



# مدل سازی معادلات ساختاری

# STRUCTURAL EQUATION MODELING (SEM)



## مقدمه

### مدل سازی معادله ساختاری چیست؟

- مدل سازی معادله ساختاری، انواع متنوعی از مدل ها را با هدف اساساً "مشابه، برای به تصویر کشیدن روابط میان متغیر های مشاهده شده به کار می برد.
- این هدف، فراهم کردن آزمونی کمی برای یک مدل نظری مفروض شده به وسیله محقق است.
- به طور اخص، مدل های نظری متنوعی می توانند در مدل سازی معادله ساختاری آزمون شوند.
- این مدل ها فرض می کنند که چگونه مجموعه ای از متغیرها، عوامل را تعریف کرده و چگونه این عوامل با یکدیگر مرتبطند.
- هدف تحلیل مدل سازی معادله ساختاری این است که معین کند مدل نظری تا چه حد وسیله داده های نمونه ای حمایت می شوند.



## مقدمه

○ مدل سازی معادله ساختاری می تواند انواع متفاوتی از مدل های نظری را بیازماید، شامل مدل های پایه:

۱. مدل های رگرسیونی

۲. مدل های مسیر

۳. مدل های عاملی



## اصطلاحات

- به منظور فهم بهتر این مدل های پایه، نیازمندیم تا برخی اصطلاحات را تعریف کنیم.
- دو نوع اصلی متغیرها
  ۱. متغیرهای پنهان
  ۲. متغیرهای آشکار یا مشاهده شده



## متغیرهای پنهان (سازه ها یا عامل ها)

○ **متغیرهای پنهان** متغیرهایی هستند که نمی توان آنها را مستقیماً "مشاهده یا مورد سنجش قرار داد.

○ **مثال:**

۱. **اعتماد به غریبه ها** در روابط اجتماعی معرف سازه ای جامعه شناختی است.
۲. **هوش متغیر پنهانی** است که معرف یک سازه روانشناختی است.
۳. **شرایط جسمانی بزرگسالان** که سازه ای بهداشتی را منعکس می کند.



## متغیرهای آشکار یا مشاهده شده

- **متغیرهای مشاهده شده**، مجموعه متغیرهایی هستند که ما به منظور تعریف یا استنباط متغیر پنهان یا سازه به کار می‌بریم.
  - محققان **مجموعه ای از متغیرهای آشکار** را برای تعریف یک متغیر پنهان به کار می‌برند.
- مثال‌ها:

۱. **مقیاس تجدید نظر شده وکسلر** برای هوش کودکان
۲. **شاخص داو-جونز** یک سنجه استاندارد از سازه اقتصاد شرکتی آمریکا
۳. **فشار خون** یکی از ده‌ها متغیر بهداشتی است که می‌تواند معرف متغیر پنهانی باشد که تناسب نامیده می‌شود.



## متغیرهای وابسته و مستقل

- متغیرها چه آشکار و چه پنهان، همچنین می توانند به عنوان متغیرهای مستقل و وابسته تعریف شوند.
- **متغیر مستقل** متغیری است که تحت تأثیر متغیرهای موجود در مدل نیست.
- **متغیر وابسته** متغیری است که بوسیله سایر متغیرهای مدل تحت تأثیر قرار می گیرد.



## تعریف SEM

- تحلیل متغیرهای پنهان، مطالعه‌ی متغیرهای پنهانی که به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نیستند ولی از طریق متغیرهای قابل اندازه‌گیری برآورد می‌شوند، را در بر می‌گیرد.





## تعریف SEM

- تحلیل مزبور شامل تحلیل **عاملی**، تحلیل **مسیری** و **SEM** است.
- در تحلیل عاملی، یک یا چند **عامل پنهان** توسط متغیرهای قابل اندازه‌گیری توصیف می‌شوند و این کار از طریق **واریانس مشترک** بین متغیرهای قابل اندازه‌گیری صورت می‌پذیرد.



## تعریف SEM

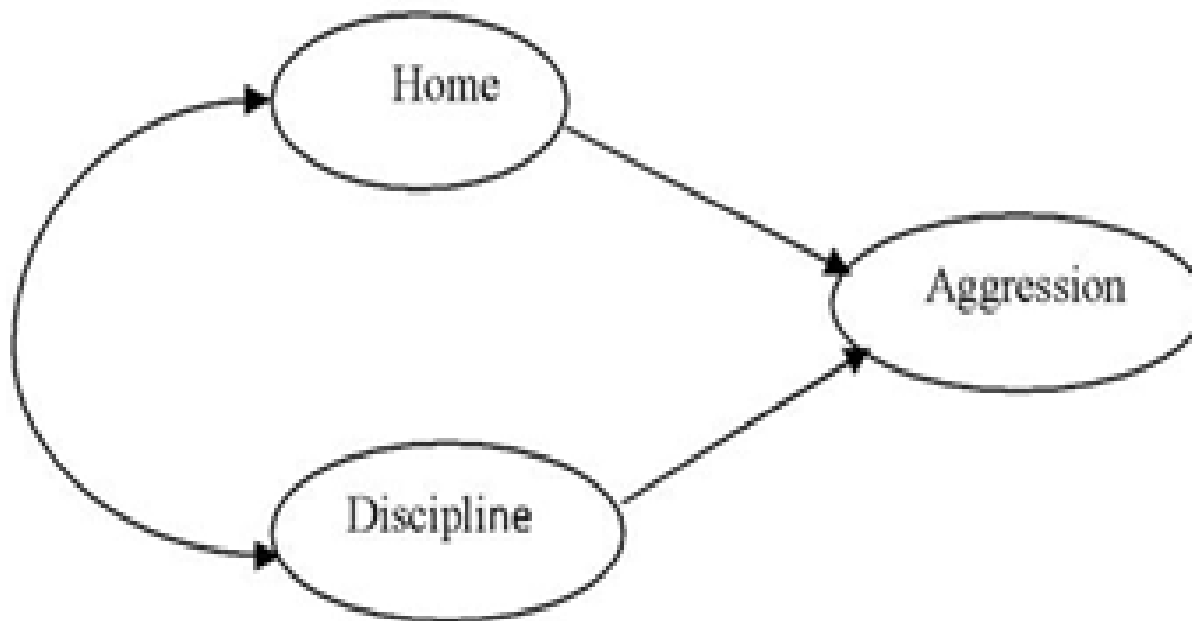
- تحلیل مسیری که نخستین بار توسط سئوال رایت (۱۹۸۰) معرفی گردید، رابطه‌ی علی بین مجموعه‌ای متغیرهای مستقل و وابسته را ارزیابی می‌نماید.
- SEM هر دو مورد فوق را شامل می‌شود و روشی برای آزمون دقیق مدل‌های نظری بر اساس فرضیه‌هایی درباره‌ی متغیرهای مشاهده‌شده و پنهانی که بین آنها همبستگی درونی وجود دارد، فراهم می‌کند تا روابط مشاهده شده‌ی بین این متغیرها را به طور هدفمند توصیف نماید.



