การวิเคราะห์เส้นทางในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ สำหรับโมเดลแบบ Non-Recursive

A PATH ANALYSIS IN SOCIAL SCIENCE RESEARCH FOR NON-RECURSIVE

อัศนีย์ ทองศิลป์[1]

Asanee Pongsilp[1]

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Path Analysis) เป็นการศึกษาสาเหตุหรืออิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลถึงตัวแปรตามเพื่อศึกษาอิทธิพลทางตรงอิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวม ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบสาเหตุทางเดียว (Recursive Model) แต่ในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ ผู้วิจัยอาจพบว่า ตัวแปรในโมเดลอาจเป็นได้ทั้งสาเหตุและผลในเวลาเดียวกันเรียกโมเดลนี้ว่า รูปแบบความสัมพันธ์แบบสองทิศทาง (Non-Recursive Model) ซึ่งการวิเคราะห์โมเดลแบบ Non-Recursive นั้น จะพบปัญหาตัวแปรอิสระสัมพันธ์กันเองสูง (Multicollinearity) ความคลาดเคลื่อนในส่วนที่เหลือ (Residuals) สัมพันธ์กันและมีค่าไม่เป็น 0 อีกทั้งความเป็นได้ค่าเดียว (Identification) ต้องไม่เป็นแบบ Under-identification ของพารามิเตอร์ก่อนการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ ทั้งนี้บทความนี้ได้อธิบายถึงวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้นสำหรับการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ ในโมเดลแบบNon-Recursive โดยใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ 2 Stage least square รวมถึงการคำนวณค่าอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมจากแผนภาพรูปแบบเส้นทางความสัมพันธ์ บทความนี้จะทำให้เกิดผลดีต่อผู้ที่สนใจหรือกำลังประสบปัญหาในการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่เป็นโมเดลแบบ Non-Recursive Model ได้มีแนวทางในการวิเคราะห์ศึกษาต่อไป

คำสำคัญ : โมเดลแบบสองทิศทาง การวิเคราะห์เส้นทาง

ABSTRACT

A path analysis was the study of the cause or the effect of the independent variables affect the dependent variable. To study the direct effects, indirect effects and total effects. The causes go to one direction called Recursive Model. But social science research was found that the variables in the model may be both cause and effect at the same time called Non-Recursive Model. Non-Recursive was found; that it was a perfect multicollinearity. Residuals term of endogenous variable have correlated and was not 0. As well as, Identification must not be Under-identification of parameter estimation in multiple regression analysis. This article describes about solution the above in the path analysis for social science research for Non-Recursive model using 2 Stage least square parameter estimation; including the calculation of the direct and indirect influence of path diagrams. This article will be of interest or benefit for those who are experiencing difficulties in analyzing the causal path Non-Recursive Model as a guide to further study.

Keywords : Non-Recursive Model, path analysis

---

[1]อาจารย์ประจำ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

บทนำ

การนำเสนอแนวทางการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Path Analysis) สำหรับโมเดลแบบ Non-Recursive ในบทความนี้ ใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุแบบ 2SLS ทั้งนี้เนื่องจากผู้เขียนพบว่าในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์มักเป็นการศึกษาสาเหตุหรืออิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลถึงตัวแปรตาม โดยศึกษาถึงอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวม ในรูปแบบเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ โดยอธิบายขนาดและทิศทางความสัมพันธ์ผ่านทางแผนภาพและสมการโครงสร้าง (Structural Equation) เพื่อทำการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลเชิงประจักษ์กับข้อมูลตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นจากการศึกษาแนวคิดทฤษฎี อย่างไรก็ดีการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์นั้นใช้หลักการจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ ซึ่งมีข้อดีคือสามารถวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรในครั้งเดียวทำให้ช่วยลดปัญหาความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์การถดถอยที่ต้องทำทีละสมการ แต่การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุนี้มีเงื่อนไขข้อหนึ่งว่า รูปแบบความสัมพันธ์ต้องเป็นแบบสาเหตุทางเดียว (Recursive Model) (Kerlinger and Peahazur ,1973 : 305-309) เนื่องจากโมเดลแบบ Recursive มีจุดเด่นคือ ประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ง่ายโดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Ordinary least squares : OLS แต่ในบางครั้งผู้วิจัยอาจพบว่าในสถานการณ์จริงของงานวิจัยทางสังคมศาสตร์อาจพบว่ามีตัวแปรบางตัวที่สามารถเป็นได้ทั้งสาเหตุและผลในเวลาเดียวกัน เช่น แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สามารถเป็นได้ทั้งเหตุและผลส่งไปยังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ในเวลาเดียวกัน เรียก เส้นทางความสัมพันธ์ รูปแบบนี้ว่าเป็นแบบสองทิศทาง (Non-Recursive Model) ซึ่งบทความนี้ได้อธิบายถึง งานวิจัยทางสังคมศาสตร์ที่ใช้วิธีการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุในโมเดล Non-Recursive Model โดยใช้วิธีแบบสเปซท์ หรือ PAQ รวมถึงวิธีการแก้ปัญหาความเป็นได้ค่าเดียว(Identification) ที่เป็นแบบ Under-identification ของพารามิเตอร์ก่อนการประมาณค่าในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ และวิธีการคำนวณค่าอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมจากแผนภาพรูปแบบเส้นทางความสัมพันธ์

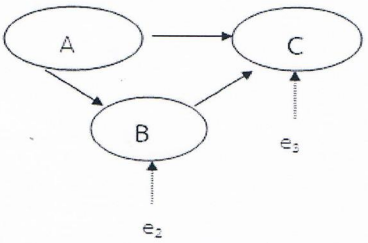
20 เคราะห์เส้นทางแบบสองทิศทาง

1.1 ประวัติการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) เริ่มจาก ปี ค.ศ. 1918 โดย Sewell Wright นักพันธุกรรมศาสตร์ เป็นผู้ริเริ่มการวิเคราะห์อิทธิพลโดยใช้วิธีการผสมผสานข้อมูลเชิงปริมาณซึ่งสามารถวัดได้จากค่าสหสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงคุณภาพจากความรู้ตามทฤษฎีเชิงสาเหตุและผลเพื่อการอธิบายในเชิงสถิติเสนอแนวคิดเกี่ยวกับ path model เสนอสมการโครงสร้างในรูปสมการถดถอย อิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อมและอิทธิพลรวม ในปี ค.ศ. 1928 Burks, B.S. เป็นคนแรกที่เริ่มใช้การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุในเชิงจิตวิทยา ในปี ค.ศ. 1957 Herbert Simon นักสังคมวิทยาศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลโดยใช้ค่าสหสัมพันธ์อย่างง่ายกับค ่าสหสัมพันธ์แบบพาร ์เชียลปี ค.ศ. 1964 Hurbert M. Blalock ใช้ค่าสหสัมพันธ์กึ่งพาร์เชียล เพื่อขจัดอิทธิพลของตัวแปรแทรกซ้อนในการวิเคราะห์ ์การถดถอยพหุคูณในงานวิจัยที่ไม่ใช่เชิงทดลอง (Non-experimental Research) สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Principal Component Analysis) เป็นการรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันมาก โดยมีทิศทางความสัมพันธ์เป็นบวกหรือลบไว้ในกลุ่มเดียวกัน ผู้คิดค้นคนแรกคือ Karl Pearson ในปี ค.ศ. 1901 ต่อมาปี ค.ศ. 1969 K.G. Joreskog เสนอการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)เพื่อพิสูจน์/ตรวจสอบ/ยืนยันทฤษฎีที่ผู้อื่นค้นพบ ปี ค.ศ. 1904 Charles Spearman เสนอการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) เพื่อสำรวจ/ค้นหาตัวแปรแฝงที่ซ่อนอยู่ภายใต้ ตัวแปรที่สังเกตได้และปี ค.ศ. 1973 เขาได้เสนอสมการโครงสร้างเชิงเส้น โดยร่วมกับ J.W. Keesling และ D.E. Wiley ในโมเดลที่มีชื่อว่า JKW Model และยังได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่

