Journal of Research Methodology, Volume 15, Number 1 (January - April 2002)

วารสารวิธีวิทยาการวิจัย ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 (มกราคม - เมษายน 2545)

The Principles of Multilevel Path Analysis, Multilevel Factor Analysis, and Multilevel Latent Variable Growth Curve Model: Muthen - Based Approach

Sungworn Ngudgratoke

ABSTRACT

In social and behavioral science research, researchers are frequently interested in studying the data with hierarchical or nested structure. When these data are analyzed by such conventional statistics as multiple regression, factor analysis, or even latent variable growth curve model, the assumption of independence of observations would be violated. This leads to lower standard error, thereby increasing the probability to reject null hypothesis and ultimately causing misconstrued research conclusions. Muthen deliberately developed multilevel structural equation modeling in order to exterminate these statistical shortcomings. This exquisite technique has been generally believed that it is an extension of conventional structural equation model that can be substantially applied to formulate a manifold of advanced structural equation modeling such as multilevel path analysis, multilevel factor analysis, and multilevel latent variable growth curve model.

In this article, Muthen - based methodology of multilevel analysis was delineated in general concepts but fully covered conceptual contents of his notions. In the last section, the method of preparing variance - covariance matrices was illustrated by using SOURCEBW program developed by Muthen so as to calculate within and between variance - covariance matrix, common group size, and intraclass correlations to be used as data input for analyzing multilevel structural equation modeling through LISREL or EQS.

หลักการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุระดับ และการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการแบบพหุระดับ: วิธีการของ Muthen

สังวรณ์ งัดกระโทก

บทคัดย่อ

ในการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ นักวิจัยมักสนใจศึกษาข้อมูลที่มีโครงสร้างลดหลั่นหรือซ้อนกัน การวิเคราะห์ข้อมูลที่มีระดับลดหลั่นด้วยการใช้วิธีการทางสถิติแบบดั้งเดิม เช่น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณ การวิเคราะห์องค์ประกอบ หรือการวิเคราะห์โค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝงจะฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์เกี่ยวกับความเป็นอิสระของหน่วยตัวอย่าง ทำให้การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานได้ต่ำกว่าความเป็นจริง และส่งผลให้ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานหลักมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้สรุปผลการวิจัยบิดเบือนไปจากความเป็นจริง Muthen ได้พัฒนาเทคนิคโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับเพื่อแก้ไขปัญหาทางสถิติเหล่านี้ เทคนิคโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับเป็นเทคนิคที่ขยายแนวคิดต่อจากโมเดลสมการโครงสร้างแบบดั้งเดิม สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นโมเดลสมการโครงสร้างขั้นสูงได้หลายวิธี เช่น การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุระดับ และการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับ

ในบทความนี้ได้อธิบายมโนทัศน์ของวิธีวิทยาการการวิเคราะห์พหุระดับตามวิธีของ Muthen ในภาพรวมแต่ครอบคลุมเนื้อหาตามแนวคิดของ Muthen ในตอนท้ายของบทความได้อธิบายวิธีการเตรียมเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม โดยใช้โปรแกรม SOURCEBW ที่พัฒนาโดย Muthen เพื่อใช้ในการเตรียมเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ขนาดหน่วยตัวอย่างร่วม และสหสัมพันธ์ภายในชั้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยโปรแกรมลิสเรลหรืออีคิวเอส

บทนำ

ข้อมูลสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์มักมีลักษณะเป็นโครงสร้างที่มีระดับลดหลั่น (hierarchical structure) ตัวอย่างเช่น การวิจัยทางการศึกษาที่ใช้หน่วยวิเคราะห์ที่เล็กที่สุด คือ ระดับนักเรียน แต่นักเรียนหลาย ๆ คน รวมเป็นชั้นเรียนหลาย ๆ ชั้นเรียนรวมเป็นโรงเรียน และกลุ่มโรงเรียน ตามลำดับ การสุ่มเลือกหน่วยตัวอย่างตามโครงสร้างข้อมูลลักษณะนี้มักใช้การสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multistage) แล้วจึงนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติต่าง ๆ เพื่อรายงานผลการวิจัยที่ต้องการศึกษา แต่สถิติวิเคราะห์โดยทั่วไปมักมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าหน่วยตัวอย่างต้องเป็นอิสระจากกัน (independence of observation) เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุ (multiple regression) เป็นต้น แต่โดยทั่วไปแล้ว หน่วยตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนมักจะไม่เป็นอิสระจากกัน ดังนั้นหากผู้วิจัยไม่ตระหนักถึงโครงสร้างข้อมูลที่มีระดับลดหลั่นแล้วจะทำให้ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระของหน่วยตัวอย่างอันจะส่งผลให้การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง (Osborne, 2000; Duncan และคณะ, 1998, Heck และ Thomas, 2000) ทำให้ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (null hypothesis) เพิ่มมากขึ้น (Osborne, 2000) และทำให้เพิ่มค่าความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากเกินจริง (Duncan และคณะ, 1998)

Muthen (1989 อ้างถึงใน Kaplan, 2000) กล่าวถึงกรณีที่หน่วยตัวอย่างสำหรับการวิจัยมีข้อมูลของหน่วยตัวอย่างในระดับลดหลั่นและไม่เป็นอิสระจากกันว่าจะทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของโมเดลสมการโครงสร้าง เช่น การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ การวิเคราะห์องค์ประกอบ และการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง บิดเบือนไปจากความเป็นจริง การพัฒนาแนวคิดสำหรับแก้ไขข้อจำกัดของการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อข้อมูลมีระดับลดหลั่นนั้น นักสถิติจำนวนมากเสนอว่าควรวิเคราะห์โมเดลการวิจัยเหล่านั้นด้วยเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับ (multilevel analysis) แต่อย่างไรก็ตาม โปรแกรมโมเดลสมการโครงสร้างที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นโปรแกรม LISREL, EQS หรือ AMOS ที่นิยมใช้วิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ การวิเคราะห์องค์ประกอบและการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝงต่างก็ยังมีข้อจำกัดที่ยังไม่สามารถวิเคราะห์โมเดลพหุระดับได้ เพื่อแก้จุดอ่อนของโมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับ Muthen จึงได้พัฒนาแนวคิดเพื่อให้โปรแกรมโมเดลสมการโครงสร้างสามารถวิเคราะห์โมเดลการวิจัยที่ข้อมูลอยู่ต่างระดับกันได้ โดยเริ่มต้นเผยแพร่แนวคิดนี้ในบทความเรื่อง "Latent Variables Modelling in Heterogenous Population" ในปี ค.ศ. 1989 Muthen แนะนำว่าโปรแกรมทางสถิติที่สามารถวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างได้ จะสามารถประยุกต์ให้

