

Modelos de Mercadotecnia

Modelos de Ecuaciones Estructurales: Modelos generales

Jorge de la Vega Góngora

Maestría de Mercadotecnia,
Instituto Tecnológico Autónomo de México

Sesión 8



Modelos de Ecuaciones Estructurales

- La modelación SEM es un método poderoso que estima relaciones múltiples y simultáneas que involucran variables dependientes y variables explicativas, y permite incluir *variables latentes* que no se pueden medir directamente pero pueden expresarse como función de otras variables medibles.
- Hemos visto el análisis factorial exploratorio, ahora estudiaremos el análisis factorial confirmatorio, que es a veces como también se le trata a los modelos SEM. SEM se clasifica como una técnica **confirmatoria** más que **descriptiva**.

SEM extiende los supuestos de regresión:

- Se pueden considerar varias variables dependientes al mismo tiempo
- Se puede incorporar error aleatorio a la medición de variables explicativas
- Se pueden usar variables *endógenas* para explicar variables dependientes
- Se permite la correlación entre variables explicativas
- Inclusión de variables latentes como endógenas u exógenas

- SEM permite incorporar FA en un modelo de regresión, donde los factores latentes aparecen en el SEM como variables explicativas y/o variables dependientes
- SEM puede ser visto como una técnica amplia que incluye regresión y FA y análisis de correlación canónica, análisis de caminos, etc.
- Estos modelos son tan flexibles que pueden llevar a cientos de modelos alternativos potenciales. Se necesita considerar muchos temas para poder estimar un modelo SEM.

- Los constructos son el fundamento de SEM, porque representan los patrones reales en una relación causal.

Causación o Causalidad

Cuando dos constructos están significativamente asociados (correlacionados) uno al otro, pero uno ocurre antes que el otro, se dice que el constructo que ocurre antes **causa** al otro, bajo la condición de que no hay otra razón para tal resultado.

- Usualmente es debatible si la Estadística es capaz de identificar relaciones causales. Este tema ha sido estudiado extensivamente por Judea Pearl, y Donald Rubin, entre muchos otras personas.
- En la práctica, la causalidad de una variable explicativa a la dependiente es simplemente hipotética, y los modelos estadísticos únicamente evalúan si la relación supuesta ajusta los datos de manera apropiada.

Aplicaciones de modelos SEM en mercadotecnia I

- **Escasez y disposición a comprar.** Medición de cómo la percepción de escasez influencia la disposición a comprar, a través de un conjunto de variables mediadoras, como la calidad percibida, la percepción de sacrificio monetario y los beneficios simbólicos percibidos (Wu & Hsng 2006).
- **E-compras.** Compras en-línea como una interacción de 4 variables: educación, conocimiento tecnológico, condición económica y confianza (Mahmood et al. 2005).
- **Relaciones con el cliente.** Satisfacción del cliente para tarjetas de crédito que consideran dos constructos latentes: servicio al cliente y recompensas de membresía de la tarjeta, medidas a través de variables manifiestas, como: ser cortés, precisión en las respuestas a los clientes, corrección de errores (por servicio al cliente) o la facilidad de obtener recompensas (Dillon et al 1997).
- **Marcas humanas.** (Thompson, 2006) ¿Porqué las personas se aferran tanto a personalidades famosas que son el objeto de la comunicación de mercadotecnia? Se consideran tres determinantes latentes, que se refieren a el alcance con que la personalidad se percibe que llena a un cliente:

- a. Autonomía (o autodeterminación)
- b. sentido de cercanía con otros
- c. competencia (tendencia para lograr las metas)

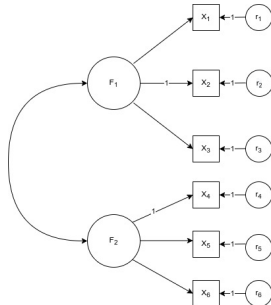
Ejemplos de modelos

Definiciones

- Las variables latentes son medidas indirectamente a través de variables medidas directamente y que se llaman *indicadores*.
- Las relaciones (flechas) entre las variables latentes y sus indicadores forman las *relaciones de medida*.
- Las relaciones (flechas) entre variables latentes se llaman *relaciones estructurales*.
- En conjunto, las relaciones de medida y estructurales, forman el *modelo de ecuaciones estructurales*.
- Usualmente, las variables manifiestas se denotan con letras romanas y las latentes con letras griegas.