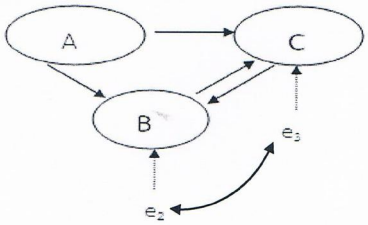
เรียกว่า ACOVS Model (Analysis of Covariance Structure Model) และเปลี่ยนชื่อเป็น LISREL Model (Linear Structural Relationship Model) นับตั้งแต่นั้น รูปแบบการวิเคราะห์เส้นทางจึงพัฒนามาในรูปแบบโปรแกรมสำเร็จรูปมากขึ้น (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538 : 144-146)

1.2 รูปแบบความสัมพันธ์สมการโครงสร้าง

โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) เป็นการแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายนอก (exogenous variable) และตัวแปรภายใน (endogenous variable) แบ่งเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่



ภาพ 1 โมเดลแบบทิศทางเดียว (Recursive Model)



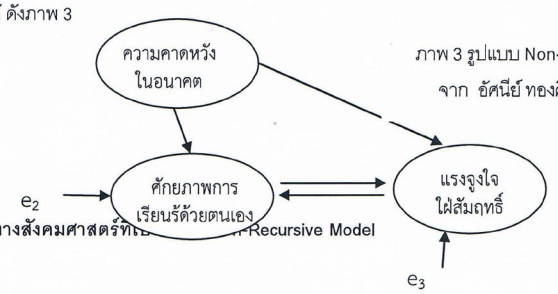
ภาพ 2 โมเดลแบบสองทิศทาง (Non-Recursive Model)

จากภาพ 1 เป็นโมเดลแบบทิศทางเดียว (Recursive Model) ลักษณะของรูปแบบจำลองจะมีทิศทางของเหตุและผลไปในทิศทางเดียวกันไม่มีผลย้อนกลับในทิศทางตรงกันข้ามนั่นคือตัวแปรผลจะย้อนกลับมาเป็นตัวแปรสาเหตุอีกไม่ได้ จากภาพ 1 พบว่าตัวแปรภายนอก A (กำหนดให้เป็น Instrumental variable : IV) ส่งผลไปยังตัวแปรภายในคือ B และ C ทั้งนี้ไม่มีความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ ตัวแปรอิสระไม่สัมพันธ์กัน และส่วนที่เหลือ (Residuals) ของตัวแปรภายใน คือ e_2 และ e_3 เป็นอิสระต่อกัน นั่นคือ ความคลาดเคลื่อนเป็น 0 ; $E(e_2)=0$,$E(e_3)=0$ จากภาพ 1 เขียนเป็นสมการโครงสร้างได้ดังนี้

$$B = \beta_o + \beta_1 A + e_2$$

$$C = \beta_o + \beta_1 A + \beta_2 B + e_3$$

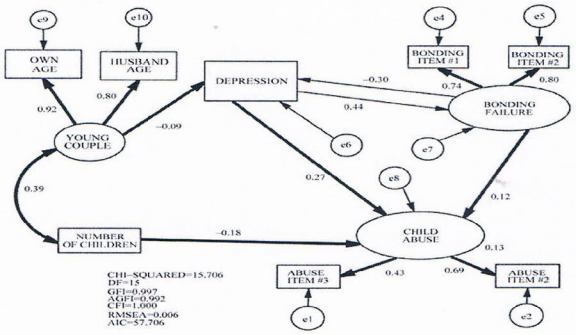
และจากภาพ 2 โมเดลแบบสองทิศทาง (Non-Recursive Model) ลักษณะรูปแบบจำลองนั้นมีทิศทางของเหตุและผลแบบย้อนกลับ กล่าวคือตัวแปรแต่ละตัวอาจเป็นได้ทั้งเหตุและผลต่อกัน ในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ อาจพบว่ามีการศึกษาที่เป็นแบบ Non-Recursive Model เช่น แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ได้รับอิทธิพลจากความคาดหวังในอนาคตและศักยภาพในการเรียนรู้ด้วยตนเองในขณะเดียวกันแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ยังส่งอิทธิพลไปยังศักยภาพในการเรียนรู้ด้วยตนเองเขียนเป็นแผนภาพแสดงรูปแบบความสัมพันธ์ได้ ดังภาพ 3



ภาพ 3 รูปแบบ Non-Recursive Model จาก อัศนีย์ ทองศิลป์ (2555 : 47)

1.3 ตัวอย่างงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ที่ใช้ Non-Recursive Model

• งานวิจัยของ Toshinori Kitamura, Yukiko Ohashi, Sachiko Kita, Megumi Haruna, Reiko Kubo (2013) เรื่อง "Depressive mood, bonding failure, and abusive parenting among mothers with three-month-old babies in a Japanese community" เป็นการศึกษาเกี่ยวกับภาวะซึมเศร้า ความล้มเหลวในครอบครัว การอบรมเลี้ยงดูของมารดาต่อการเลี้ยงบุตรในชุมชนเก่าของชาวญี่ปุ่น ดังภาพ 4

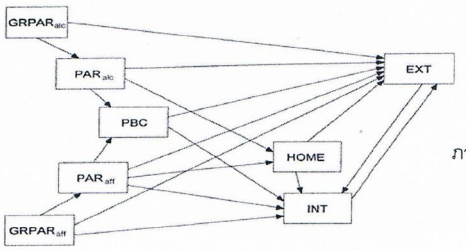


ภาพ 4 รูปแบบความสัมพันธ์แบบ Non-Recursive Model
จาก Toshinori Kitamura และ คณะ (2013 : หน้า 6)

จากภาพ 4 พบว่า มีตัวแปรภายนอกคือ Young Couple (คู่สามีภรรยาที่เป็นหนุ่มสาว) และ Number of children (จำนวนบุตร) ซึ่ง Young Couple ส่งผลไปยังตัวแปร Own Age (อายุภรรยา) ,Husband Age (อายุสามี) และ Depression (ภาวะซึมเศร้า)

ทั้งนี้พบว่า ตัวแปร Depression ส่งผลไปยัง Bonding Failure (ความล้มเหลวของความสัมพันธ์ในชีวิตคู่) และยังได้รับผลย้อนกลับจาก Bonding Failure ไปยัง Depression ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เป็นความสัมพันธ์แบบ Non-Recursive Model

• งานวิจัยของ Marc A. Schuckit, Tom L. Smith, Sven Barnow, Ulrich Preuss, Susan Luczak และ Shelley Radziminski (2003) เรื่อง "Correlates of Externalizing Symptoms in Children from Famlies of Alcoholics and Controls" เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอาการพฤติกรรมขาดการควบคุมตนเองในเด็กจากครอบครัวที่ดื่มและไม่ดื่มแอลกอฮอล์ ดังภาพ 5



ภาพ 5 รูปแบบความสัมพันธ์แบบสองทิศทาง
จาก MARC A. SCHUCKIT และคณะ
(2003 : หน้า 562)

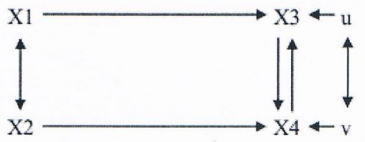
จากภาพ 5 พบว่า ตัวแปรภายนอกคือ lifetime family history of alcohol use disorders in grandparents : $GRPAR_{alc}$ (ครอบครัวที่ปู่ย่าตายายติดแอลกอฮอล์) และ lifetime FH of mood or anxiety disorders in grandparents : $GRPAR_{aff}$ (โรควิตกกังวลจากปู่ย่าตายาย) ซึ่ง

