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 44.44

สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้งจาก 9 สถานการณ์ย่อย พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 55.56 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 33.33 และ 11.11 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสรุปสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพสูงกว่าวิธีอื่น คิดเป็นร้อยละ 42.86 รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.57 ทั้งสองวิธี

รายละเอียดของผลการเปรียบเทียบคุณภาพของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีในแต่ละสถานการณ์ย่อย มีดังตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.4

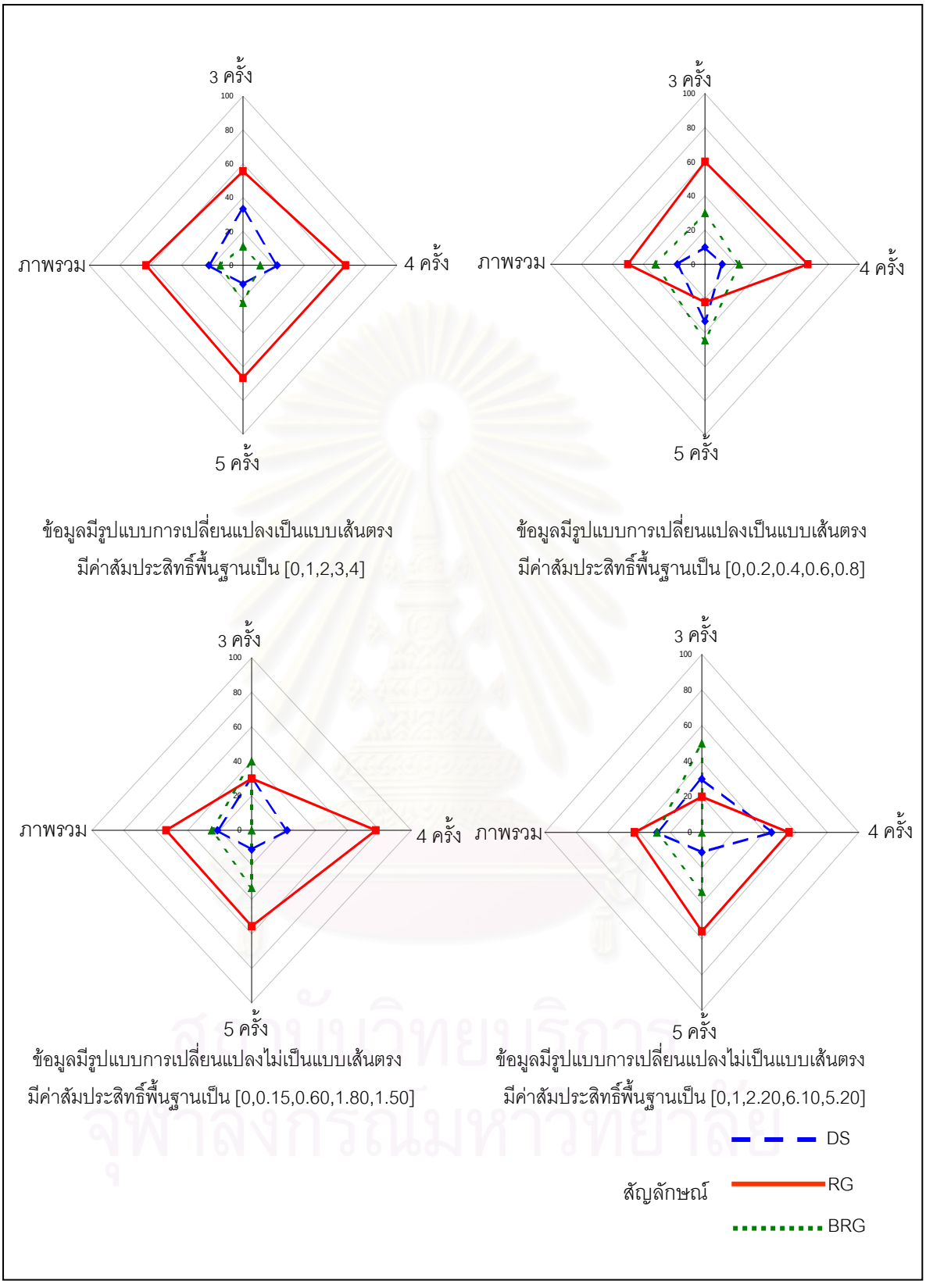
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดวิธีต่างๆ ในแต่ละสถานการณ์ย่อย

Time	MS	ML	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง			
			เส้นตรง		ไม่เป็นเส้นตรง	
			[0,1,2,3,4]	[0,0.2,0.4,0.6,0.8]	[0,0.15,0.60,1.80,1.50]	[0,1,2.20,6.10,5.20]
3	-0.2	30	RG	RG	DS	DS
		60	DS	RG	DS	DS
		80	DS	DS	DS	DS
	1	30	BRG	BRG	RG	RG=BRG
		60	RG	RG	RG=BRG	BRG
		80	RG	BRG	BRG	BRG
	2.5	30	RG	RG	RG	BRG
		60	DS	RG	BRG	BRG
		80	RG	RG=BRG	BRG	RG
4	-0.2	30	RG	RG	RG	DS
		60	DS	RG	RG	DS
		80	DS	DS	DS	DS
	1	30	RG	BRG	DS	DS
		60	RG	RG	RG	RG
		80	RG	RG	RG	RG
	2.5	30	RG	BRG	RG	RG
		60	BRG	RG	RG	RG
		80	RG	RG	RG	RG
5	-0.2	30	RG	DS	RG	RG
		60	BRG	DS	BRG	BRG
		80	DS	DS	DS	DS
	1	30	RG	RG	BRG	BRG
		60	BRG	BRG	RG	RG
		80	RG	BRG	RG	RG
	2.5	30	RG	BRG	BRG	BRG
		60	RG	RG	RG	RG
		80	RG	BRG	RG	RG
ภาพรวม			RG	RG	RG	RG

หมายเหตุ เครื่องหมาย = หมายถึง มีคุณภาพเท่ากัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพที่ 4.4 แผนภูมิใยแมงมุมแสดงร้อยละของสถานการณ์ที่พบวิธีการวัดที่มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามแนวคิดแบบดั้งเดิม 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (DS) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (RG) และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล (BRG) โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์ ได้แก่โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนด สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการจำลองข้อมูล โดยใช้โปรแกรม MPLUS version 4.1 ซึ่งมีการจัดแบบแผนของการจำลองข้อมูลได้เป็น 108 สถานการณ์ โดยจำแนกตามเงื่อนไขของสถานการณ์ ได้แก่ ลักษณะของข้อมูล จำนวนของการวัดซ้ำ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) และค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงความชัน (MS)

การวิเคราะห์ข้อมูลทำโดยตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับโมเดลโค้งพัฒนาการและประมาณค่าคะแนนพัฒนาการของข้อมูล วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานและลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี และวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ โดยวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดที่เป็นเกณฑ์ และวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ ได้แก่ ค่าความลำเอียง (bias) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (RMSE)

การนำเสนอผลสรุปการวิจัยแบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ และตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดแต่ละวิธี

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีของข้อมูลในแต่ละสถานการณ์

สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่าในภาพรวม คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง และ 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด

สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่าในภาพรวม คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง และ 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด

สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่าในภาพรวม คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง และ 4 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด

สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่าในภาพรวม คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่

คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง และ 4 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับคะแนนพัฒนาการจากวิธีเกณฑ์มากที่สุด

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดแต่ละวิธี

2.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดแต่ละวิธี

ผลการวิเคราะห์ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด 3 วิธี พบว่าคะแนนพัฒนาการที่ได้จากทุกวิธีการวัดมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงกับคะแนนพัฒนาการที่เป็นเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในทุกสถานการณ์ย่อย ยกเว้นเมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] และมีการวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ที่คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีกับคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีเกณฑ์มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง

ผลการเปรียบเทียบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด 3 วิธี พบว่า ส่วนใหญ่ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกสถานการณ์ย่อย โดยสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่าในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่ คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่า คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุดทุกจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ

สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่าในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ DS และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่า เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง และ 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด

สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่า ในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง และ 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด

และสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่าในภาพรวม คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่า เมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของ การวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง และ 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด

ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ครั้งนี้ เมื่อพิจารณาถึงค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการวิธีต่างๆ ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ต่างๆ พบว่า สำหรับเงื่อนไขรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อพิจารณารูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง พบว่าข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] ส่วนข้อมูลที่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง พบว่าข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50]

สำหรับเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเพิ่มขึ้น ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์จะลดลง

ส่วนเงื่อนไขค่าอัตราพัฒนาการ (MS) และเงื่อนไขค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) พบว่าเมื่อข้อมูลมีค่าอัตราพัฒนาการ และค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนในการวัดครั้งแรกสูงขึ้น ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์จะมีค่าสูงขึ้น

2.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดแต่ละวิธี

ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัด 3 วิธี พบว่าคะแนนพัฒนาการจากทุกวิธีการวัดมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมากและมีค่าใกล้เคียงกันในทุกเงื่อนไขของสถานการณ์

ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัด 3 วิธี โดยสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] พบว่าในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ RG และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขของจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดทุกจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ

สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่าในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขของจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด และข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด

สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] พบว่าในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขของจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง และ 4 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ส่วนเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด

และสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่าในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขของจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีค่าความคลาดเคลื่อน