# اجزای SEM

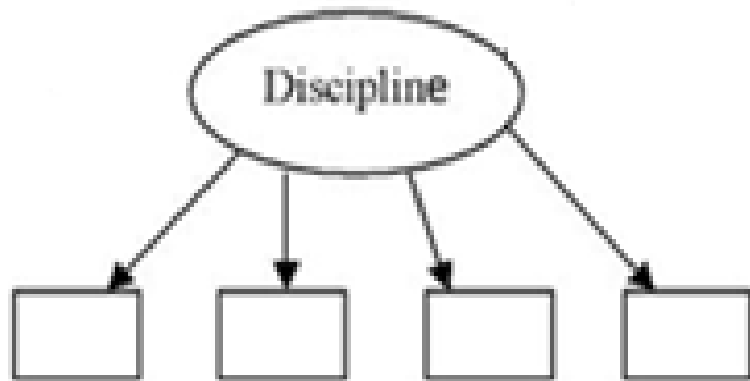
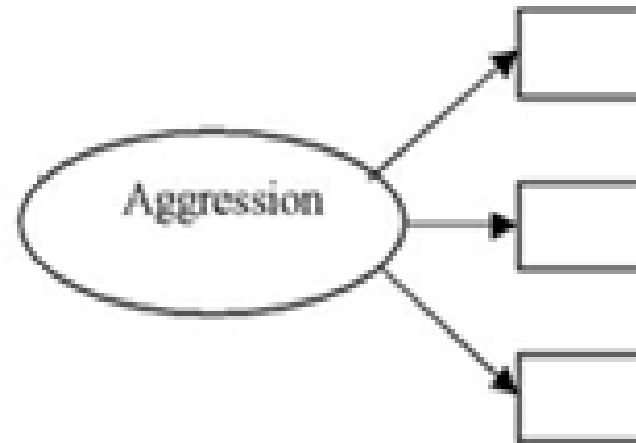
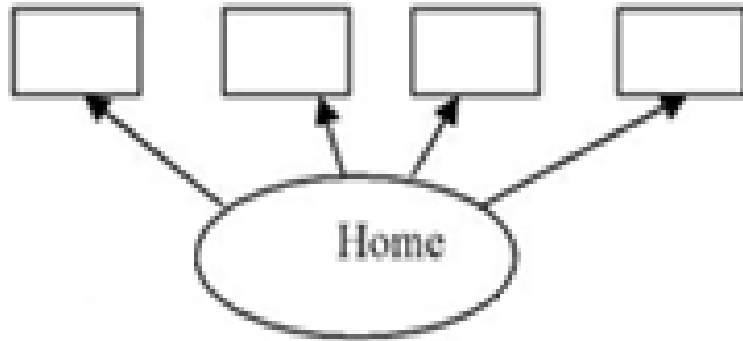


- به طور مشخص آینده‌نگری دقیق برای ایجاد یک مدل ضروری است. اولین قدم ایجاد یک مدل **نظری** است که توسط متغیرهای **پنهان** توصیف می‌شود (**بیضی‌ها**) و سازه‌های نظری مورد نظر را تشکیل می‌دهند (شکل زیر).
- این بخش، مدل ساختاری را تشکیل می‌دهد و فقط شامل متغیرهای **پنهان** غیر قابل اندازه‌گیری است.





- سپس متغیرهایی را که اندازه‌گیری شده و به عنوان نشانگرهای متغیرهای پنهان هستند، می‌توان به متغیرهای پنهان اضافه نمود (شکل زیر).
- این بخش از مدل را که رابطه‌ی بین متغیرهای پنهان و قابل اندازه‌گیری را مشخص می‌کند، مدل اندازه‌گیری می‌نامند.

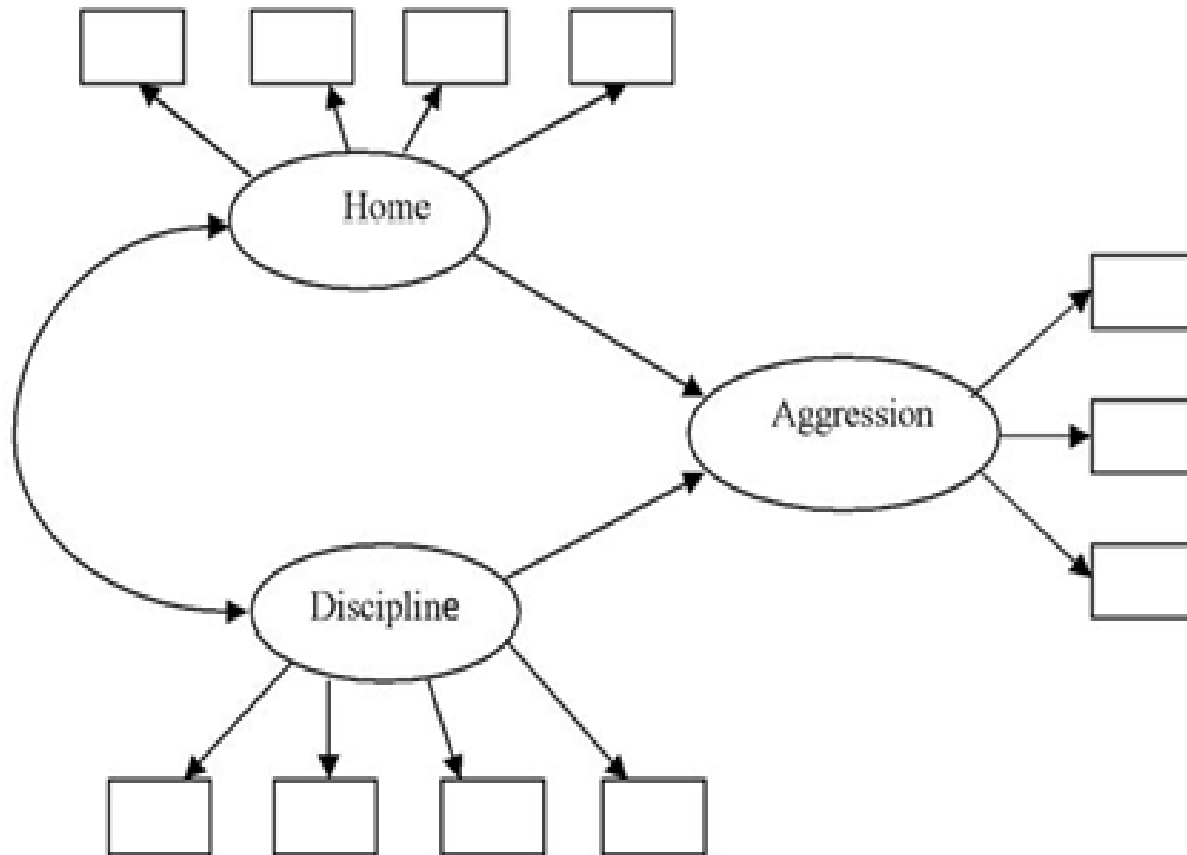




○ مدل نهایی شامل هر دو بخش **ساختاری** و **اندازه‌گیری** مدل است.

○ این مزیت را دارد که به پژوهشگر امکان می‌دهد تا روابط نظری بین متغیرهای پنهان را از طریق وارد نمودن متغیرهای **قابل اندازه‌گیری**، ارزیابی نماید.







