بسم الله الرحمن الرحیم

مدل معادلات ساختاری

AMOS

مدرس: دکتر سید رضا حسینی‌نیا

پاییز۹۲

پیشینه مدل سازی معادلات ساختاری

مدل سازی معادلات ساختاری مانند بسیاری از پیشرفت‌های بشری بر پایه یافته‌های علمی پیشین به وجود آمده است. به بیان دیگر، نظریه‌های جدید، نظریات قدیمی‌تر را تکمیل کرده و توان و قابلیت جدیدی را به قابلیت‌های پیشین اضافه نموده است. مدل‌سازی معادلات ساختاری در تکمیل نظریه اولیه رگرسیون به وجود آمده است.

نظریه مدل سازی معادله ساختاری

حال اگر مدلی تعریف شود که در آن هم شاخص‌هایی وجود داشته باشند که سازه‌های پنهان را اندازه‌گیری کنند و هم روابط بین سازه‌ها تعریف شده باشند، مدل ایجاد شده را می‌توان به وسیله مدل‌سازی معادلات ساختاری حل نمود.

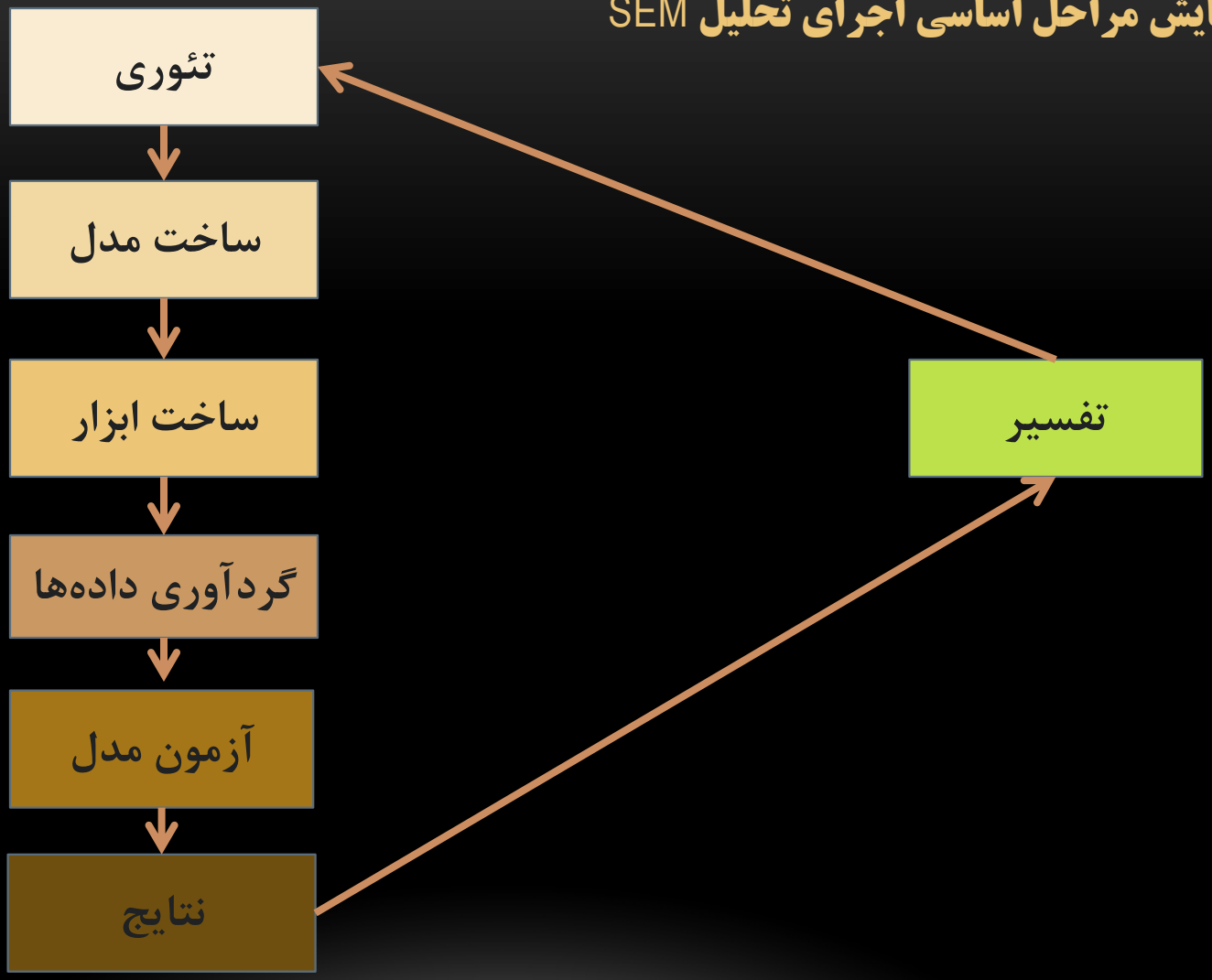
پایه های مدل یابی معادلات ساختاری:

مدل یابی معادله ساختاری یک تکنیک تحلیل چندمتغیری بسیار کلی و نیرومند از خانواده رگرسیون چند متغیری و به بیان دقیق تر بسط مدل خطی کلی است که به پژوهشگران امکان می‌دهد مجموعه ای از معادلات رگرسیون را به گونه هم زمان مورد آزمون قرار دهند.

SEM شیوه ای دارای مزایای جالب زیر است:

- نرم افزار گرافیکی، خلاقیت را تقویت و تصحیح سریع مدل را تسهیل می سازد
- برنامه SEM، آزمون های کلی برازندگی با مدل و برآورد پارامترهای انفرادی را به گونه همزمان فراهم می سازد.
- برخلاف روش های قدیمی تر، برآورد خطای اندازه گیری را ممکن می سازد.
- به منظور مطالعه هر دو نوع خصوصیت اندازه گیری و ساختاری مدل های نظری، ویژگی های تحلیل عاملی تاییدی و رگسیون چندگانه را با هم ترکیب می کند.

نمایش مراحل اساسی اجرای تحلیل SEM



موارد استفاده از نرم افزار ایموس:

مدل
معادلات
ساختاری

تحلیل
عاملی
تاییدی

تحلیل
مسیر

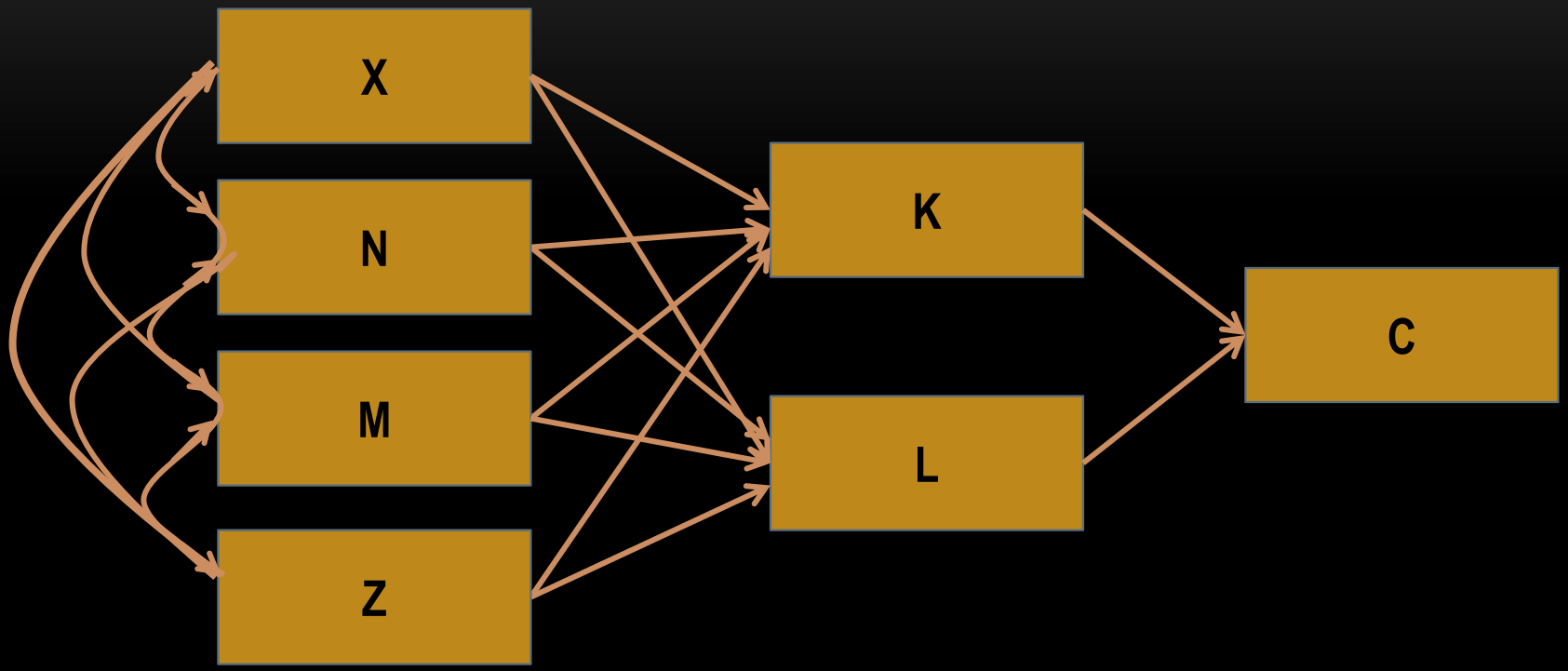
تحلیل مسیر

هدف آن به دست آوردن برآوردهای کمی روابط علی بین مجموعه ای از متغیرهاست. در تحلیل مسیر روابط بین متغیرها در یک جهت جریان می یابد و به عنوان مسیرهای متمایزی در نظر گرفته می شود.