ต่ำที่สุด ส่วนเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ RG มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด และเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด

2.3 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดแต่ละวิธี

ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัด 3 วิธี โดยทำการเปรียบเทียบใน 2 ประเด็น ได้แก่ประเด็นค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์และประเด็นค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการพบว่า คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่นในทุกรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง

เมื่อพิจารณาคุณภาพของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากทั้ง 3 วิธีในแต่ละรูปแบบของ การเปลี่ยนแปลงและจำนวนครั้งของการวัดซ้ำนั้น พบว่า สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] ในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS และ BRG และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่นทุกจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ

สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] พบว่าในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้งและ 4 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น

สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] และข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2.20,6.10,5.20] พบว่าในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG และ DS และเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขจำนวนครั้งของการวัดซ้ำ พบว่าเมื่อข้อมูลมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด BRG มีค่าคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น ส่วนข้อมูลที่มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 4 ครั้ง และ 5 ครั้ง คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีค่าคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น

อภิปรายผลการวิจัย

1. คะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดทั้ง 3 วิธี ได้แก่ DS, RG และ BRG มีความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงทุกรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งเอาไว้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของอวยพร เรืองตระกูล (2544) ที่พบว่าคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด DS และ RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูง โดยผลการวิจัยนี้เนื่องมาจากการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีการวัดทั้งสามวิธีนี้เป็นการประมาณค่าที่เกิดจากการใช้คะแนนดิบโดยตรง ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการโดยการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่เป็นวิธีเกณฑ์ในการวิจัยครั้งนี้ (McArdle and Hamagami, 1995) จึงทำให้ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดทั้ง 3 วิธีมีค่าสูง

เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีนั้น พบว่าคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวิธีการวัด RG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงที่สุดทุกรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง ยกเว้นเมื่อข้อมูลมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรงและมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.2,0.4,0.6,0.8] ที่พบว่าคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงที่สุด ซึ่งผลวิจัยทั้งหมดขัดแย้งกับสมมติฐานที่ว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS ควรมีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงที่สุด โดยผลการวิจัยนี้อาจเนื่องมาจากการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีการวัด RG และ BRG เป็นการประมาณค่าที่ช่วยลดปัญหาเรื่องอิทธิพลเพดาน ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่คำนึงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของแต่ละบุคคล (วินิจ เทือกทอง, 2537; อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537; อวยพร เรืองตระกูล, 2544) และมีลักษณะเช่นเดียวกับการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงซึ่งเป็นการประมาณค่าที่มีอัตราพัฒนาการเป็นองค์ประกอบสำคัญองค์ประกอบหนึ่งด้วย (McArdle and Aber, 1990 อ้างถึงในนงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) จึงส่งผลให้คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด RG และ BRG มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด DS

2. เมื่อจำนวนครั้งของการวัดซ้ำมากขึ้น ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์จะมีค่าลดลงทุกสถานการณ์ย่อย ซึ่งผลการวิจัยนี้อาจเนื่องมาจากในการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง จะนำคะแนนจากการวัดทุกครั้งมาใช้ในการประมาณค่า แต่การประมาณค่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS, RG และ BRG ทั้ง 3 วิธีนี้เป็นการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการที่เกิดจากการนำคะแนนครั้งแรกและคะแนนครั้งสุดท้ายของการวัดซ้ำมาใช้ในการคำนวณ ดังนั้นเมื่อมีจำนวนครั้งของการวัดมากขึ้น คะแนนที่ได้จากการวัดซ้ำระหว่างครั้งแรกกับครั้งสุดท้ายจะไม่ถูกนำมาคำนวณ ทำให้คะแนนพัฒนาการที่ได้จึงแตกต่างกับ

คะแนนพัฒนาการที่ประมาณค่าโดยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงมากขึ้นด้วย ซึ่งส่งผลให้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มีค่าลดลง

3. เมื่อข้อมูลมีค่าอัตราพัฒนาการ และค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนในการวัดครั้งแรกสูงขึ้น ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์จะมีค่าสูงขึ้นด้วย ซึ่งผลการวิจัยนี้อาจเนื่องมาจากการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นการประมาณค่าที่เป็นผลมาจากองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่องค์ประกอบสถานะเริ่มต้น หรือระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก และองค์ประกอบอัตราการเปลี่ยนแปลง หรืออัตราการพัฒนา (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) กล่าวคือ เมื่อข้อมูลมีค่าอัตราพัฒนาการและค่าเฉลี่ยระดับคะแนนในการวัดครั้งแรกสูง คะแนนพัฒนาการก็จะมีค่าสูงขึ้นด้วย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีการวัด DS, RG และ BRG นั้นพบว่าเมื่อข้อมูลมีค่าอัตราพัฒนาการสูงขึ้น นั่นหมายถึงคะแนนที่ได้จากการวัดแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันมากขึ้น จะทำให้คะแนนพัฒนาการที่ประมาณค่าด้วยวิธีทั้ง 3 วิธี มีค่ามากขึ้นด้วยเช่นกัน จึงทำให้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดทั้ง 3 วิธีมีค่าสูงขึ้น

4. คะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดทั้ง 3 วิธีมีค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการต่ำทุกรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งตรงตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งเอาไว้ และเมื่อพิจารณาค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีนั้นพบว่าคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด DS มีค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG และ BRG ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งเอาไว้เช่นกัน และสอดคล้องกับผลการวิจัยของวินิจ เทือกทอง (2537) และอวยพร เรืองตระกูล (2544) ที่ว่าคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด เนื่องจากว่าวิธีการวัด DS เป็นวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบซึ่งเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่ลำเอียงในการวัดพัฒนาการที่แท้จริง (Raykov, 1993; Willett, 1994 อ้างถึงใน อวยพร เรืองตระกูล, 2544)

5. การเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธี ซึ่งทำการเปรียบเทียบในประเด็นค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์และประเด็นค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ พบว่าในสถานการณ์ย่อยส่วนใหญ่ผลการเปรียบเทียบคุณภาพจะสอดคล้องกับผลการเปรียบเทียบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากกว่าผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ กล่าวคือส่วนใหญ่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG จะมีคุณภาพสูงที่สุดซึ่งตรงกับผลการเปรียบเทียบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ในขณะที่คะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด DS จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ซึ่งเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการที่ได้จาก

วิธีการวัดแต่ละวิธีนั้นแตกต่างกันน้อยกว่าความแตกต่างของค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ทำให้เมื่อนำทั้งสองประเด็นมาประกอบกันในการเปรียบเทียบคุณภาพจะเห็นความแตกต่างในด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์มากกว่า

6. การจำลองข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ย่อยในการวิจัยครั้งนี้ ทำได้โดยใช้วิธีเทคนิคมอนติคาร์โล ซึ่งทำการจำลองข้อมูลโดยใช้โปรแกรม MPLUS version 4.1 ซึ่งผลของการจำลองทำให้ได้ข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับโค้งปกติทุกชุดข้อมูล และให้ข้อมูลที่สอดคล้องกลมกลืนกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่กำหนด แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากโปรแกรม MPLUS นี้ ไม่สามารถให้สมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการได้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของข้อมูลที่ได้จากการจำลองและหาสมการการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการจากโปรแกรม LISREL 8.72 อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของข้อมูล พบว่าทั้งสองโปรแกรมให้ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนส่วนใหญ่ที่ใกล้เคียงกันได้แก่ ค่า CFI ค่า RMSEA และ ค่า SRMR ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกันของ Ferrer, Hamagami and McArdle (2004) ซึ่งกล่าวว่า ค่าสถิติต่างๆ ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์แต่ละโปรแกรมมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยพบว่าค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) และ ค่า P นั้นพบว่าทั้งสองโปรแกรมให้ค่าที่แตกต่างกันโดยเมื่อทำการตรวจสอบโดยใช้โปรแกรม LISREL จะได้ค่า P มากกว่าจากโปรแกรม MPLUS ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม LISREL นั้นได้มีการปรับโมเดลให้ได้โมเดลที่เหมาะสมที่สุด แต่ในการจำลองข้อมูลด้วยโปรแกรม MPLUS นั้นไม่มีการปรับโมเดล แต่กระนั้นค่าสถิติที่ได้มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากทั้งสองโปรแกรมใช้ทฤษฎีทางสถิติวิธีไลค์ลิฮู้ดสูงสุด (Maximum Likelihood Statistical theory) เหมือนกัน จึงทำให้ความแตกต่างนี้ไม่ส่งผลต่อการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ จึงทำให้การตรวจสอบและการประมาณค่าจากทั้งสองโปรแกรมมีความสอดคล้องกัน

7. การศึกษาพัฒนาการของคุณลักษณะบางคุณลักษณะนั้นจำเป็นจะต้องใช้ระยะเวลาในการวัดซ้ำที่มีช่วงเวลาสั้น บางคุณลักษณะจำเป็นจะต้องใช้ระยะเวลาในการวัดซ้ำที่มีช่วงเวลายาว จึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลง เช่น การศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการของเจตคติของบุคคลต้องใช้ระยะเวลาในการวัดซ้ำยาวกว่าการศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้กำหนดให้มีช่วงห่างเป็นระยะเวลาเท่าๆ กัน แต่ไม่ได้กำหนดว่าในแต่ละช่วงของการวัดซ้ำห่างกันเท่าไร เนื่องจากในการจำลองข้อมูลด้วยโปรแกรม MPLUS version 4.1 ไม่สามารถจำลองข้อมูลโดยกำหนดช่วงเวลาดังกล่าวได้ จึงทำให้ผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้อาจไม่สอดคล้องกับผลที่ได้จากงานวิจัยที่มีช่วงระยะเวลาในการวัดซ้ำที่ไม่เท่ากัน หรือช่วงเวลาสั้น-ยาวกว่าปกติได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. **ข้อเสนอแนะในการนำไปปฏิบัติ**