Modelo simple factorial confirmatorio

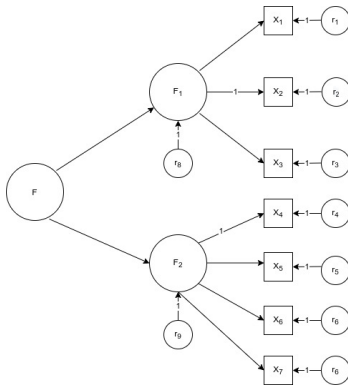
- El siguiente diagrama representa un modelo factorial confirmatorio. El modelo tiene seis variables manifiestas (o indicadores) y dos variables latentes (o factores)



- Los indicadores X_1, X_2, X_3 son explicados por el factor común F_1 . Los indicadores X_4, X_5, X_6 son explicados por F_2 . La flecha bidireccional entre los factores indica que los factores están correlacionados. En el modelo mostrado, los coeficientes de las variables X_2 y X_4 se han fijado en el valor de 1.

Modelo de factor global

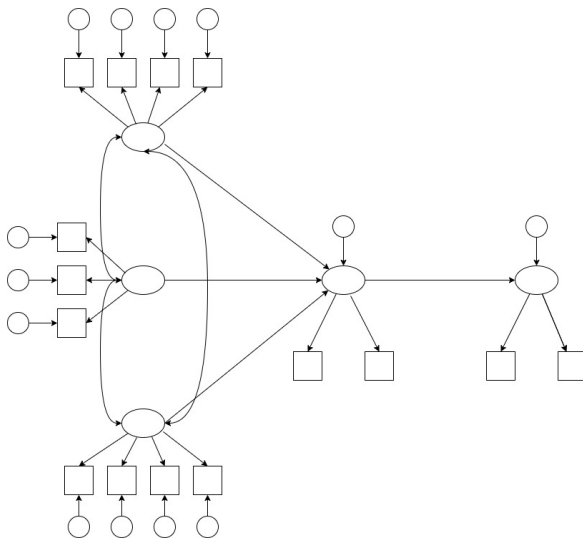
- Este modelo muestra una relación estructural entre los factores F_1 y F_2 que se explican por un factor global F . Este modelo tiene relaciones estructurales entre los factores.



Ejemplo: modelo de satisfacción del consumidor

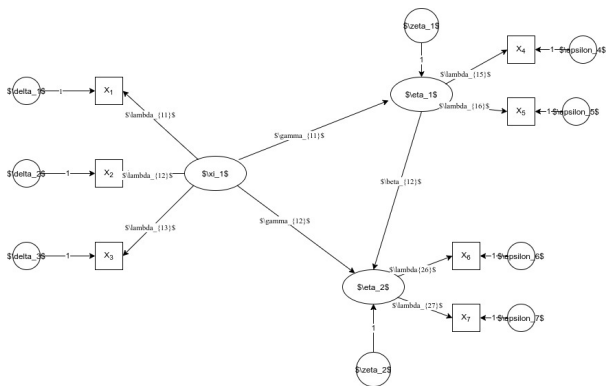
- En este ejercicio se analiza la satisfacción de los clientes de un banco respecto a sus tarjetas de crédito.
- Se considera que la satisfacción general (η_1) que los clientes sienten hacia las tarjetas de crédito, está explicada por tres procesos:
 - 1 ξ_1 = concesión de las tarjetas de crédito
 - 2 ξ_2 = información acerca del valor del crédito
 - 3 ξ_3 = servicio al cliente
- Además, se asume que la satisfacción general impacta en el interés de los clientes de seguir usando tarjeta de crédito (η_2). El impacto de las tres primeras variables latentes en la última se realiza a través de η_1 .
- Se usan cuatro variables indicadores X_1, X_2, X_3, X_4 para medir ξ_1 , tres indicadores X_5, X_6, X_7 para medir ξ_2 , y cuatro indicadores X_8, X_9, X_{10}, X_{11} para medir ξ_3 .
- De igual manera se usaron dos indicadores Y_1, Y_2 para medir la satisfacción general η_1 y dos indicadores Y_3, Y_4 para medir el deseo de seguir usando la tarjeta η_2 .
- ¿Cómo se ve este modelo?

Ejemplo: modelo de satisfacción del consumidor



Relación entre modelo gráfico y numérico I

- Los diagramas representan las relaciones que existen entre las variables. Consideremos el siguiente diagrama y hagamos la traducción al modelo en ecuaciones.



- Las relaciones de medida son:

$$X_1 = \lambda_{11}\xi_1 + \delta_1$$

$$X_2 = \lambda_{12}\xi_1 + \delta_2$$

$$X_3 = \lambda_{13}\xi_1 + \delta_3$$

$$X_4 = \lambda_{14}\eta_1 + \epsilon_4$$

$$X_5 = \lambda_{15}\eta_1 + \epsilon_5$$

$$X_6 = \lambda_{26}\eta_2 + \epsilon_6$$

$$X_7 = \lambda_{27}\eta_2 + \epsilon_7$$

Relación entre modelo gráfico y numérico III

- Las relaciones estructurales:

$$\begin{aligned}\eta_1 &= \gamma_{11}\xi_1 + \zeta_1 \\ \eta_2 &= \gamma_{12}\xi_1 + \beta_{12}\eta_1 + \zeta_2 \\ X_3 &= \lambda_{13}\xi_1 + \delta_3\end{aligned}$$

- Las ecuaciones anteriores se pueden escribir matricialmente como:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & 0 & 0 \\ \lambda_{12} & 0 & 0 \\ \lambda_{13} & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{14} & 0 \\ 0 & \lambda_{15} & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{26} \\ 0 & 0 & \lambda_{27} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \epsilon_4 \\ \epsilon_5 \\ \epsilon_6 \\ \epsilon_7 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_{11} & 0 \\ \gamma_{12} & 0 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \beta_{12} & 0 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \end{bmatrix}$$

- En general, los diagramas son representaciones formales de una teoría hipotética de las relaciones de medida y de las relaciones estructurales que satisfacen las variables que la forman y de lo que se trata es de corroborar o no si el modelo produce una matriz de covarianzas consistente con la matriz de covarianzas muestral observada.

Fases del análisis de las ecuaciones estructurales I

- El proceso de aplicación de la técnica de las ecuaciones estructurales considera los siguientes pasos:
 - Especificación del modelo:** formalización de las ideas que sustentan las relaciones entre variables que describen el modelo. Esto obliga al conocimiento del marco teórico sobre el que se basan los modelos que se hipotetizan.
 - Identificación del modelo:** El modelo es identificable si el número de parámetros p a estimar, es menor o igual que el número k de covarianzas que se pueden establecer entre las variables medibles. $g = k - p$ define los grados de libertad del modelo. Entonces

$$G = \begin{cases} < 0 & \text{el modelo no es identificable} \\ = 0 & \text{el modelo es exactamente identificable} \\ > 0 & \text{el modelo permite la estimación y el contraste de parámetros} \end{cases}$$

Cuando el modelo es no identificable, a veces se fijan los coeficientes de algunas variables en 0 o 1 para aumentar los grados de libertad.

- Estimación de los parámetros del modelo:** Es aquí donde se codifica el modelo para resolverlo con algún programa

- 4 **Análisis de la adecuación del modelo:** Se evalúa el modelo para ver si es adecuado. Se usan algunas estadísticas de referencia.

Ejemplo: estimación de un índice de calidad de los billetes

Ver la presentación correspondiente.