- ตัวแปร $GRPAR_{alc}$ ส่งผลไปยัง parental history of alcoholism : PAR_{alc} (ครอบครัวที่ติดแอลกอฮอล์) และ externalizing symptoms : EXT (อาการพฤติกรรมขาดการควบคุมตนเองในเด็ก) ในขณะที่ PAR_{alc} ส่งผลไปยัง pregnancy and birth complications : PBC (ปัญหาการเกิดและการตั้งครรภ์ในเด็ก) home environment : HOME (สิ่งแวดล้อมทางบ้าน) และ EXT
- ตัวแปร $GRPAR_{aff}$ ส่งผลไปยัง parental history of mood or anxiety disorders : PAR_{aff} (ครอบครัวที่เป็นโรควิตกกังวล) Internalizing symptoms : INT (อาการพฤติกรรมเก็บกดในของเด็ก) และ EXT ในขณะที่ PAR_{aff} ส่งผลไปยัง PBC และ HOME

ทั้งนี้พบว่า ตัวแปร INT ส่งผลไปยัง EXT และ ยังได้รับผลย้อนกลับจาก EXT ไปยัง INT ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เป็นความสัมพันธ์แบบ Non-Recursive Model

1.4 การประมาณค่า Non-recursive model

William D. Berry's (1984) กล่าวว่า การวิเคราะห์โมเดลที่เป็น Non-recursive model ไม่สามารถวิเคราะห์สมการถดถอยโดยใช้วิธี OLS ได้ เนื่องจากตัวแปรทั้งสองที่เป็นสาเหตุและผลในเวลาเดียวกันจะทำให้ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสุ่มทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน หรือตัวแปรสุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากับ 0 จึงทำให้เกิดปัญหาความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ซึ่งขัดแย้งกับข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอย ดังนั้นเมื่อพบรูปแบบความสัมพันธ์แบบสองทิศทางควรใช้วิธีการประมาณค่าสมการถดถอยแบบ 2 ขั้น (2 Stage Least Squares : 2SLS) ซึ่งมีวิธีประมาณค่าแบบ 2 SLS ดังนี้



จาก Duncan's และ William D. Berry's (1984 : หน้า 1)

จากภาพ 6 จะได้ X_1 และ X_2 เป็นตัวแปรภายนอก (exogenous variable) และ X_3 และ X_4 เป็นตัวแปรภายใน (endogenous Variable) โดย X_3 และ X_4 มีการส่งผลซึ่งกันและกัน u และ v เป็นตัวแปรส่วนที่เหลือ มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (Duncan's และ William D. Berry's ,1984 : หน้า 2) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้ (มนตรี พิริยะกุล ,2555 : หน้า 35-56)

(1) วิเคราะห์สมการถดถอยจากตัวแปรภายในทีละสมการจนครบทุกตัว ด้วยวิธี OLS จากภาพ 6 ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการทำนายค่า X_3 และ X_4 ได้ 2 สมการ คือ X_3 เกิดจาก X_1 , X_2 และ X_4 เกิดจาก X_1, X_2 (ซึ่ง X_1 และ X_2 เป็น IV)

สมการที่ 1 $X_3 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + u$ จะได้ $\hat{X}_3$ ($\hat{X}_3 = b_{31}x_1 + b_{32}x_2$)

สมการที่ 2 $X_4 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + v$ จะได้ $\hat{X}_4$ ($\hat{X}_4 = b_{41}x_1 + b_{42}x_2$)

ทั้งนี้ $\hat{X}_3$ และ $\hat{X}_4$ จะไม่มีความสัมพันธ์กับส่วนที่เหลือในโมเดล ซึ่ง X_1 และ X_2 ไม่สัมพันธ์กับ u ,v และ $\hat{X}_3$ ไม่สัมพันธ์กับ v , $\hat{X}_4$ ไม่สัมพันธ์กับ u ซึ่ง $\hat{X}_3$ และ $\hat{X}_4$ คำนวณได้จาก X_1 และ X_2

(2) วิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางโดยนำค่าประมาณ $\hat{X}_3$ และ $\hat{X}_4$ มาเป็นตัวแปรอิสระและทำการวิเคราะห์สมการถดถอยใหม่อีกครั้งด้วยวิธีการประมาณค่าแบบวิธี OLS ดังนั้นจะได้

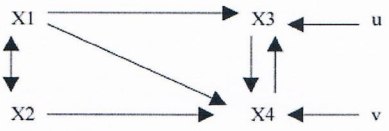
สมการที่ 1 $X_3 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_4 \hat{x}_4 + u$ ได้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง $\hat{\beta}_1$ และ $\hat{\beta}_4$

สมการที่ 2 $X_4 = \beta_0 + \beta_2 x_2 + \beta_3 \hat{x}_3 + v$ ได้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง $\hat{\beta}_2$ และ $\hat{\beta}_3$

ซึ่งตัวแปรภายนอก คือ X_1 และ X_2 โดย X_1 ไม่เกี่ยวข้องกับ u และ X_2 ไม่เกี่ยวข้องกับ v สามารถใช้ประมาณ $\hat{X}_3$ และ $\hat{X}_4$ ได้โดยไม่เกิดความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ สำหรับการวิเคราะห์นั้นจะต้องไม่เกิดปัญหาตัวแปรอิสระสัมพันธ์กันเองสูง (Multicollinearity) และต้องไม่เป็นโมเดลแบบ Under-identification

1.5 การแก้ปัญหาความเป็นได้ค่าเดียวของพารามิเตอร์แบบ Under-estimate

การประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลสมการโครงสร้าง ต้องระบุความเป็นได้ค่าเดียว (Identification) ของพารามิเตอร์ก่อนการประมาณค่า กล่าวคือ โมเดลสามารถนำมาประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เป็นค่าเดียวกันหรือไม่ ซึ่งถ้าจำนวนสมการเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดลเรียกว่า Just-identify ถ้าจำนวนสมการมากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดลเรียกว่า แบบ Over-identify แต่ถ้าจำนวนสมการน้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดลเรียกว่า Under-identify (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538 หน้า 37) ซึ่งโมเดลแบบ Under-identify จะไม่สามารถทำการวิเคราะห์การถดถอยได้ ดังนั้นควรแก้ไขปัญหา Under-estimate ก่อนการวิเคราะห์ อธิบายได้ดังนี้



ภาพ 7 โมเดลที่เกิดปัญหา Under-estimate
จาก Duncan's และ William D. Berry's (1984)

จากภาพ 7 เขียนเป็นสมการโครงสร้าง ดังนี้

- สมการถดถอย

สมการที่ 1 $X_3 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + u$ จะได้ $\hat{X}_3$

สมการที่ 2 $X_4 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + v$ จะได้ $\hat{X}_4$

- สัมประสิทธิ์เส้นทาง

สมการที่ 1 $X_3 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_4 \hat{x}_4 + u$ ได้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง $\hat{\beta}_1$ และ $\hat{\beta}_4$

สมการที่ 2 $X_4 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 \hat{x}_3 + v$ สมการนี้มีปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันเองสูงแบบสมบูรณ์ (perfect multicollinearity) เพราะ $\hat{X}_3$ เกิดจาก X_1และ X_2 เมื่อ X_1 , X_2 และ $\hat{X}_3$ ทำหน้าที่เป็นตัวแปรอิสระด้วยกันจึงเกิดปัญหา multicollinearity ดังนั้นจาก สมการที่ 2 จะพบว่า เมื่อคูณด้วย X_1ตลอดแล้วหาค่าความคาดหวัง (expectation) และคูณด้วย X_2 ตลอด แล้วหาค่าความคาดหวัง โดยที่ X_1, X_2 เป็น IV จะได้

จากสมการที่ 2 $X_4 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 \hat{X}_3 + v$