1.1 เนื่องจากผลการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าวิธีการวัด DS, RG และ BRG เป็นวิธีการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง เนื่องจากให้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูง และค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ นอกจากนั้นทั้ง 3 วิธีเป็นวิธีการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการที่ง่าย สามารถประมาณได้โดยไม่ต้องใช้ความรู้ทางด้านการวัด หรือสถิติขั้นสูง และไม่ต้องอาศัยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ในการช่วยวิเคราะห์ ดังนั้นทั้ง 3 วิธีจึงเป็นวิธีการวัดที่สะดวกและเหมาะสมสำหรับครูในการวัดคะแนนพัฒนาการรายบุคคลของนักเรียนในการประเมินผลการเรียนรู้ ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 โดยในวิธีการวัดทั้ง 3 วิธีนี้ วิธีการวัด RG เป็นวิธีการวัดที่มีคุณภาพมากที่สุดในทุกรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการ

1.2 ผลการวิจัยในสถานการณ์ย่อย (ตารางที่ 4.7) อาจนำมาใช้ประกอบการพิจารณาเลือกใช้วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการได้ดียิ่งขึ้น หากทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการ อาทิ จำนวนครั้งของการวัดซ้ำ คะแนนในการวัดครั้งแรกหรืออัตราพัฒนาการ เป็นต้น

1.3 นอกจากการนำไปใช้สำหรับการประเมินผลการเรียนรู้รายบุคคลของนักเรียนแล้ว ในหน่วยงานต่างๆทั้งภาครัฐ และเอกชนที่ต้องมีการวัดพัฒนาการรายบุคคลของบุคลากรในหน่วยงานนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นการประเมินผลการปฏิบัติงาน หรือการประเมินผลการเรียนรู้จากการฝึกอบรม ก็สามารถนำการประมาณค่าทั้ง 3 วิธีนี้ไปประยุกต์ใช้ได้เช่นกัน

1.4 สำหรับผู้วิจัยที่ต้องการจำลอง (simulate) ข้อมูลเพื่อใช้ในงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับการศึกษาการวัดคะแนนพัฒนาการ อาจนำผลการวิจัยในประเด็นค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัดแต่ละวิธีในแต่ละเงื่อนไขของสถานการณ์มาใช้ประกอบการพิจารณา ไม่ว่าจะเป็นการเลือกรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงตามค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน หรือการเลือกใช้อัตราพัฒนาการ และค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก เช่นถ้าผู้วิจัยต้องการข้อมูลเพื่อให้ได้คะแนนพัฒนาการที่ให้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูง อาจทำการจำลองข้อมูลโดยกำหนดค่าอัตราพัฒนาการให้มีค่าสูง หรือกำหนดค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรกให้มีค่าสูง เป็นต้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประมาณค่าคะแนนพัฒนาการจากทั้ง 3 วิธี โดยการประมาณจากคะแนนที่ได้จากการวัดในครั้งแรกและครั้งสุดท้าย ซึ่งมีอิทธิพลต่อค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาถึงวิธีการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิมโดยมีการนำคะแนนที่ได้จากการวัดทุกครั้งมาใช้ในการคำนวณด้วย ซึ่งอาจทำการคำนวณโดยหาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการในแต่ละช่วงของการเปลี่ยนแปลง

2.2 การวิจัยครั้งนี้ใช้การจำลองข้อมูลสำหรับกรณีข้อมูลสมบูรณ์เท่านั้น ทำให้ไม่สามารถตอบคำถามสำหรับกรณีที่มีข้อมูลขาดหาย (missing) หรือข้อมูลที่มีค่าสุดโต่งได้ จึงควรมีการทำวิจัยต่อไปโดยการจำลองข้อมูลที่มีข้อมูลขาดหาย (missing) หรือข้อมูลที่มีค่าสุดโต่งด้วย

2.3 โมเดลพัฒนาการที่ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ซึ่งยังมีโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งแบบอื่นอีกที่สามารถนำมาใช้วัดคะแนนพัฒนาการรายบุคคลได้ ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการนำโมเดลพัฒนาเชิงเส้นโค้งแบบอื่นๆ เช่น โมเดลโค้งพัฒนาการแบบผสม (Growth Mixture Models) เป็นต้น มาใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วย

2.4 การวิจัยครั้งนี้ใช้การวัดซ้ำของข้อมูลเป็นจำนวน 3, 4 และ 5 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งของการวัดซ้ำกำหนดให้มีช่วงห่างเป็นระยะเวลาเท่าๆ กัน แต่ไม่ได้กำหนดว่าในแต่ละช่วงของการวัดซ้ำห่างกันเท่าไร ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการกำหนดตัวแปรเกี่ยวกับช่วงเวลาเป็นเงื่อนไขหนึ่งในการศึกษาด้วย ซึ่งจะทำให้ได้ข้อสารสนเทศเพิ่มเติมเกี่ยวกับช่วงเวลาของการวัดซ้ำที่มีต่อคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กนกทิพย์ พัฒนาพัวพันธ์. (2543). การทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์. *สถิติอ้างอิงเพื่อการวิจัยทางการศึกษา*. ภาควิชาประเมินผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. (2542). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เจริญผล.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). โมเดลโค้งพัฒนาการและการวัดซ้ำ. *โมเดลลิสเรล สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสิทธิ์ ไชยกาล. (2539). *การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลลิสเรล 3 แบบที่ใช้ในการศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนต์ทิวา ไชยแก้ว. (2542). *การเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงระยะยาวโดยใช้โมเดลประยุกต์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเมื่ออัตราการขาดหายของข้อมูล ช่วงเวลาการวัดและจำนวนครั้งที่วัดแตกต่างกัน*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วินิจ เทือกทอง. (2537). *การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคำนวณคะแนนเพิ่มวิธีต่างๆ ด้วยระเบียบวิธีการมอนติคาร์โล*. ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์. (2547). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิวิมล อมตชีวิน. (2546). *การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมถวิล วิจิตรวรรณา. (2543). *การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพหุระดับ และโมเดลกึ่งซิมเพล็กซ์ ในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวชนิดตัวแปรเดี่ยวและตัวแปรพหุ*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรุณี อ่อนสวัสดิ์. (2537). *การพัฒนาวิธีการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อวยพร เรืองตระกูล. (2544). *การพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล. (2541). *การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูปแบบ ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของการพัฒนาทางกาย และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัญชลี สิทธิกุลธร. (2543). *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนโรงเรียนประถมศึกษา เขตกรุงเทพมหานคร:การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับ*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Acock, A. C. (2000). Latent Growth Curve Analysis: A Gentle Introduction [online]. Avialable from: http://oregonstate.edu/dept/hdfs/papers/lgcgeneral.pdf. [2005, july 10]

Archwamety, T., Tangdhanakanond, K. and Pitiyanuwat, S. (2005). Learning and Development Curves: Their Implications on Measuring Gains. *Journal of Research Methodology*. 18 (3): 213 – 227.

Blachman, B. A. (2004). Effects of Intensive Reading Remediation for Second and Third Graders and a 1-Year Follow – Up. *Journal of Educational Psychology*. 96 (3): 444 -461.

Catrien, C. J. H., Leo, J. Th., Ab, M., Willem, K., Rien, L. and Eeke, B. (1998). *Longitudinal Data Analysis: Designs, Models and Methods*. London: SAGE Publications Ltd.

Chou, C. P., Bentler, P. M., and Pentz, M. A. (1998). Comparisons of Two Statistical Approaches to Study Growth Curves: The Multilevel Model and the Latent Curve Analysis. *Structural Equation Modeling*. 5 (3): 247-266.

Compton, D. L. (2003). Modeling the Relationship Between Growth in Rapid Naming Speed and Growth in Decoding Skill in First – Grade Children. *Journal of Educational Psychology*. 95 (2): 225-239.

Duncan, T. E., Duncan, S. C., Strycker, L. A., Li, F., and Alpert, A. (1999). *An Introduction to Latent Variable Growth Curve Modeling.* Mahwah, New jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.

Fan, X. (2001). Parental Involvement and Student's Academic Achievement: A Growth Modeling Analysis. *The Journal of Experimental Education.* 70 (1): 27-61.

Fan, X., and Fan, X. (2005). Power of Latent Growth Modeling for Detecting Linear Growth: Number of Measurements and Comparison With Other Analytic Approaches. *The Journal of Experimental Education.* 73 (2): 121-139.

Ferrer, E., Hamagami, F., and McArdle, J. J. (2004). Modeling Latent Growth Curves With Incomplete Data Using Different Types of Structural Equation Modeling and Multilevel Software. *Structural Equation Model*. 11(3): 452-483.

Goldstein, J., and Behuniak, P. (2005). Growth Models in Action: Selected Case Studies. *Practical Assessment, Research & Evaluation.* 10 (11): 1-17.

Mast, B. T., and Allaire, J. C. (2006). Verbal Learning and Everyday Functioning in Dementia: An Application of Latent Variable Growth Curve Modeling. *Journals of Gerontology*. 61B (3): 167-173.