## مدل رگرسیون

- یک مدل رگرسیون صرفاً شامل **متغیرهای آشکار** می شود در جایی که یک **متغیر آشکار وابسته و منفرد**، بوسیله یک یا تعداد بیشتری از **متغیرهای آشکار مستقل** پیش بینی یا تبیین می شود

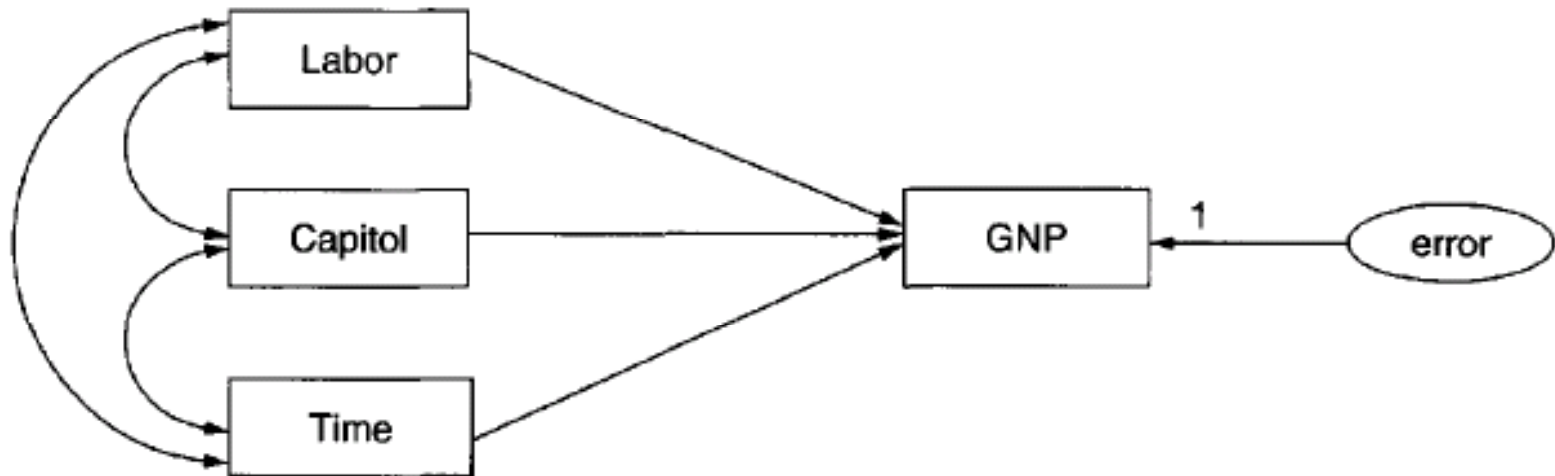


FIG. 6.2. Amos GNP model.

## مدل مسیر

- یک مدل مسیر نیز به طور کامل با **متغیرهای آشکار** تعریف شده است اما انعطاف آن، استفاده از متغیرهای آشکار مستقل چندگانه و **متغیرهای آشکار وابسته چندگانه** را می دهد.

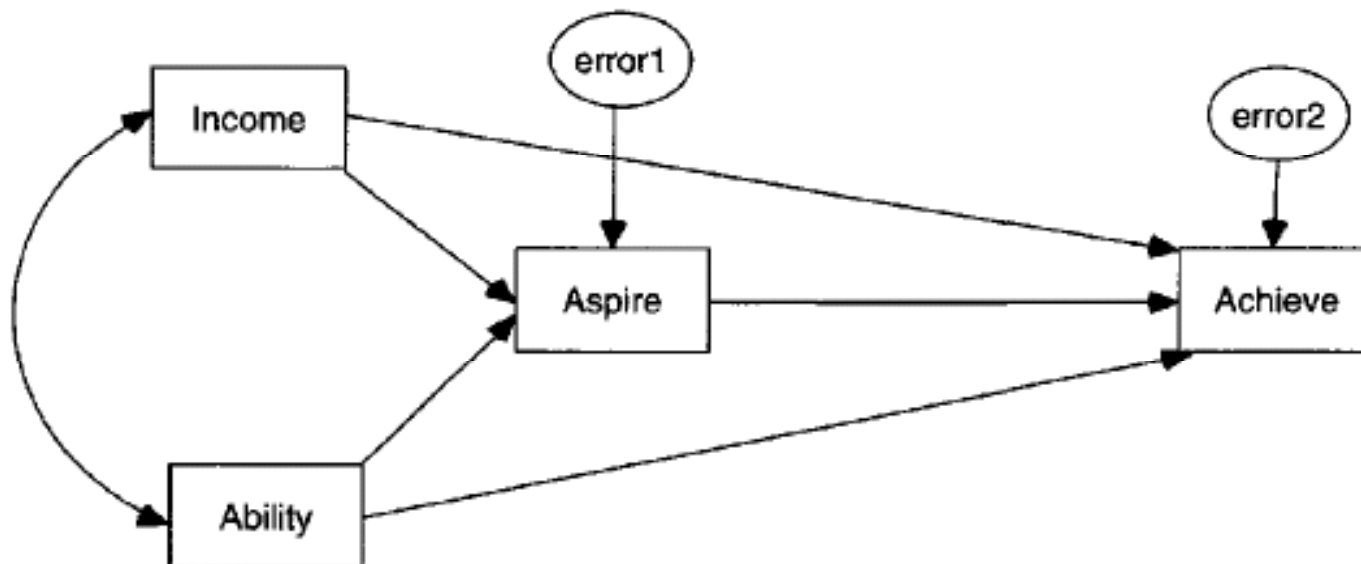


FIG. 7.6. Achievement path model.

## مدل عاملی

- مدل عاملی شامل متغیرهای آشکاری هستند که فرض شده یک یا تعداد یا بیشتری متغیر پنهان را اندازه گیری می کنند (مستقل یا وابسته).

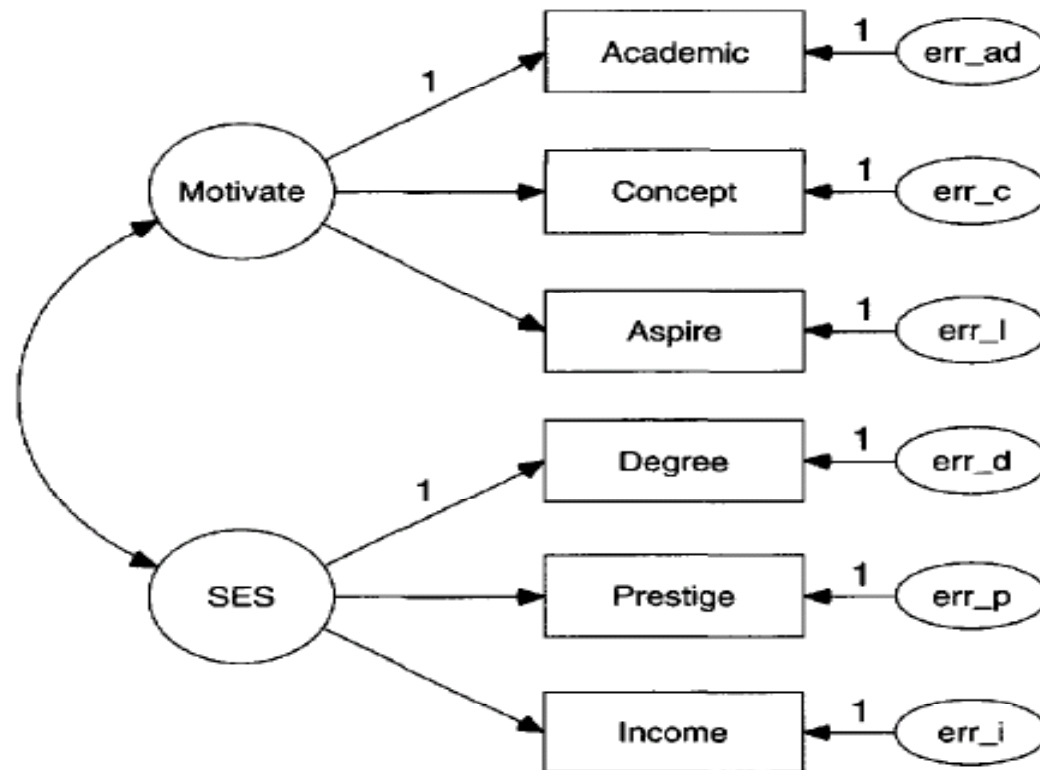


FIG. 8.3. Hypothesized CFA model as diagrammed in Amos.



## مدلسازی معادله ساختاری

- مدلسازی معادله ساختاری شامل متغیرهای آشکار و پنهان (چه مستقل و چه وابسته) هستند.
- مدل معادله ساختاری ترکیبی از مدل های رگرسیونی، مسیر و عاملی هستند.

# مدلسازی معادله ساختاری

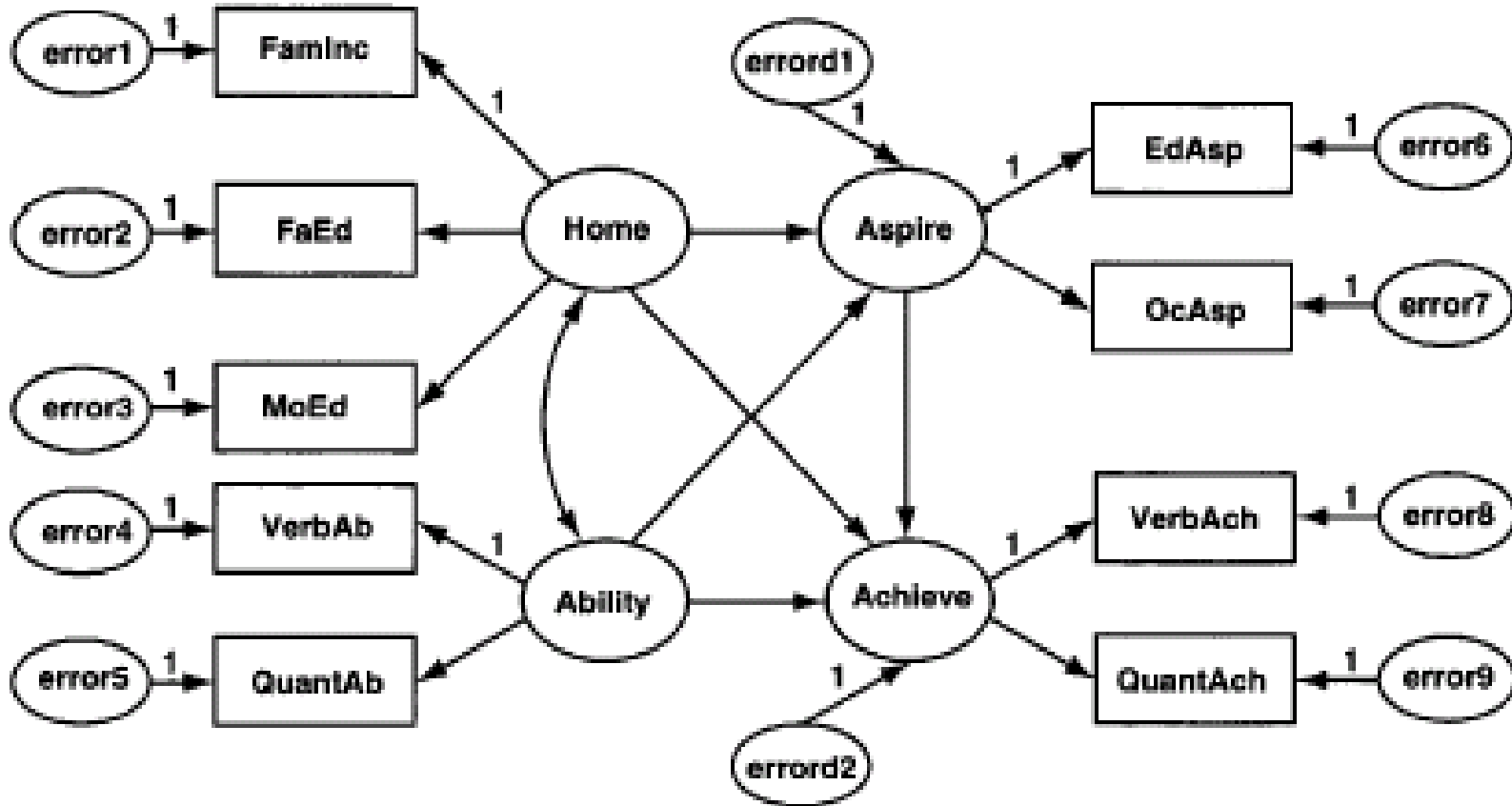


FIG. 10.1. Structural model of educational achievement.



## داده‌های مورد نیاز

- مشابه با سایر روش‌های **رگرسیون**، پیش‌فرض‌های اساسی **SEM**، **نرمال** چند متغیره بودن داده‌ها و **حجم بزرگ** نمونه است.
- در این تحلیل نیاز است که داده‌ها **پیوسته** باشند، هر چند روش‌هایی برای مدل‌سازی داده‌های **ترتیبی** و رتبه‌ای نیز معرفی شده است.



## داده‌های مورد نیاز

- دقیقاً مشخص نیست که عدم برقراری پیش‌فرض‌های مزبور چه تأثیری در استنباط درباره‌ی مدل دارد ولی به نظر می‌رسد که برآورد پارامترها **نیرومند** باشد.
- برای انجام یک تحلیل خوب **نرمال چند متغیره** بودن داده‌ها ضروری است.
- به منظور بررسی نرمال چند متغیره بودن داده‌ها، گشتاورهای مرتبه‌ی **سوم** و **چهارم** متغیرها را برای چولگی و کشیدگی چندمتغیره بررسی نمود.
- قسمت مشکل انتخاب **حجم نمونه‌ی** مناسب این است که قاعده‌ی مشخصی برای آن وجود ندارد.





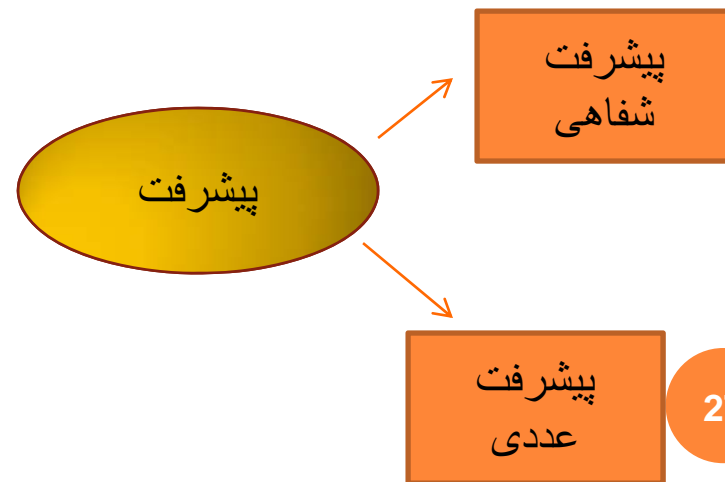
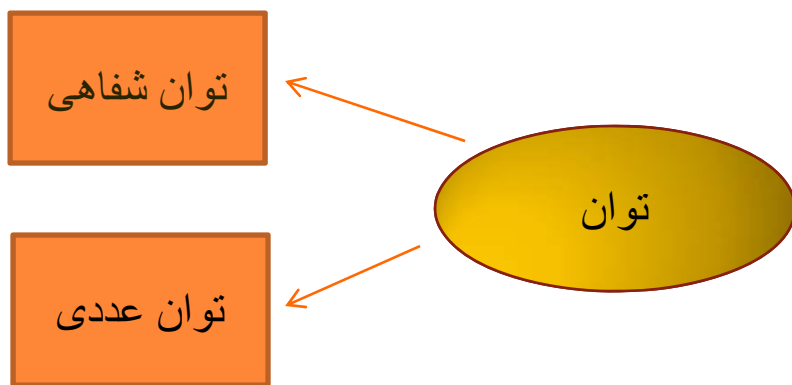
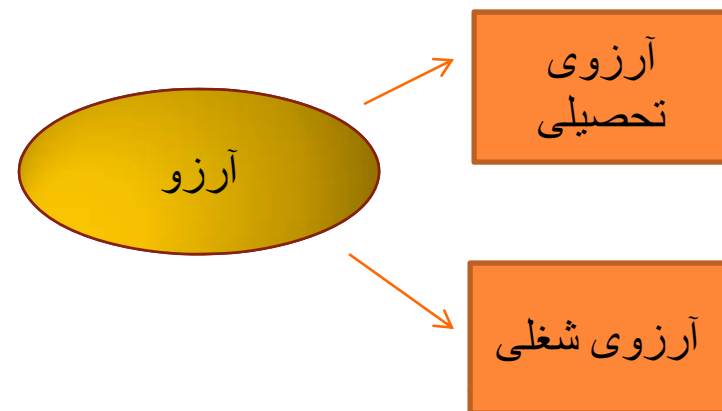
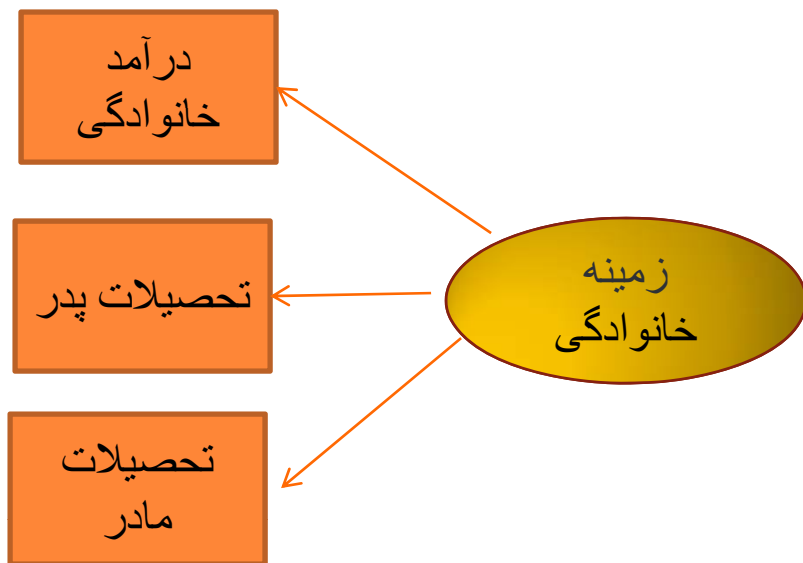
## بنیان های مدل سازی معادله ساختاری

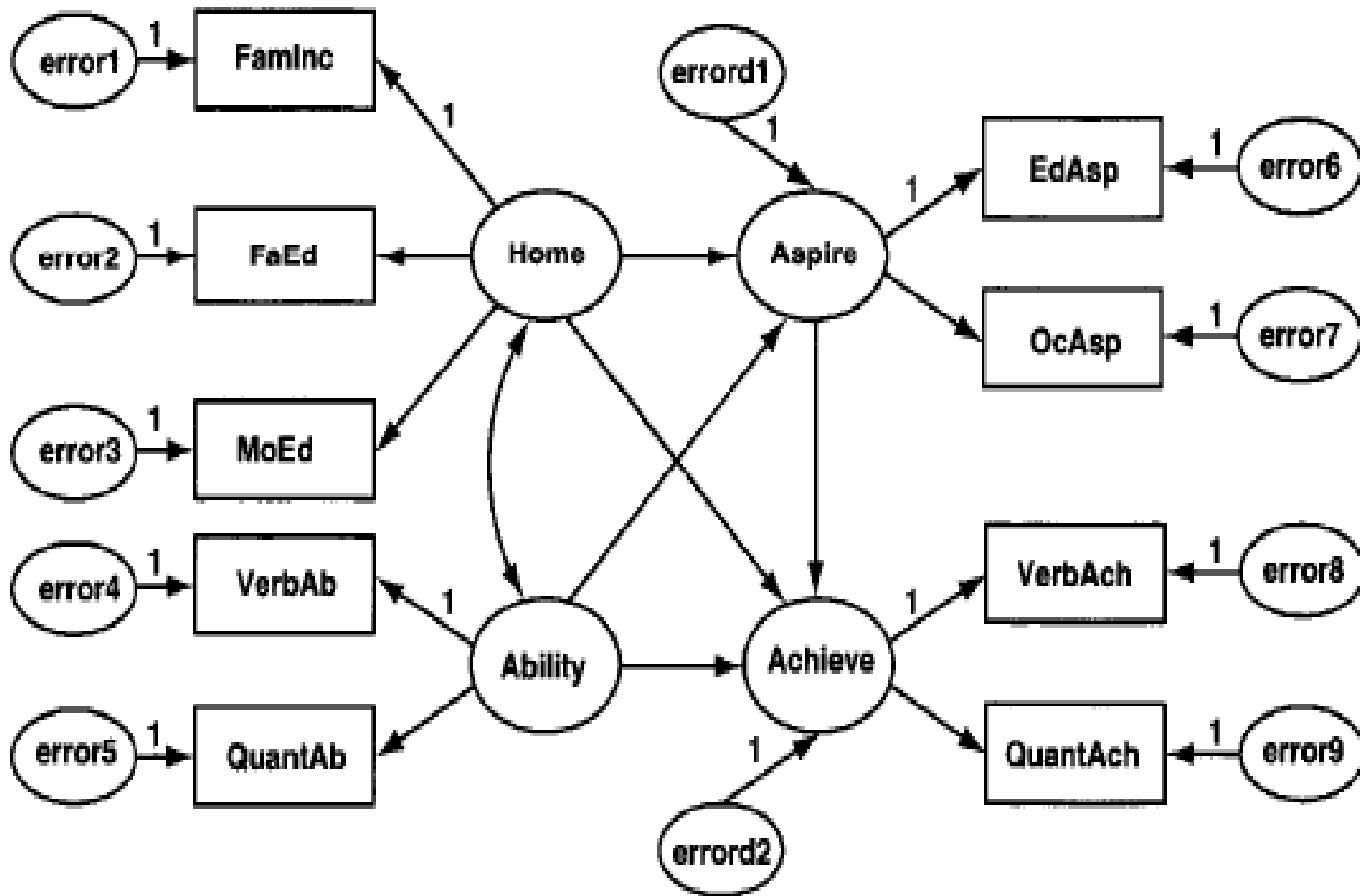
- تدوین مدل
- تشخیص مدل
- برآورد مدل
- آزمون مدل
- اصلاح مدل



## تدوین مدل

- تدوین مدل شامل به کار بردن کلیه نظریه های مرتبط، پژوهش ها و اطلاعات در دسترس و طرح مدل نظری است.
- قبل از هر نوع جمع آوری داده و تحلیل، پژوهشگر مدلی را تدوین می کند که به نظر می رسد داده های واریانس - کواریانس آن را تایید کند.
- به بیان دیگر تدوین مدل تصمیم در این باره است که کدام متغیر ها در مدل نظری قرار گیرند و اینکه این متغیر ها چگونه به هم ربط دارند.
- یک مدل هنگامی به خوبی تدوین شده است که مدل واقعی جامعه با مدل نظری فرض شده سازگار باشد. یعنی ماتریس کواریانس نمونه ای  $S$  به طور بسنده ای بوسیله مدل نظری تحت آزمون، باز تولید شود.





Structural model of educational achievement



## معادلات اندازه گیری نه گانه

**EdAsp = function of Aspire(1) + measurement error**

**OcAsp = function of Aspire + measurement error**

**VerbAch = function of Achieve(1) + measurement error**

**QuantAch = function of Achieve + measurement error**

**FamInc = function of Home(1) + measurement error**

**FaEd = function of Home + measurement error**

**MoEd = function of Home + measurement error**

**VerbAb = function of Ability(1) + measurement error**

**QuantAb = function of Ability + measurement error.**



## معادلات برای مدل ساختاری

$$\text{Aspire} = \text{Home} + \text{Ability} + \text{prediction error}$$

$$\text{Achieve} = \text{Aspire} + \text{Home} + \text{Ability} + \text{prediction error}.$$

## تشخیص مدل

- در مساله تشخیص این سوال مطرح می شود: آیا بر اساس داده های نمونه ای شامل شده در ماتریس کواریانس نمونه ای  $S$  و مدل نظری تعریف شده بوسیله ماتریس کواریانس جامعه یا  $\Sigma$ ، می توان مجموعه منحصر به فردی از برآورد پارامترها یافت؟
- در واقع در اینجا با این امکان روبرویم که داده ها با بیش از یک مدل نظری به طور برابری برازش داده شوند ( $X + Y = 10$ ).
- مساله این است که در اینجا قید کافی بر روی مدل وجود ندارد و نمی توان برآورد های منحصر به فردی ارائه کرد.
- در مدل سازی معادله ساختاری، هر پارامتر بالقوه ای در مدل باید به عنوان یک پارامتر آزاد، ثابت یا مقید مشخص شود. تشخیص مدل به طرح پارامترها به عنوان ثابت، آزاد یا مقید بستگی دارد.

## تشخیص مدل

- پس از تدوین مدل و پارامترها، این پارامترها برای شکل دادن به یک و تنها یک  $\Sigma$  با یکدیگر ترکیب می شوند.
- اگر چندین مجموعه از پارامترها، ماتریس  $\Sigma$  یکسانی تولید کنند آنگاه معادل یا همتا خوانده می شوند.
- اگر پارامتری مقدار مشابهی در همه مجموعه ها داشته هشد آنگاه آن پارامتر مشخص است.





## سه سطح تشخیص مدل

○ مدل فرومشنخص

○ مدل كاملا مشنخص

○ مدل فرا مشنخص



## شرط تشخیص مدل

○ شرط مرتبه: تحت این شرط تعداد پارامترهای آزادی که برآورد می شوند باید کمتر یا برابر با تعداد مقادیرهای مجزا در ماتریس  $S$  باشد.

مدل اشباع شده با  $p$  متغیر:

$p(p + 3)/2$  free *parameters*

تعداد عناصر مجزا در ماتریس:  $p(p + 1)/2$

○ شرط رتبه



## روش های واریسی تشخیص مدل

- گام اول، تحلیل ماتریس کواریانس نمونه ای  $S$  و ذخیره ماتریس برآورد شده جامعه  $\Sigma$  است.
- گام دوم، تحلیل ماتریس برآورد شده جامعه  $\Sigma$  است.
- اگر مدل مشخص باشد، آنگاه برآوردهای هر دو تحلیل باید یکسان باشد.
- آزمون رتبه ای والد.



## تشخیص مدل برای مساله پیشرفت تحصیلی

- برای پیش بینی پیشرفت تحصیلی مایلیم بدانیم که آیا بارهای عاملی، خطاهای اندازه گیری، ضرایب ساختاری و خطاهای پیش بینی می توانند برآورد شوند(مشخص هستند)؟
- تشخیص مدل را ابتدا با شرط مرتبه آغاز می کنیم. لازم است تعداد پارامترهای آزاد کوچکتر یا برابر با تعداد مقادیر مجزای موجود در ماتریس  $S$  باشند.
- تعداد پارامترهای آزاد:
  - ۵ بارعاملی(با ۴ بار عاملی ثابت شده برابر ۱)، ۹ واریانس خطای اندازه گیری، ۲ واریانس متغیر مستقل پنهان، یک کواریانس متغیر مستقل پنهان، ۵ ضریب ساختاری، ۲ واریانس خطای پیش بینی معادله (جمعا ۲۴ پارامتر آزاد).



## تشخیص مدل برای مساله پیشرفت تحصیلی

- تعداد مقادیر مجزای موجود در ماتریس نمونه ای برابر با ۴۵ است.
- مدل فرا مشخص است، زیرا مقادیر مجزای موجود در ماتریس نمونه ای از تعداد پارامترهای آزاد بیشتر و درجه آزادی مثبت است.



## برآورد مدل

- در این بخش شیوه های مختلف برآورد پارامترها بررسی می شود که همان برآورد پارامترهای جامعه در یک مدل معادله ساختاری است.
- ما خواهان به دست آوردن برآوردهایی برای هر یک از پارامترهای تعیین شده در مدل هستیم که ماتریس نظری  $\Sigma$  را تولید می کند.
- برآورد پارامترها باید به کیفیتی باشد که نزدیکترین ماتریس به ماتریس واریانس کواریانس نمونه ای باز تولید شود. ( $S - \Sigma = 0$ )



## الگوی LISREL

$$\eta_{(m \times 1)} = \beta_{(m \times m)} \eta_{(m \times 1)} + \Gamma_{(m \times n)} \xi_{(n \times 1)} + \zeta_{(m \times 1)}$$

$$Y_{(p \times 1)} = \Lambda_y_{(p \times m)} \eta_{(m \times 1)} + \varepsilon_{(p \times 1)}$$

$$X_{(q \times 1)} = \Lambda_x_{(q \times m)} \eta_{(m \times 1)} + \varepsilon_{(q \times 1)}$$

$$E(\varepsilon) = 0$$

$$COV(\varepsilon) = \theta_\varepsilon$$

$$E(\delta) = 0$$

$$COV(\delta) = \theta_\delta$$

$$E(\zeta) = 0$$

$$COV(\zeta) = \psi$$

$$COV(\xi) = \phi$$



○ ماتریس نهایی کواریانس ها:

$$\begin{bmatrix} \Sigma_{yy} & \Sigma_{y'x} \\ \Sigma_{xy} & \Sigma_{xx} \end{bmatrix}$$

$$\Sigma_{yy} = [\Lambda_y [(I - B)^{-1}(\Gamma\Phi\Gamma' + \Psi)(I - B')^{-1}] \Lambda_y' + \Theta_\varepsilon]$$

$$\Sigma_{xx} = [\Lambda_x \Phi \Lambda_x' + \Theta_\delta]$$

$$\Sigma_{xy} = [\Lambda_x \Phi \Gamma'(I - B')^{-1} \Lambda_y']$$



- با معلوم بودن  $n$  مشاهده چند متغیری ماتریس کواریانس نمونه ای را می توان مطابق با  $\Sigma$  ساخت و افراز کرد:

$$S = \begin{pmatrix} S_{yy} & S_{yx} \\ S_{xy} & S_{xx} \end{pmatrix}$$

- از اطلاعات  $S$  برای برآورد پارامتر های الگو استفاده می کنیم. به ویژه قرار می دهیم:

$$S = \hat{\Sigma}$$

و معادلات نتیجه شده را حل می کنیم.



- متاسفانه معادله بالا به شکل صریح قابل حل نیست. معمولاً از روش های تکراری که با برآوردهای پارامترهای اولیه شروع می کنند برای تولید ماتریس  $\Sigma$  استفاده می کنند.
- در این روش ها از یک تابع معیاری که تفاوت بین  $S$  و  $\Sigma$  را اندازه می گیرد، استفاده می کنند.
- برنامه LISREL معمولاً از یک معیار حداقل مربعات غیروزنی، حداقل مربعات تعمیم یافته و حداکثر درستنمایی استفاده می کند.



## روش‌های برآورد

○ هدف روش برآورد مینیمم‌سازی پراکندگی میان برآورد ماتریس‌های واریانس

کواریانس متغیرها بر اساس مدلی که آزمون می‌شود و ماتریس واریانس

کواریانس داده‌ها، می‌باشد. انتخاب روش برآورد، به نمونه و مدلی که قرار

است برآورد شود، بستگی دارد.



## روش‌های برآورد

- برآورد درست‌نمایی ماکسیمم (MLE) که پیش‌فرض بسیاری از نرم‌افزارها از جمله LISREL و EQS می‌باشد، نیاز به برقراری پیش‌فرض نرمال چند متغیره بودن داده‌ها و حجم بزرگی از نمونه برای اجرای مناسب روش دارد.



## برآورد مدل مثال

Sample Variance–Covariance Matrix for Example Data

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. EdAsp	1.024								
2. OcAsp	.792	1.077							
3. VerbAch	1.027	.919	1.844						
4. QuantAch	.756	.697	1.244	1.286					
5. FamInc	.567	.537	.876	.632	.852				
6. FaEd	.445	.424	.677	.526	.518	.670			
7. MoEd	.434	.389	.635	.498	.475	.545	.716		
8. VerbAb	.580	.564	.893	.716	.546	.422	.373	.851	
9. QuantAb	.491	.499	.888	.646	.508	.389	.339	.629	.871

Standardized Residual Matrix for Model 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. EdAsp	.000								
2. OcAsp	.000	.000							
3. VerbAch	1.420	-.797	.000						
4. QuantAch	-.776	-.363	.000	.000					
5. FamInc	3.541	3.106	5.354	2.803	.000				
6. FaEd	-2.247	-.578	-2.631	-.863	-2.809	.000			
7. MoEd	-1.031	-1.034	-2.151	-.841	-3.240	6.338	.000		
8. VerbAb	.877	1.956	-2.276	1.314	4.590	-.903	-2.144	.000	
9. QuantAb	-2.558	.185	1.820	-.574	3.473	-1.293	-2.366	.000	.000



## آزمون مدل

- پس از آنکه برآورد پارامترها برای یک مدل تدوین شده و مشخص به دست آمدندف پژوهشگر باید تعیین کند که داده ها تا چه حد با مدل برازش دارند؟ یعنی تا چه اندازه مدل نظری به وسیله داده های نمونه حمایت می شود؟
- دو شیوه برای برازش مدل وجود دارد:
  ۱. آزمون های عمومیت یافته برای برازش مدل
  ۲. بررسی برازش پارامترهای منفرد در هر یک از اجزای مدل



# ارزیابی برآزش مدل



- هنگامی که یک مدل به طور مناسبی مشخص شد و داده‌ها به طور صحیح وارد گردیدند، برآزش داده‌ها به **مدل فرضی** را باید ارزیابی نمود. تعدادی آزمون برای ارزیابی این موضوع که مدل تا چه حد روابط مشاهده‌شده بین متغیرهای قابل اندازه‌گیری را توصیف می‌نماید، به کار می‌روند.
- برنامه‌های کامپیوتری مختلف، شاخص‌های مختلفی را ارائه می‌دهند و هیچ توافقی در این موضوع که کدامیک از آنها **بهترین** هستند وجود ندارد.





## انواع شاخص‌های برازش

- پیشنهاد می‌شود که شاخص‌های مختلف برازش را برای مدل مورد نظر به کار ببریم و تنها به یک شاخص اکتفا نکنیم.



## شاخص‌های مطلق برآزش

- قدیمی‌ترین شاخص و شاخصی که هنوز به وفور گزارش می‌شود، شاخص برآزش کای دو است.



- شاخص بعدی، شاخص مرکزیت (C I) است.
- مقادیر دو شاخص اخیر در دامنه‌ی (۰۱) قرار دارد که نزدیک ۱ برآزش کامل را نشان می‌دهد.
- بیشتر پژوهشگران پیشنهاد می‌کنند که مقادیر بزرگتر از ۰/۹ این شاخص‌ها را می‌توان به عنوان مناسب بودن میزان برآزش مدل تعبیر نمود ولی به لحاظ تجربی هیچ تأییدی بر آن نیست.



- دو شاخص مطلق برازش دیگر جذر میانگین مربعی استاندارد شده (RMR) می باشد که میانگین اختلاف های بین همبستگی های مشاهده شده و مورد انتظار بین برآورد تمام پارامترهاست و جذر میانگین مربع خطای تقریب (RMSEA) که ساده بودن مدل را تعدیل می نماید.
- برازش کامل مقادیر صفر را برای این دو شاخص نتیجه می دهد، اما در عمل مقدار کمتر از  $0/08$  برای RMSEA و مقدار کمتر از  $0/05$  برای RMR خوب تلقی می شود .



## شاخص‌های برآزش مقایسه‌ای (CFI)

- شاخص‌های برآزش مقایسه‌ای، شاخص مطلق برآزش مدل مورد نظر را با شاخص مطلق برآزش مدل پایه مقایسه می‌کند.



- **CFI** مدل تحت آزمون را با مدل تحت فرض صفری که در آن هیچ مسیری که متغیرها را به هم متصل کند، تعریف نشده باشد و در نتیجه متغیرها را مستقل از هم در نظر گرفته باشد، مقایسه می‌کند.
- به نظر می‌رسد که **CFI** مخصوصاً با حجم نمونه‌ی کوچک کاملاً پایدار باشد. مقدار آن در دامنه‌ی (۰ و ۱) قرار می‌گیرد و مقادیر کمتر از ۰/۹ آن غیر قابل قبول است.



## مروری بر شاخص‌های برازش

- همانطور که در ابتدای این بخش گفته شده هیچ یک از شاخص‌های معرفی شده برای معرفی یک مدل با برازش خوب کافی نیستند و در عمل پیشنهاد می‌شود که از چند شاخص استفاده شود و زمانی که **همه‌ی شاخص‌ها** در برازش مناسب و یا برازش نامناسب یک مدل **توافق** داشته باشند، مدل مورد نظر به عنوان مدل مناسب و یا نامناسب گزارش شود.
- گزارش نمودن شاخص‌های **کای دو** و **AGFI** معمولاً **پیشنهاد** می‌گردد، اما بهتر است که برای تفسیر برازش مدل به شاخص‌های مقایسه‌ای برازش تأکید بیشتری داشته باشیم.



## ملاحظه پارامتری منفرد

- سه ویژگی اصلی از پارامترهای منفرد می‌توانند مورد ملاحظه قرار گیرند:
  ۱. آیا پارامتر آزاد به طور معناداری با صفر تفاوت دارند؟
  ۲. آیا علامت پارامتر موردنظر با آنچه که به لحاظ نظری مورد انتظار بوده هماهنگ است؟
  ۳. آیا برآورد دارای معنی و مفهوم است؟ (واریانس منفی، ضریب همبستگی بیشتر از ۱)
  
- بنابر این همه پارامترهای آزاد باید در جهت مورد انتظار، به لحاظ اماری متفاوت از صفر و دارای معنی و مفهوم باشند.





# آزمون مدل مثال

Maximum Likelihood Estimates for Models 1

<i>Estimates</i>	<i>Model 1</i>
OcAsp factor loading	.917
QuantAch factor loading	.759
FaEd factor loading	1.007
MoEd factor loading	.964
QuantAb factor loading	.949
Aspire → Achieve coefficient	.548
Home → Aspire coefficient	.410
Home → Achieve coefficient	.242*
Ability → Aspire coefficient	.590
Ability → Achieve coefficient	.751
Home variance	.532
Ability variance	.663
Home, Ability covariance	.432
Aspire equation error variance	.335
Achieve equation error variance	.225
EdAsp error variance	.160
OcAsp error variance	.351
VerbAch error variance	.205
QuantAch error variance	.342
Familnc error variance	.320
FaEd error variance	.130
MoEd error variance	.222
VerbAb error variance	.188
QuantAb error variance	.274
FaEd, MoEd error covariance	—



## شاخص‌های برازش

### Goodness-of-fit indices:

$\chi^2$	58.85
$df$	21
$p$ value	.000
GFI	.938
AGFI	.868
RMSR	.049
RMSEA	.095



## اصلاح مدل

- اگر برازش یک مدل نظری به قوتی نبود که انتظار داشتیم، آنگاه گام بعدی، اصلاح مدل و ارزیابی مدل جایگزین و اصلاح شده است.
- به مجموعه روش هایی که برای نمایان سازی خطاهای تدوین به کار می روند **جستجوی تدوین** می گویند.
- یک رویکرد شهودی برای اصلاح تدوین، ثابت کردن پارامترهایی است که به لحاظ آماری معنا دار نبوده اند. این پارامترها در مدل اصلاح شده با صفر جایگزین می شوند.
- روش شهودی دیگر بررسی ماتریس باقیمانده است که بر اساس تفاوت بین ماتریس کواریانس مشاهده شده  $S$  و ماتریس کواریانس مدل  $\Sigma$  بدست می آید. مقادیر بزرگ این ماتریس نشان دهنده برازش بد است.

## اصلاح مدل

- روش دیگر گزارش شاخص اصلاح (ML) است.  
یک شاخص اصلاح برای یک پارامتر غیر آزاد نشان می دهد که اگر این پارامتر در یک مدل جایگزین آزاد گذاشته شود، آنگاه پیش بینی می شود مقدار نیکویی برازش کای اسکوئر حداقل به مقدار این شاخص کاهش پیدا کند.
- ارایه مربعات ضرایب چندگانه برای هر متغیر مشاهده شده، این مقدار نشان می دهد که متغیر مشاهده شده، تا چه اندازه به عنوان شاخص تعریف کننده متغیر پنهان خوب عمل می کند.
- شاخص های دیگر: تغییر مورد انتظار پارامتر (EPC)، مضرب لاگرانژ (ML)، آماره والد.



## اصلاح مدل

○ معیار های حذف پارامتر:

مقایسه آماره  $t$  برای هر پارامتر، به کار بردن آماره والد.

○ معیار های افزودن پارامتر:

انتخاب بزرگترین شاخص اصلاح (ML)، انتخاب بزرگترین آماره تغییر مورد انتظار (EPC)، استفاده از مضرب لاگرانژ.



## اصلاح مدل فرضی

- برای مدل ساختاری مفروض، ماتریس باقیمانده های استاندارد نشان می دهد بزرگترین باقیمانده استاندارد برای رابطه میان تحصیلات پدر و تحصیلات مادر است (۶/۳۳۸).
- آماره  $t$  پیشنهاد به حذف هیچ متغیری را نمی دهند (همه برآوردها متفاوت با صفر)
- هنگامی که افزودن پارامتری جدید به مدل را مورد ملاحظه قرار می دهیم، بزرگترین شاخص اصلاح برای کواریانس خطای اندازه گیری مان تحصیلات پدر و تحصیلات مادر است.
- پس ما تحصیلات پدر و مادر را همبسته می گیریم.



### Maximum Likelihood Estimates for Models 1 and 2

<i>Estimates</i>	<i>Model 1</i>	<i>Model 2(respecified)</i>
OcAsp factor loading	.917	.918
QuantAch factor loading	.759	.753
FaEd factor loading	1.007	.782
MoEd factor loading	.964	.720
QuantAb factor loading	.949	.949
Aspire → Achieve coefficient	.548	.526
Home → Aspire coefficient	.410	.506
Home → Achieve coefficient	.242*	.302*
Ability → Aspire coefficient	.590	.447
Ability → Achieve coefficient	.751	.685
Home variance	.532	.662
Ability variance	.663	.663
Home, Ability covariance	.432	.537
Aspire equation error variance	.396	.319
Achieve equation error variance	.225	.228
EdAsp error variance	.160	.161
OcAsp error variance	.351	.350
VerbAch error variance	.205	.193
QuantAch error variance	.342	.349
FamInc error variance	.320	.190
FaEd error variance	.130	.265
MoEd error variance	.222	.373
VerbAb error variance	.188	.188
QuantAb error variance	.274	.274
FaEd, MoEd error covariance	—	.173



## مقایسه شاخص‌های برازش (مدل او مدل اصلاح شده)

Goodness-of-fit indices:

$\chi^2$	58.85	18.60
<i>df</i>	21	20
<i>p</i> value	.000	.548
GFI	.938	.980
AGFI	.868	.954
RMSR	.049	.015
RMSEA	.095	.000