(คูณด้วย X_1 ตลอด) $X_4 X_1 = \beta_0 X_1 + \beta_1 X_1^2 + \beta_2 X_2 X_1 + \beta_3 \hat{X}_3 X_1 + V X_1$

(หาค่าความคาดหวัง) $E(X_4 X_1) = E(\beta_0 X_1) + E(\beta_1 X_1^2) + E(\beta_2 X_2 X_1) + E(\beta_3 \hat{X}_3 X_1) + E(V X_1)$

ดังนั้น $\sigma_{14} = \beta_1 \sigma_1^2 + \beta_2 \sigma_{12} + \beta_3 \sigma_{13}$

จากสมการที่ 2 $X_4 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 \hat{X}_3 + v$

(คูณด้วย X_2 ตลอด) $X_4 X_2 = \beta_0 X_2 + \beta_1 X_1 X_2 + \beta_2 X_2^2 + \beta_3 \hat{X}_3 X_2 + V X_2$

(หาค่าความคาดหวัง) $E(X_4 X_2) = E(\beta_0 X_2) + E(\beta_1 X_1 X_2) + E(\beta_2 X_2^2) + E(\beta_3 \hat{X}_3 X_2) + E(V X_2)$

ดังนั้น $\sigma_{24} = \beta_1 \sigma_{12} + \beta_2 \sigma_2^2 + \beta_3 \sigma_{23}$

สรุปว่าสมการนี้มีพารามิเตอร์ 3 ตัว แต่มีสมการเพียง 2 สมการ จึงแก้สมการที่ให้คำตอบไม่ได้ เรียกกรณีนี้ว่า Under-identification กรณีนี้จะหาคำตอบไม่ได้ สำหรับวิธีแก้ Under-identification ควรกำหนดตัวแปรอิสระ (IV) ให้น้อยลง ไม่กำหนดตัวแปรต้นทางทุกตัวเป็น IV และสามารถแก้ปัญหาโดยการเพิ่มตัวแปรต้นทางให้แก่ตัวแปรตามในสมการเส้นทางอื่น (William D. Berry's and Duncan : 1984)

ในขณะที่สมการที่ 1 $X_3 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_4 \hat{x}_4 + u$ เมื่อคูณตลอดด้วยตัวแปรอิสระ IV (X_1 และ X_2)แล้ว take expectation จะได้

$$\sigma_{13} = \beta_1 \sigma_1^2 + \beta_4 \sigma_{14}$$
$$\sigma_{23} = \beta_1 \sigma_{12} + \beta_4 \sigma_{24}$$

ดังนั้นสมการที่ 1 มีจำนวนพารามิเตอร์และจำนวนสมการเท่ากันคือ มีพารามิเตอร์ 2 ตัว และมีสมการ 2 สมการ เป็น Just-identify กรณีนี้หา $\hat{\beta}_1$ และ $\hat{\beta}_4$ ได้

1. การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์แบบวิธีสเปซท์

การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ด้วยวิธีสเปซท์เป็นการตรวจสอบโมเดลด้วยค่าสถิติคิว (Q statistic) เรียกการวิเคราะห์นี้ว่า การวิเคราะห์เส้นทางแบบพี เอ คิว (Path Analysis with Q statistic : PAQ) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเนื่องจากมีการคำนวณที่ไม่ยุ่งยากและมีความน่าเชื่อถือสำหรับโมเดลที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) แบ่งเป็น Just Identified Model เป็นโมเดลแบบมีทิศทางที่ตัวแปรมีอิทธิพลถึงกันแบบเต็มรูป (Full Model) และ Over Identified Model เป็นโมเดลแบบมีทิศทางที่มีการตัดเส้นทางที่ไม่มีนัยสำคัญออกจากโมเดล มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1.1 ขั้นตอนการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลด้วยวิธีสเปซท์

เป็นการวัดความสอดคล้อง (Measurement of Goodness of Fit) ของโมเดล Just-Identified (Full Model) ของตัวแปรภายนอกกับตัวแปรภายใน และโมเดล Over-Identified (Karl L. Wuensch : 2012) มีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณค่า R_F^2 และ ค่า R_R^2 จาก 1- $(e_i)^2(e_j)^2$.....$(e_n)^2$

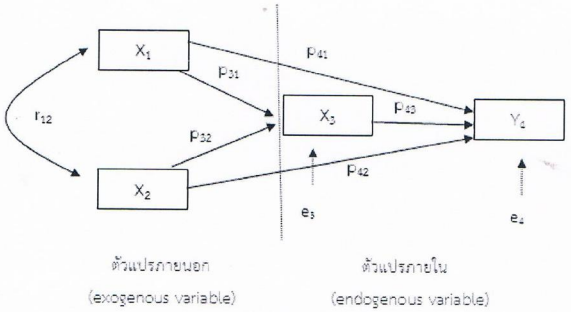
เมื่อกำหนดให้ R_F^2 คือ สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในกับตัวแปรภายนอกของ just identified model

R_R^2 คือ สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในกับตัวแปรภายนอกของ over identified model

2. คำนวณสถิติ Q ดังนี้ $Q = \frac{1-R_F^2}{1-R_R^2}$

3. ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติด้วยสถิติ W ดังนี้ $W = -(N-d)*\ln(Q)$
4. นำค่า W ที่คำนวณได้เทียบกับตารางไคสแควร์ที่ df = d= จำนวนเส้นทางที่ลบออก ซึ่งถ้าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าโมเดลตามสมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2. ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางส่วนที่เหลือ (Residual) และอิทธิพลทางตรง ทางอ้อม และอิทธิพลรวม



ภาพ 8 รูปแบบเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ

จากภาพ 8 มี X_1 และ X_2 เป็นตัวแปรภายนอก X_3 และY_4 ตัวแปรภายใน โดย X_1 และ X_2 ส่งผลไปยัง X_3 มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง P_{31} และ P_{32} ตามลำดับ แล้ว X_1 ,X_2 และX_3 ส่งผลไปยัง Y_4 มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง P_{41} P_{42} และ P_{43} ตามลำดับ มี e_3 และ e_4 เป็น Residual Variables ของตัวแปร X_3 และY_4

3.1 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแปรส่วนที่เหลือ ไปยังตัวแปรในแบบจำลอง กำหนดให้ตัวแปรภายในแบบจำลองเป็น j มีค่าเท่ากับ $\sqrt{1-R^2_{j.12.....i}}$ ซึ่ง $R^2_{j.12.....i}$ คือ กำลังสองของสหสัมพันธ์พหุคูณของตัวแปรภายใน j กับตัวแปรที่ 1,2,.....,i ที่มีอิทธิพลกับ j ดังนั้น จากภาพ 8 ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางจาก e_3ไปยังตัวแปร X_3 เท่ากับ $\sqrt{1-R^2_{3.12}}$ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางจาก e_4 ไปยังตัวแปร X_4 เท่ากับ $\sqrt{1-R^2_{4.123}}$

3.2 การวิเคราะห์อิทธิพลรวม อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อม

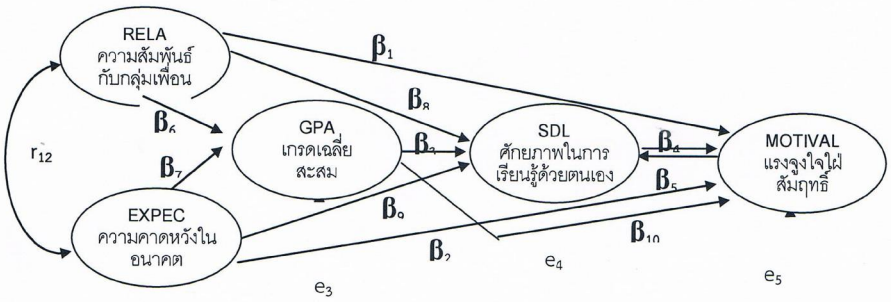
การวิเคราะห์อิทธิพลรวม (Total Effect : TE) มีค่าเท่ากับ ผลบวกของอิทธิพลทางตรง (Direct Effect : DE) กับอิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effect : IE) (Saris and Stronkhorst, 1984 หน้า 120-121 ; Pedhazur, 1982 หน้า 588-590 ; นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538 หน้า 180)

จากภาพ 8 คำนวณได้ดังนี้

	DE	IE	TE
เส้นทาง 1 (X_1 ไป X_3)	P_{31}	$r_{12}P_{32}$	$P_{31}+r_{12}P_{32}$
เส้นทาง 2 (X_1 ไป Y_4)	P_{41}	$P_{31}P_{43}+r_{12}P_{32}P_{43}+r_{12}P_{42}$	$P_{41}+P_{31}P_{43}+r_{12}P_{32}P_{43}+r_{12}P_{42}$
เส้นทาง 3 (X_2 ไป X_3)	P_{32}	$r_{12}P_{31}$	$P_{32}+r_{12}P_{31}$
เส้นทาง 4 (X_2 ไป Y_4)	P_{42}	$P_{32}P_{43}+r_{12}P_{31}P_{43}+r_{12}P_{41}$	$P_{42}+P_{32}P_{43}+r_{12}P_{31}P_{43}+r_{12}P_{41}$
เส้นทาง 5 (X_3 ไป Y_4)	P_{43}	-	P_{43}

3. ตัวอย่างงานวิจัยที่วิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ (Path Analysis) สำหรับโมเดล Non recursive

งานวิจัยของ อัศนีย์ ทองศิลป์ (2555) เรื่อง การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชน ในเขตกรุงเทพมหานคร (A Path Analysis of Relationships between Factors with Achievement Motivation of Students of Private Universities in Bangkok, Thailand) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ความสัมพันธ์ในกลุ่มเพื่อน ความคาดหวังในอนาคต ศักยภาพในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เกรดเฉลี่ยสะสม ที่มีอิธิพลต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ในโมเดลแบบ Non Recursive ดังภาพ 9

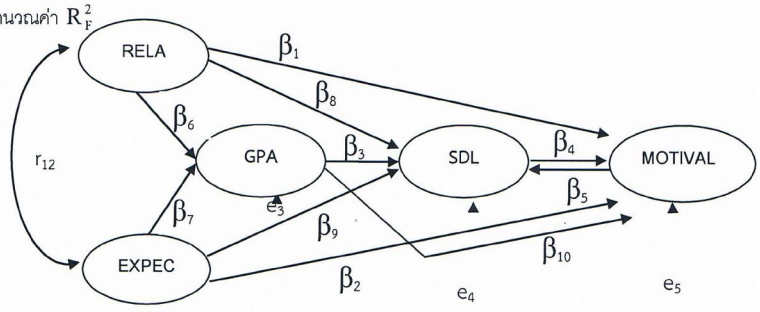


ภาพ 9 รูปแบบการวิเคราะห์เส้นทางแบบ Non recursive ของปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

จากภาพ 9 พบว่า มีตัวแปรภายนอก คือ Classmate Relationships : RELA (ความสัมพันธ์กับกลุ่มเพื่อน) และ Future Expectation : EXPEC (ความคาดหวังในอนาคต) มีตัวแปรภายใน คือ Academic Achievement : GPA (เกรดเฉลี่ยสะสม) Self- Directed Learning :SDL (ศักยภาพในการเรียนรู้ด้วยตนเอง) และ Achievement Motivation : MOTIVAL (แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์)

งานวิจัยนี้ต้องการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Path Analysis) สำหรับโมเดลแบบ Non recursive ในที่นี้ผู้วิจัยตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลด้วยเทคนิควิธีสเปซท์หรือ PAQ ใช้วิธีการประมาณค่าในสมการถดถอยเชิงพหุแบบ 2SLS และวิธีการแก้ปัญหาความเป็นได้ค่าเดียว (Identification) ของพารามิเตอร์ ที่เป็นแบบ Under-identification จากนั้นจึงวิเคราะห์ค่าอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมต่อไป มีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

3.1 วิเคราะห์โมเดลตามสมมติฐาน (Just Identified Model) โดยใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอย (Regression) และคำนวณค่า R_F^2



ภาพ 10 รูปแบบเส้นทางความสัมพันธ์ตามสมมติฐาน

จากภาพ 10 ได้รูปแบบเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ 3 สมการ ดังนี้

สมการที่ 1 GPA (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) ได้รับอิทธิพลทางตรงจาก RELA (ความสัมพันธ์กับกลุ่มเพื่อน) EXPEC (ความคาดหวังในอนาคต) เป็นโมเดลแบบ Recursive วิเคราะห์ค่าอิทธิพลแบบวิธี OLS เขียนเป็นสมการโครงสร้างได้ดังนี้ GPA = β_6(RELA) +β_7(EXPEC) + e_3

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	EXPEC, RELA[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: GPA

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.218[a]	.047	.045	.94233

a. Predictors: (Constant), EXPEC, RELA

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	36.951	2	18.475	20.806	.000[a]
	Residual	743.238	837	.888		
	Total	780.189	839			

a. Predictors: (Constant), EXPEC, RELA

b. Dependent Variable: GPA

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
1	(Constant)	1.357	.288		4.710	.000
	RELA	-.061	.065	-.034	-.946	.344
	EXPEC	.417	.066	.227	6.305	.000

a. Dependent Variable: GPA

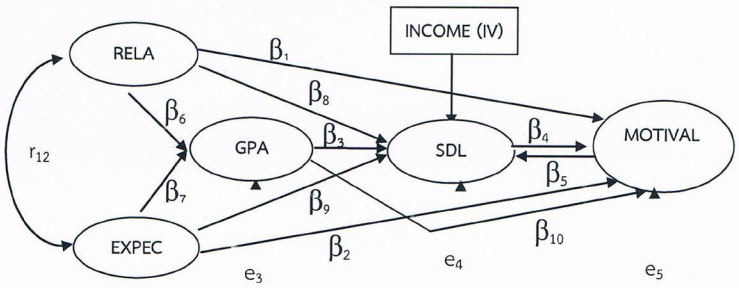
ดังนั้นสมการที่ 1 GPA = -.034(RELA) + .227**(EXPEC) + e_3 มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีจำนวน 1 เส้นทาง คือ เส้นทางจาก EXPEC ไปยัง GPA มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (β)=.227 ซึ่ง RELA และ EXPEC สามารถร่วมกันอธิบาย GPA ได้ร้อยละ 4.7 (R^2= 4.7 %) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของ e_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{1-.047}$ = 0.976

สมการที่ 2 SDL (ศักยภาพในการเรียนรู้ด้วยตนเอง) ได้รับอิทธิพลทางตรงจาก GPA (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) RELA (ความสัมพันธ์กับกลุ่มเพื่อน) และ MOTIVAL(แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์) พบว่าเป็นโมเดลแบบ Non-recursive model ต้องวิเคราะห์ค่าอิทธิพลแบบวิธี 2SLS (William D. Berry's : 1984) เขียนเป็นสมการโครงสร้างได้ดังนี้ SDL = β_8(RELA) +β_9(EXPEC) + β_3(GPA) + β_5(MOTIVAL) + e_4

เมื่อพิจารณาสมการที่ 2 พบว่ามีพารามิเตอร์จำนวน 4 ตัว ได้แก่ RELA, EXPEC, GPA และ MOTIVAL แต่มีจำนวน 3 สมการ เมื่อนำตัวแปรที่เป็น IV คือ RELA, EXPEC และ GPA คูณตลอด แล้วหาค่าความคาดหวัง (expectation) จะได้สมการ ดังนี้ (เมื่อกำหนดให้ SDL= 4, RELA =1, EXPEC= 2 และ GPA =3)

$$\sigma_{14} = \beta_8\sigma_1^2 + \beta_9\sigma_{12} + \beta_3\sigma_{13} + \beta_5\sigma_{15}$$
$$\sigma_{24} = \beta_8\sigma_{21} + \beta_9\sigma_2^2 + \beta_3\sigma_{23} + \beta_5\sigma_{25}$$
$$\sigma_{34} = \beta_8\sigma_{31} + \beta_9\sigma_{32} + \beta_3\sigma_3^2 + \beta_5\sigma_{35}$$

ดังนั้น มีจำนวนพารามิเตอร์ 4 ตัว มีจำนวนสมการ 3 สมการ ซึ่งจำนวนสมการน้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ทำให้เกิด Under-identification ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการเพิ่มตัวแปรต้นทางให้แก่ตัวแปรตามในสมการเส้นทางอื่นเพิ่ม (William D. Berry's : 1984) ในที่นี้เพิ่มตัวแปรสาเหตุ 1 ตัวแปร คือ INCOME (รายได้ต่อเดือน) ทำให้มีตัวแปร IV มีทั้งหมด 4 ตัวแปร คือ RELA, EXPEC ,GPA และ INCOME



ภาพ 11 แสดงการเพิ่มตัวแปร IV

Two-stage Least Squares

MODEL: MOD_1.

Equation number: 1

Dependent variable.. SDL

Listwise Deletion of Missing Data

Multiple R .6851

R Square .4694

Adjusted R Square .4670

---------- Variables in the Equation ----------

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
MOTIVAL	.4521	.0224	.6041	20.545	.0000
RELA	.1101	.0191	.1571	5.779	.0000
EXPEC	.0342	.0221	.0472	1.529	.1270
GPA	-.01354	0101	-.0333	-1.278	
(Constant)	1.3240	.09111			

Analysis of Variance:

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	4	56.692	14.173
Residuals	834	64.049	.0776

F = 184.772 Signif F = .0000

Correlation Matrix of Parameter Estimates

	MOTIVAL	RELA	EXPEC	GPA
MOTIVAL	1.0000000	-.9570316	-.9972631	-.8455854
RELA	-.9570316	1.0000000	.9469103	.8144065
EXPEC	-.9972631	.9469103	1.0000000	.8349280
GPA	-.8455854	.8144065	.8349280	1.0000000

ดังนั้นสมการที่ 2 SDL = .157**(RELA)+ .047(EXPEC) -.033(GPA)+.604** $(\hat{MOTIVAL})$ + e_4 มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จำนวน 2 เส้นทาง คือ จาก RELA ไป SDL และจาก $(\hat{MOTIVAL})$ ไป SDL โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (β) = .157 และ .6 04 ตามลำดับ ซึ่งตัวแปร RELA ,EXPEC ,GPA และ $(\hat{MOTIVAL})$ ร่วมกันอธิบาย SDL ได้ร้อยละ 47.0 (R^2 = 47.0%) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของ e_4 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{1-.470}$ = 0.728

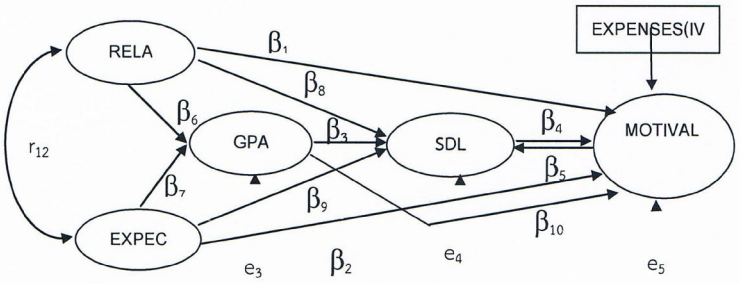
สมการที่ 3 MOTIVAL (แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์) ได้รับอิทธิพลทางตรงจาก RELA (ความสัมพันธ์กับกลุ่มเพื่อน) EXPECT (ความคาดหวังในอนาคต) GPA (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) และ SDL (ศักยภาพในการเรียนรู้ด้วยตนเอง) พบว่าเป็นโมเดลแบบ Non-recursive model ต้องวิเคราะห์ค่าอิทธิพลแบบวิธี 2SLS เขียนเป็นสมการโครงสร้างได้ดังนี้

$$MOTIVAL = \beta_1(RELA) + \beta_2(EXPEC) + \beta_{10}(GPA) + \beta_4(\hat{SDL}) + e_5$$

เมื่อพิจารณาสมการรูปแบบที่ 3 พบว่ามีพารามิเตอร์จำนวน 4 ตัว ได้แก่ RELA, EXPEC, GPA และ $\hat{SDL}$ และเมื่อตรวจสอบสมการพบว่า มี 3 สมการ (เมื่อนำตัวแปรที่เป็น Instrumental Variable (IV) คือ RELA, EXPECT และ GPA คูณตลอด แล้วหาค่าความคาดหวัง (expectation) จะได้สมการ ดังนี้ (เมื่อกำหนดให้ MOTIVAL = 5, RELA =1, EXPEC= 2 และ GPA =3) จะได้ 3 สมการ คือ

$$\sigma_{15} = \beta_1\sigma_1^2 + \beta_2\sigma_{12} + \beta_{10}\sigma_{13} + \beta_4\sigma_{15}$$
$$\sigma_{25} = \beta_1\sigma_{21} + \beta_2\sigma_2^2 + \beta_{10}\sigma_{23} + \beta_4\sigma_{25}$$
$$\sigma_{35} = \beta_1\sigma_{31} + \beta_2\sigma_{32} + \beta_{10}\sigma_3^2 + \beta_4\sigma_{35}$$

ดังนั้นมีจำนวนพารามิเตอร์ 4 ตัว มีจำนวนสมการ 3 สมการซึ่งจำนวนสมการน้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ทำให้เกิด Under-identification ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการเพิ่มตัวแปรต้นทางให้แก่ตัวแปรตามในสมการเส้นทางอื่นเพิ่ม (William D. Berry's : 1984) ในที่นี้เพิ่มตัวแปรสาเหตุ 1 ตัว คือ EXPENSES (รายจ่ายต่อเดือน) ทำให้มีตัวแปร IV มีทั้งหมด 4 ตัวแปร คือ RELA, EXPEC ,GPA และ EXPENSES



ภาพ 12 แสดงการเพิ่มตัวแปร IV

Two-stage Least Squares

MODEL: MOD_2.

Equation number: 2

Dependent variable.. MOTIVAL

Listwise Deletion of Missing Data

Multiple R .71506

R Square .511311

Adjusted R Square .50912

Analysis of Variance:

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	109.836	27.45912
Residuals	835	105.0994	.126412

F = 218.15841 Signif F = .0000

---------- Variables in the Equation ----------

Variable	B	SE B	Beta	TSig T	
RELA	-.01521	.02514	-.0152	-.5832	.5601
EXPEC	.26510	.02744	.2751	9.659	.0000
GPA	.02741	.01321	.0512	2.060	.0400
SDL	.74211	.03622	.5562	20.545	.0000

β_2 β_{10} β_4

Correlation Matrix of Parameter Estimates

	RELA	EXPEC	GPA	SDL
RELA	1.0000000	-.3499110	.0332967	.51042631
EXPEC	-.3499110	1.0000000	-.2113853	.32587952
GPA	.0332967	-.2113853	1.0000000	.45627811
SDL	.51042631	.32587952	.45627811	1.0000000

ดังนั้นสมการที่ 3 MOTIVAL = -.015(RELA) +.275**(EXPEC) + .051*(GPA) + .556** $(\hat{SDL})$ + e_5 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีจำนวน 2 เส้นทาง คือ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางจาก EXPEC ไป MOTIVAL และค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางจาก $(\hat{SDL})$ ไป MOTIVAL โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (β) =.275 และ .556 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0 5 มีจำนวน 1 เส้นทาง คือ GPA ไป MOTIVAL มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (β) =.051 ซึ่งตัวแปร RELA, EXPEC, GPA และ $(\hat{SDL})$ ร่วมกันทำนาย MOTIVAL ได้ร้อยละ 5 1.1 (R^2 = 51.1%) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของ e_5 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{1-.511}$ = 0.701

ดังนั้น ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในกับตัวแปรภายนอกของโมเดลตามสมติฐาน just identified model

$$R_F^2 = 1-(1-R_1^2)(1-R_2^2)(1-R_3^2) = 0.751$$

4.2 วิเคราะห์โมเดลที่ปรับแก้แล้ว (Over Identified Model) โดยใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอย (Regression) และคำนวณค่า R_R^2 จากรูปแบบความสัมพันธ์ที่ปรับแก้แล้วได้รูปแบบสมการดังนี้

สมการที่ 1 GPA (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) ได้รับอิทธิพลทางตรงจาก EXPEC (ความคาดหวังในอนาคต) เป็นโมเดลแบบ Recursive วิเคราะห์ค่าอิทธิพลแบบวิธี OLS เขียนเป็นสมการโครงสร้างดังนี้

GPA = β_7(EXPEC) + e_3

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.215[a]	.046	.045	.94227

a. Predictors: (Constant), EXPEC

β_7

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	1.220	.249		4.897	.000
	EXPEC	.395	.062	.215	6.381	.000

a. Dependent Variable: GPA

ดังนั้นสมการที่ 1 GPA = .215** β_7 (EXPEC)+e_3 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่าง EXPEC กับ GPA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (β = .215) ซึ่งตัวแปร EXPEC สามารถอธิบาย GPA ได้ร้อยละ 4.6 (R^2= 4.6 %) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของ e_3 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{1-.046}$ = 0.977

สมการที่ 2 SDL (ศักยภาพในการเรียนรู้ด้วยตนเอง) ได้รับอิทธิพลทางตรงจาก RELA (ความสัมพันธ์กับกลุ่มเพื่อน) และ MOTIVAL (แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์) พบว่าเป็นโมเดลแบบ Non-recursive model วิเคราะห์ค่าอิทธิพลแบบวิธี 2SLS เขียนเป็นสมการโครงสร้างดังนี้ SDL = β_8(RELA) + β_5 $(\hat{MOTIVAL})$ + e_4

เมื่อพิจารณาสมการรูปแบบที่ 2 พบว่ามีพารามิเตอร์จำนวน 2 ตัว มีสมการ 2 สมการ ซึ่งจำนวนสมการเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ฉะนั้นเป็น Just identify สามารถวิเคราะห์ ด้วยวิธี OLS ได้

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.684[a]	.467	.466	.27719

a. Predictors: (Constant), MOTIVAL, RELA

β_8

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	1.353	.084		16.084	.000
	RELA	.118	.018	.168	6.397	.000
	MOTIVAL	.464	.020	.619	23.631	.000

a. Dependent Variable: SDL

β_5

ดังนั้นสมการที่ 2 SDL = .168**(RELA)+.619** $(\hat{MOTIVAL})$ + e_4 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่าง RELA กับ SDL มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (β=.168) และ MOTIVAL กับ SDL มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (β=.619) ซึ่งตัวแปร RELA และ $(\hat{MOTIVAL})$ สามารถร่วมกันอธิบาย SDL ได้ร้อยละ 46.7 (R^2=46.7%) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของ e_4 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{1-.467}$ = 0.699

สมการที่ 3 MOTIVAL (แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์) ได้รับอิทธิพลทางตรงจาก EXPEC (ความคาดหวังในอนาคต) GPA (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) และ SDL (ศักยภาพในการเรียนรู้ด้วยตนเอง) พบว่าเป็นโมเดลแบบ Non-recursive modelจะต้องวิเคราะห์ค่าอิทธิพลแบบวิธี 2SLS เขียนเป็นสมการโครงสร้างดังนี้

$$MOTIVAL = \beta_1(EXPEC) + \beta_{10}(GPA) + \beta_4(\hat{SDL}) + e_5$$

เมื่อพิจารณาสมการรูปแบบที่ 3 พบว่ามีพารามิเตอร์จำนวน 3 ตัว มี 3 สมการ ซึ่งจำนวนสมการเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ฉะนั้นเป็น Just identify สามารถวิเคราะห์ ด้วยวิธี OLS ได้

Model Summary

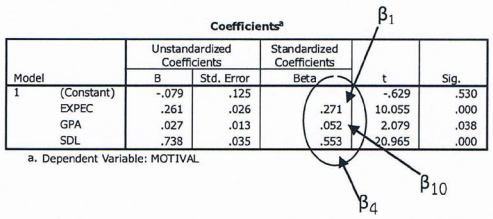
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.715[a]	.511	.509	.35464

a. Predictors: (Constant), SDL, GPA, EXPEC

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
1	(Constant)	-.079	.125		-.629	.530
	EXPEC	.261	.026	.271	10.055	.000
	GPA	.027	.013	.052	2.079	.038
	SDL	.738	.035	.553	20.965	.000

a. Dependent Variable: MOTIVAL



ดังนั้นสมการที่ 3 MOTIVAL= .271**(EXPEC) + .052*(GPA) +.553** $(\hat{SDL})$ + e_5 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่าง EXPEC กับ MOTIVAL มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (β=.271) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่าง GPA กับ MOTIVAL มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (β= .052) และค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่าง $(\hat{SDL})$ กับ MOTIVAL มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (β= .553) ซึ่งตัวแปร EXPEC,GPA และ $(\hat{SDL})$ สามารถร่วมกันอธิบาย MOTIVAL ได้ร้อยละ 51.1 (R^2 = 51.1%) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของ e_5 มีค่าเท่ากับ $\sqrt{1-.511}$ = 0.730

ดังนั้น ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในกับตัวแปรภายนอกของ Over Identified Model

$$R_R^2 = 1-(1-R_1^2)(1-R_2^2)(1-R_3^2) = 0.751$$

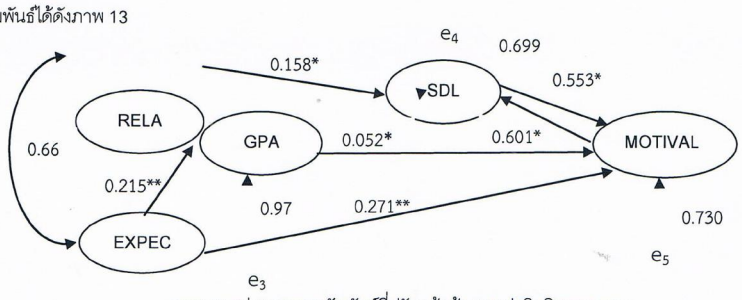
4.3 วิเคราะห์ความสอดคล้องรูปแบบความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วย สถิติ Q และ สถิติ W

จากข้อ 4.1 และ 4.2 ได้ค่า (R_F^2) = 0.753 และ ค่า (R_R^2)= 0.751 นำค่าทั้งสองมาคำนวณดัชนีความสอดคล้อง (goodness of fit) ด้วยสถิติ Q และทดสอบรูปแบบที่ปรับใหม่ด้วยสถิติทดสอบ W เทียบกับค่า $\chi^2_{df,\alpha}$ ได้ผลวิเคราะห์ตามตาราง 1

ตาราง 1 ทดสอบความสอดคล้องของรูปแบบเส้นทางที่ปรับใหม่ตามสมมติฐาน

ค่า R_F^2 จาก รูปแบบเดิม	ค่า R_R^2 จาก รูปแบบใหม่	ดัชนีความสอดคล้อง (Q)	Ln Q	W	$\chi^2_{4,0.01}$
0.753	0.751	0.996	-0.004	3.344	13.28

จากตาราง 1 ได้ค่า Q = 0.996 พบว่ามีความกลมกลืนกันสูง และนำมาทดสอบสมมติฐานของรูปแบบที่ปรับใหม่ด้วยสถิติทดสอบ W มีค่าเท่ากับ 3.344 นำไปเปรียบเทียบกับค่า $\chi^2_{4,0.01}$ = 13.28, (df = 4) พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่ารูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานการวิจัยมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ได้ดังภาพ 13



ภาพ 13 รูปแบบความสัมพันธ์ที่ปรับแก้แล้ว และค่าอิทธิพลทางตรง

4.4 วิเคราะห์อิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวม

หลังจากได้รูปแบบความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว ขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวม ดังนี้

ตาราง 2 ค่าอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวม

	GPA			SDL			MOTIVA		
	DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE
RELA	-	0.143	0.143	.158	0.104	0.262	-	0.275	0.275
EXPEC	.215	-	0.215	-	0.274	0.274	.271	0.069	0.340
GPA	-	-	-	-	0.031	0.031	.052	0.071	0.122
SDL	-	-	-	-	-	-	.553	.0061	0.5591
MOTIVAL	-	-	-	0.601	.028	0.629	-	-	-

จากตาราง 2 พบว่า ตัวแปรสาเหตุที่มีอิทธิพลทางตรงไปยังตัวแปรตามทั้ง 3 สมการ ได้แก่

- ตัวแปรตาม MOTIVAL พบว่า ตัวแปร SDL มีอิทธิพลทางตรงต่อ MOTIVAL มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.553 รองลงมาได้แก่ EXPEC และ GPA มีค่าเท่ากับ 0.271 และ 0.052 ตามลำดับ สำหรับอิทธิพลทางอ้อมที่มีค่ามากที่สุดคือ RELA โดยอ้อมผ่านไปทาง RELA, EXPEC และ GPA มีค่าเท่ากับ 0.275 สำหรับมีอิทธิพลรวมมากที่สุดคือ SDL มีค่าเท่ากับ 0.5591

- ตัวแปรตาม SDL พบว่า ตัวแปร RELA มีอิทธิพลทางตรงต่อ SDL มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0. 158 รองลงมาได้แก่ MOTIVAL มีค่าเท่ากับ 0.601 สำหรับอิทธิพลทางอ้อมที่มีค่ามากที่สุดคือ EXPEC โดยอ้อมผ่านไปทาง MOTIVAL และ GPA มีค่าเท่ากับ 0.27 4 สำหรับอิทธิพลรวมมากที่สุดคือ MOTIVAL มีค่าเท่ากับ 0.629

- ตัวแปรตาม GPA พบว่า ตัวแปร EXPEC มีอิทธิพลทางตรงต่อ GPA มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0. 215 สำหรับอิทธิพลทางอ้อมที่มีค่ามากที่สุดคือ RELA โดยอ้อมผ่านไปทาง SDL และ MOTIVAL มีค่าเท่ากับ 0. 143 สำหรับอิทธิพลรวมมากที่สุดคือ EXPEC มีค่าเท่ากับ 0.215

สรุปผล การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุในโมเดลแบบ Non-Recursive Model สำหรับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์นั้น สามารถกระทำได้โดยผู้วิจัยต้องแก้ปัญหาที่เกิดจากโมเดลแบบ Non-Recursive ก่อนการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลตามสมมติฐานกับข้อเท็จจริง กล่าวคือโมเดลแบบ Non-Recursive นั้น จะเกิดปัญหา Multicollinearity และความคลาดเคลื่อนในส่วนที่เหลือเป็น 0 ทั้งนี้สามารถใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุเป็นแบบ 2SLS เพื่อแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความเป็นได้ค่าเดียว (Identification) ต้องไม่เป็นแบบ Under-identify เพราะจะไม่สามารถทำการวิเคราะห์การถดถอยได้ ดังนั้นควรแก้ปัญหาด้วยการกำหนดตัวแปรอิสระ (IV) ให้น้อยลง ไม่กำหนดตัวแปรต้นทางทุกตัวเป็น IV หรือเพิ่มตัวแปรต้นทางให้แก่ตัวแปรตามในสมการเส้นทางอื่น จากนั้นตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลจริง ซึ่งในที่นี้ใช้การวิเคราะห์เส้นทางแบบวิธีสเปซที่ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อนสามารถวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS ได้ และจากนั้นนำโมเดลที่วิเคราะห์ได้มาคำนวณหาอิทธิพลทางตรงอิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวม จากแผนภาพแสดงทิศทางความสัมพันธ์

บรรณานุกรม

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. **การวิเคราะห์เส้นทาง** (Path Analysis). ศูนย์การเรียนรู้ทางการวิจัย. http:// rlc.nrct.go.th/ewt_dl.php?nid=1106 [สืบค้นออนไลน์ ณ วันที่ 12 พ.ย. 2556]

นงลักษณ์ วิรัชชัย (2538) **ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น (LISREL) สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

นำชัย ศุภฤกษ์ชัยสกุล. **การวิเคราะห์อิทธิพล** (Path Analysis). ศูนย์การเรียนรู้ทางการวิจัย. http:// rlc.nrct .go.th/ewt_dl.php?nid=762. [สืบค้นออนไลน์ ณ วันที่ 12พ.ย. 2556]

มนตรี พิริยะกุล (2555) **การวิเคราะห์ตัวแบบสมการโครงสร้างชนิด Non recursive model**. วารสารมหาวิทยาลัยรามคำแหง สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 29 ฉบับที่ 2กรกฎาคม-ธันวาคม 2555 หน้า 35-56

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. (2555) **เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรม**. วารสารการบริหารและพัฒนา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม. (หน้า 165-176)

อัศนีย์ ทองศิลป์. (2555). **การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชน ในเขตกรุงเทพมหานคร**. มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต : กรุงเทพมหานคร

Duncan and William D. Berry.(1984). **Non-recursive Models Highlights**. https://www3.nd.edu /~rwilliam/stats2/l93.pdf [สืบค้นออนไลน์ ณ วันที่ 4 เม.ย. 2558]

Karl L.Wuensch. (2012).**An Introduction to Path Analysis**. http://core.ecu.edu /psyc/ wuenschk /MV/SEM/Path.pdf [สืบค้นออนไลน์ ณ วันที่ 12 พ.ย. 2556]

Marcaschuckit, Toml Smith, SvenBarnow, UlrichPreuss, SusanLuczak and ShelleyRadziminski (2003).CORRELATES OF EXTERNALIZING SYMPTOMS IN CHILDREN FROM FAMILIES OF ALCOHOLICS AND CONTROLS. Alcohol & Alcoholism Vol. 38, No. 6, pp. 559–567, 2003 www.alcalc.oupjournals.org [สืบค้นออนไลน์ ณ วันที่ 4 เม.ย. 2558]

Toshinori Kitamura,Yukiko Ohashi,Sachiko Kita,Megumi Haruna, Reiko Kubo.(2013).**Depressive mood, bonding failure, and abusive parenting among mothers with three-month-old babies in a Japanese community**. Open Journal of Psychiatry. Vol.3 No. 3A (2013), Article ID:34323,7pages.http://file.scirp.org/Html/1-1420182 _ 343 23.htm [สืบค้นออนไลน์ ณ วันที่ 4 เม.ย. 2558]

William D. Berry (1984) **Non recursive Causal Models (Quantitative Applications in the Social Sciences)**. Volume 37. SAGE Publications, Inc.

Kerlinger Fred N. and Peahazur Elzor J. (1973). **Multiple Regression in Behavioral Research**. New York : Holt Reinehart and Winston, Inc.