McArdle, J. J., and Hamagami, F. (1991). Modeling incomplete longitudinal and cross-sectional data using latent growth structural model. *Best Methods for The Analysis of Change.* 18 (3-4): 145-166.

Muthen, L. K., and Muthen, B. O. (1998). *Mplus use's guide: statistical analysis with latent variables.* Los Angeles, CA: Muthen & Muthen, c1998-2001.

Parrila, R., and Aunola, K. (2005). Development of Individual Differences in Reading: Results From Longitudinal Studies in English and Finnish. *Journal of Educational Psychology.* 97 (3): 299-319.

Paxton, P., Curran, P. J., Bollen, K. A., Kirby. J., and Chen, F. (2001). Monte Carlo Experiments: Design and Implementation. *Structural Equation Modeling.* 8(2): 287-312.

Rescorla, L., and Rosenthal, A. S. (2004). Growth in Standardized Ability and Achievement Test Scores From 3rd to 10th Grade. *Journal of Educational Psychology.* 96 (1): 85-96.

Pike, G. R. (1991). Using structural equation models with latent variables to study student growth and development. *Research in Higher Education*. 32: 499-523.

Shivpuri, S., Schmitt, N., Oswald, F. L., and Kim, B. H. (2006). Individual Differences in Academic Growth: Do They Exist, and Can We Predict Them?. *Journal of College Student Development.* 47 (1): 69-86.

Speece, D. L., and Ritchey, K. D. (2005). A Longitudinal Study of the Development of Oral Reading Fluency in Young Children At Risk for Reading Failure. *Journal of Learning Disabilities.* 38 (5): 387-389.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างคำสั่งการจำลองข้อมูลด้วยโปรแกรม MPLUS version 4.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง สำหรับการจำลองข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] ค่าอัตราพัฒนาการเป็น -0.2 และค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัด ครั้งแรกเป็น 30 และมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 3 ครั้ง

```
title:    linear growth model with 3 times of change

montecarlo:
        names = y11-y13;
        nobs = 500;
        nreps = 100;
        save = lin3(-0.2)(30)(012)new.dat;

model population:

        i s | y11@0 y12@1 y13@2;
        [y11-y13@0];
        [i*30 s*-.2];
        i*1; s*.2; i with s*.1;

model:
        i s | y11@0 y12@1 y13@2;
        [i*30 s*-.2];
        i*1; s*.2; i with s*.1;

output:
   tech2;
   tech3;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

linear growth model with 3 times of change

SUMMARY OF ANALYSIS

Number of groups 1

Number of observations 500

Number of dependent variables 3

Number of independent variables 0

Observed dependent variables

Continuous

Y11 Y12 Y13

Continuous latent variables

I S

Estimator ML

Information matrix EXPECTED

Maximum number of iterations 1000

Convergence criterion 0.500D-04

Maximum number of steepest descent iterations 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Input data file(s)

lin3(-0.2)(30)(012)new.dat

Input data format FREE

THE MODEL ESTIMATION TERMINATED NORMALLY

TESTS OF MODEL FIT

Chi-Square Test of Model Fit

Value	2.593
Degrees of Freedom	3
P-Value	0.568

Chi-Square Test of Model Fit for the Baseline Model

Value	1439.721
Degrees of Freedom	4
P-Value	0.000

CFI/TLI

CFI	1.000
TLI	1.000

Loglikelihood

H0 Value	-3016.386
H1 Value	-3014.089

Information Criteria

Number of Free Parameters	9
Akaike (AIC)	6050.772
Bayesian (BIC)	6088.703
Sample-Size Adjusted BIC	6060.137
(n* = (n + 2) / 24)	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RMSEA (Root Mean Square Error Of Approximation)

Estimate	0.000
90 Percent C.I.	0.000 0.060
Probability RMSEA <= .05	0.894

SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)

Value	0.001

MODEL RESULTS

	Estimates	S.E.	Est./S.E.
I |			
Y11	1.000	0.000	0.000
Y12	1.000	0.000	0.000
Y13	1.000	0.000	0.000
S |			
Y11	0.000	0.000	0.000
Y12	1.000	0.000	0.000
Y13	2.000	0.000	0.000
S WITH			
I	0.133	0.033	4.057
Means			
I	0.523	0.051	10.153
S	1.026	0.025	40.268

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Intercepts

Y11	0.000	0.000	0.000
Y12	0.000	0.000	0.000
Y13	0.000	0.000	0.000

Variances

I	0.989	0.089	11.097
S	0.224	0.023	9.891

Residual Variances

Y11	0.475	0.059	7.989
Y12	0.482	0.040	11.994
Y13	0.473	0.047	10.007

QUALITY OF NUMERICAL RESULTS

Condition Number for the Information Matrix 0.443E-01
(ratio of smallest to largest eigenvalue)

Beginning Time: 07:22:00
Ending Time: 07:22:00
Elapsed Time: 00:00:00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MUTHEN & MUTHEN
3463 Stoner Ave.
Los Angeles, CA 90066
Tel: (310) 391-9971 Fax: (310) 391-8971
Web: www.StatModel.com
Support: Support@StatModel.com
Copyright (c) 1998-2006 Muthen & Muthen

ตัวอย่าง สำหรับการจำลองข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] ค่าอัตราพัฒนาการเป็น 2.5 และค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัด ครั้งแรกเป็น 30 และมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง

```
title:    nonlinear growth model with 5 times of change

montecarlo:
        names = y11-y15;
        nobs = 500;
        nreps = 100;
        save = nonlin5(2.5)(30)(0.15.60.80.50).dat;

model population:
        i s q | y11@0 y12@0.15 y13@0.60 y14@1.80 y15@1.50;
        [y11-y15@0];
        [i*30 s*2.5 q*0.1];
        i*1; s*.4; q*.2; i with s*.1;

model:
        i s q | y11@0 y12@0.15 y13@0.60 y14@1.80 y15@1.50;
        [y11-y15@0];
        [i*30 s*2.5 q*0.1];
        i*1; s*.4; q*.2; i with s*.1;

output:
   tech2;
   tech3;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

nonlinear growth model with 5 times of change

SUMMARY OF ANALYSIS

Number of groups 1

Number of observations 500

Number of dependent variables 5

Number of independent variables 0

Observed dependent variables

Continuous

Y11 Y12 Y13 Y14 Y15

Continuous latent variables

I S

Estimator ML

Information matrix EXPECTED

Maximum number of iterations 1000

Convergence criterion 0.500D-04

Maximum number of steepest descent iterations 20

Input data file(s)

Nonlin5(2.5)(30)(0.15.60.80.50).dat

Input data format FREE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE MODEL ESTIMATION TERMINATED NORMALLY

TESTS OF MODEL FIT

Chi-Square Test of Model Fit

Value	1.593
Degrees of Freedom	4
P-Value	0.768

Chi-Square Test of Model Fit for the Baseline Model

Value	1439.721
Degrees of Freedom	4
P-Value	0.000

CFI/TLI

CFI	1.000
TLI	1.000

Loglikelihood

H0 Value	-3975.519
H1 Value	-3975.281

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Information Criteria

Number of Free Parameters	13
Akaike (AIC)	7977.038
Bayesian (BIC)	8031.828
Sample-Size Adjusted BIC	7990.565
(n* = (n + 2) / 24)	

RMSEA (Root Mean Square Error Of Approximation)

Estimate	0.000
90 Percent C.I.	0.000 0.104
Probability RMSEA <= .05	0.701

SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)

Value	0.003

MODEL RESULTS

	Estimates	S.E.	Est./S.E.
I |			
Y11	1.000	0.000	0.000
Y12	1.000	0.000	0.000
Y13	1.000	0.000	0.000
Y14	1.000	0.000	0.000
Y15	1.000	0.000	0.000
S |			
Y11	0.000	0.000	0.000
Y12	1.000	0.000	0.000
Y13	2.000	0.000	0.000
Y14	3.000	0.000	0.000
Y15	4.000	0.000	0.000
Q |			
Y11	0.000	0.000	0.000
Y12	1.000	0.000	0.000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Y13	4.000	0.000	0.000
Y14	9.000	0.000	0.000
Y15	16.000	0.000	0.000

S WITH

I	-0.173	0.300	-0.578

Q WITH

I	0.101	0.080	1.269
S	-0.179	0.117	-1.525

Means

I	0.521	0.062	8.446
S	1.035	0.077	13.461
Q	0.512	0.031	16.450

Intercepts

Y11	0.000	0.000	0.000
Y12	0.000	0.000	0.000
Y13	0.000	0.000	0.000
Y14	0.000	0.000	0.000
Y15	0.000	0.000	0.000

Variances

I	1.246	0.273	4.571
S	0.998	0.358	2.788
Q	0.282	0.060	4.667

Residual Variances

Y11	0.685	0.265	2.591
Y12	0.882	0.114	7.708

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Y13	0.946	0.183	5.180
Y14	0.738	0.944	0.782
Y15	0.652	0.584	2.672

QUALITY OF NUMERICAL RESULTS

Condition Number for the Information Matrix 0.242E-03
(ratio of smallest to largest eigenvalue)

Beginning Time: 07:27:01
Ending Time: 07:27:01
Elapsed Time: 00:00:00

MUTHEN & MUTHEN
3463 Stoner Ave.
Los Angeles, CA 90066

Tel: (310) 391-9971
Fax: (310) 391-8971
Web: www.StatModel.com
Support: Support@StatModel.com

Copyright (c) 1998-2006 Muthen & Muthen

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการจำลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,1,2,3,4] ค่าอัตราพัฒนาการเป็น 1 และ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรกเป็น 60 และมีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง

SC_1	SC_2	SC_3	SC_4	SC_5
59.53688	60.97369	61.18327	61.44962	59.96463
62.92791	63.53342	65.23631	68.2993	71.07927
59.32716	60.47894	62.60358	63.56741	64.35989
59.62551	60.95717	62.47731	64.36452	65.58828
60.89637	61.10518	62.58735	63.51381	65.71432
60.73599	63.44009	64.2499	66.13697	67.75903
60.98417	61.59534	61.32052	64.16474	63.98129
59.42700	59.42188	61.29993	61.23525	63.85263
57.68353	61.74434	63.08268	63.26265	65.60326
59.08054	60.03713	63.35878	63.70256	65.80721
59.34153	58.78726	59.88161	60.63335	60.37888
59.73924	60.35421	63.13375	63.93488	66.21868
61.71013	61.04388	64.32656	63.65816	64.36284
58.25934	59.75015	58.90546	60.75256	62.34369
58.38181	60.62794	62.18369	61.27149	64.07514
59.81604	60.81083	60.20082	62.39784	62.42137
58.69722	60.23809	61.69025	60.51207	60.16267

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างคำสั่งและผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ด้วยโปรแกรม LISREL 8.72

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DATE: 11/28/2006
TIME: 12:42

L I S R E L 8.72

BY

Karl G. J”reskog & Dag S”rbom

This program is published exclusively by
Scientific Software International, Inc.
7383 N. Lincoln Avenue, Suite 100
Lincolnwood, IL 60712, U.S.A.
Phone: (800)247-6113, (847)675-0720, Fax: (847)675-2140
Copyright by Scientific Software International, Inc., 1981-2005
Use of this program is subject to the terms specified in the
Universal Copyright Convention.
Website: www.ssicentral.com

The following lines were read from file D:\noke\ÇÔ·ÂÒ¹Ô¾¹¸ì2\Mplus\linear\3times\ms=1.0\ml=80\(012)\LISRELINPUT3(1)(80)(012).spl:

```
LINEAR MODEL FOR 3 TIMES CHANGE
DA NG=1 NI=4 NO=500 MA=MM
LA
SCOR1 SCOR2 SCOR3 CONST
KM
1.000
0.661 1.000
0.551 0.767 1.000
0.000 0.000 0.000 1.000
ME
79.95795 81.02408 82.04149 1.0000
SD
1.23863 1.39206 1.63997 0.0000
SE
4 1 2 3/
MO NY=4 NE=11 BE=FU,FI PS=SY,FI LY=FU,FI TE=ZE
LE
'CON' 'SCO1' 'SCO2' 'SCO3' 'E1' 'E2' 'E3' 'ML' 'MS' 'EML' 'EMS'
MA LY
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
MA BE
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0
0 0 0 0 0 0 1 1 2 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 0 0 0 0 0 0
80 0 0 0 0 0 0 0 0 1 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
 MA PS
 1
 0 0
 0 0 0
 0 0 0 0
 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 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 1 1
 FR BE(2,5) BE(3,6) BE(4,7)
 EQ BE(2,5) BE(3,6) BE(4,7)
 FR BE(8,10) BE(9,11)
 FR BE(9,1) BE(8,1)
 FR PS(10,11)
 FR PS(1,1)
 OU NS RS SE TV PC SS FS MI AD=OFF TO ND=4 IT=500

 LINEAR MODEL FOR 3 TIMES CHANGE

                          Number of Input Variables  4
                          Number of Y - Variables    4
                          Number of X - Variables    0
                          Number of ETA - Variables 11
                          Number of KSI - Variables  0
                          Number of Observations   500

 LINEAR MODEL FOR 3 TIMES CHANGE

         Moment Matrix

              CONST      SCOR1      SCOR2      SCOR3
            --------   --------   --------   --------
   CONST     1.0000
   SCOR1    79.9579  6394.8080
   SCOR2    81.0241  6479.6591  6566.8394
   SCOR3    82.0415  6560.9886  6649.0873  6733.4956


 LINEAR MODEL FOR 3 TIMES CHANGE

 Parameter Specifications

         BETA

CON        SCO1       SCO2       SCO3          E1          E2
--------   --------   --------   --------   --------   --------
CON          0          0          0          0          0          0
SCO1         0          0          0          0          1          0
SCO2         0          0          0          0          0          1
SCO3         0          0          0          0          0          0
E1           0          0          0          0          0          0
E2           0          0          0          0          0          0
E3           0          0          0          0          0          0
ML           2          0          0          0          0          0
MS           4          0          0          0          0          0
```

EML	0	0	0	0	0	0
EMS	0	0	0	0	0	0

BETA

	E3	ML	MS	EML	EMS
CON	0	0	0	0	0
SCO1	0	0	0	0	0
SCO2	0	0	0	0	0
SCO3	1	0	0	0	0
E1	0	0	0	0	0
E2	0	0	0	0	0
E3	0	0	0	0	0
ML	0	0	0	3	0
MS	0	0	0	0	5
EML	0	0	0	0	0
EMS	0	0	0	0	0

PSI

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	6					
SCO1	0	0				
SCO2	0	0	0			
SCO3	0	0	0	0		
E1	0	0	0	0	0	
E2	0	0	0	0	0	0
E3	0	0	0	0	0	0
ML	0	0	0	0	0	0
MS	0	0	0	0	0	0
EML	0	0	0	0	0	0
EMS	0	0	0	0	0	0

PSI

	E3	ML	MS	EML	EMS
E3	0				
ML	0	0			
MS	0	0	0		
EML	0	0	0	0	
EMS	0	0	0	7	0

LINEAR MODEL FOR 3 TIMES CHANGE

Number of Iterations = 2

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-Y

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2	
CONST	1.0000	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SCOR1	- -	1.0000	- -	- -	- -	- -	- -
SCOR2	- -	- -	1.0000	- -	- -	- -	- -
SCOR3	- -	- -	- -	1.0000	- -	- -	- -

LAMBDA-Y

	E3	ML	MS	EML	EMS
CONST	- -	- -	- -	- -	- -
SCOR1	- -	- -	- -	- -	- -
SCOR2	- -	- -	- -	- -	- -
SCOR3	- -	- -	- -	- -	- -

BETA

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SCO1	- -	- -	- -	- -	0.6650 (0.0210) 31.5911	- -
SCO2 0.6650 (0.0210) 31.5911	- -	- -	- -	- -	- -	
SCO3	- -	- -	- -	- -	- -	- -
E1	- -	- -	- -	- -	- -	- -
E2	- -	- -	- -	- -	- -	- -
E3	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ML	79.9661 (0.0545) 1466.7683	- -	- -	- -	- -	- -
MS	1.0418 (0.0315) 33.0332	- -	- -	- -	- -	- -
EML	- -	- -	- -	- -	- -	- -
EMS	- -	- -	- -	- -	- -	- -

BETA

	E3	ML	MS	EML	EMS
CON	- -	- -	- -	- -	- -
SCO1	- -	1.0000	- -	- -	- -

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SCO2	- -	1.0000	1.0000	- -	- -
SCO3	0.6650 (0.0210) 31.5911	1.0000	2.0000	- -	- -
E1	- -	- -	- -	- -	- -
E2	- -	- -	- -	- -	- -
E3	- -	- -	- -	- -	- -
ML	- -	- -	- -	1.0558 (0.0458) 23.0424	- -
MS	- -	- -	- -	- -	0.5246 (0.0328) 16.0027
EML	- -	- -	- -	- -	- -
EMS	- -	- -	- -	- -	- -

Covariance Matrix of ETA

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	1.0000					
SCO1	79.9661	6396.1292				
SCO2	81.0078	6479.0125	6564.1406			
SCO3	82.0496	6562.3380	6648.3844	6734.8731		
E1	- -	0.6650	- -	- -	1.0000	
E2	- -	- -	0.6650	- -	- -	1.0000
E3	- -	- -	- -	0.6650	- -	- -
ML	79.9661	6395.6870	6479.0125	6562.3380	- -	- -
MS	1.0418	83.3255	84.6860	86.0465	- -	- -
EML	- -	1.0558	1.0740	1.0922	- -	- -
EMS	- -	0.0366	0.5612	1.0858	- -	- -

Covariance Matrix of ETA

	E3	ML	MS	EML	EMS
E3	1.0000				
ML	- -	6395.6870			
MS	- -	83.3255	1.3605		
EML	- -	1.0558	0.0182	1.0000	
EMS	- -	0.0366	0.5246	0.0347	1.0000

PSI

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	1.0000 (0.0633) 15.7956					
SCO1	- -	- -				

SCO2	- -	- -	- -			
SCO3	- -	- -	- -	- -		
E1	- -	- -	- -	- -	1.0000	
E2	- -	- -	- -	- -	- -	1.0000
E3	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ML	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MS	- -	- -	- -	- -	- -	- -
EML	- -	- -	- -	- -	- -	- -
EMS	- -	- -	- -	- -	- -	- -

PSI

	E3	ML	MS	EML	EMS
E3	1.0000				
ML	- -	- -			
MS	- -	- -	- -		
EML	- -	- -	- -	1.0000	
EMS	- -	- -	- -	0.0347 (0.0771) 0.4499	1.0000

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
- -	1.0000	1.0000	1.0000	- -	- -

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

E3	ML	MS	EML	EMS
- -	1.0000	1.0000	- -	- -

Squared Multiple Correlations for Reduced Form

CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
- -	- -	- -	- -	- -	1.0000