مفاهیم تحلیل مسیر در بهترین صورت از طریق ویژگی عمده آن یعنی نمودار مسیر که پیوندهای علی احتمالی بین متغیرها را آشکار می سازد، تبیین می شود.

نمودار تحلیل مسیر

برای تهیه نمودار مسیر، اسامی متغیرها را نوشته و از هر متغیر پیکانی به سوی متغیر دیگری که معتقدیم در آن تاثیر دارد رسم می کنیم.



نمونه نمودار تحلیل مسیر

نخستین گام در تحلیل مسیر

نخستین گام در تحلیل مسیر، تعیین یک مدل ساختاری پیش تجربی است که همه متغیرهای مورد علاقه پژوهشگر را در بر می گیرد. مدل ساختاری شامل یک مجموعه معادله ساختاری است که روابط علی ممکن بین متغیرها را توصیف می کند. در این فرآیند ابتدا یک سلسله مراتب علی مطرح می شود که درآن برخی متغیرها ممکن است علت احتمالی متغیرهای دیگر باشد، اما به طور قطع نمی تواند معلول آنها باشد.

تفاوت تحلیل مسیر با مدل‌سازی معادلات ساختاری

- تفاوت این دو روش در تمرکز آنها و در نحوه معادلات نوشته شده برای مدل‌های ساخته شده می باشد.
- تفاوت دیگر این دو نوع مدلسازی در این است که در مدلسازی معادلات ساختاری حتما می‌بایست رابطه بین دو متغیر پنهان نمایش داده شود اما تحلیل مسیر می تواند حتی رابطه بین چند متغیر آشکار را نشان داده و در آن از متغیرهای پنهان اثری نباشد.

نقاط ضعف تحلیل مسیر با SPSS

- کاربرد متغیرهای وابسته چندگانه امکان پذیر نمی باشد.
- متغیر میانجی نمی تواند در مدل به کار برده شود.
- فرض بر آن است که هر متغیر پیش بین بدون خطا اندازه گیری می شود.
- ناکارآمدی وقتی که بین متغیرهای مشاهده شده روابط درهم تنیده جریان علی وجود داشته باشد.
- وقتی متغیرهای مهم تبیین کننده متغیرهای مشاهده نشده باشد.

تفاوت تحلیل عاملی اکتشافی با تحلیل عاملی تاییدی

تحلیل عاملی تأییدی مرتبه اول و مرتبه دوم

مدل‌های عاملی، بویژه در دو جهت مورد توجه پژوهشگران اجتماعی هستند. از یک سو با استفاده از این نوع مدل‌ها و آزمون آن‌ها برمبنای داده‌های تجربی می‌توان شواهدی برای ارزیابی اعتبار مقیاس‌های تعریف شده توسط محقق به دست آورد و از طرف دیگر، مدل‌های عاملی به عنوان جزئی از مدل‌های معادله ساختاری در نقش مدل‌های اندازه‌گیری عمل می‌کند.

مدل عاملی تأییدی مرتبه اول

در مدل‌های عاملی مرتبه اول فرض بر این است که نمرات هر مورد مطالعه در یک متغیر، در واقع منعکس کننده وضعیت آن مورد در یک عامل زیربنایی‌تر است که به دلیل پنهان بودنش امکان اندازه‌گیری مستقیم آن وجود ندارد.

این عامل زیربنایی و پنهان خود از ابعاد عامل پنهان دیگری محسوب نمی‌شود و در واقع تنها یک لایه از متغیر یا متغیر پنهان در مدل وجود دارد. به همین دلیل در این حالت مدل عاملی شما از نوع تک عاملی است.

ادامه...

در مدل عاملی مرتبه اول پیکان‌ها از سمت متغیر پنهان به سمت متغیرهای مشاهده شده به این دلیل با اهمیت روش شناختی صورت می‌گیرد که بالا یا پایین بودن نمره فرد در متغیرهای مشاهده شده در واقع منعکس کننده بالا یا پایین بودن متغیرنهان است.

قرار دادن وزن‌های رگرسیونی بر روی پیکان‌هایی که متغیرهای خطا را به متغیرهای مشاهده شده مرتبط می‌کند، به این دلیل روش شناختی صورت می‌گیرد که اولا متغیرهای خطا فاقد مقیاس اندازه‌گیری هستند و ثانیا امکان برآورد همزمان واریانس متغیرهای خطا و وزن‌های رگرسیونی آن‌ها وجود ندارد و به همین منظور لازم است که یکی از این پارامترها ثابت شود.

انواع متغیرها در مدل‌های عاملی مرتبه اول

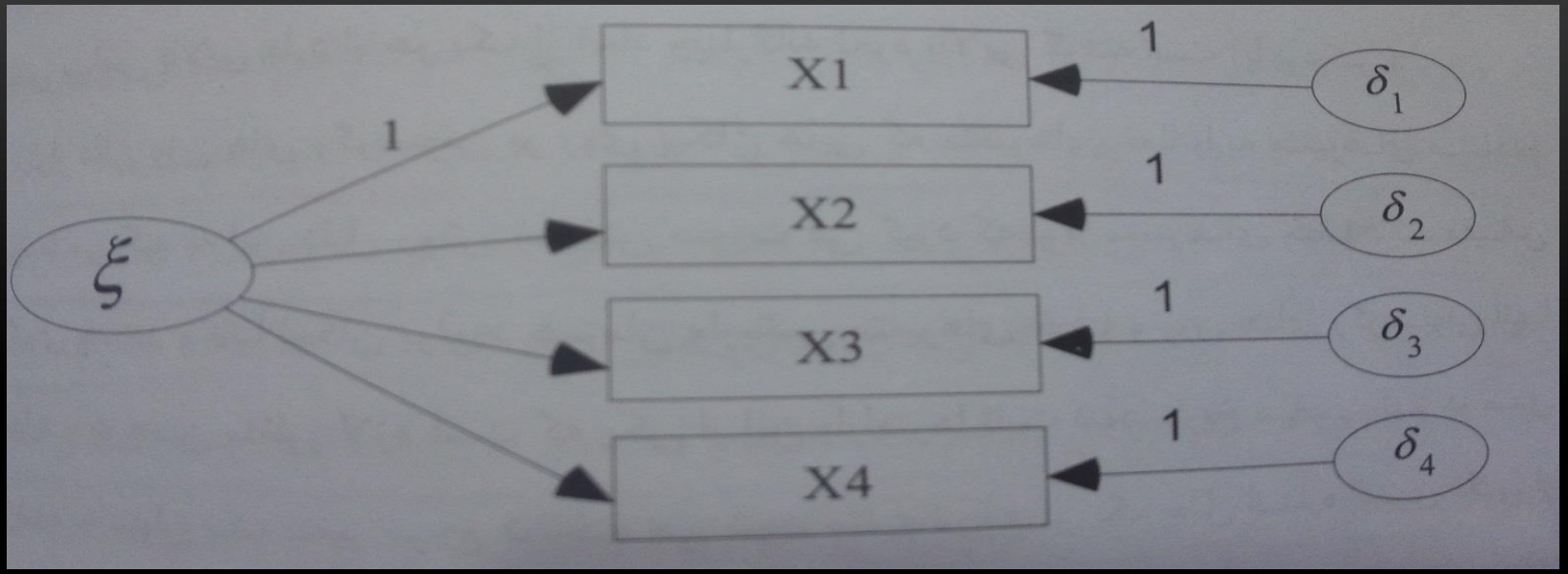
در یک مدل عاملی مرتبه اول سه نوع متغیر وجود دارد:

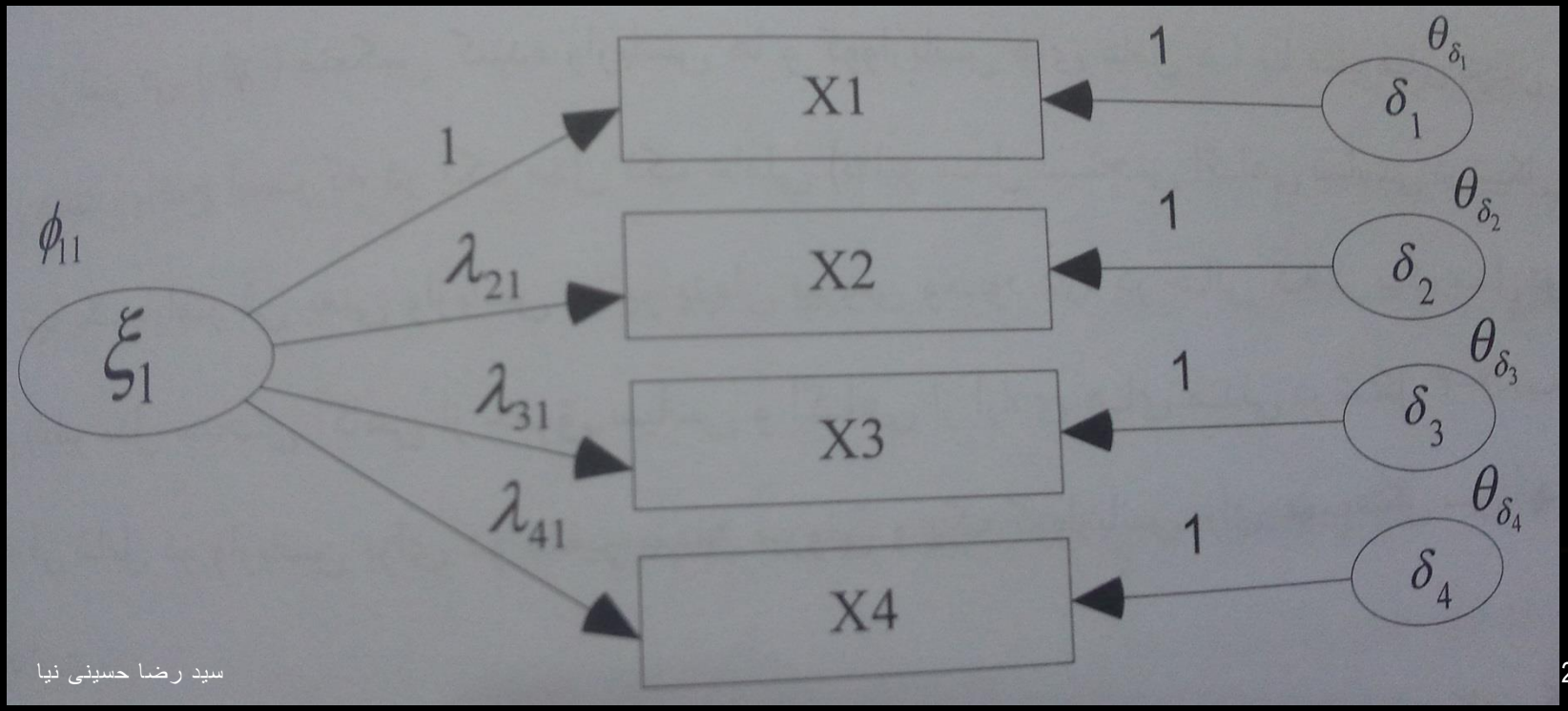
متغیرهای پنهان بیرونی و متغیر خطا از نوع متغیرهای پنهان هستند و در درون دایره یا بیضی قرار می‌گیرند و متغیر مشاهده شده بیرونی از نوع مشاهده شده است و در درون چهارگوش قرار می‌گیرد.

انواع پارامترهای آزاد در مدل‌های عاملی مرتبه اول

در مدل‌های عاملی مرتبه اول سه نوع پارامتر آزاد وجود دارد که محقق اغلب مایل به برآورد آن‌هاست. این پارامترها شامل:

طرح این نکته ضروری است که در مدل‌های عاملی مرتبه اول به این دلیل که هیچ پیکان یک سویه‌ای از یک متغیر پنهان به سمت متغیر پنهان دیگر نشانه نرفته است متغیرهای پنهان همواره متغیر بیرونی تلقی می‌شوند. واریانس و کوواریانس‌های متغیرهای بیرونی از جمله پارامترهای آزاد برای برآورد هستند مگر آنکه محقق به دلایل مشخصی آن‌ها را ثابت کرده باشد.


X1
X2
X3
X4
ξ
1
1
1
1
1
1
1
δ1
δ2
δ3
δ4


X1
X2
X3
X4
ξ1
ϕ11
1
λ21
λ31
λ41
1
1
1
1
1
θδ1
θδ2
θδ3
θδ4
δ1
δ2
δ3
δ4

معرفی پارامترها

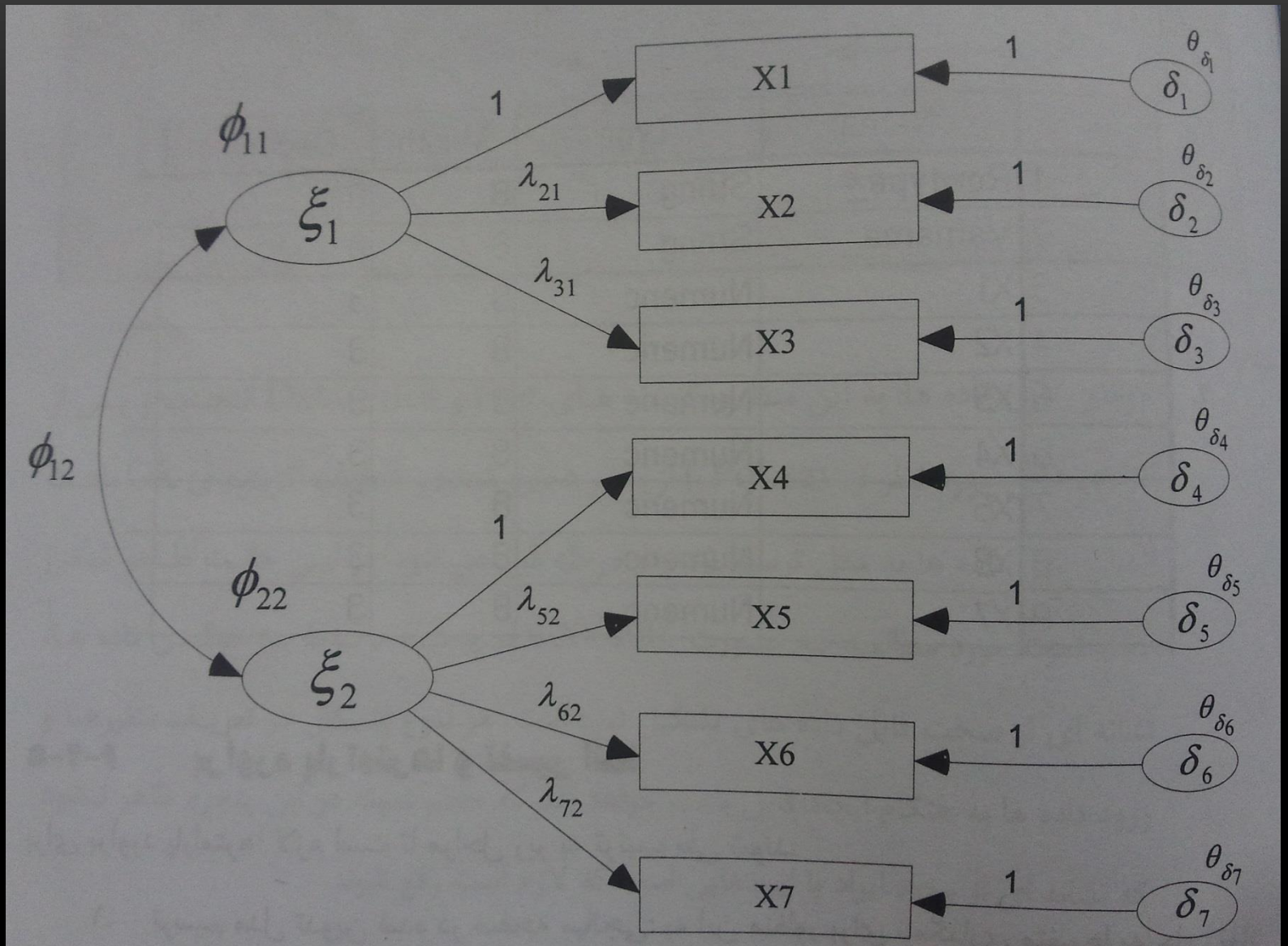
- **پارامتر فی** منعکس‌کننده واریانس‌ها و کوواریانس‌های عامل‌ها یا متغیرهای پنهان بیرونی هستند.
- **پارامتر لاندا** نشان دهنده کوواریانس یا ضریب همبستگی بین هر متغیر آشکار با متغیر پنهانی است که بر آن بار شده است. پارامتر لاندا در واقع همان شاخصی است که به نام بارعاملی خوانده می‌شود.
- **پارامتر تتا دلتا** نشانه‌ی واریانس‌ها و کوواریانس‌های متغیرهای خطای مرتبط با متغیرهای آشکار و اندازه‌گیری شده هستند. واریانس‌ها به طور پیش فرض آزاد و کوواریانس‌ها به طور پیش فرض به مقدار صفر ثابت هستند.

مدل‌های دو عاملی مرتبه اول

مدل دو عاملی مرتبه اول برای سنجش دو متغیر پنهان ترسیم می‌شود.

- با توجه به وجود دو متغیر پنهان بیرونی این مدل دارای **سه پارامتر آزاد فی** است
- به ازای هر متغیر پنهان یکی از متغیرهای مشاهده شده به عنوان **متغیر مرجع** یا **معرف نشان‌گذار** تعریف شده است و اغلب اولین و یا مهمترین متغیر مشاهده شده‌ای که به عنوان سنجه متغیر پنهان شناخته می‌شود در نقش متغیر مرجع تعریف می‌شود.

حقوق سیاسی
آزادی های مدنی
1
1
فرآیند انتخاباتی
مشارکت و تکثرگرایی سیاسی
عملکرد حکومت
آزادی بیان و عقیده
حقوق انجمنی و سازمانی
حکومت قانون
استقلال و حقوق فردی
1
1
1
1
1
1
خطا
خطا
خطا
خطا
خطا
خطا



شکل ۵-۶ پارامترهای آزاد در مدل دوعاملی مرتبه اول برای سنجش آگاهی از حقوق سیاسی و آزادی های مدنی

مدل‌های عاملی مرتبه دوم

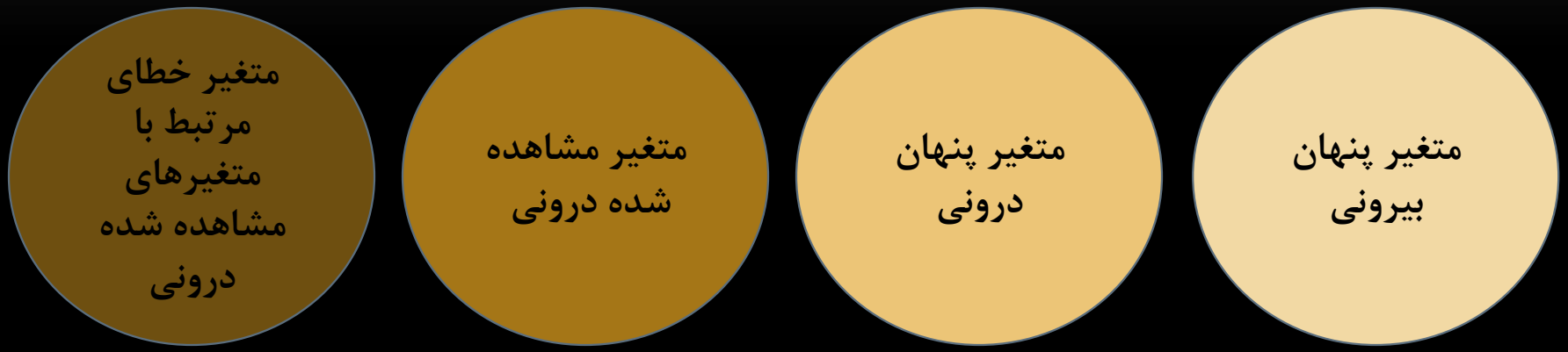
مدل عاملی مرتبه دوم را به عنوان نوعی از مدل‌های عاملی تعریف می‌کنیم که در آن عامل‌های پنهانی که با استفاده از متغیرهای مشاهده شده اندازه‌گیری می‌شوند خود تحت تاثیر یک متغیر زیربنایی‌تر و به عبارتی متغیر پنهان، اما در یک سطح بالاتر قرار دارند.

مدل سه عاملی مرتبه دوم

مدل دوعاملی مرتبه اول با اندکی تغییرات به یک مدل عاملی مرتبه دوم تبدیل می‌شود فقط کافی است که فرض کنیم دو متغیر پنهان در مدل عاملی مرتبه اول خود تحت تاثیر عامل پنهان دیگری هستند

انواع متغیرها در مدل‌های عاملی مرتبه دوم

مدل‌های عاملی مرتبه دوم شامل چهار نوع از متغیرها است. که عبارتند از :



متغیر درونی متغیری است که حداقل یک پیکان یک سویه به سمت آن نشانه رفته باشد.

انواع پارامترها در مدل‌های عاملی مرتبه دوم

- **پارامتر فی:** در مدل‌های عاملی مرتبه دوم به دلیل وجود تنها یک متغیر بیرونی که واریانس آن نیز ثابت شده است پارامتر فی به عنوان پارامتر آزاد وجود ندارد.
- **پارامتر گاما:** اثر متغیر پنهان بیرونی بر متغیر پنهان درونی به عنوان پارامتر گاما شناخته می‌شود. بنابراین می‌توان وجود دو پارامتر آزاد گاما را در مدل تدوین شده تشخیص داد.
- **پارامتر لاندا:** پنج پارامتر لاندا برای متغیرهای بیرونی در مدل مرتبه اول، در مدل مرتبه دوم به پارامتر لاندا برای متغیرهای درونی تغییر کرده است.
- **پارامترهای تتا دلتا:** پارامترهای تتا دلتا نیز با پارامترهای تتا اپسیلون جایگزین می‌شوند.

جامعه آزاد
1
حقوق سیاسی
1
ازادی های مدنی
1
فرآیند انتخاباتی
1
خطا
مشارکت و تکثرگرایی سیاسی
1
خطا
عملکرد حکومت
1
خطا
آزادی بیان و عقیده
1
خطا
حقوق انجمنی و سازمانی
1
خطا
حکومت قانون
1
خطا
استقلال و حقوق فردی
1
خطا

تدوین مدل

تدوین مدل، تصمیم در این باره است که کدام متغیرها در مدل نظری قرار گیرند و این که این متغیرها چگونه با هم در ارتباط هستند.

یک مدل هنگامی به خوبی تدوین شده است که مدل واقعی جامعه با مدل نظری فرض شده سازگار باشد.

به طور کلی سه سطح برای تشخیص مدل وجود دارد.

- یک مدل، فرومشخص است. اگر یک یا تعداد بیشتری از متغیرها نتوانند به طور یکتایی مشخص شوند. زیرا اطلاعات کافی در ماتریس کوواریانس نمونه وجود ندارد.
- یک مدل، کاملا مشخص است. اگر همه پارامترها به دلیل وجود اطلاعات کافی در ماتریس کوواریانس نمونه به طور منحصر به فردی تعیین شوند
- یک مدل، فرامشخص است. هنگامی که بیش از یک جواب برای یک یا چند پارامتر وجود دارد.

اگر مدل فرومشخص باشد برآورد پارامترها قابل اعتماد نبوده و در چنین حالتی درجات آزادی مدل صفر یا منفی است. این مدل ممکن است با افزودن قیدهایی مشخص شود. مدل های کاملا مشخص و فرامشخص برای برآورد پارامترها مناسب هستند.

آزمون مدل

دو شیوه برای برسی برازش مدل وجود دارد :

- ابتدا برازش کل مدل مورد بررسی قرار می گیرد
- دوم بررسی پارامترهای منفرد در هریک از اجزای مدل است.

اصلاح مدل

اگر برازش یک مدل نظری به مقداری که انتظار داشتیم نبود آنگاه گام بعدی اصلاح مدل و ارزیابی مدل اصلاح شده می باشد.

مطرح شدن مدل‌سازی معادلات ساختاری

حال پرسش دیگری که باید به آن پاسخ گفت آن است که با توجه به نقدهایی که بر روی مدل‌های رگرسیونی، تحلیل مسیر و تحلیل عاملی وارد است، چه روشی را می‌توان جایگزین نمود تا این کاستی‌ها را بر طرف کند؟

مدل سازی معادلات ساختاری روشی است تا بتواند ایرادات ذکر شده در روش‌های قبلی را مرتفع کند.

SEM

کاربرد مدل سازی معادلات ساختاری

- برآورد روابط بین متغیرهای وابسته
- برآورد روابط بین متغیرهای مشاهده‌پذیر برای یک متغیر پنهان
- تعیین میزان خطای اندازه‌گیری در مورد هر یک از متغیرهای مستقل
- وزن دهی نامساوی به شاخص‌های یک متغیر پنهان
- تعیین میزان همبستگی میان خطاهای
- برآورد اعتبار سازه
- انجام آزمون‌های نیکویی برازش

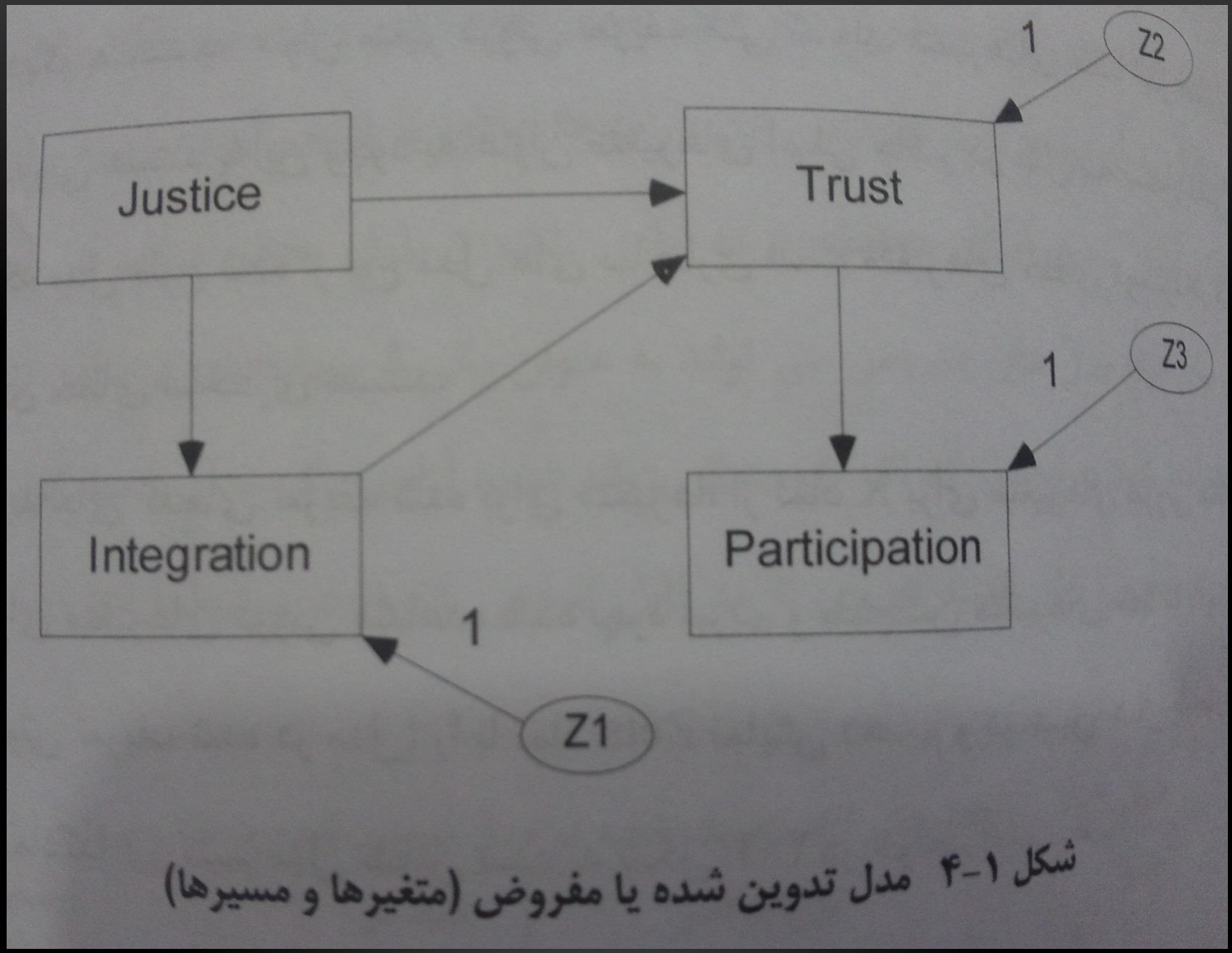
دلیل قدرتمندی مدل سازی معادلات ساختاری

- از لحاظ روش شناختی از دقت بالایی برخوردار است زیرا میزان خطا را در سنجش متغیر پنهان لحاظ می کند

- به شرایط واقعی زندگی اجتماعی نزدیک است زیرا در فضای چند متغیره امکان تحلیل داده ها را فراهم می کند

انواع مدل ها در SEM

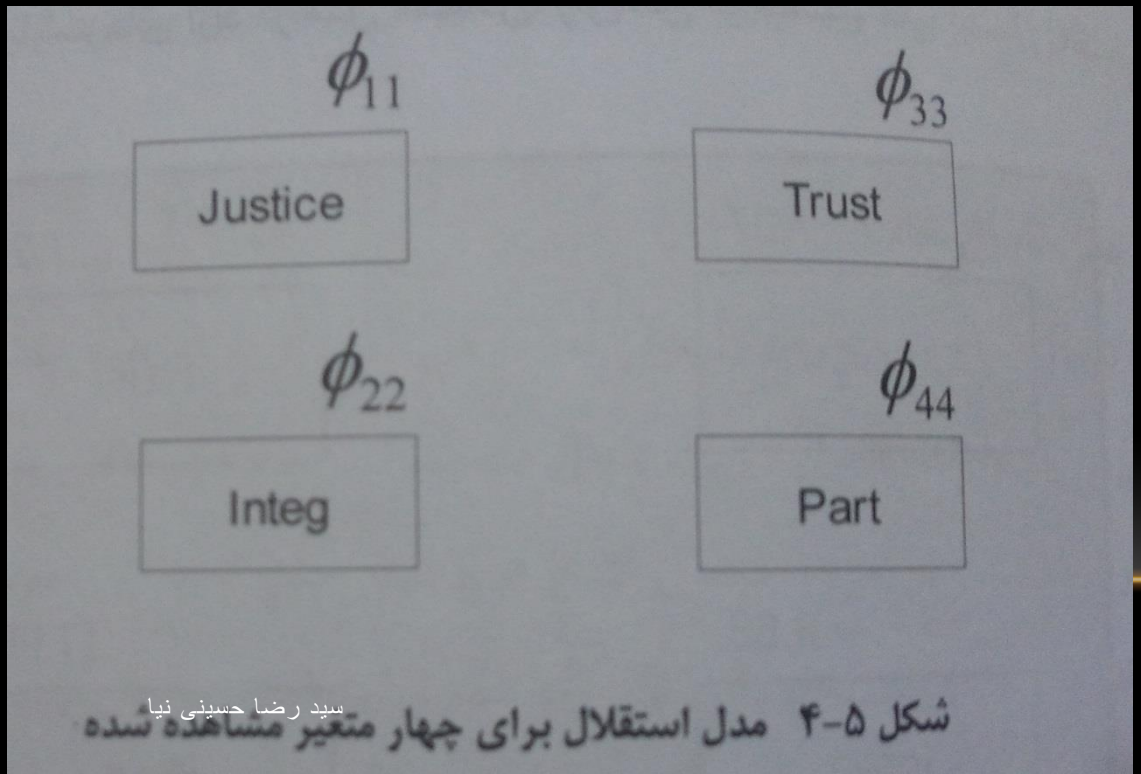
مدل مفروض: مدل مفروض یا ندوین شده را می توان با عنوان مدلی تعریف کرد که محقق بر مبنای مطالعات نظری و مرور مطالعات پیشین و همچنین تحلیل های منطقی برای جامعه مورد مطالعه، آن را به عنوان مدل تبیین کننده پدیده یا پدیده های مورد مطالعه اش برگزیده است. در چنین مدلی برای هر متغیر و مسیری که در مدل وارد شده دلیل نظری، تجربی و یا منطقی وجود دارد.



شکل ۱-۴ مدل تدوین شده یا مفروض (متغیرها و مسیرها)

انواع مدل ها در SEM

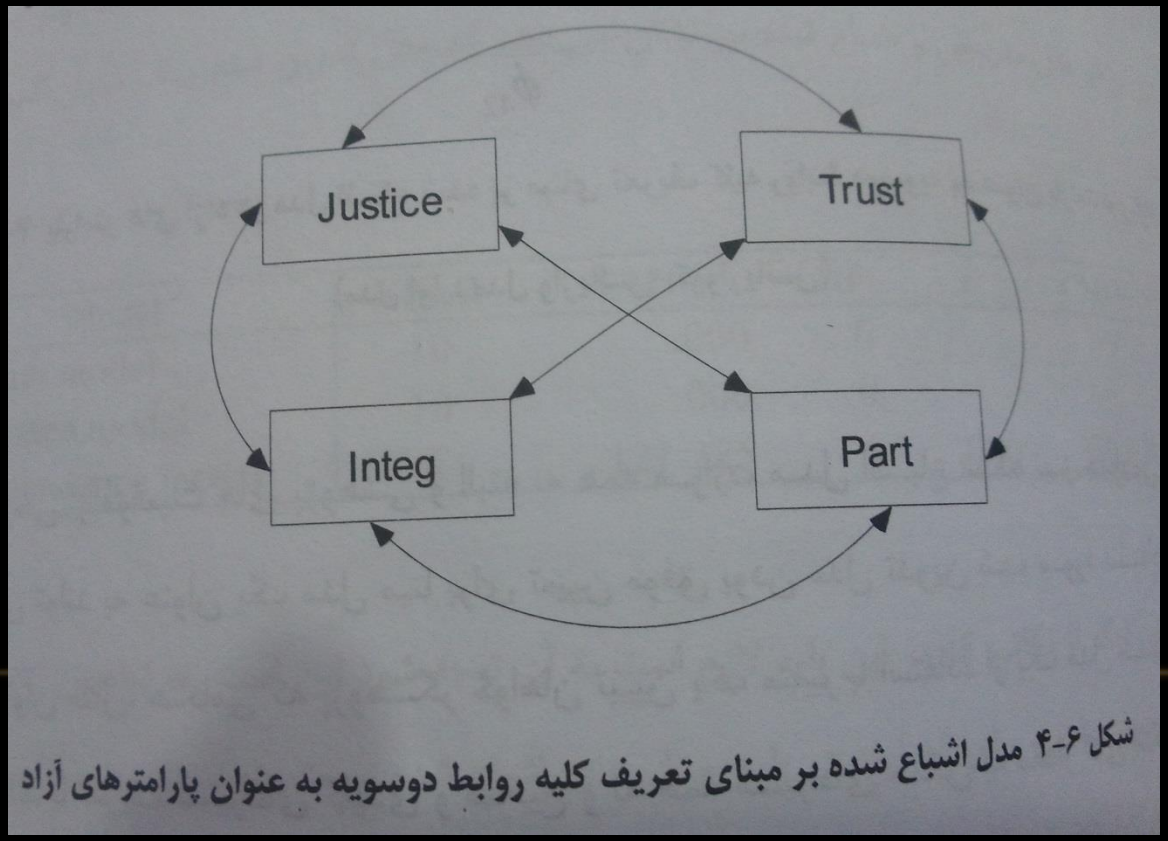
مدل استقلال: مدل استقلال مدلی است که در آن متغیرهای موجود در مدل فاقد هرگونه رابطه یک سویه یا دو سویه با یکدیگرند و کوواریانس میان آن ها صفر فرض شده است.



شکل ۵-۴ مدل استقلال برای چهار متغیر مشاهده شده

انواع مدل ها در SEM

- **مدل اشباع شده**: با عنوان مدلی تعریف می شود که در آن همه مسیرهای ممکن ترسیم شده اند، می توان آن را نقطه مقابل مدل استقلال دانست.



شکل ۶-۴ مدل اشباع شده بر مبنای تعریف کلیه روابط دوسویه به عنوان پارامترهای آزاد

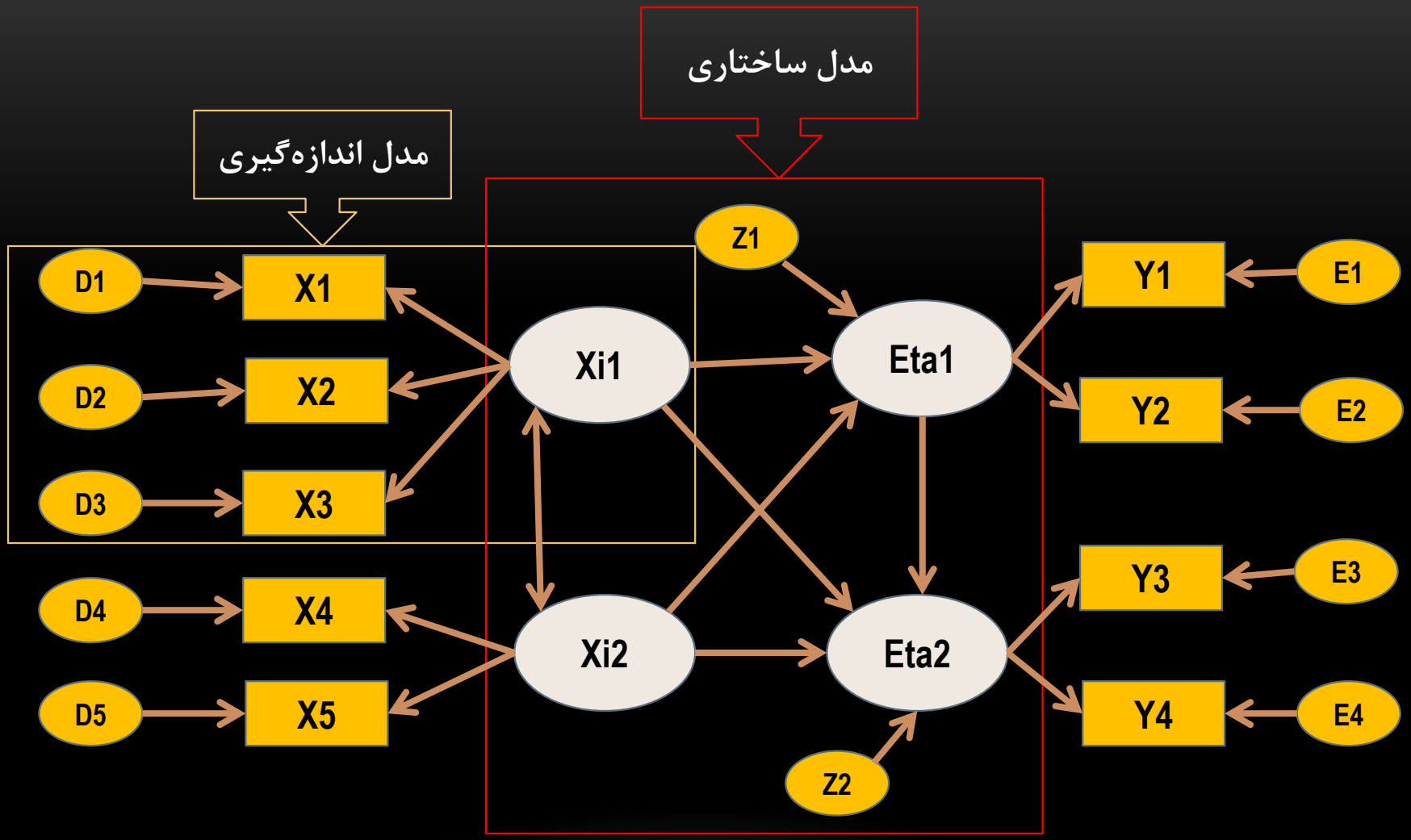
متغیرها در مدل سازی معادلات ساختاری:

- متغیرهای مستقل که متغیرهای برون‌زا نیز نامیده می شوند.
- متغیرهای وابسته یا میانجی، متغیرهای درونزا نامیده می‌شوند.
- متغیرهای آشکار یا مشاهده شده به گونه مستقیم به وسیله پژوهشگر اندازه گیری می شود،
- متغیرهای مکنون یا مشاهده نشده به گونه مستقیم اندازه گیری نمی شود، بلکه بر اساس روابط یا همبستگی های بین متغیرهای اندازه گیری شده استنباط می شوند.

مدل ها در مدل سازی معادلات ساختاری:

مدل معادله ساختاری شامل دو مؤلفه است:

- ✓ **مدل اندازه‌گیری** که در آن متغیرهای مکنون پیشنهاد و از طریق تحلیل عاملی تاییدی آزمون می‌شود و
- ✓ **مدل ساختاری** که در آن متغیرهای مکنون از یک راه منطقی با هم مرتبط می شود.



شکل عمومی از یک مدل معادله ساختاری

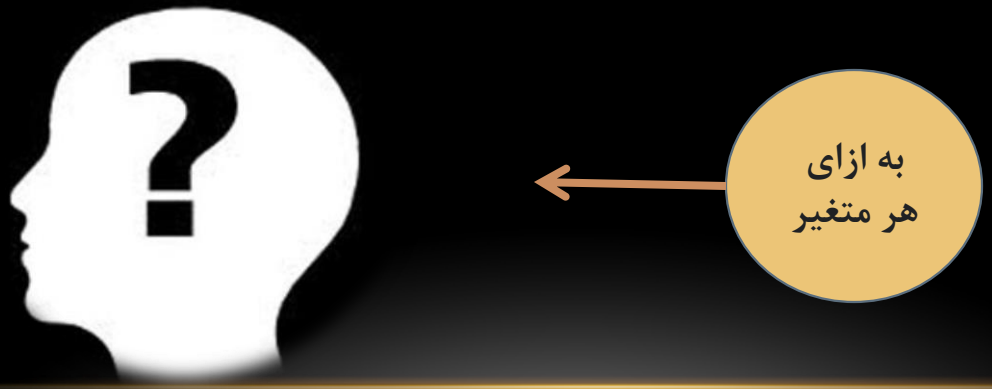
مفروضه های مدل معادله ساختاری:

مدل یابی معادله ساختاری، بسط انعطاف پذیر و قدرتمند مدل خطی کلی است، و بنابراین مانند هر روش آماری، دارای شماری از مفروضه هاست که باید صادق بوده یا دست کم به گونه تقریب برقرار باشد، تا نسبت به نتایج آن اطمینان حاصل شود. دو مسئله اساسی شامل موارد زیر است:

حجم منطقی نمونه:

بر پایه پیشنهاد جمیز استیونس در نظر گرفتن پانزده مورد برای هر متغیر پیش بین در تحلیل رگرسیون چندگانه یک قاعده سرانگشتی خوب به شمار می آید. چون SEM در برخی جنبه‌ها کاملا مرتبط با رگرسیون چند متغیری است، تعداد ۱۵ مورد به ازای هر متغیر اندازه گیری شده در SEM غیر منطقی نیست.

لوهلین بیان کرده است که برای این طبقه از مدل ها با دو یا چهار عامل، پژوهشگر باید روی گردآوری دست کم ۱۰۰ مورد یا بیش از آن ۲۰۰ مورد برنامه ریزی کند.



نحوه برخورد با داده های گم شده یا غایب

چنانچه برای تحلیل، از داده های ورودی خام استفاده شود، این داده‌ها باید کامل و بدون مقادیر گمشده باشند. برای کار با داده های ناکامل، چندین راه حل پیش تجربی وجود دارد.

- **حذف لیستی** که در آن همه نمره های مربوط به داده های گمشده حذف می‌شود.
- **حذف زوجی** که در آن همبستگی دو متغیری فقط برای مواردی که داده های آن کامل وجود دارد محاسبه می شود.
- روش دیگر پیش تجربی برای داده گمشده، **جایگزین ساختن** این داده ها با میانگین متغیر مربوط است.

نرمال بودن چندمتغیره

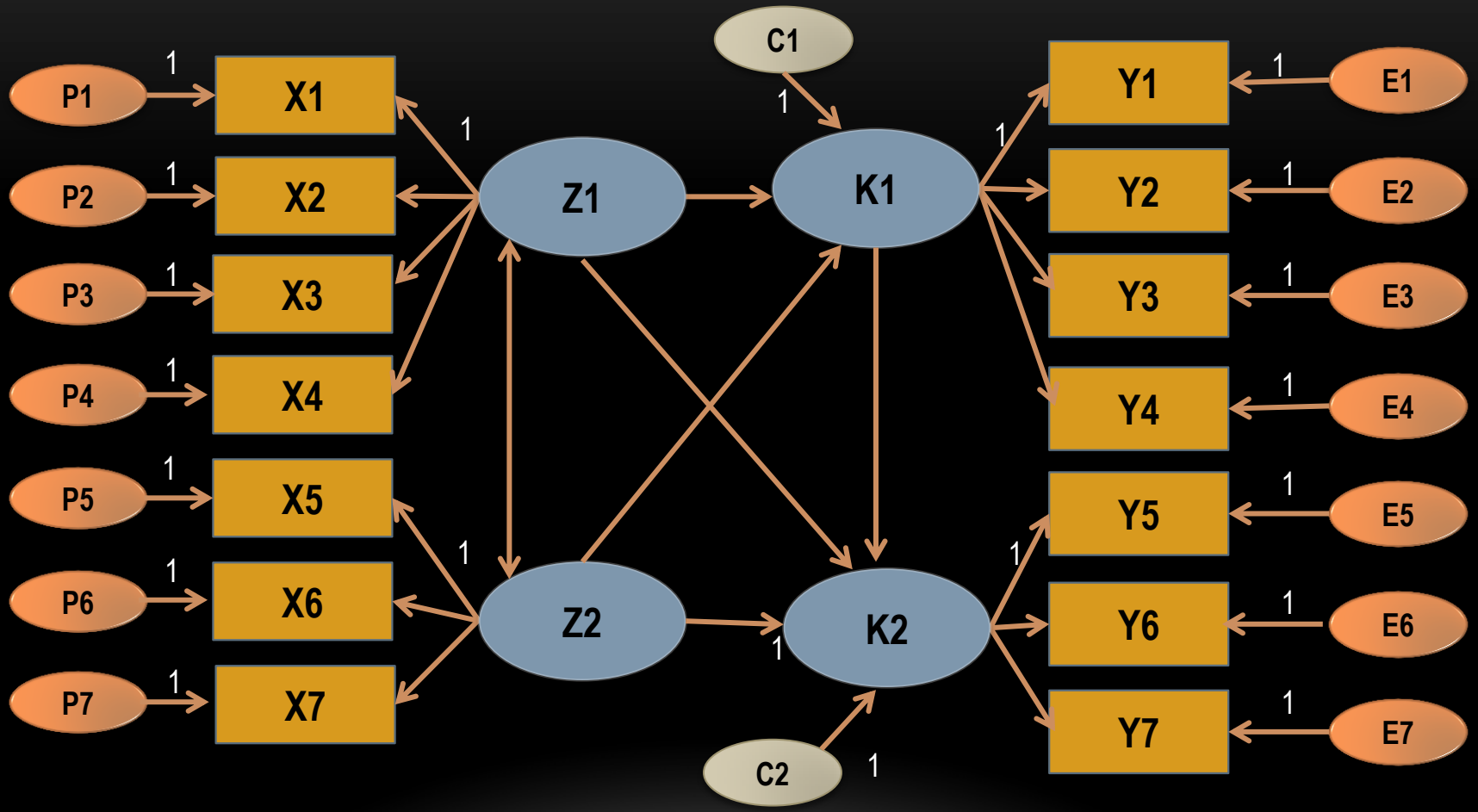
- نرمال بودن چند متغیره توزیع داده ها، بحثی است که بی توجهی به آن توسط پژوهشگر می تواند وی را به نتیجه گیری نادرست هدایت نماید. چنین وضعیتی به این واقعیت برمی گردد که عمومی ترین روش برآورد پارامترها و خطای معیار آن ها یعنی حداکثر درستنمایی بر پیش فرض نرمال بودن چند متغیره استوار است.
- خودگردان سازی به عنوان روشی که مبتنی بر بازنمونه گیری با جایگذاری از یک نمونه مورد مطالعه است، در شرایطی که فرض نرمال بودن چندمتغیره نقض شده است، می تواند در برآورد دقیق تر پارامترها و خطای معیار مرتبط با آن ها یاری رساند.

ثابت کردن یکی از متغیرها

جزئیات بیشتر هنگام کار با AG معمولا شامل تعریف متغیرهای خطا (خطاهای اندازه‌گیری و خطاهای تبیین شده یا ساختاری) و همچنین تعریف متغیرهای مرجع است. تعریف متغیر مرجع به این مسئله برمی‌گردد که متغیرهای پنهان موجود در مدل فاقد ریشه و واحد اندازه‌گیری هستند. برای حل بدون مقیاس بودن متغیرهای پنهان دو راه وجود دارد :

- **استاندارد در نظر گرفتن متغیر پنهان (متغیری با میانگین صفر و انحراف معیار ۱) که برای این منظور لازم است واریانس متغیر پنهان برابر ۱ قرار داده شود.**
- **قرار دادن ریشه و واحد اندازه گیری یکی از متغیرهای مشاهده شده مرتبط با متغیر پنهان به عنوان ریشه و واحد اندازه گیری همان متغیر پنهان. در این حالت به متغیر مشاهده شده اصطلاحا متغیر مرجع یا معرف نشان گذار گفته می شود.**

آنچه در مدل سازی معمول است استفاد از روش دوم می باشد هرچند استفاده از روش اول نیز منجر به نتایج مشابهی در برآورد پارامترها می شود.



مدل نظری با تعریف جزئیات ضروری برای ترسیم در محیط AG با کدگذاری

متغیرهای پنهان موجود در مدل به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند :

- **خطای اندازه گیری در مدل های اندازه گیری و خطاهای تبیین در مدل ساختاری:**

این متغیرها اساسا متغیرهای پنهانی هستند که اندازه گیری نشده اند، مدل را تحت تأثیر قرار می‌دهند ولی در مدل نظری پژوهش حضور نداشته‌اند.

- **متغیرهای پنهان در مدل‌ساختاری:**

که هرکدام با مجموعه‌ای از متغیرهای مشاهده شده اندازه‌گیری خواهند شد.

پارامترهای آزاد و ثابت:

پارامترهای آزاد، پارامترهایی هستند که پژوهشگر با استفاده از داده‌های گردآوری شده و برمبنای مدل تدوین شده خواهان برآورد آنهاست. در مدل‌های مسیر چهار نوع پارامتر آزاد وجود دارد که عبارتند از:

- پارامتر فی (Φ): بیانگر واریانس متغیر بیرونی و کوواریانس میان آن‌ها است.
- پارامتر گاما (γ): بیانگر اثر متغیر بیرونی بر متغیر درونی است.
- پارامتر بتا (β): بیانگر اثر متغیر درونی بر متغیر درونی است.
- پارامتر سای (Ψ): بیانگر واریانس متغیر خطا در مدل ساختاری و کوواریانس میان آن‌ها است.
- پارامترهای ثابت پارامترهایی هستند که به دلایل مختلف روشی و نظری مایل به برآورد آن‌ها نیستیم و آن‌ها را برابر با یک مقدار مشخص (اغلب صفر یا یک) ثابت می‌کنیم.

اصلاح مدل

اگر برآورد انجام شده برای ضرایب تأثیر مختلف (ضرایب گاما و بتا) نشان دهد که اثر شاخص یک متغیر بر شاخص متغیر دیگر در نمونه مورد مطالعه بسیار ضعیف و به لحاظ آماری نیز با صفر تفاوت معنادار ندارد. چنانچه بخواهیم دست به اصلاح مدل بزنیم می‌توانیم پارامتری را از حالت پارامتر آزاد خارج کرده و آن‌ها را به عنوان پارامتر ثابت و برابر صفر تعریف کنیم. به منظور چنین کاری کافی است تا مسیرهای مربوط به پارامتر ذکر شده را از مدل تدوین شده حذف کنیم.

شاخص های برازش و اصلاح مدل

معیارهای علمی قابل قبول برای تایید مدل نظری تدوین شده با استفاده از داده های گرداوری شده، خود بحث اصلی در «شاخص‌های برازش مدل» را تشکیل می‌دهد.

هر چند که در روش‌های آماری سنتی محقق اغلب با یک معیار منفرد برای تصمیم گیری درباره رد یا تایید فرضیه صفر مواجه است، در مدل سازی معادله ساختاری چنین معیار منفردی وجود ندارد و از معیارهای مختلفی برای تصمیم گیری استفاده می شود.

انواع شاخص‌های برازش مدل

بیش از سی شاخص برازش مدل معرفی شده است که اغلب آن‌ها در خروجی Amos گزارش می‌شوند. با وجود تعداد زیاد این شاخص‌ها اغلب نویسندگان در این باره که می‌توان این شاخص‌ها را در سه گروه کلی تقسیم بندی کرد توافق دارند هر چند توافق کمتری درباره میزان مفید بودن هر یک از آن‌ها مشاهده می‌شود.

سه گروه کلی برازش مدل عبارتند از:

شاخص‌های برازش مطلق

شاخص‌هایی هستند که بر مبنای تفاوت واریانس‌ها و کوواریانس مشاهده شده از یک طرف و واریانس و کوواریانس پیش بینی شده بر مبنای پارامترهای مدل تدوین شده از طرف دیگر قرار دارند.

افزودن هر پارامتری به مدل (تا آنجا که برآورد پارامترها به لحاظ محاسباتی امکان پذیر باشد) باعث نزدیک‌تر شدن دو گروه واریانس‌ها و کوواریانس‌های ذکر شده می‌شود، اضافه کردن هر پارامتر به مدل باعث بهبود شاخص‌های برازش مطلق می‌شود تا جایی که اگر محقق حداکثر پارامترهای ممکن را تعریف کند (مدل اشباع شود) محقق به برازش کامل دست خواهد یافت که در اینجا به معنای برابر شدن واریانس‌ها و کوواریانس‌های مشاهده شده و باز تولید شده به وسیله مدل است.

انواع شاخص‌های برازش مطلق

- **کای اسکوئر:** هر چه مقدار آن کوچکتر باشد برازش داده‌ها به مدل بهتر است تا جایی که مقدار صفر برای آن نشانه‌ی برازش کامل است.
- **ریشه دوم میانگین مربعات باقیمانده یا RMR:** برای مقایسه دو مدل متفاوت با داده‌های یکسان استفاده می‌شود. کوچکتر بودن مقدار RMR برای یک مدل در مقایسه با مدل دیگر می‌تواند به عنوان یکی از معیارهای بهتر بودن آن مدل تلقی شود.
- شاخص نکویی برازش GFI:
- شاخص نکویی برازش اصلاح شده AGFI:

دو متغیر آخر تحت تاثیر نمونه آماری هستند و زیاد توصیه نمی شوند.

شاخص‌های برازش تطبیقی

در واقع گامی در جهت تکمیل شاخص‌های برازش مطلق محسوب می‌شود به این ترتیب که با مبنا قرار دادن یک یا چند مدل (که گاه صرفاً معیاری برای مقایسه به دست می‌دهد و گاه واقعاً مدلی جایگزین با رقیب محسوب می‌شود) مدل نظری تدوین شده تحت آزمون را با آن مقایسه و نشان می‌دهد که آیا به لحاظ آماری قابل قبول‌تر تلقی می‌شود، ضعیف‌تر است و یا اینکه تفاوتی با آن ندارد.

انواع شاخص‌های تطبیقی

- شاخص برازش هنجار شده بنتلر- بونت یا NFI
- شاخص برازش نسبی یا RFI
- شاخص برازش افزایشی یا IFI
- شاخص برازش توکر- لویس یا TLI
- شاخص برازش تطبیقی یا CFI

همگی این شاخص‌ها بین صفر تا یک قرار دارند و هر چه مقدار آن‌ها به مقدار یک نزدیک‌تر شود حاکی از قابل قبول‌تر بودن مدل تلقی می‌شود. در حالی که مقادیر بین ۰/۹۰ تا ۰/۹۵ به عنوان قابل قبول بودن مدل تفسیر می‌شود، مقادیر بالاتر از ۰/۹۵به عنوان برازش بسیار خوب داده‌ها به مدل تفسیر می‌شود. و مقادیر پایین‌تر از ۰/۹۰بیانگر نیاز مدل به اصلاح است.

شاخص‌های برازش مقتصد

در واقع با ارائه این شاخص‌ها تلاش شده است تا مهم‌ترین نقطه ضعف شاخص‌های برازش مطلق یعنی بهبود مقدار شاخص‌های برازش با افزایش پارامتر به مدل جبران شود. مبنای اصلی در این گروه از شاخص‌های برازش آن است که به ازای هر پارامتر جدیدی که به مدل اضافه می‌شود این شاخص‌ها جریمه می‌شوند.

انواع شاخص‌های برازش مقتصد

- نسبت مقتصد بودن یا PRATIO
- شاخص برازش هنجارشده مقتصد یا PNFI
- شاخص برازش تطبیقی مقتصد یا PCFI
- شاخص کای اسکوئر بهنجار یا نسبی که با برچسب CMIN/DF گزارش می‌شود: اغلب مقادیر بین ۲ تا ۳ را برای این شاخص قابل قبول می‌دانند با این حال دیدگاه‌ها متفاوت است و برخی مقادیر ۱ تا ۵ را نیز قابل قبول می‌دانند..
- ریشه دوم میانگین مربعات خطای برآورد یا RMSEA: که مهم ترین شاخص مقتصد است و مدل‌های قابل قبول دارای مقدار ۰/۰۵یا کوچکتر برای این شاخص هستند.

شاخص های اصلاح مدل در AMOS

اولین و مهمترین نکته ای که به هنگام اصلاح یک مدل لازم است راهنمای پژوهشگر باشد آن است که توجیه نظری بر توجیه کمی و آماری ارجحیت دارد به نحوی که نمی توان صرفا برمبنای توجیه کمی و آماری دست به چنین اصلاحاتی زد.

تغییر مدل به نحوی که نتوان برای آن توجیهی نظری و یا حتی منطقی ارائه داد، صرفا به این دلیل که شاخص های برازش به نحو قابل توجهی بهبود می یابند به لحاظ علمی قابل قبول نیست. ولی در هر حال شاخص های آماری می توانند مسیر اصلاح مدل را به پژوهشگر نشان دهند.

برای اصلاح یک مدل چه کارهایی می توان انجام داد؟

شاید بتوان مجموعه اصلاحات ممکن را به سه دسته تقسیم نمود :

- یک گروه اصلاحاتی هستند که به متغیرهای حاضر در مدل یا غایب از مدل مربوط می شوند.
- گروه دوم از اصلاحات آنهایی هستند که به داده های ورودی (نمونه مورد مطالعه) مربوط می شوند.
- گروه سوم از اصلاحات، گروهی هستند که به پارامترهای آزاد و ثابت در مدل تدوین شده مربوط می‌شوند.

نکته : یکی از نکات بسیار مهم در اصلاح مدل که لازم است همواره مدنظر داشته باشیم آن است که اصلاح مدل را جزء به جزء به انجام رسانده و پس از هر اصلاح جزئی تغییرات حاصل در مدل را تحلیل کنیم.

ثابت کردن پارامترهای آزاد یا حذف مسیر

در خروجی های متنی Amos برای کلیه پارامترهای برآورد شده، نسبت بحرانی که همان نسبت مقدار برآورد شده برای پارامتر به خطای معیار آن است گزارش می شود. می توان از این نسبت ها و سطح معناداری مرتبط با آن ها مشخص کرد که کدامیک از پارامترهای برآورد شده فاقد تفاوت معنادار با مقدار صفر هستند. اگر پارامتری فاقد تفاوت معنادار باشد($p>0.05$) به این معنا است که به لحاظ اماری می‌توان آن را از مدل تدوین شده حذف کرد. حذف چنین پارامتری به معنای ثابت کردن آن به مقدار صفر است.

آزاد کردن پارامترهای ثابت

شاخص های اصلاح در مجموع نشان می دهند که اگر پارامتری را به مدل بیافزاییم تا چه مقدار برآورد می‌شودکه کای اسکوئر مدل کاهش یابد.

در خروجی AMOS سه جدول مختلف برای کواریانس ها، واریانس ها و ضرایب رگرسیون گزارش می‌شوند.

مراحل اجرایی کار با AMOS GRAPHICS

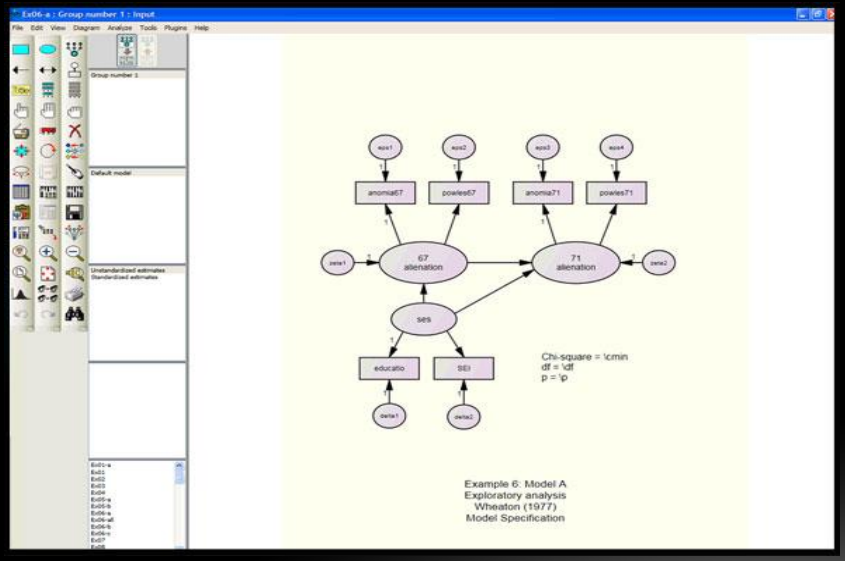
به طور خلاصه چهار مرحله اجرایی زیر را برای کار با **AG** می توان نام برد،

- تهیه فایل داده ها با **SPSS**.
- ترسیم مدل تدوین شده در صفحه میانجی.
- مشخص کردن جزئیات تحلیل شامل موارد مورد نیاز در خروجی و تغییر شیوه برآورد پارامترها (درصورت لزوم)
- انجام تحلیل و برآورد پارامترها.

صفحه اصلی AMOS

این صفحه به چهار قسمت فرعی تقسیم می‌شود:

- فهرست اصلی در نوار بالای صفحه قرار دارد
- جعبه ابزار در سمت چپ که امکان ترسیم و اصلاح مدل را فراهم می‌کند.
- صفحه میانجی در سمت راست که فضای لازم برای ترسیم مدل است.
- قسمت میانی با کادرهای شش‌گانه.



هیچگاه به قدرت واقعی خود پی نخواهید برد مگر اینکه قوی بودن، تنها گزینه باقی برای شما باشد.