วิเคราะห์พหุระดับได้เช่นเดียวกับโมเดลเชิงเส้นระดับลดหลั่น (Hierarchical Linear Model; HLM) แต่ต้องมีการเตรียมเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม จำนวน 2 เมทริกซ์ คือ เมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรระดับจุลภาคและระดับมหภาคด้วยวิธีการที่แตกต่างไปจากการเตรียมแบบดั้งเดิม ปัจจุบันนี้ Muthen ได้พัฒนาโปรแกรม Mplus ซึ่งมีความสามารถพิเศษที่สามารถวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับได้โดยตรงซึ่งผู้วิจัยไม่ต้องเสียเวลาเตรียม เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม เพราะโปรแกรม Mplus จะเตรียมเมทริกซ์ทั้งสองให้โดยอัตโนมัติ

การประยุกต์ใช้แนวคิดของ Muthen ในการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมสมการโครงสร้าง มีจุดเด่นที่สำคัญมาก คือ สามารถพัฒนาโมเดลการวิเคราะห์พหุระดับออกได้เป็น 3 รูปแบบที่สำคัญ คือ การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (multilevel path analysis) การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุระดับ (multilevel factor analysis) และการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับ (multilevel latent growth curve model) วิธีการเหล่านี้เป็นการขยายพรมแดนความรู้ของการวิเคราะห์พหุระดับให้ขยายออกไปได้อย่างกว้างขวางมากกว่าโมเดลเอ็ชแอลเอ็ม (Hierarchical Linear Model; HLM) และเป็นเทคนิคการวิเคราะห์สถิติขั้นสูงที่สามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ลึกซึ้งมากกกว่าการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม เพราะสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ทั้งระดับจุลภาค (micro level) และระดับมหภาค (macro level) โดยใช้หลักการวิเคราะห์พหุระดับเป็นฐานในการพัฒนาโมเดล โมเดลการวิเคราะห์แบบนี้จึงให้รายละเอียดที่จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ในอนาคตมากขึ้น ดังนั้นจึงควรยกย่อง Muthen ว่าเป็นเสมือน "ผู้บุกเบิกด้านการวิเคราะห์พหุระดับแนวใหม่" ด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง

Muthen (1989) กล่าวว่า เมื่อข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากแหล่งข้อมูลหลายระดับจะสามารถแยกความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมรวมของตัวแปรในประชากร (population total variance - covariance, Σ_T) ออกเป็นความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระดับภายในหน่วย (within unit, Σ_W) และความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างหน่วย (between unit, Σ_B) ดังสมการ $\Sigma_T = \Sigma_W + \Sigma_B$ และ Muthen เสนอวิธีการเพื่อใช้ข้อมูลจากหน่วยตัวอย่างประมาณค่า Σ_T, Σ_W, และ Σ_B ดังนี้ คือ ประการแรก ใช้ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมรวมของหน่วยตัวอย่าง (total sample variance - covariance matrix, S_T) ประมาณค่า Σ_T ประการที่สองใช้ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มของหน่วยตัวอย่าง (sample pooled within variance - covariance matrix, S_{pW}) เพื่อประมาณค่า Σ_W ประการที่สาม ใช้ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มของหน่วยตัวอย่าง (sample between group variance - covariance

matrix, S_B) ประมาณค่า $\Sigma_W + C\Sigma_B$ เมื่อ C คือ ขนาดหน่วยตัวอย่างร่วม (common group size) หรือค่าเฉลี่ยของจำนวนหน่วยตัวอย่าง โดย S_T, S_{pW}, S_B และ C คำนวณมาจากสูตรต่อไปนี้

$$S_T = (N-1)^{-1} \sum_{g=1}^{G} \sum_{i=1}^{Ng} (y_{gi} - \bar{y})(y_{gi} - \bar{y})'$$

$$S_{pw} = (N-G)^{-1} \sum_{g=1}^{G} \sum_{i=1}^{Ng} (y_{gi} - \bar{y}_g)(y_{gi} - \bar{y}_g)'$$

$$S_B = (G-1)^{-1} \sum_{g=1}^{G} N_g(\bar{y}_g - \bar{y})(\bar{y}_g - \bar{y})'$$

$$C = \left[N^2 - \sum_{g=1}^{G} N^2_g\right][N(G-1)]^{-1}$$

เมื่อ N คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างทั้งหมด N_g คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม และ G คือ จำนวนกลุ่มที่ใช้ในการศึกษา

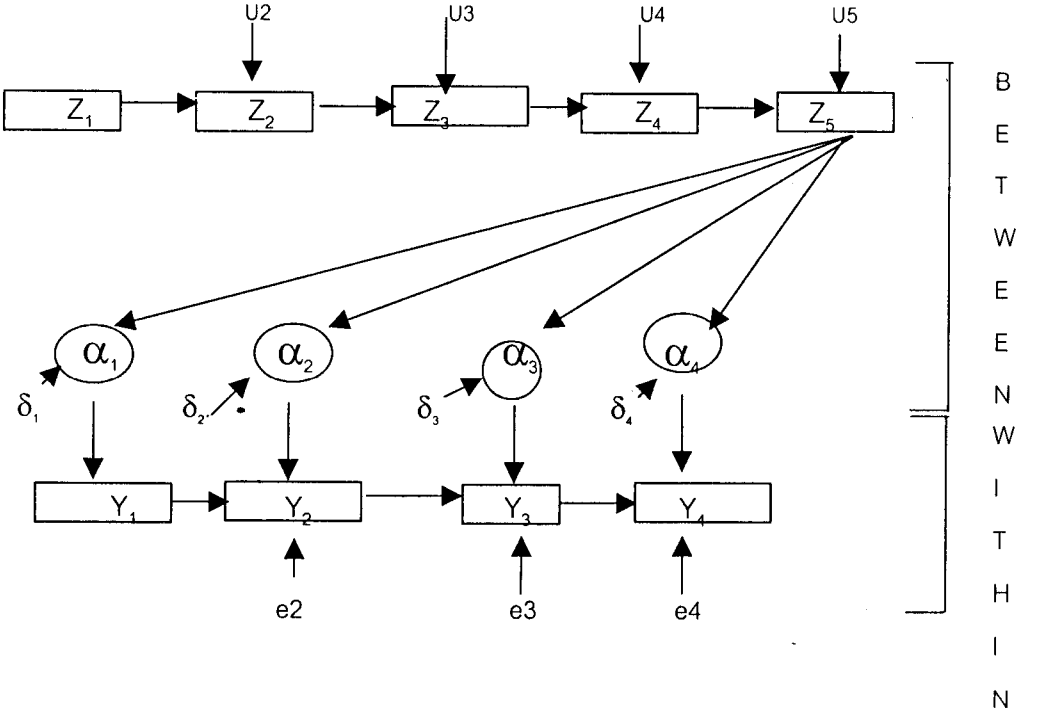
การประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลใช้การประมาณค่าเฉพาะกิจ (ad hoc estimation) หรือฟังก์ชันความสอดคล้องของ Muthen ดังต่อไปนี้

$$F_{muml} = G\{\ln \left| \Sigma_W + C\Sigma_B \right| + \text{trace}[(\Sigma_W + C\Sigma_B)^{-1}S_B] - \ln \left| S_B \right| - p\} +$$
$$(N-G)[\ln \left| \Sigma_W \right| + \text{trace}(\Sigma_W^{-1}S_{PW}) - \ln \left| S_{PW} \right| - p]$$

จากฟังก์ชันของความสอดคล้องของโมเดล (fitting function) บรรทัดแรกเป็นฟังก์ชันของการทดสอบโมเดลระหว่างกลุ่ม (between group) ซึ่งเป็นความแปรผันระหว่างหน่วยคูณด้วยจำนวนของกลุ่มที่ศึกษา (G) ส่วนบรรทัดที่สองเป็นสมการของฟังก์ชันการทดสอบโมเดลภายในกลุ่ม (within group model) ซึ่งเป็นความผันแปรภายในหน่วยคูณด้วยผลต่างของจำนวนหน่วยตัวอย่างทั้งหมดกับจำนวนกลุ่มที่ศึกษา (N-G) ซึ่งเมื่อแต่ละกลุ่มมีจำนวนหน่วยตัวอย่างเท่ากัน ค่า C จะมีค่าเท่ากับจำนวนหน่วยตัวอย่างของแต่ละกลุ่มและจะให้ผลการประมาณค่าฟังก์ชันความสอดคล้องเหมือนกับการประมาณค่าด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Full Information Maximum Likelihood Estimation, FIML) แต่ถ้าหน่วยที่ใช้ศึกษา เช่น โรงเรียน หรือ ครอบครัว มีจำนวนตัวอย่างภายในกลุ่มไม่เท่ากันจะให้ผลการประมาณค่าไม่เท่ากับ FIML แต่มีค่าใกล้เคียงกันมาก (Muthen อ้างถึงใน Kaplan และ Elliott, 1997) จากฟังก์ชันความสอดคล้องจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับจะต้องใช้การวิเคราะห์โมเดลด้วยการวิเคราะห์แบบพหุกลุ่ม (multiple group) แบบ 2 กลุ่มโมเดล คือ กลุ่มโมเดลระหว่างหน่วย (between unit) และกลุ่มโมเดลภายในหน่วย (within unit)

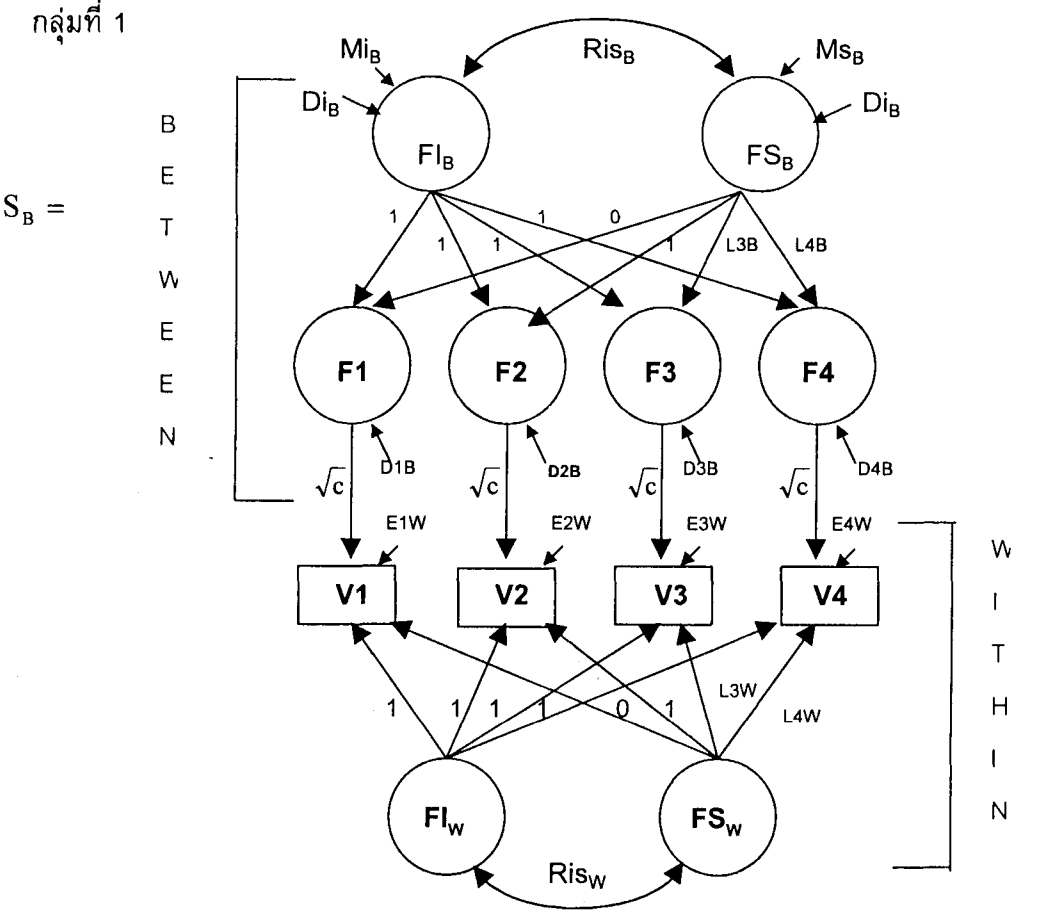
หลักการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ การวิเคราะห์องค์ประกอบ และการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการแบบพหุระดับ

บทความนี้จะอธิบายลักษณะโมเดลของการวิเคราะห์พหุระดับ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ตามวิธีการของ Muthen จำนวน 3 รูปแบบ คือ การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (multilevel path analysis) ดังแผนภาพที่ 1 การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการแบบพหุระดับแบบมีตัวแปรแฝง (latent variable growth curve model) ดังแผนภาพที่ 2 และการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุระดับ (multilevel factor analysis) ดังแผนภาพที่ 3

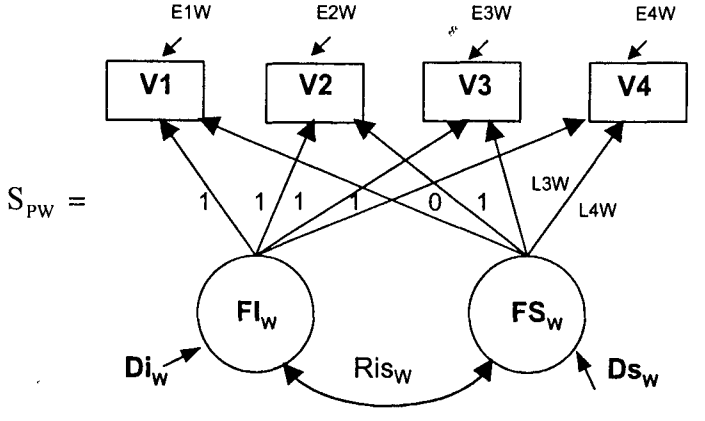


แผนภาพที่ 1 โมเดลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ

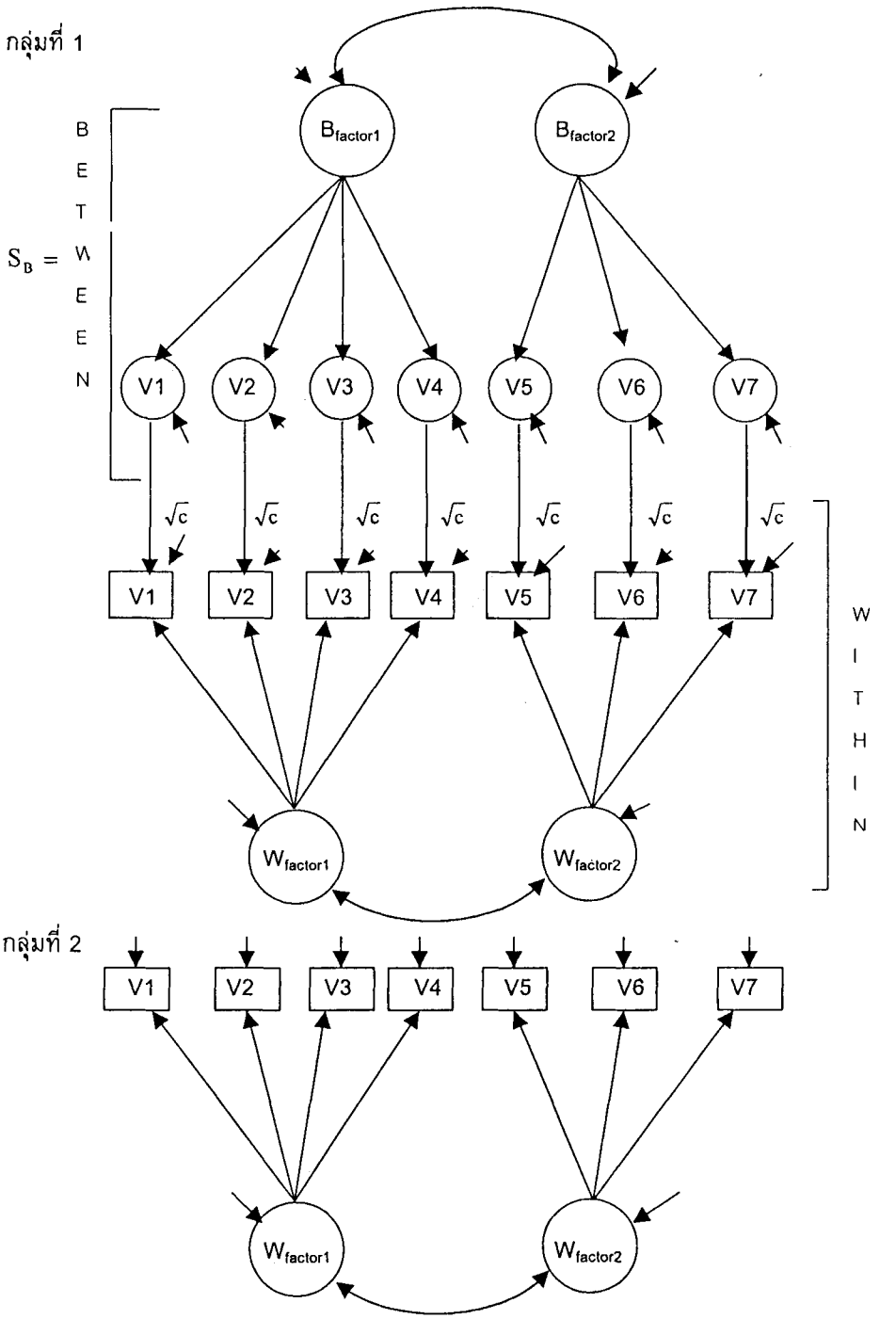
กลุ่มที่ 1



กลุ่มที่ 2



แผนภาพที่ 2 โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง



แผนภาพที่ 3 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุระดับ

แนวคิดของการวิเคราะห์พหุระดับทั้งสามวิธี คือ การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ การวิเคราะห์องค์ประกอบ และการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝง ใช้วิธีการประมาณค่าเฉพาะกิจ (ad hoc estimator) ของ Muthen โมเดลการวิเคราะห์ประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ โมเดลระหว่างกลุ่ม (between group model) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของตัวแปรระดับมหภาค ส่วนกลุ่มที่สองเรียกว่า โมเดลภายในกลุ่ม (within group model) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของตัวแปรระดับจุลภาค แล้วจึงนำโมเดลทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์ร่วมกันแบบพหุระดับด้วยเทคนิคการวิเคราะห์พหุกลุ่ม (multiple group) โดยจะต้องสร้างตัวแปรแฝงพิเศษจากตัวแปรในโมเดลภายในกลุ่มขึ้นมาเป็นตัวแปรระดับมหภาค เพื่อใช้เชื่อมต่อโมเดลทั้งสองระดับเข้าด้วยกันเป็นโมเดลพหุระดับ หากพิจารณารูปที่ 1 - 3 จะเห็นว่าตัวแปรแฝงที่สร้างขึ้นมาคือตัวแปรที่วาดรูปเป็นทรงกลมหรือทรงรีอยู่ในส่วนของโมเดลระหว่างหน่วย (between model) ตัวแปรแฝงที่สร้างขึ้นมาใหม่นี้ จะมีชื่อเรียกและมีลักษณะแตกต่างกันไปตามแต่ละโมเดล โดยโมเดลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับมีตัวแปรแฝงพิเศษ คือ ตัวแปรจุดตัดแกน (intercept) สัญลักษณ์แทนด้วยอัลฟา (α) ในโมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับ มีตัวแปรแฝงพิเศษ คือ ตัวแปรที่มีการวัดซ้ำระดับมหภาค สัญลักษณ์แทนด้วย F1 - F4 ส่วนโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุระดับตัวแปรแฝงพิเศษ คือ ตัวแปรระดับมหภาค (between level variable) สัญลักษณ์แทนด้วย V1 - V7 ที่อยู่ในวงกลม ตัวแปรแฝงพิเศษเหล่านี้มีลักษณะเด่นที่ถือเป็นเอกลักษณ์ของการวิเคราะห์โมเดล สมการโครงสร้างพหุระดับ เพราะสร้างขึ้นมาจากตัวแปรระดับจุลภาค กำหนดให้มีน้ำหนักเท่ากับรากที่สองของจำนวนหน่วยตัวอย่างร่วม (C) หลังจากนั้นโปรแกรมจะนำตัวแปรเหล่านี้ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรในระดับมหภาคตามที่ผู้วิจัยกำหนด (model specification) ซึ่งความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กล่าวถึงนี้อาจเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ความสัมพันธ์ตามโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบ หรือความสัมพันธ์ตามโมเดลโค้งพัฒนาการก็ได้ ผู้อ่านควรจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับโมเดลพื้นฐานของการวิเคราะห์ทั้งสามแบบ อาจจะทำให้เข้าใจการประยุกต์ใช้โมเดลทั้งสามได้ชัดเจนขึ้น

Muthen (1994) เสนอขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลของโมเดลพหุระดับสำหรับโปรแกรมโมเดลสมการโครงสร้างไว้ 4 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 - 3 เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบในเบื้องต้น ส่วนขั้นตอนที่ 4 คือ การวิเคราะห์พหุระดับที่ต้องการศึกษา รายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโดยใช้โมเดลโครงสร้างความแปรปรวนร่วมรวม (Conventional Confirmatory Factor Analysis of the Total Covariance Structure)

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าความผันแปรระหว่างหน่วย (Estimation of Between - Level Variation or ICC) โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation)

เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรต่าง ๆ มีความผันแปรระหว่างหน่วยเพียงพอที่จะวิเคราะห์พหุระดับหรือไม่ โดยค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นของทุกตัวแปรควรมีค่ามากกว่าศูนย์จึงเหมาะสมที่จะวิเคราะห์พหุระดับ

ขั้นตอนที่ 3 การประมาณค่าโครงสร้างความผันแปรภายในหน่วย (Estimation of the Within - Level Covariance Structure)

ขั้นตอนที่ 4 การประมาณค่าโครงสร้างความผันแปรระหว่างหน่วย (Estimation of the Between - Level Covariance Structure) ใช้การวิเคราะห์พหุระดับด้วยวิธีพหุกลุ่ม (multiple group) เป็นการนำโมเดลระดับจุลภาคและโมเดลระดับมหภาคมาวิเคราะห์ร่วมกันเป็นโมเดลพหุระดับ โดยมีตัวแปรแฝงพิเศษเป็นตัวเชื่อมโมเดลระดับจุลภาคและมหภาคเข้าด้วยกัน การรวมโมเดลเป็นโมเดลพหุระดับนั้นเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งระดับจุลภาคและระดับมหภาคพร้อม ๆ กันในโมเดลเดียว ไม่ต้องแยกวิเคราะห์เป็น 2 ขั้นตอนเหมือนกับการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมเอ็ซแอลเอ็ม

ขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นตอนนี้จะใช้กับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบและโมเดลโค้งพัฒนาการเป็นส่วนใหญ่ ส่วนโมเดลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับนั้นจะเน้นที่ขั้นตอน 2, 3 และ 4

วิธีการนำโมเดลทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์ร่วมกันด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุกลุ่ม (multiple group) ต้องเขียนคำสั่งให้โปรแกรมโมเดลสมการโครงสร้างประมาณค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

1. กลุ่มแรกเป็นการวิเคราะห์ความผันแปรของตัวแปรในโมเดลระหว่างกลุ่ม (between group) โดยทั้งโมเดลเป็นการรวมโมเดลระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มเข้าด้วยกัน การประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลจะใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่ม (between group variance covariance matrix) โดยมีจำนวนหน่วยตัวอย่างที่จะใช้วิเคราะห์เท่ากับ G-1 เมื่อ G คือ จำนวนกลุ่ม (group) ของหน่วยตัวอย่าง

2. กลุ่มที่สองของการวิเคราะห์ คือกลุ่มโมเดลภายในกลุ่ม (within group model) ใช้ข้อมูลของตัวแปรระดับจุลภาค เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล โดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่ม (within group variance covariance matrix) มีจำนวนหน่วยตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ เท่ากับ N-G เมื่อ N แทนจำนวนสมาชิกทั้งหมด การวิเคราะห์ในโมเดลนี้เป็นการศึกษาความผันแปรของตัวแปรที่ระดับจุลภาค (micro level) โดยไม่ได้พิจารณาอิทธิพลของตัวแปรระดับมหภาค (macro level) โมเดลในขั้นนี้เหมือนกับโมเดลย่อยของการวิเคราะห์ในกลุ่มที่ 1 แต่ในกลุ่มนี้จะศึกษาเฉพาะตัวแปรระดับภายในกลุ่มเท่านั้น ดังนั้นจึงวิเคราะห์โดยกำหนดให้ ตัวแปรระดับมหภาคเป็นตัวแปรสูญหาย (missing) โดยกำหนดให้ตัวแปรทุกตัวของ

กลุ่มนี้มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ (Joreskog และ Sorbom, 1989) นอกจากนี้ยังต้องบังคับ (constrain) พารามิเตอร์ทุกค่าในโมเดลนี้ให้เท่ากับค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มโมเดลภายในกลุ่มของโมเดลระหว่างกลุ่ม (between model) ด้วย

การเตรียมเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมเพื่อใช้วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ

จากที่กล่าวมาในตอนต้นว่า การวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมโมเดลสมการโครงสร้างจะต้องใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมที่ต่างไปจากการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม เมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมที่จะต้องเตรียมขึ้นนั้น คือ เมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มของหน่วยตัวอย่าง (sample pooled within variance - covariance matrix, S_{pW}) เพื่อใช้ประมาณค่า $\sum_W$ และเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มของหน่วยตัวอย่าง (sample between group variance - covariance matrix, S_B) เพื่อใช้ประมาณค่า $\sum_W + C\sum_B$ เมทริกซ์ทั้งสองนี้เตรียมได้จากโปรแกรม SOURCEBW ที่พัฒนาโดย Muthen โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ Muthen พัฒนามาควบคู่กับแนวคิดการวิเคราะห์พหุระดับ นอกจากใช้เตรียมเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมแล้ว โปรแกรม SOURCEBW ยังคำนวณค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation) ของตัวแปรแต่ละตัว ขนาดหน่วยตัวอย่างร่วม (common group size) และเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรระดับภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มให้ด้วย

การใช้โปรแกรม SOURCEBW เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์พหุระดับ

ก่อนที่จะใช้โปรแกรม SOURCEBW เพื่อคำนวณค่าเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของตัวแปร จำเป็นต้องเตรียมข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS ก่อนเพื่อจัดเรียงผู้ตอบเป็นรายกลุ่มโดยเรียงจากกลุ่มที่มีจำนวนสมาชิกภายในกลุ่มต่ำสุดไปสูงสุด ตัวอย่างเช่น การเตรียมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ โดยออกแบบการเก็บข้อมูลจากการให้หน่วยตัวอย่างเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษแล้วมีการสอบซ้ำกันจำนวน 5 ครั้ง (time1 - time5) นักเรียนที่เป็นหน่วยตัวอย่างมีจำนวน 512 คน จาก 8 โรงเรียน โรงเรียนทั้ง 8 โรงเรียนนี้จะมีจำนวนนักเรียนที่เป็นหน่วยตัวอย่างไม่เท่ากัน จึงต้องเรียงข้อมูลการตอบของนักเรียนแต่ละโรงเรียนใหม่ตามลำดับจำนวนหน่วยตัวอย่าง โดยใช้วิธีการเขียนคำสั่งด้วยโปรแกรม SPSS ในตัวอย่างนี้ ข้อมูลการสอบของนักเรียนบันทึกไว้ในไดรฟ์เอ ชื่อ totalgrw.sav คำสั่งที่ใช้มีดังนี้

```
get file="a:\totalgrw.sav".
aggregate outfile="a:\bw.agg"
/break=school
/size=nu(school).
get file="a:\bw.agg".
sort cases by size school.
freq vars=size.
save outfile="a:\bw.agg".
match files
/file="a:\totalgrw.sav"
/table="a:\bw.agg"
/by=school.
sort cases by size school.
freq vars=size.
write formats
time1 time2 time3 time4 time5
(f8.2).
write outfile="a:\bw.dat" records=1
/time1 time2 time3 time4 time5 .
execute.
```

ผลลัพธ์ที่ได้จากคำสั่งที่เขียนขึ้นนี้ จะมีการจัดรูปแบบข้อมูลเรียงตามตัวแปรที่ผู้วิจัยต้องการเป็นไฟล์ข้อมูลใหม่ คือมีตัวแปร time1 time2 time3 time4 และ time5 ตามลำดับ โดยบันทึกข้อมูลในไฟล์ชื่อ bw.dat ซึ่งบันทึกให้แต่ละตัวแปรมีทศนิยม 2 ตำแหน่ง นอกจากนี้โปรแกรม SPSS ยังรายงานค่าการแจกแจงความถี่ (ตารางที่ 1) ของจำนวนหน่วยตัวอย่างในแต่ละโรงเรียนด้วยว่า มีโรงเรียนที่มีนักเรียนที่สอบภาษาอังกฤษ 2 คน จำนวน 1 โรงเรียน 24 คน จำนวน 1 โรงเรียน และ 247 คน จำนวน 1 โรงเรียน เป็นต้น การแจกแจงความถี่ที่ได้นี้จะนำไปใช้เขียนคำสั่งในโปรแกรม SOURCEBW

ตารางที่ 1 การแจกแจงความถี่จากโปรแกรม SPSS

Size	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
2	1	12.5	12.5	12.5
24	1	12.5	12.5	25
30	1	12.5	12.5	37.5
46	1	12.5	12.5	50
49	1	12.5	12.5	62.5
53	1	12.5	12.5	75
61	1	12.5	12.5	87.5
247	1	12.5	12.5	100
Total	8	100		

ผลลัพธ์ที่มีการจัดเรียงค่าของตัวแปรใหม่ในไฟล์ bw.dat มีดังนี้ (นำมาแสดงในที่นี้เพียง 16 คน จาก 512 คน)

10.00	19.00	20.00	30.00	33.00
11.00	23.00	36.00	39.00	40.00
31.00	32.00	40.00	44.00	44.00
23.00	33.00	37.00	40.00	45.00
38.00	38.00	40.00	40.00	41.00
47.00	45.00	47.00	48.00	49.00
32.00	39.00	40.00	41.00	41.00
40.00	42.00	42.00	44.00	44.00
18.00	25.00	36.00	38.00	44.00
15.00	16.00	16.00	16.00	30.00
28.00	40.00	40.00	41.00	44.00
10.00	17.00	18.00	23.00	24.00
43.00	45.00	45.00	47.00	48.00
16.00	33.00	38.00	38.00	40.00
38.00	39.00	40.00	42.00	42.00
9.00	39.00	40.00	40.00	44.00

วิธีการเขียนคำสั่งของโปรแกรม SOURCEBW

คำสั่งของโปรแกรม SOURCEBW จะเขียนในโปรแกรม Q-EDIT โดยตั้งนามสกุล .dat การเขียนคำสั่งมีทั้งหมด 6 บรรทัด มีรูปแบบทั่วไปดังรายละเอียดดังนี้

```
Q P G D Ntot
N
Ig
Iscalb Iscalw Isclrb
Iunit
Fortran Input Format
```

บรรทัดที่ 1

Q คือ จำนวนตัวแปรระดับมหภาค
P คือ จำนวนตัวแปรระดับจุลภาค
G คือ จำนวนกลุ่ม
D คือ จำนวนกลุ่มที่มีขนาดแตกต่างกัน (distinct group size)
Ntot คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างทั้งหมด

บรรทัดที่ 2

N คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างของแต่ละกลุ่มที่มีขนาดแตกต่างกัน (มีทั้งหมด D กลุ่ม) เนื่องจากการเก็บข้อมูลบางครั้งอาจได้จำนวนหน่วยตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเท่ากันหรือต่างกันก็ได้ เช่น โรงเรียนที่ 1 อาจมีนักเรียนที่เป็นหน่วยตัวอย่างจำนวน 30 คน โรงเรียนที่ 2 มีจำนวน 20 คน และโรงเรียนที่ 3 มีจำนวน 20 คน จะเห็นว่าทั้งสามโรงเรียนนี้มีจำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีขนาดแตกต่างกัน เพียง 2 ค่า คือ 20 และ 30 ดังนั้นคำสั่งในบรรทัดนี้จึงเขียนได้เป็น 20 30 (เขียนเรียงตามลำดับจากค่าน้อยไปหามาก เพื่อให้สอดคล้องตรงกันกับข้อมูลที่บันทึกไว้ในไฟล์ bw.dat)

บรรทัดที่ 3

Ig คือ จำนวนกลุ่มที่มีหน่วยตัวอย่างเท่ากันในแต่ละขนาดที่ระบุไว้ในบรรทัดที่สอง จากตัวอย่างเดิมที่มีขนาดหน่วยตัวอย่างที่ต่างกัน 2 ค่า (20 และ 30) ต้องระบุคำสั่งในบรรทัดที่สามว่าทั้งสองขนาดนั้นมีจำนวนกลุ่มที่มีขนาดหน่วยตัวอย่างเท่ากับ 20 กี่กลุ่ม และกลุ่มที่มีจำนวน

เท่ากับ 30 กี่กลุ่ม ดังนั้นจากบรรทัดที่สองจะเขียนคำสั่งในบรรทัดที่สามได้เป็น 2 1 (หมายความว่ามีโรงเรียนที่มีหน่วยตัวอย่าง 20 คน จำนวน 2 โรงเรียน และมีโรงเรียนที่มีจำนวนหน่วยตัวอย่าง 30 คน อยู่ 1 โรงเรียน)

บรรทัดที่ 4

เป็นคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการเลือกจำนวนหน่วยตัวอย่างเพื่อการคำนวณเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม นิยมเขียนคำสั่งเป็น 0 0 1 เพื่อให้โปรแกรมคำนวณเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมตามวิธีการวิเคราะห์ของ Muthen

บรรทัดที่ 5

กำหนดรูปแบบการบันทึกค่าของตัวแปรแต่ละตัวว่ามีกี่ตำแหน่ง (รวมจุดทศนิยม)

บรรทัดที่ 6

ใช้แสดงรูปแบบของการบันทึกข้อมูลว่ามีตัวแปรกี่ตัวและตัวแปรแต่ละตัวมีทศนิยมกี่ตำแหน่ง โปรแกรมจะอ่านค่าตัวแปรที่บันทึกไว้ตามคำสั่งนี้

จากตัวอย่างการเตรียมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะสามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
0  5  8  8  512
2 24  30  46  49  53  61 247
1  1  1  1  1  1  1  1
0  0  1
8
(5F8.2)
```

เมื่อเขียนคำสั่งเสร็จแล้วจะต้องบันทึกลงไฟล์นามสกุล .dat

การวิเคราะห์ข้อมูล

โปรแกรม SOURCEBW เป็นโปรแกรมที่พัฒนาไว้สำหรับการวิเคราะห์ในเวอร์ชันดอส การวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องเข้าไปที่ไดเรคทอรีย่อยของโปรแกรมแล้วพิมพ์ BWB ก็จะสามารถเข้าสู่โปรแกรมได้ด้วยคำสั่งต่อไปนี้

C:\>SOURCEBW\BWB

หลังจากนั้นโปรแกรมจะให้ใส่ชื่อไฟล์คำสั่ง ไฟล์ข้อมูล และไฟล์ผลลัพธ์ ซึ่งไฟล์ผลลัพธ์ต้องตั้งนามสกุล .log จากนั้น กด enter โปรแกรมก็จะวิเคราะห์ข้อมูลให้พร้อมกับบันทึกผลการวิเคราะห์ลงไฟล์ที่ตั้งนามสกุล .log ไว้โดยอัตโนมัติ

ตัวอย่างของผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SOURCEBW

Q, P, G, D, AND NTOT ARE:

AND N(1), ..., N(D) ARE:

AND THE NUMBER OF GROUPS FOR THOSE N VALUES ARE:

AND ISCALB, ISCALW ARE:

```
   0      5      8      8     512
   2     24     30     46      49     53     61    247
   1      1      1      1      1      1      1      1
   0      0      1
```

AD HOC ESTIMATOR CONSTANT AND ITS SQRT

```
   52.62500     7.25431
```

POOLED WITHIN SAMPLE COVARIANCE MATRIX (AUGMENTED WITH DUMMY 1/0 ELEMENTS FOR Z
IN 1,1 AND 2,1 PARTS)

```
0.115429D+03  0.106080D+03  0.110689D+03  0.100005D+03  0.104579D+03
0.106395D+03
0.931540D+02  0.979231D+02  0.998790D+02  0.100304D+03  0.837574D+02
0.891096D+02
0.915430D+02  0.929490D+02  0.956447D+02
```

POOLED-WITHIN SAMPLE CORRELATION MATRIX

0.100000D+01 0.938478D+00 0.100000D+01 0.902408D+00 0.963675D+00 0.100000D+01
0.865732D+00 0.929335D+00 0.966839D+00 0.100000D+01 0.797140D+00 0.866047D+00
0.907474D+00 0.948974D+00 0.100000D+01

REGULAR BETWEEN SAMPLE COVARIANCE MATRIX

0.111153D+04 0.114659D+04 0.123887D+04 0.108319D+04 0.119479D+04 0.116970D+04
0.102058D+04 0.113798D+04 0.112127D+04 0.108196D+04 0.998585D+03 0.112099D+04
0.111051D+04 0.107289D+04 0.107380D+04

REGULAR BETWEEN SAMPLE CORRELATION MATRIX

0.100000D+01 0.977091D+00 0.100000D+01 0.949958D+00 0.992520D+00 0.100000D+01
0.930635D+00 0.982916D+00 0.996706D+00 0.100000D+01 0.914034D+00 0.971915D+00
0.990883D+00 0.995380D+00 0.100000D+01

ESTIMATED BETWEEN COVARIANCE MATRIX

0.189283D+02 0.197722D+02 0.214382D+02 0.186828D+02 0.207165D+02 0.202054D+02
0.176232D+02 0.197636D+02 0.194088D+02 0.186538D+02 0.173839D+02 0.196083D+02
0.193627D+02 0.186212D+02 0.185873D+02

ESTIMATED INTRACLASS CORRELATIONS FOR THE Y VARIABLES

0.146933D+00 0.170283D+00 0.167368D+00 0.164308D+00 0.170790D+00

ESTIMATED BETWEEN CORRELATION MATRIX

0.100000D+01 0.981534D+00 0.100000D+01 0.955327D+00 0.995382D+00 0.100000D+01
0.937878D+00 0.988300D+00 0.999730D+00 0.100000D+01 0.926794D+00 0.982284D+00
0.999139D+00 0.100004D+01 0.100000D+01

OVERALL MEAN VECTOR FOR (Z AND) Y

0.230430D+02 0.264707D+02 0.287832D+02 0.311074D+02 0.332813D+02

SQRT(C)*OVERALL MEAN VECTOR FOR (Z AND) Y

0.167161D+03 0.192027D+03 0.208802D+03 0.225663D+03 0.241432D+03

เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมทั้งระดับภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มจากโปรแกรม SOURCEBW นี้จะนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับทั้งในโมเดลการวิจัยอิทธิพลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุระดับ

ตัวอย่างของการใช้โมเดลสมการโครงสร้างวิเคราะห์โมเดลอิทธิพลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ผู้อ่านจะสามารถอ่านเพิ่มเติมได้ในงานของ สังวรณ์ งัดกระโทก (2543), Kaplan และ Elliot (1997), Kaplan (2000), และ Heck และ Thomas (2000) ส่วนการใช้โมเดลสมการโครงสร้างวิเคราะห์ องค์ประกอบแบบพหุระดับ สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากงานของ Muthen (1991), Hox (1993) และ Heck และ Thomas (2000) และโมเดลโค้งพัฒนาการแบบพหุระดับสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากงานของ Duncan และคณะ (1997, 1998, 1999) เป็นต้น

บทสรุป

การวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมสมการโครงสร้าง เช่น โปรแกรม LISREL หรือ EQS มีข้อดีที่สามารถขยายวิธีการวิเคราะห์พหุระดับออกไปได้หลายประเภท เช่น การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพุระดับ และการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการแบบมีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับ ทั้งสามวิธีเป็นวิธีการทางสถิติขั้นสูงที่มีประโยชน์ต่อการศึกษา

วิจัยที่โครงสร้างข้อมูลมีระดับลดหลั่น เพราะไม่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการเป็นอิสระจากกันของหน่วยตัวอย่าง

การวิเคราะห์พหุระดับทั้งสามวิธีนี้ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรมสมการโครงสร้างแบบดั้งเดิม แต่วิเคราะห์ได้โดยใช้วิธีการประมาณค่าและการเตรียมเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมตามวิธีของ Muthen การเตรียมเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมต้องใช้โปรแกรม SOURCBW ช่วยเตรียมให้ ผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม SOURCBW จะได้เมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม 2 เมทริกซ์ คือ เมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรระดับมหภาค และเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรระดับจุลภาค เมทริกซ์ทั้งสองนี้จะใช้วิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมโมเดลสมการโครงสร้าง ได้แก่ การวิเคราะห์โมเดลอิทธิพลเชิงสาเหตุ การวิเคราะห์องค์ประกอบ และการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการแบบพหุระดับ เป็นผลให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ละเอียดมากขึ้น ทั้งรายละเอียดระดับมหภาคและระดับจุลภาค ซึ่งไม่เคยวิเคราะห์ได้มาก่อนในวิธีการสถิติแบบดั้งเดิม

เอกสารอ้างอิง

สังวรณ์ งัดกระโทก. (2543). การใช้โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับตรวจสอบความตรงของโมเดลสมการโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยครู ปัจจัยโรงเรียน กับความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของครู. **วารสารวิธีวิทยาการวิจัย,** 13(3): 109-128.

Duncan, T. E., Albert, A., and Duncan, S. C.(1998). Multilevel covariance structure analysis of sibling antisocial behavior. **Structural Equation Modeling,** 5(3): 211-228.

Duncan, T. E. et al. (1997). Latent variables modeling of longitudinal and multilevel substance use data. **Multivariate Behavioral Research,** 32(3): 275-318.

Duncan, T. E. et al. (1998). Multilevel covariance structure analysis of sibling antisocial behavior. **Structural Equation Modeling,** 5(3): 211 - 228.

Duncan, T. E. et al. (1999). **An Introduction to Latent Variables Growth Curve Modeling: Concept, Issues and Applications.** Lawrence Erbaum Associates, Publishers.

Heck, H. R. and Thomas, L. S.(2000). **An Introduction to Multilevel Modeling Techniques.** New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Hox, J. J. (1993). Factor analysis of multilevel data: Gauging the Muthen model. In

J, H. L. et al (Eds.). **Advances in Longitudinal and Multivariate Analysis in the Behavioral Sciences,** Nijmegen, NL, 141-156.

Joreskog, K. G. and Sorbom, D. (1989). **LISREL7 : User's Reference Guide.** Chicago : Scientific Software, INC.

Kaplan, D. and Elliott, P. R. (1997). A didactic example of multilevel structural equation modeling application of organization. **Structural Equation Modeling,** 4(1): 1 - 24.

Kaplan, D. and Elliott, P. R. (1997). A model - based approach to validating education indicators using multilevel structural equation modeling. **Journal of Educational and Behavioral Statistics,** 22(3): 323 - 347.

Kaplan, D.(2000). **Structural Equation Modeling : Foundations and Extensions.** Sage Publications.

Muthen, B. O. (1989). Latent variables modeling in heterogeneous populations. **Psykometrica,** 54(4): 557 - 586.

Muthen, B. O. (1991). Multilevel factor analysis of class and students achievement components. **Journal of Educational Measurement,** 28(4): 338-354.

Muthen, B. O. (1994). Multilevel Covariance Structure Analysis. from http:// www.ebscohost.com/egi-bin/epw.

Osborne, J. W. (2000). Advantages of hierarchical linear model. **Practical Assessment, Research & Evaluation,** from http://ericae.net/pare/grtvn.asp.