Squared Multiple Correlations for Reduced Form

E3	ML	MS	EML	EMS
-78.9661	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

CONST	SCOR1	SCOR2	SCOR3
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 3
Minimum Fit Function Chi-Square = 1.7688 (P = 0.6217)
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 1.7657 (P = 0.6224)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 0.0
90 Percent Confidence Interval for NCP = (0.0 ; 5.6743)

Minimum Fit Function Value = 0.003545
Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.0
90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.0 ; 0.01137)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.0 ; 0.06157)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.8989

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.03407
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.03407 ; 0.04544)
ECVI for Saturated Model = 0.04008
ECVI for Independence Model = 6.0144

Chi-Square for Independence Model with 6 Degrees of Freedom = 2993.2097

Independence AIC = 3001.2097
Model AIC = 15.7657
Saturated AIC = 20.0000
Independence CAIC = 3022.0682
Model CAIC = 52.2679
Saturated CAIC = 72.1461

Normed Fit Index (NFI) = 0.9994
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 1.0008
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.4997
Comparative Fit Index (CFI) = 1.0000
Incremental Fit Index (IFI) = 1.0004
Relative Fit Index (RFI) = 0.9988

Critical N (CN) = 3202.0984

Root Mean Square Residual (RMR) = 1.1687
Standardized RMR = 0.0001942
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.9982
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.9941
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.2995

LINEAR MODEL FOR 3 TIMES CHANGE

Fitted Covariance Matrix

	CONST	SCOR1	SCOR2	SCOR3
CONST	1.0000			
SCOR1	79.9661	6396.1292		
SCOR2	81.0078	6479.0125	6564.1406	

SCOR3	82.0496	6562.3380	6648.3844	6734.8731

Fitted Residuals

	CONST	SCOR1	SCOR2	SCOR3
CONST	0.0000			
SCOR1	-0.0081	-1.3212		
SCOR2	0.0162	0.6466	2.6987	
SCOR3	-0.0081	-1.3494	0.7028	-1.3775

Summary Statistics for Fitted Residuals

Smallest Fitted Residual = -1.3775
Median Fitted Residual = -0.0041
Largest Fitted Residual = 2.6987

Stemleaf Plot

```
- 1|433
- 0|0000
  0|67
  1|
  2|7
```

Standardized Residuals

	CONST	SCOR1	SCOR2	SCOR3
CONST	- -			
SCOR1	-0.6688	-0.6799		
SCOR2	0.6683	0.6747	0.6853	
SCOR3	-0.6689	-0.6854	0.6965	-0.6908

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -0.6908
Median Standardized Residual = -0.3344
Largest Standardized Residual = 0.6965

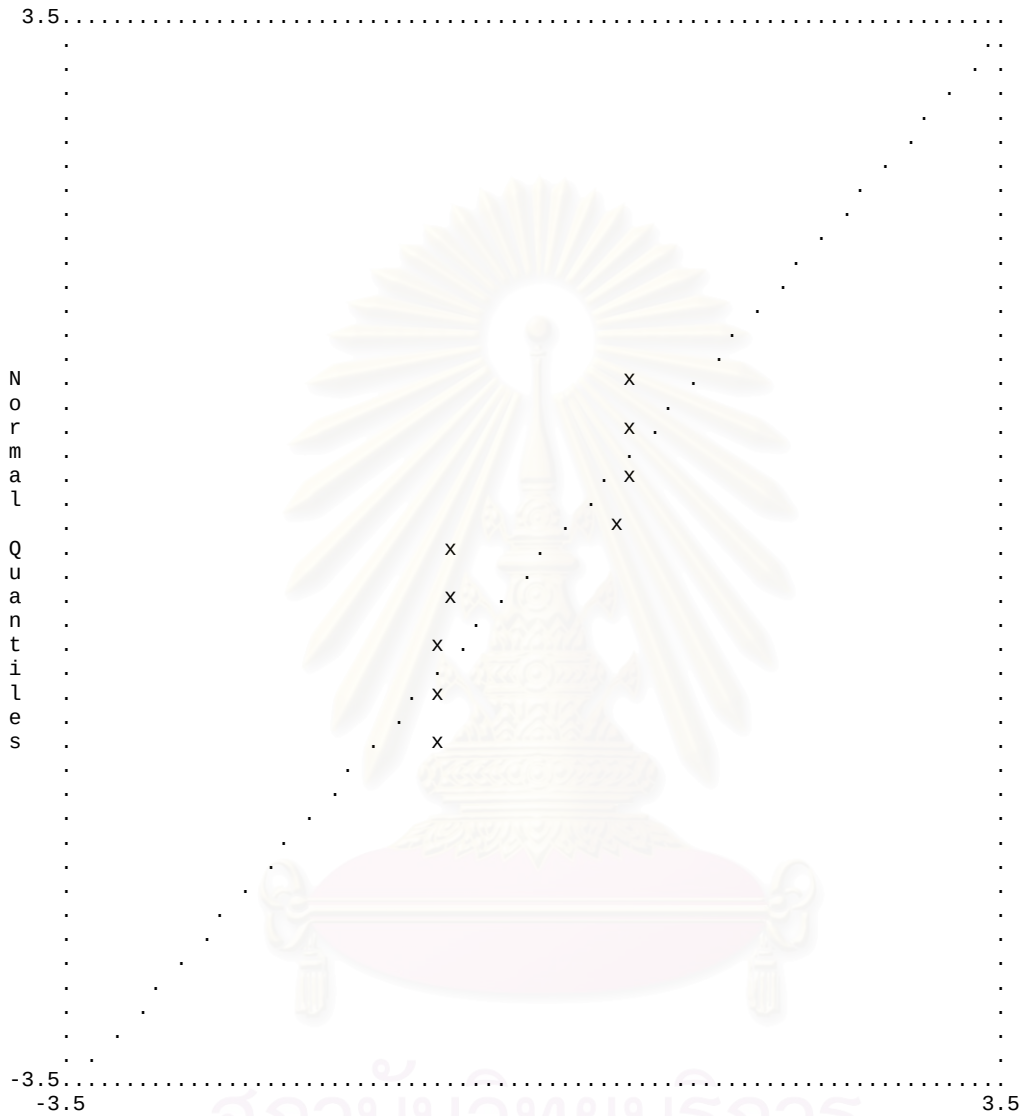
Stemleaf Plot

```
- 0|77777
- 0|0
  0|
  0|7777
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LINEAR MODEL FOR 3 TIMES CHANGE

Qplot of Standardized Residuals



LINEAR MODEL FOR 3 TIMES CHANGE

Modification Indices and Expected Change

Modification Indices for LAMBDA-Y

CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CONST	- -	0.8982	0.8982	0.8982	0.8982
0.8982					
SCOR1	0.4465	0.4622	0.4690	0.4772	0.0018
0.0139					
SCOR2	0.4465	0.4610	0.4716	0.4760	0.0139
0.8904					
SCOR3	0.4465	0.4657	0.4622	0.4806	0.8904
0.2529					

Modification Indices for LAMBDA-Y

	E3	ML	MS	EML	EMS
CONST	0.8982	- -	- -	- -	- -
SCOR1	0.8904	0.4618	0.8928	0.9255	0.7876
SCOR2	0.2529	0.4618	0.8928	0.9255	0.7876
SCOR3	0.4836	0.4618	0.8928	0.9255	0.7876

Expected Change for LAMBDA-Y

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CONST	- -	0.0023	-0.0012	0.0023	0.0015	-0.0008
SCOR1	-0.0487	-0.0006	-0.0006	-0.0006	-0.0026	-0.0080
SCOR2	0.0244	0.0003	0.0003	0.0003	-0.0080	0.0919
SCOR3	-0.0487	-0.0006	-0.0006	-0.0006	-0.1837	0.0384

Expected Change for LAMBDA-Y

	E3	ML	MS	EML	EMS
CONST	0.0015	- -	- -	- -	- -
SCOR1	-0.1837	-0.0006	-0.0616	-0.0781	-0.0836
SCOR2	0.0384	0.0003	0.0308	0.0390	0.0418
SCOR3	-0.0537	-0.0006	-0.0616	-0.0781	-0.0836

Standardized Expected Change for LAMBDA-Y

CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CONST	- -	0.1840	-0.0932	0.1888	0.0015	-0.0008
SCOR1	-0.0487	-0.0496	-0.0499	-0.0504	-0.0026	-0.0080
SCOR2	0.0244	0.0248	0.0250	0.0252	-0.0080	0.0919
SCOR3	-0.0487	-0.0498	-0.0496	-0.0505	-0.1837	0.0384

Standardized Expected Change for LAMBDA-Y

	E3	ML	MS	EML	EMS
CONST	0.0015	- -	- -	- -	- -
SCOR1	-0.1837	-0.0495	-0.0719	-0.0781	-0.0836
SCOR2	0.0384	0.0248	0.0359	0.0390	0.0418
SCOR3	-0.0537	-0.0495	-0.0719	-0.0781	-0.0836

Modification Indices for BETA

CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	- -	0.4470	0.4465	0.4475	0.4465	0.4465

SCO1	0.4465	0.4622	0.4690	0.4772	0.0018	0.0139
SCO2	0.4465	0.4610	0.4716	0.4760	0.0139	0.8904
SCO3	0.4465	0.4657	0.4622	0.4806	0.8904	0.2529
E1	0.4465	0.4622	0.4690	0.4772	0.0018	0.0139
E2	0.4465	0.4610	0.4716	0.4760	0.0139	0.8904
E3	0.4465	0.4657	0.4622	0.4806	0.8904	0.2529
ML	- -	0.8904	0.8904	0.8904	0.8904	0.8904
MS	- -	0.7370	0.7370	0.7370	0.7370	0.7370
EML	- -	0.8904	0.8904	0.8904	0.8904	0.8904
EMS	- -	0.7370	0.7369	0.7370	0.7370	0.7370

Modification Indices for BETA

	E3	ML	MS	EML	EMS
CON	0.4465	- -	- -	- -	- -
SCO1	0.8904	0.4618	0.8928	0.9255	0.7876
SCO2	0.2529	0.4618	0.8928	0.9255	0.7876
SCO3	0.4836	0.4618	0.8928	0.9255	0.7876
E1	0.8904	0.4618	0.8928	0.9255	0.7876
E2	0.2529	0.4618	0.8928	0.9255	0.7876
E3	0.4836	0.4618	0.8928	0.9255	0.7876
ML	0.8904	- -	- -	- -	- -
MS	0.7370	- -	- -	- -	- -
EML	0.8904	- -	- -	- -	- -
EMS	0.7370	- -	- -	- -	- -

Expected Change for BETA

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	- -	-0.1103	0.0551	-0.1105	-0.0733	0.0366
SCO1	-0.0487	-0.0006	-0.0006	-0.0006	-0.0022	-0.0080
SCO2	0.0244	0.0003	0.0003	0.0003	-0.0080	0.0306
SCO3	-0.0487	-0.0006	-0.0006	-0.0006	-0.1837	0.0384
E1	-0.0733	-0.0009	-0.0009	-0.0009	-0.0039	-0.0120
E2	0.0366	0.0005	0.0005	0.0005	-0.0120	0.1381
E3	-0.0733	-0.0009	-0.0009	-0.0009	-0.2763	0.0577
ML	- -	-0.1842	0.0921	-0.1842	-0.1225	0.0612
MS	- -	-0.0969	0.0485	-0.0969	-0.0645	0.0322
EML	- -	-0.1745	0.0872	-0.1745	-0.1160	0.0580
EMS	- -	-0.1848	0.0924	-0.1848	-0.1229	0.0614

Expected Change for BETA

	E3	ML	MS	EML	EMS

CON	-0.0733	- -	- -	- -	- -
SCO1	-0.1837	-0.0006	-0.0616	-0.0781	-0.0836
SCO2	0.0384	0.0003	0.0308	0.0390	0.0418
SCO3	-0.0447	-0.0006	-0.0616	-0.0781	-0.0836
E1	-0.2763	-0.0009	-0.0927	-0.1174	-0.1257
E2	0.0577	0.0005	0.0463	0.0587	0.0629
E3	-0.0807	-0.0009	-0.0927	-0.1174	-0.1257
ML	-0.1225	- -	- -	- -	- -
MS	-0.0645	- -	- -	- -	- -
EML	-0.1160	- -	- -	- -	- -
EMS	-0.1229	- -	- -	- -	- -

Standardized Expected Change for BETA

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	- -	-0.0014	0.0007	-0.0013	-0.0733	0.0366
SCO1	-0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
SCO2	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001	0.0004
SCO3	-0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0022	0.0005
E1	-0.0733	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0039	-0.0120
E2	0.0366	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0120	0.1381
E3	-0.0733	0.0000	0.0000	0.0000	-0.2763	0.0577
ML	- -	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0015	0.0008
MS	- -	-0.0010	0.0005	-0.0010	-0.0553	0.0276
EML	- -	-0.0022	0.0011	-0.0021	-0.1160	0.0580
EMS	- -	-0.0023	0.0011	-0.0023	-0.1229	0.0614

Standardized Expected Change for BETA

	E3	ML	MS	EML	EMS
CON	-0.0733	- -	- -	- -	- -
SCO1	-0.0023	0.0000	-0.0007	-0.0010	-0.0010
SCO2	0.0005	0.0000	0.0003	0.0005	0.0005
SCO3	-0.0005	0.0000	-0.0006	-0.0010	-0.0010
E1	-0.2763	0.0000	-0.0794	-0.1174	-0.1257
E2	0.0577	0.0000	0.0397	0.0587	0.0629
E3	-0.0807	0.0000	-0.0794	-0.1174	-0.1257
ML	-0.0015	- -	- -	- -	- -
MS	-0.0553	- -	- -	- -	- -
EML	-0.1160	- -	- -	- -	- -
EMS	-0.1229	- -	- -	- -	- -

Modification Indices for PSI

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	- -					
SCO1	0.4465	0.0018				
SCO2	0.4465	0.0139	0.8904			
SCO3	0.4465	0.8904	0.2529	0.4836		

