

แบบจำลองสมการเชิงโครงสร้างและ การศึกษาพฤติกรรมการเดินทาง

Structural Equation Modeling and Travel Behavior Study

ผศ.ดร. สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์

สาขาวิศวกรรมขนส่งและการจราจร
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

ความเป็นมาและลักษณะทั่วไปของ แบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง

ผศ.ดร. สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์

Structural Equation Modeling and Travel Behavior Study

2

วิธีการที่นิยมใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการเดินทาง

- **Descriptive statistics:**
T-test, F-test, Chi-square test, Bivariate correlation, Multiple correlation
- **Multivariate analysis:**
Factor analysis (Principal Component Analysis (PCA), ANOVA, MANOVA, Discriminant analysis, etc.
- **Statistical Modeling:**
Least square method: Regression analysis, Multiple regression analysis
Discrete choice analysis: Logit model, Probit model, etc.

ผศ.ดร. สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์

Structural Equation Modeling and Travel Behavior Study

3

ข้อได้เปรียบของ Traditional Methods

- สะดวกต่อการสร้างเครื่องมือสำหรับสำรวจข้อมูล
- เป็นวิธีการที่นิยมใช้มานาน ผู้วิเคราะห์มีความคุ้นเคยเป็นอย่างดี
- เครื่องมือ/ซอฟต์แวร์ที่ใช้วิเคราะห์ถูกพัฒนาขึ้นมามากมาย
- เป็นวิธีที่สะดวกต่อผู้วิเคราะห์ในทางปฏิบัติ
- เป็นวิธีการที่เหมาะสมในทางปฏิบัติสำหรับการอธิบายพฤติกรรมการเดินทาง

ผศ.ดร. สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์

Structural Equation Modeling and Travel Behavior Study

4

ข้อจำกัดของ Traditional Methods

- ไม่สามารถนำตัวแปรลักษณะการเดินทางมาพิจารณาได้ทุกตัวแปร
- ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ที่แฝงอยู่ระหว่างตัวแปรได้
- มีข้อจำกัดในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงคุณภาพ (ทัศนคติ พฤติกรรมการเดินทาง)
- ไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมการตัดสินใจของมนุษย์เท่าที่ควร
- ไม่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้พร้อมๆ กัน

ผลที่ตามมาจากการใช้ Traditional Methods

- ไม่เพียงพอและเหมาะสำหรับการอธิบายความสัมพันธ์พฤติกรรมของผู้เดินทางได้อย่างสมเหตุสมผล
- นำไปสู่ผลสรุปที่คลาดเคลื่อน
- นำไปสู่ความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายที่คลาดเคลื่อนและไม่สมเหตุสมผล
- นำไปสู่การกำหนดนโยบายที่ไม่มีประสิทธิภาพและไม่สามารถตอบคำถามได้ตามที่ต้องการ

ทางเลือกสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

แบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง

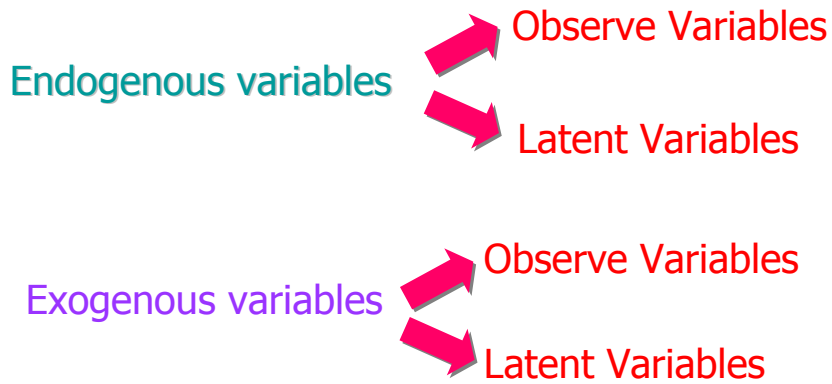
Structural Equation Modeling (SEM)

- เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่ผสมผสานระหว่าง Factor analysis, Path analysis และ Regression analysis
- สามารถวิเคราะห์ตัวแปรหรือตัวบ่งชี้หลายตัวได้พร้อมๆ กัน
- มีประสิทธิภาพสูงในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
- เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับศึกษาทัศนคติและพฤติกรรมของมนุษย์

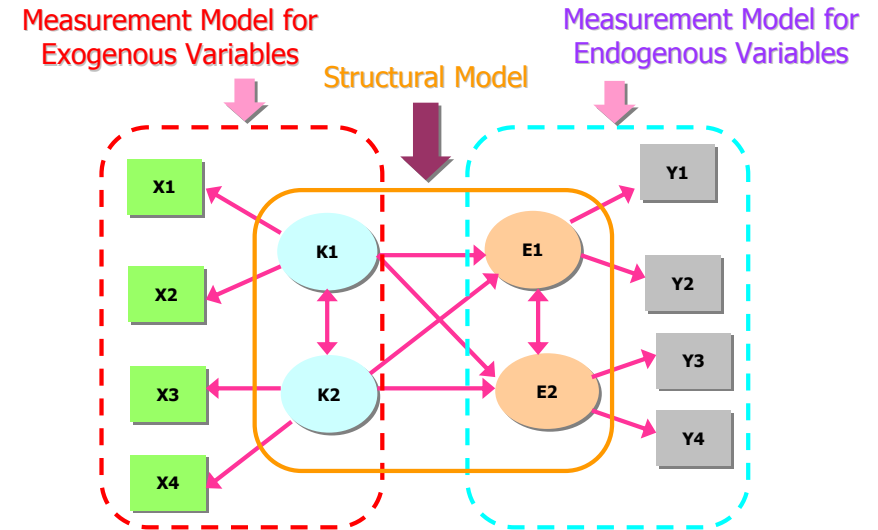
องค์ประกอบของแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง

1. Measurement Model: The relations between latent and observed variables
 - Measurement model for endogenous variables
 - Measurement model for exogenous variables
2. Structural Equation Model: The relations between latent variables

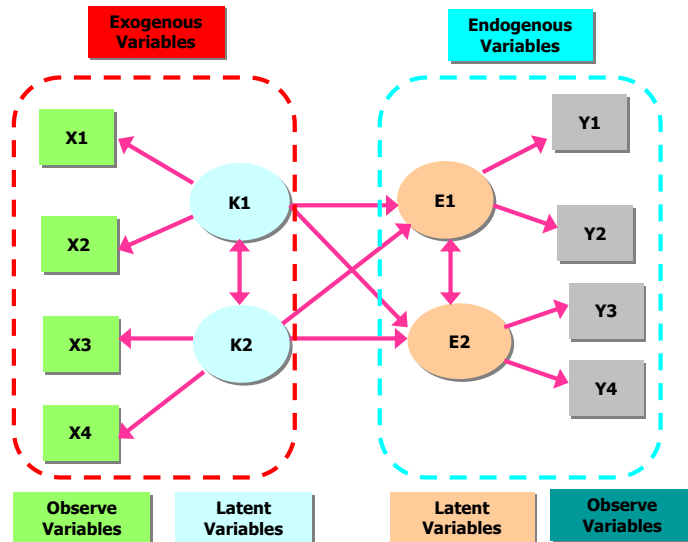
ประเภทของตัวแปรในแบบจำลอง



The Components of SEM



Types of variables in SEM



ข้อได้เปรียบของ SEM

- สามารถวิเคราะห์ตัวแปรเชิงจิตวิทยาในลักษณะที่เป็นตัวแปรแฝงเพื่ออธิบายทัศนคติและพฤติกรรมของมนุษย์ได้เหมาะสมผลกว่าวิธีที่นิยมใช้ (Traditional methods)
- เหมาะสำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีความซับซ้อน
- สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ที่เป็นองค์ประกอบของตัวแปรแฝงได้หลายตัวพร้อมๆ กัน
- เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการอธิบายพฤติกรรมและทัศนคติของมนุษย์
- มีประสิทธิภาพในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสูงกว่าวิธีการที่นิยมใช้
- เป็นแบบจำลองที่มีความสามารถในการประยุกต์ใช้ได้กับข้อมูลหรืองานวิจัยที่มีลักษณะแตกต่างกัน (generality model)
- เป็นแบบจำลองที่ผ่อนคลายสมมติฐานเกี่ยวกับเงื่อนไขเบื้องต้นทางสถิติ

SEM กับการวิจัยเกี่ยวกับการขนส่ง

- **Travel Demand Modeling**
Golob (1998); Pendyala (1998); Fujii and Kitamura (2000); Golob (2000); Axhausen, et al. (2001); Simma, et al. (2001) etc.
- **Driver Behavior**
Donovan, J.E. (1993); Golob and Hensher (1996); Fujii, et al. (1998); McCartt (1999) etc.
- **Dynamic Travel Demand Modeling**
Kitamura (1989); Van Wissen and Golob (1990); Fujii and Kitamura (2000a) etc.
- **Activity-Based Travel Demand Modeling**
Kitamura (1992); Gould and Golob (1997); Golob (2000); Kuppam and Pendyala (2001) etc.
- **Organizational Behavior and Values**
Golob and Regan (2000) (2001a) (2001b) etc.

SEM กับการวิจัยเกี่ยวกับทัศนคติ การยอมรับ และพฤติกรรมการเลือก

- **Mode Choice and Choice Behavior**
Golob, Kitamura and Supernak (1997)
Golob, Bunch and Brownstone (1997)
Golob and Hensher (1998)
Morikawa and Sasaki (1998)
Levine, et al. (1999)
Garling et al. (2001)
Golob (2001)
Sakano and Benjamin (2001)
Outwater, Castleberry, Shiftan, Ben-Akiva, Zhou and Kuppam (2003) etc.
- **Travelers' Perception and Acceptance**
Jakobsson et al. (2000),
Sakano and Benjamin (2000) etc.

การวิเคราะห์แบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง

แนวทาง/เครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์

ระหว่าง ค.ศ.1967-1979 Joreskog และ Sorbom ได้พัฒนาเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์แบบจำลอง SEM ที่เรียกว่า โปรแกรม LISREL ขึ้น

LInear **S**tructure **REL**ationship model

LISREL model

พารามิเตอร์ในแบบจำลอง SEM

$X = \text{Eks} =$ เวกเตอร์ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ X ขนาด $NX \times 1$

$Y = \text{Wi} =$ เวกเตอร์ตัวแปรภายในสังเกตได้ Y ขนาด $NY \times 1$

$\xi = \text{Xi} =$ เวกเตอร์ตัวแปรภายนอกแฝง K ขนาด $NK \times 1$

$\eta = \text{Eta} =$ เวกเตอร์ตัวแปรภายในแฝง E ขนาด $NE \times 1$

$\delta = \text{Delta} =$ เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน d ในการวัดตัวแปร X ขนาด $NX \times 1$

$\varepsilon = \text{Epsilon} =$ เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน e ในการวัดตัวแปร Y ขนาด $NY \times 1$

$\zeta = \text{Zeta} =$ เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน z ของตัวแปร η ขนาด $NE \times 1$

$\Lambda_X = \text{Lambda-X} = \text{LX} =$ เมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของ X บน ξ ขนาด $NX \times NK$

$\Lambda_Y = \text{Lambda-Y} = \text{LY} =$ เมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของ Y บน η ขนาด $NY \times NE$

$\Gamma = \text{Gamma} = \text{GA} =$ เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุจาก ξ ไป η ขนาด $NE \times NK$

$\beta = \text{Beta} = \text{BE} =$ เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่าง η ขนาด $NE \times NE$

$\Phi = \text{Phi} = \text{PH} =$ เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง ξ ขนาด $NK \times NK$

$\Psi = \text{Psi} = \text{PS} =$ เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน ζ ขนาด $NE \times NE$

$\Theta_\delta = \text{Theta-delta} = \text{TD} =$ เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน δ ขนาด $NX \times NX$

$\Theta_\varepsilon = \text{Theta-epsilon} = \text{TE} =$ เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน ε ขนาด $NY \times NY$

โครงสร้างแบบจำลอง SEM ประเภทต่างๆ

Joreskog และ Sorbom (1989) จำแนกแบบจำลองออกเป็น 3 กลุ่มย่อยได้แก่

โมเดลย่อย I: Measurement Model and Confirmatory Factor Analysis Models

$$X = \Lambda_X \xi + \delta$$

○ แบบจำลองกลุ่มนี้ประกอบด้วยตัวแปรภายนอกแฝง และตัวแปรภายนอกสังเกตได้ แต่ไม่มีตัวแปรภายใน

○ แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่

1. Congeneric measurement models and Multifactor congeneric measurement models
2. Confirmatory factor analysis models
3. Multitrait-multimethod models

โครงสร้างแบบจำลอง SEM ประเภทต่างๆ

โมเดลย่อย II: Causal structural models

$$Y = \beta Y + \Gamma X + \zeta$$

- ประกอบด้วยแบบจำลองความสัมพันธ์ทั้งแบบที่มีและไม่มี ความคลาดเคลื่อนในการวัด
- แบบจำลองที่ไม่มี ความคลาดเคลื่อนในการวัดจะประกอบขึ้นด้วยตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมดโดยไม่มีตัวแปรแฝง
- แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่

1. Regression Models and ANOVA Models
2. Path Analysis
3. Indicators and Multiple Causes Models (MIMIC) Models

โครงสร้างแบบจำลอง SEM ประเภทต่างๆ

โมเดลย่อย III: Non-observable exogenous variable models

$$Y = \Lambda_Y \eta + \varepsilon$$

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

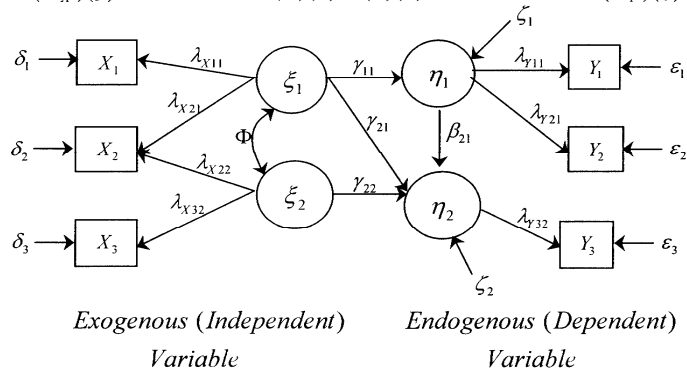
- แบบจำลองกลุ่มนี้ประกอบด้วยตัวแปรภายนอกแฝง ตัวแปรภายในแฝง และตัวแปรภายในสังเกตได้เป็นองค์ประกอบ
- บางกรณีอาจไม่มีตัวแปรภายนอกแฝงก็ได้
- แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่

1. Second order factor analysis
2. Two-wave models
3. Simplex models

ความสัมพันธ์ของแบบจำลองในรูปของสมการเมทริกซ์

Measurement Model Structural Equation Model Measurement Model

$$X = (\Lambda_X)(\xi) + \delta \quad \eta = (\beta)(\eta) + (\Gamma)(\xi) + \zeta \quad Y = (\Lambda_Y)(\eta) + \varepsilon$$

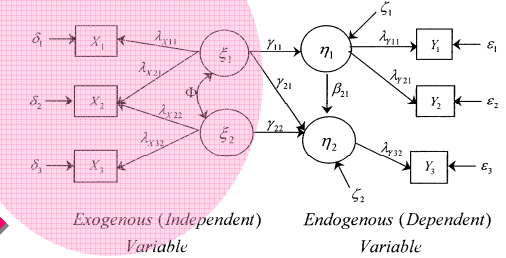


ความสัมพันธ์ของแบบจำลองในรูปของสมการเมทริกซ์

แบบจำลองการวัดสำหรับตัวแปรภายนอก

Measurement Model Structural Equation Model Measurement Model

$$X = (\Lambda_X)(\xi) + \delta \quad \eta = (\beta)(\eta) + (\Gamma)(\xi) + \zeta \quad Y = (\Lambda_Y)(\eta) + \varepsilon$$



$$X = \Lambda_X \xi + \delta$$

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{X11} & 0 \\ \lambda_{X21} & \lambda_{X22} \\ 0 & \lambda_{X32} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \end{bmatrix}$$

$$X_1 = \lambda_{X11} \xi_1 + \delta_1$$

$$X_2 = \lambda_{X21} \xi_1 + \lambda_{X22} \xi_2 + \delta_2$$

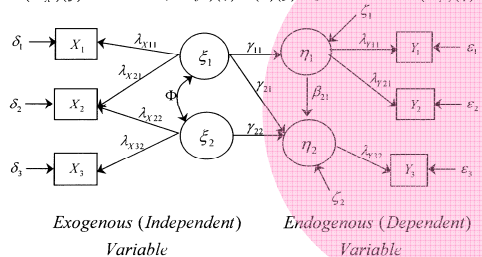
$$X_3 = \lambda_{X32} \xi_2 + \delta_3$$

ความสัมพันธ์ของแบบจำลองในรูปของสมการเมทริกซ์

แบบจำลองการวัดสำหรับตัวแปรภายใน

Measurement Model Structural Equation Model Measurement Model

$$X = (\Lambda_X)(\xi) + \delta \quad \eta = (\beta)(\eta) + (\Gamma)(\xi) + \zeta \quad Y = (\Lambda_Y)(\eta) + \varepsilon$$



$$Y = \Lambda_Y \eta + \varepsilon$$

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{Y11} & 0 \\ \lambda_{Y21} & 0 \\ 0 & \lambda_{Y32} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{bmatrix}$$

$$Y_1 = \lambda_{Y11} \eta_1 + \varepsilon_1$$

$$Y_2 = \lambda_{Y21} \eta_1 + \varepsilon_2$$

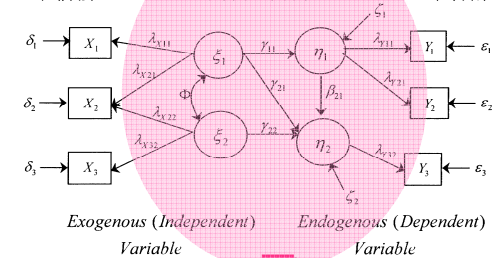
$$Y_3 = \lambda_{Y32} \eta_2 + \varepsilon_3$$

ความสัมพันธ์ของแบบจำลองในรูปของสมการเมทริกซ์

แบบจำลองสมการโครงสร้าง

Measurement Model Structural Equation Model Measurement Model

$$X = (\Lambda_X)(\xi) + \delta \quad \eta = (\beta)(\eta) + (\Gamma)(\xi) + \zeta \quad Y = (\Lambda_Y)(\eta) + \varepsilon$$



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

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \beta_{21} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & 0 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \end{bmatrix}$$

$$\eta_1 = \gamma_{11} \xi_1 + \zeta_1$$

$$\eta_2 = \beta_{21} \eta_1 + \gamma_{21} \xi_1 + \gamma_{22} \xi_2 + \zeta_2$$

ตัวชี้วัดทางสถิติสำหรับตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง

- o Standard Errors and Correlations of Estimation
- o Multiple Correlations and Coefficients of Determination
- o Chi-Square Statistics
- o Chi-Square/df Ratio
- o Goodness-of-Fit Index (GFI)
- o Adjusted Goodness-of-Fit Index (AGFI)
- o Root Mean Square Residual (RMR)
- o Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)
- o Normed Fit Index (NFI)
- o Model Modification Index

การเขียนคำสั่งโปรแกรม LISREL

ประเภทของการเขียนคำสั่ง

1. การเขียนคำสั่งด้วยภาษา LISREL
2. การเขียนคำสั่งด้วยภาษา SIMPLIS

การเขียนคำสั่งด้วยภาษา LISREL

แบ่งลักษณะคำสั่งออกเป็น 5 ส่วน

1. ชื่อเรื่อง (Title)
2. ข้อมูล (Data)
3. การสร้างโมเดล (Model construction)
4. ผลการวิเคราะห์ (Output)
5. การแสดงเส้นอิทธิพล (Path diagram)

ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบจำลอง SEM

กรณีศึกษา 1:

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจลดการใช้รถจักรยานยนต์ของกลุ่มวัยรุ่น
ในสถานศึกษา: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยบูรพา

กรณีศึกษา 2:

การประยุกต์ Norm-Activation Theory และ The Theory of Planned Behavior เพื่อการอธิบายความตั้งใจลดการใช้รถจักรยานยนต์

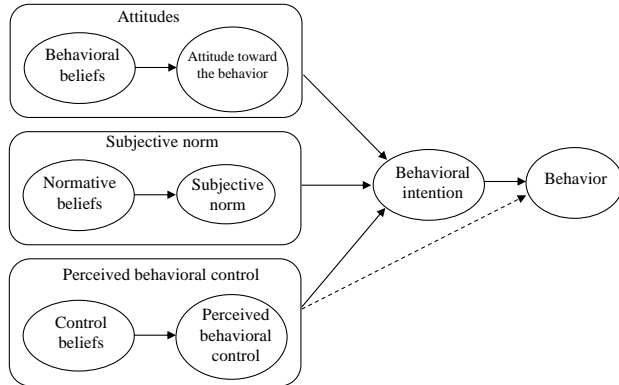
กรณีศึกษา 3:

The roles of perceived effectiveness and problem awareness in the acceptability of road pricing in Bangkok

กรณีศึกษา 1

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจลดการใช้รถจักรยานยนต์ของ
กลุ่มวัยรุ่นในสถานศึกษา: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยบูรพา

ทฤษฎีพื้นฐาน (1)



The theory of planned behavior (Ajzen, 2006)

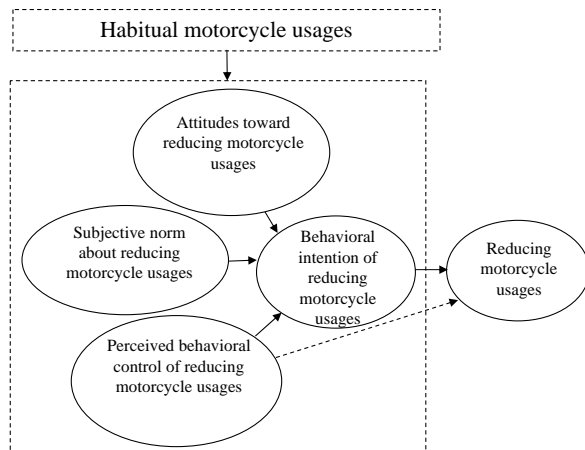
กรณีศึกษา 1

ทฤษฎีพื้นฐาน (2)

พฤติกรรมเคยชิน (Habitual behavior) คือการแสดงออกเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าด้วยแนวทางเดิมเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ต้องการบ่อยครั้ง จนกลายเป็นการตอบสนองต่อสถานการณ์นั้นอย่างอัตโนมัติเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามเดิม (Verplanken and Aarts, 1999)

กรณีศึกษา 1

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแบบจำลองสมมติฐาน



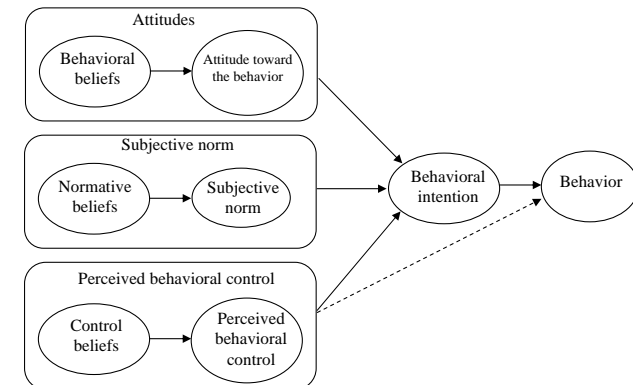
คำถามที่ใช้และมาตรวัดทัศนคติ

<ดูเอกสารประกอบ>

กรณีศึกษา 2

การประยุกต์ Norm-Activation Theory และ The Theory of Planned Behavior เพื่อการอธิบายความตั้งใจลดการใช้รถจักรยานยนต์

ทฤษฎีพื้นฐาน (1)



The theory of planned behavior (Ajzen, 2006)

กรณีศึกษา 2

ทฤษฎีพื้นฐาน (2)

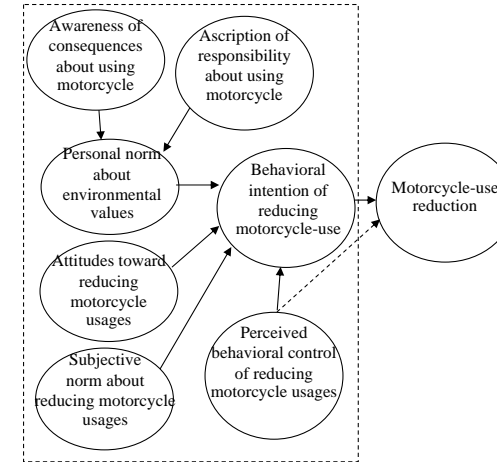
หลักการของ **Norm activation theory** กล่าวว่า มนุษย์จะแสดงพฤติกรรมหรือเปลี่ยนพฤติกรรมไปในแนวทางที่สนับสนุนเป้าหมายที่ตั้งไว้ของตนเองก็ต่อเมื่อบุคคลนั้นเกิดจิตสำนึกที่ถูกต้อง และเชื่อมโยงไปถึงความคาดหวังถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมา ซึ่งเป็นผลมาจาก

- 1) คุณค่าที่มีอยู่ในสิ่งที่บุคคลและคนส่วนใหญ่ในสังคมให้ความสำคัญ
- 2) ความเชื่อหรือการรับรู้ในคุณค่าของสิ่งนั้น
- 3) บรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับคุณค่าในเรื่องดังกล่าว

ความสำเร็จในการเปลี่ยนพฤติกรรม จะเป็นผลมาจากการปลุกเร้าบรรทัดฐานเชิงมโนธรรม (Moral norm) เกี่ยวกับสิ่งที่มีคุณค่าในสังคมให้เกิดขึ้นในบุคคล

กรณีศึกษา 2

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแบบจำลองสมมติฐาน

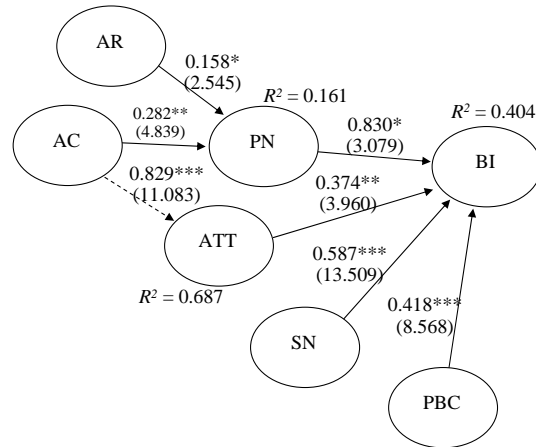


คำถามที่ใช้และมาตรวัดทัศนคติ

<ดูเอกสารประกอบ>

กรณีศึกษา 2

ผลการวิเคราะห์



$\chi^2(df = 1, N = 350) = 0.133$, $\chi^2/df = 0.133$, GFI = 1.00, AGFI = 0.99, NFI = 1.00, CFI = 1.00, RMR = 0.003, RMSEA < 0.001

กรณีศึกษา 3

The roles of perceived effectiveness and problem awareness in the acceptability of road pricing in Bangkok

ทฤษฎีพื้นฐาน

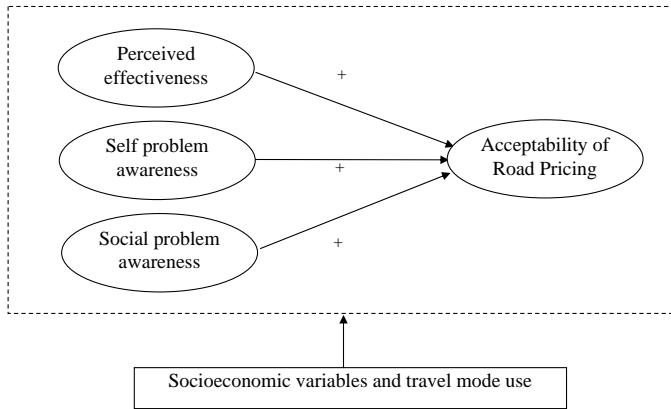
The theory of protection motivation (Rogers, 1983)

Value-belief-norms theory (Stern et al., 1999)

Norm-activation theory (Schwartz, 1973; 1977)

กรณีศึกษา 3

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแบบจำลองสมมติฐาน

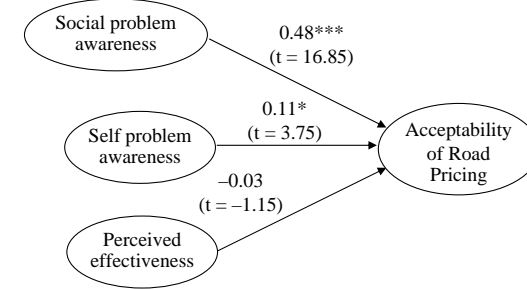


คำถามที่ใช้และมาตรวัดทัศนคติ

<ดูเอกสารประกอบ>

กรณีศึกษา 3

ผลการวิเคราะห์



	Age	Gender	Education	Income	Car ownership	Car use	R ²
Social problem awareness	0.03 (0.63)	-0.03 (-0.81)	0.02 (0.50)	0.14* (2.97)	0.02 (0.43)	-0.07 (-1.87)	0.03
Self problem awareness	-0.05 (-1.30)	0.01 (0.40)	0.02 (0.43)	0.10* (2.11)	-0.002 (-0.05)	-0.02 (-0.60)	0.01
Perceived effectiveness	0.06 (1.44)	-0.01 (-0.30)	0.03 (0.73)	-0.06 (-1.25)	-0.08* (-2.17)	-0.07* (-2.17)	0.02
Acceptability of RP	0.01 (0.28)	-0.02 (-0.64)	-0.07* (-2.42)	0.06 (1.64)	0.03 (1.09)	-0.20*** (-6.15)	0.30

$\chi^2 (df = 6; n = 877) = 3.68$, $\chi^2/df = 0.61$, RMSEA = 0.00, RMR = 0.009, GFI = 0.99, AGFI = 0.99, and CFI = 1.00