```
E1        0.4465     0.0018     0.0139     0.8904     0.0018
E2        0.4465     0.0139     0.8904     0.2529     0.0139
0.8904
E3        0.4465     0.8904     0.2529     0.4836     0.8904
0.2529
ML         - -       0.8904     0.8904     0.8904     0.8904
0.8904
MS         - -       0.7370     0.7370     0.7370     0.7370
0.7370
EML        - -       0.8904     0.8904     0.8904     0.8904
0.8904
EMS        - -       0.7370     0.7370     0.7370     0.7370
0.7370
```

Modification Indices for PSI

	E3	ML	MS	EML	EMS
E3	0.4836				
ML	0.8904	- -			
MS	0.7370	- -	- -		
EML	0.8904	- -	- -	- -	
EMS	0.7370	- -	- -	- -	- -

Expected Change for PSI

CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	- -				
SCO1	-0.0487	-0.0035			
SCO2	0.0244	-0.0053	0.1222		
SCO3	-0.0487	-0.1222	0.0255	-0.0714	
E1	-0.0733	-0.0026	-0.0080	-0.1837	-0.0078
E2	0.0366	-0.0080	0.0919	0.0384	-0.0120
0.2763					
E3	-0.0733	-0.1837	0.0384	-0.0537	-0.2763
0.0577					
ML	- -	-0.0814	0.0407	-0.0814	-0.1225
0.0612					
MS	- -	-0.0429	0.0214	-0.0429	-0.0645
0.0322					
EML	- -	-0.0771	0.0386	-0.0771	-0.1160
0.0580					
EMS	- -	-0.0817	0.0408	-0.0817	-0.1229
0.0614					

Expected Change for PSI

	E3	ML	MS	EML	EMS
E3	-0.1614				
ML	-0.1225	- -			
MS	-0.0645	- -	- -		
EML	-0.1160	- -	- -	- -	
EMS	-0.1229	- -	- -	- -	- -

Standardized Expected Change for PSI

CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	- -				

```
SCO1     -0.0006      0.0000
SCO2      0.0003      0.0000      0.0000
SCO3     -0.0006      0.0000      0.0000      0.0000
E1       -0.0733      0.0000     -0.0001     -0.0022     -0.0078
E2        0.0366     -0.0001      0.0011      0.0005     -0.0120
0.2763
E3       -0.0733     -0.0023      0.0005     -0.0007     -0.2763
0.0577
ML         - -        0.0000      0.0000      0.0000     -0.0015
0.0008
MS         - -       -0.0005      0.0002     -0.0004     -0.0553
0.0276
EML        - -       -0.0010      0.0005     -0.0009     -0.1160
0.0580
EMS        - -       -0.0010      0.0005     -0.0010     -0.1229
0.0614
```

Standardized Expected Change for PSI

	E3	ML	MS	EML	EMS
E3	-0.1614				
ML	-0.0015	- -			
MS	-0.0553	- -	- -		
EML	-0.1160	- -	- -	- -	
EMS	-0.1229	- -	- -	- -	- -

Modification Indices for THETA-EPS

	CONST	SCOR1	SCOR2	SCOR3
CONST	- -			
SCOR1	0.8982	0.0018		
SCOR2	0.8982	0.0139	0.8904	
SCOR3	0.8982	0.8904	0.2529	0.4836

Expected Change for THETA-EPS

	CONST	SCOR1	SCOR2	SCOR3
CONST	- -			
SCOR1	0.0010	-0.0035		
SCOR2	-0.0005	-0.0053	0.1222	
SCOR3	0.0010	-0.1222	0.0255	-0.0714

Maximum Modification Index is 0.93 for Element (4,10) of LAMBDA-Y

Covariance Matrix of Parameter Estimates

```
BE 2,5      BE 8,1     BE 8,10      BE 9,1     BE 9,11      PS 1,1
--------    --------   --------    --------   --------    --------
BE 2,5      0.0004
BE 8,1      0.0000      0.0030
BE 8,10    -0.0002      0.0000      0.0021
BE 9,1      0.0000     -0.0004      0.0000      0.0010
BE 9,11    -0.0003      0.0000      0.0002      0.0000      0.0011
PS 1,1      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000
0.0040
PS 11,10    0.0006      0.0000     -0.0014      0.0000     -0.0011
0.0000
```

Covariance Matrix of Parameter Estimates

	PS 11,10
PS 11,10	0.0059

LINEAR MODEL FOR 3 TIMES CHANGE

Correlation Matrix of Parameter Estimates

	BE 2,5	BE 8,1	BE 8,10	BE 9,1	BE 9,11	PS 1,1	1.0000
BE 2,5	1.0000						
BE 8,1	0.0000	1.0000					
BE 8,10	-0.2411	0.0000	1.0000				
BE 9,1	0.0000	-0.2353	0.0000	1.0000			
BE 9,11	-0.4069	0.0000	0.1472	0.0000	1.0000		
PS 1,1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	
PS 11,10	0.3439	0.0000	-0.3932	0.0000	-0.4378	0.0000	

Correlation Matrix of Parameter Estimates

	PS 11,10
PS 11,10	1.0000

LINEAR MODEL FOR 3 TIMES CHANGE

Factor Scores Regressions

ETA

	CONST	SCOR1	SCOR2	SCOR3
CON	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SCO1	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SCO2	0.0000	- -	1.0000	0.0000
SCO3	0.0000	0.0000	- -	1.0000
E1	-23.3373	0.7739	-0.4016	-0.0733
E2	-12.7179	-0.4016	1.0553	-0.4955
E3	-2.0984	-0.0733	-0.4955	0.5862
ML	15.5182	0.4854	0.2671	0.0488
MS	-7.0614	-0.2183	0.0312	0.2807
EML	-61.0422	0.4597	0.2530	0.0462
EMS	-15.4460	-0.4161	0.0595	0.5351

LINEAR MODEL FOR 3 TIMES CHANGE

Standardized Solution

LAMBDA-Y

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2	
CONST	1.0000	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SCOR1	- -	79.9758	- -	- -	- -	- -	- -
SCOR2	- -	- -	81.0194	- -	- -	- -	- -
SCOR3	- -	- -	- -	82.0663	- -	- -	- -

LAMBDA-Y

	E3	ML	MS	EML	EMS
CONST	- -	- -	- -	- -	- -
SCOR1	- -	- -	- -	- -	- -
SCOR2	- -	- -	- -	- -	- -
SCOR3	- -	- -	- -	- -	- -

BETA

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2	
CON	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SCO1	- -	- -	- -	- -	0.0083	- -	
SCO2	- -	- -	- -	- -	- -		
0.0082							
SCO3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
E1	- -	- -	- -	- -	- -	- -	
E2	- -	- -	- -	- -	- -	- -	
E3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	
ML	0.9999	- -	- -	- -	- -	- -	
MS	0.8931	- -	- -	- -	- -	- -	
EML	- -	- -	- -	- -	- -	- -	
EMS	- -	- -	- -	- -	- -	- -	

BETA

	E3	ML	MS	EML	EMS
CON	- -	- -	- -	- -	- -
SCO1	- -	1.0000	- -	- -	- -
SCO2	- -	0.9871	0.0144	- -	- -
SCO3	0.0081	0.9745	0.0284	- -	- -
E1	- -	- -	- -	- -	- -
E2	- -	- -	- -	- -	- -
E3	- -	- -	- -	- -	- -
ML	- -	- -	- -	0.0132	- -
MS	- -	- -	- -	- -	0.4498
EML	- -	- -	- -	- -	- -
EMS	- -	- -	- -	- -	- -

Correlation Matrix of ETA

	CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	1.0000					
SCO1	0.9999	1.0000				

```
SCO2     0.9999     0.9999     1.0000
SCO3     0.9998     0.9999     0.9999     1.0000
E1       - -       0.0083      - -        - -       1.0000
E2       - -        - -       0.0082      - -        - -       1.0000
E3       - -        - -        - -       0.0081      - -        - -
ML      0.9999     1.0000     0.9999     0.9999      - -        - -
MS      0.8931     0.8932     0.8961     0.8989      - -        - -
EML      - -       0.0132     0.0133     0.0133      - -        - -
EMS      - -       0.0005     0.0069     0.0132      - -        - -
```

Correlation Matrix of ETA

	E3	ML	MS	EML	EMS
E3	1.0000				
ML	- -	1.0000			
MS	- -	0.8933	1.0000		
EML	- -	0.0132	0.0156	1.0000	
EMS	- -	0.0005	0.4498	0.0347	1.0000

PSI

CON	SCO1	SCO2	SCO3	E1	E2
CON	1.0000				
SCO1	- -	- -			
SCO2	- -	- -	- -		
SCO3	- -	- -	- -	- -	
E1	- -	- -	- -	- -	1.0000
E2	- -	- -	- -	- -	- - 1.0000
E3	- -	- -	- -	- -	- - - -
ML	- -	- -	- -	- -	- - - -
MS	- -	- -	- -	- -	- - - -
EML	- -	- -	- -	- -	- - - -
EMS	- -	- -	- -	- -	- - - -

PSI

	E3	ML	MS	EML	EMS
E3	1.0000				
ML	- -	- -			
MS	- -	- -	- -		
EML	- -	- -	- -	1.0000	
EMS	- -	- -	- -	0.0347	1.0000

Time used: 0.047 Seconds

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

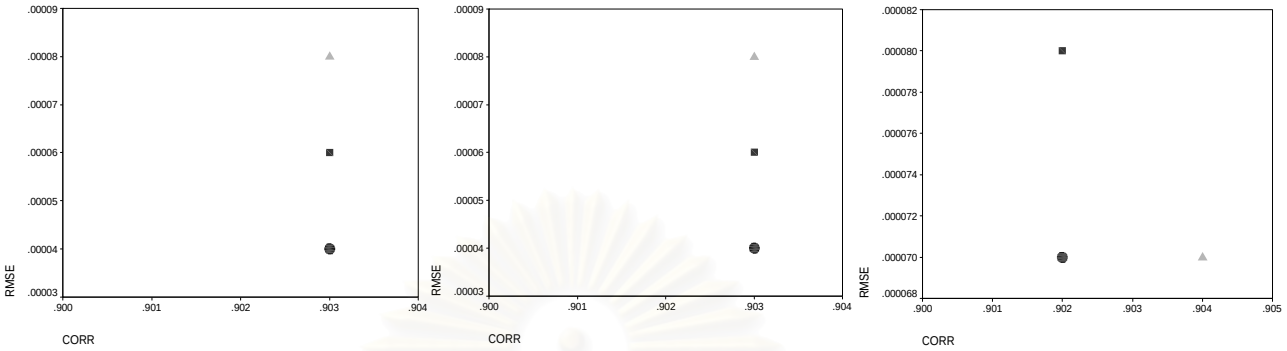
ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแผนภาพการกระจายในการ
เปรียบเทียบคุณภาพของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีการวัด DS,RG และ BRG

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

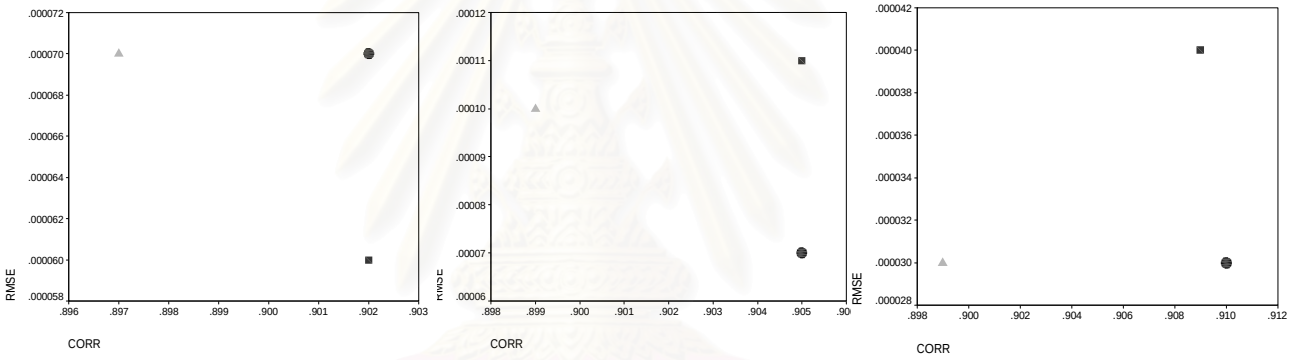
ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแบบเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0,0.15,0.60,1.80,1.50] มีจำนวนครั้งของการวัดซ้ำเป็น 5 ครั้ง

เมื่อ MS = -0.2



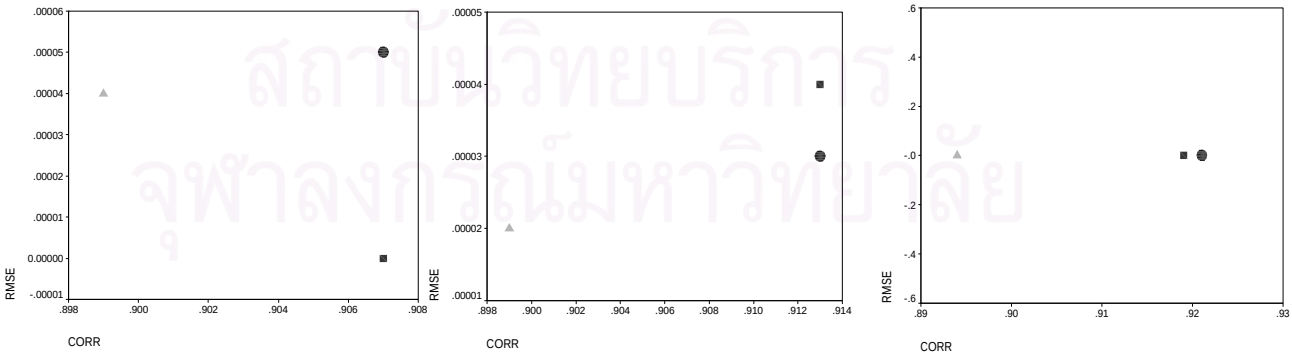
ML = 30 ML = 60 ML = 80

เมื่อ MS = 1



ML = 30 ML = 60 ML = 80

เมื่อ MS = 2.5



ML = 30 ML = 60 ML = 80

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนิอร ไชยพรพัฒนา เกิดวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2522 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง วิชาเอกคณิตศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2544 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548 ปัจจุบัน รับราชการตำแหน่ง อาจารย์ 1 ระดับ 4 โรงเรียนประชาบำรุง สำนักงานเขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย