مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری (SEM)*: آشنایی با کاربردهای برنامهٔ لیزرل (LISREL) در تحقیقات اجتماعی

دکتر محمود شارع‌پور**

چکیده

به اعتقاد بسیاری از محققان، مدل لیزرل در ترکیب با شیوه‌های اقتصادسنجی و روان‌سنجی توانسته به این انتقاد کلاسیک از تحقیقات اجتماعی مبنی بر ناتوانی این تحقیقات در ایجاد پیوند میان ساخت نظریه و آزمون نظریه، پاسخ قانع‌کننده‌ای ارائه دهد. قدرمسلم، آشنایی محققان علوم اجتماعی با این برنامه و توانمندی‌های آن می‌تواند دیواری را که محققان کمی‌گرا از رگرسیون بنا نهاده‌اند، فروبریزد و مرزهای دانش و روش را یک گام فراتر بَرد.

مقالهٔ حاضر در ابتدا به معرفی مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری و سپس به مقایسهٔ آن با دیگر شیوه‌های چندمتغیره، نظیر رگرسیون و تحلیل عامل می‌پردازد. سپس شیوه‌های گوناگون مدل‌سازی معادلهٔ

---

* Structural Equation Modeling

** عضو هیئت علمی دانشگاه مازندران

ساختاری معرفی می‌شود و از آن میان، تحلیل‌های مبتنی بر برنامهٔ لیزرل مورد تأکید قرار می‌گیرد. موارد کاربرد برنامهٔ لیزرل در برآورد مدل‌های علی گوناگون (نظیر رگرسیون چندمتغیره، تحلیل مسیر با متغیرهای مستقیماً سنجیده‌شده، تحلیل مسیر با متغیرهای پنهان و تحلیل عامل تأییدی) معرفی و سپس مثال‌هایی از هر یک از این موارد مطرح می‌گردد.

پس از تثبیت ضرورت به‌کارگیری برنامهٔ لیزرل، مراحل مختلف استفاده از این برنامه به شرح زیر معرفی گردیده است:

۱ـ بسط مدلی مبتنی بر نظریه،

۲ـ ساخت نمودار مسیر براساس روابط علی،

۳ـ تبدیل نمودار مسیر به مجموعه‌ای از معادلات ساختاری،

۴ـ انتخاب ماتریس داده‌ها و برآورد مدل پیشنهادی،

۵ـ ارزیابی ویژگی‌های مدل،

۶ـ ارزیابی نتایج مربوط به درجهٔ تناسب مدل با داده‌ها، و

۷ـ اعمال تغییرات پیشنهادشده از سوی برنامه، البته در صورت وجود توجیه نظری.

در بخش پایانی مقاله برخی از انواع تحلیل‌هایی که با استفاده از مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری صورت گرفته و دارای کاربرد بیش‌تری نیز هستند، معرفی شده‌اند.

مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری:
آشنایی با کاربردهای برنامهٔ لیزرل در تحقیقات اجتماعی

مقدمه

هدف از مقالهٔ حاضر عبارت است از:

۱ـ فهم نقش روابط علی در تحلیل آماری،

۲ـ نمایش‌دادن مجموعه‌ای از روابط علی در یک نمودار مسیر،

۳ـ تبدیل یک نمودار مسیر به مجموعه‌ای از معادلات برای برآورد (estimation)،

۴ـ فهم نقش و تأثیر ویژگی‌های سنجش یک متغیر بر نتایج تجزیه و تحلیل آماری،

۵ـ تمایزنهادن بین تغییرات قابل‌مشاهده و غیرقابل‌مشاهده و نقش هر یک از آن‌ها در مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری،
۶ـ ارزیابی نتایج تحلیل مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری برای حمایت آن از روابط پیشنهادی و راه‌های احتمالی برای بهبود بخشیدن به نتایج، و
۷ـ به‌کاربستن شیوه‌های مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری در مورد مسائلی نظیر تحلیل عامل تأییدی (confirmatory factor analysis) و تحلیل مسیر (path analysis).

درواقع، یکی از اهداف اصلی شیوه‌های چندمتغیره (multivariate techniques) گسترش توانایی تبیینی محقق و افزایش کارآیی آماری است. رگرسیون چندمتغیره، تحلیل عامل، تحلیل چندمتغیره واریانس و روش‌های نظایر آن، اگرچه ابزار قدرتمندی برای محقق به شمار می‌روند، ولی همگی دارای محدودیت مشترکی هستند: هر یک از این شیوه‌ها می‌توانند در هر بار فقط یک رابطهٔ مجزا را بررسی کنند. ولی در خیلی از موارد، محقق با مجموعه‌ای از پرسش‌های به‌هم‌پیوسته روبه‌روست. مثلاً چه متغیرهایی بر نگرش مردم نسبت به یک فروشگاه تأثیر دارند؟ چگونه این نگرش‌ها با متغیرهای دیگر ترکیب می‌شوند و تصمیم به خرید از فروشگاه و رضایت از فروشگاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند؟ و بالاخره این‌که چگونه رضایت از فروشگاه سبب وفاداری بلندمدت به این فروشگاه می‌شود؟

برای پاسخگویی به تمامی این پرسش‌ها نیاز به بررسی شیوهٔ مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری است که از بسط مجموعه‌ای از شیوه‌های چندمتغیره نظیر رگرسیون چندمتغیره و تحلیل عامل شکل‌گرفته است.

مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری به بررسی مجموعه‌ای از روابط وابستگی به‌طور همزمان می‌پردازد. استفاده از این شیوه، به‌خصوص زمانی مفید است که یک متغیر وابسته در روابط وابستگی بعدی تبدیل به یک متغیر مستقل می‌شود. این مجموعه روابط، اساس مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری را تشکیل می‌دهد.

از مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری در حوزه‌های مختلف علوم از جمله آموزش و

پرورش، بازاریابی، روان‌شناسی، جامعه‌شناسی، مدیریت، سنجش و آزمون، بهداشت، جمعیت‌شناسی، رفتار سازمانی، زیست‌شناسی و حتی ژنتیک استفاده می‌شود.

جذابیت این شیوه در حوزه‌های مختلف علمی دو دلیل دارد:

۱ـ این شیوه در مواجهه با روابط چندگانهٔ همزمان، روش مستقیمی به‌دست می‌دهد که کارآیی آماری نیز دارد؛

۲ـ توانایی این شیوه در ارزیابی روابط به‌طور همه‌جانبه سبب شده که تحقیق از تحلیل اکتشافی (exploratory) به تحلیل تأییدی (confirmatory) انتقال یابد. این انتقال به نوبهٔ خود سبب گردیده تا نگرش منظم‌تر و کلی‌تری از مسائل پدیدار شود.

مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری چیست؟

مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری شامل مجموعه‌ای از مدل‌های شناخته‌شده با نام‌های گوناگون است که از آن میان می‌توان به تحلیل ساختار کوواریانس (covariance structure analysis)، تحلیل متغیر پنهان (latent variable analysis)، تحلیل عامل تأییدی (confiramtory factor analysis)، و اغلب تحلیل لیزرل (لیزرل نام یکی از نرم‌افزارهای رایج و محبوب است) اشاره نمود. این شیوه ناشی از تکامل مدل‌سازی چندمعادله‌ای (multiequation modeling) در اقتصادسنجی است که سپس با اصول سنجش موجود در روان‌شناسی و جامعه‌شناسی پیوند خورده و به منزلهٔ یک ابزار اساسی در تحقیقات دانشگاهی و اجرایی ظاهر گردیده است.

تمامی شیوه‌های مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری دارای دو ویژگی مشترک هستند:

۱ـ برآورد روابط به‌هم‌پیوستهٔ چندگانه، و ۲ـ توانایی ارائهٔ مفاهیم مشاهده‌نشده در این روابط و تبیین خطای سنجش در فرآیند برآورد.

بارزترین تفاوت بین مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری و دیگر شیوه‌های چندمتغیره، استفاده از روابط جدا از هم برای هر یک از متغیرهای وابسته است. به‌عبارت ساده‌تر، مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری به برآورد مجموعه‌ای منفک ولی در عین حال، به هم

وابسته از معادله‌های رگرسیون چندمتغیره می‌پردازد و برای این کار، با استفاده از برنامهٔ آماری، مدل‌ساختاری را تعیین می‌کند. در ابتدا، محقق با استفاده از تئوری، تجربیات قبلی، و اهداف تحقیق، مشخص می‌سازد که کدام متغیر وابسته توسط کدام‌یک از متغیرهای مستقل پیش‌بینی می‌شود. در مثال قبلی، نخست می‌خواستیم نگرش مردم به فروشگاه را پیش‌بینی کنیم. سپس می‌خواستیم از نگرش به فروشگاه استفاده کنیم تا رضایت از فروشگاه را پیش‌بینی نماییم؛ و در نهایت، با استفاده از هر دو متغیر به پیش‌بینی وفاداری به فروشگاه پرداختیم. پس برخی از متغیرهای وابسته در روابط بعدی تبدیل به متغیرهای مستقل می‌شوند. به‌همین جهت، گفته می‌شود که مدل ساختاری دارای ماهیت به‌هم‌وابسته (interdependent) است. به‌علاوه، بسیاری از این متغیرها تأثیر متفاوتی روی هر یک از متغیرهای وابسته خواهند داشت. مدل ساختاری به بیان این‌گونه روابط در میان متغیرهای مستقل و وابسته می‌پردازد، حتی زمانی که یک متغیر وابسته در روابط دیگر تبدیل به یک متغیر مستقل شود.

سپس، روابط پیشنهاد شده به‌صورت مجموعه‌ای از معادلات ساختاری (شبیه به معادلات رگرسیونی) برای هر یک از متغیرهای وابسته نوشته می‌شوند. این‌جاست که گفته می‌شود مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری از تحلیل چندمتغیرهٔ واریانس و همبستگی متعارف (canonoical correlation) متفاوت است، زیرا این شیوه‌ها فقط بررسی یک رابطهٔ مجزا بین متغیرهای مستقل و وابسته را مجاز می‌داند.

وارد کردن متغیرهایی که آن‌ها را مستقیماً نمی‌سنجیم

برآورد روابط وابستگی چندگانه، تنها ویژگی منحصر به فرد مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری نیست. این مدل‌سازی می‌تواند متغیرهای پنهان (latent variables) را نیز وارد تحلیل کند. متغیر پنهان، مفهوم مورد فرضیه‌واقع‌شده و مشاهده‌نشده‌ای است که آن‌را فقط می‌توان به کمک متغیرهای سنجیده شده و قابل مشاهده برآورد تقریبی نمود. به متغیرهای مشاهده‌شده که محقق از طریق روش‌های گوناگون جمع‌آوری اطلاعات، آنان

را از پاسخگویان به‌دست می‌آورد، متغیرهای آشکار (manifest variables) می‌گویند.

بهبود برآورد آماری

هم از دیدگاه نظری و هم از دیدگاه عملی، می‌دانیم که قادر نیستیم یک مفهوم را به‌طور کامل بسنجیم؛ همیشه درجه‌ای از خطای سنجش (measurement error) وجود دارد. مثلاً وقتی از پاسخگویان در مورد درآمد خانوار می‌پرسیم، می‌دانیم که برخی از آن‌ها جواب نادرست خواهند داد، یا به این دلیل که میزان آن‌را دقیقاً نمی‌دانند، یا به دلایل دیگر. به‌هر صورت، جواب ارائه شده دارای خطای سنجش است.

در تمام شیوه‌های چندمتغیره، فرض ما این است که هیچ نوع خطای سنجش در متغیرهای خود نداریم. به‌علاوه، خطای سنجش صرفاً ناشی از پاسخ‌های نادرست نیست، بلکه زمانی که از مفاهیم انتزاعی یا تئوریک بیش‌تری استفاده می‌کنیم، باز شاهد این مسئله هستیم، مانند نگرش مردم نسبت به یک محصول، یا انگیزهٔ افراد برای رفتار خود. با این‌گونه مفاهیم، محقق می‌کوشد تا بهترین پرسش‌ها را برای سنجش مفهوم طراحی کند. پاسخگویان نیز ممکن است تا حدودی دربارهٔ این‌که چگونه جواب دهند دچار شک شوند و پرسش(ها) را به شکلی تفسیر کنند که با هدف محقق تفاوت داشته باشد. به هرحال، در هر دو مورد، خطای سنجش پیش می‌آید.

تعیین خطای سنجش

چگونه خطای سنجش را تعیین و تبیین می‌کنیم؟ مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری، مدل‌سنجشی (measurement model) به‌دست می‌دهد که این مدل، قواعد ارتباط و پیوستگی بین متغیرهای آشکار و پنهان را مشخص می‌کند. به‌عبارت دیگر، مدل سنجش مشخص می‌سازد که چگونه متغیرهای پنهان توسط متغیرهای مشاهده‌شده، سنجیده می‌شوند. مدل سنجش به محقق اجازه می‌دهد تا برای یک مفهوم مستقل یا وابسته، یک یا بیش از یک متغیر را به کار ببرد و سپس پایایی (reliability) را برآورد کند. مثلاً متغیر

وابسته ممکن است مفهومی باشد که توسط مجموعه‌ای از پرسش‌ها (به‌صورت یک مقیاس) سنجیده شده است. در مدل سنجش، محقق می‌تواند سهم هر یک از آیتم‌های این مقیاس را ارزیابی کند و ببیند که این مقیاس، مفهوم موردنظر را چگونه می‌سنجد و برآوردی از روابط بین متغیرهای وابسته از مسائل ارائه دهد. این رویه شبیه به اجرای تحلیل عامل برای آیتم‌های یک مقیاس و سپس استفاده از نمرات عاملی (factor scores) در رگرسیون است. در بخش‌های بعدی، شباهت‌ها را با جزئیات بیش‌تری بحث خواهیم کرد.

نقش تئوری در مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری

همیشه برای تعیین روابط وابستگی و تغییر روابط پیشنهادشده و دیگر ابعاد مربوط به برآورد یک مدل، نیاز به توجیه نظری داریم. منطق تمامی ابعاد مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری، مبتنی بر تئوری است. منظور از تئوری، مجموعهٔ منظمی از روابط است که تبیین سازگار و جامعی از یک پدیده به‌دست دهد. از دیدگاه کاربردی، رهیافت مبتنی بر تئوری در مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری، یک ضرورت است. در طی فرآیندِ هفت‌مرحله‌ایِ زیر می‌بینیم که هر یک از اجزای مدل‌های سنجش و ساختاری باید صریحاً تعریف شوند. به‌علاوه، هر نوع تغییر در مدل باید از طریق محقق صورت گیرد. نیاز به مدل تئوریک برای راهنمایی کردن فرآیند برآورد، زمانی اهمیت فوق‌العاده می‌یابد که بخواهیم تغییراتی در مدل ایجاد کنیم.

به‌جهت انعطاف‌پذیری مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری، امکان تناسب بیش از حد (overfitting) مدل یا به‌دست آوردن مدلی با تعمیم‌پذیری اندک، بسیار زیاد است. پس وقتی بر نیاز به توجیه نظری تأکید می‌شود، هدف این است که محقق دریابد که مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری یک روش تأییدی (confirmatory method) است که بیش‌تر تحت تأثیر تئوری است تا نتایج تجربی.

راهبردهای مختلف مدل‌سازی

در برخی از موارد مدل‌سازی، روابط به دقت تعیین می‌شوند و هدف، تأیید روابط است.

در برخی دیگر از موارد، روابط چندان شناخته‌شده نیست و هدف، کشف روابط است.

انعطاف‌پذیری شیوهٔ مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری، ابزار تحلیلی قدرتمندی که مناسبِ بسیاری از اهداف تحقیقی است، در اختیار محقق می‌نهد. ولی محقق باید این اهداف را در قالب استراتژی مدل‌سازی تعریف کند. در مورد مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری، نتیجهٔ نهایی همیشه ارزیابی مجموعه‌ای از روابط است. در زمینهٔ کاربرد مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری، سه استراتژی متمایز وجود دارد. مستقیم‌ترین کاربرد آن، استراتژی مدل‌سازی تأییدی است. در این حالت، محقق مدلی را تعیین می‌کند و با استفاده از مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری به ارزیابی آن می‌پردازد. اگر مدل پیشنهادی دارای تناسب(fit) قابل‌قبول باشد، محقق فقط تأیید می‌کند که این مدل یکی از چندین مدل قابل‌قبول احتمالی است.

به‌دست آوردن سطح قابل‌قبولی از تناسب برای کل مدل، و برای مدل سنجش و مدل ساختاری، به محقق این اطمینان را نمی‌دهد که او بهترین مدل را یافته است. برای ارزیابی مدل برآورده‌شده با مدل‌های دیگر می‌توان استراتژی مدل‌های رقیب را اجرا کرد؛ یعنی، به‌مقایسهٔ مدل‌های مختلف پرداخت.

استراتژی بسط مدل، با دو استراتژی فوق تفاوت دارد. هدف این استراتژی بهبود بخشیدن به مدل از طریق ایجاد تغییر در مدل سنجش و مدل‌ساختاری است. پس محقق باید از مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری نه تنها برای آزمون تجربی مدل استفاده کند، بلکه به تعیین مجدد (respecification) آن نیز بپردازد. تعیین مجدد مدل باید همیشه دارای حمایت تئوریک باشد، نه توجیه تجربیِ صرف.

مراحل لازم برای مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری

منابع مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری زمانی ظاهر می‌شود که از مدل سنجش و مدل ساختاری به‌طور همزمان استفاده به‌عمل آید، زیرا هر یک از این دو مدل نقش خاصی را در کل تحلیل ایفا می‌کنند. برای حصول اطمینان از این‌که هر دو مدل به‌درستی تعیین

شده‌اند و دارای نتایج معتبر هستند، از یک فرآیند هفت‌مرحله‌ای بحث خواهیم کرد.

مراحل هفت‌گانهٔ مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری عبارتند از:

۱ـ بسط مدلی مبتنی بر تئوری،

۲ـ ساخت یک نمودار مسیر از روابط علی،

۳ـ تبدیل نمودار مسیر به مجموعه‌ای از معادلات ساختاری و معادلات سنجش،

۴ـ انتخاب ماتریس داده‌ها (input) و برآورد مدل پیشنهادی،

۵ـ ارزیابی ویژگی‌های معادلات مدل،

۶ـ ارزیابی نتایج مربوط به درجهٔ خوب بودن تناسب (goodness of fit) و

۷ـ اعمال تغییرات پیشنهادشده در صورت وجود توجیه نظری.

مرحلهٔ اول: بسط مدلی مبتنی بر تئوری

مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری مبتنی بر روابط علی (causal relationships) است که در این روابط، تغییر در یک متغیر منجر به بروز تغییر دیگر می‌شود. روابط علی می‌توانند دارای اَشکال بسیاری باشند: از علیت محکم موجود در فرآیندهای فیزیکی گرفته تا روابط به‌دست‌آمده در تحقیقات رفتاری نظیر علل موفقیت تحصیلی یا دلایل این‌که چرا به خرید یک کالای خاص علاقه‌مند هستیم. این‌که با چه شدت و قوتی می‌توانیم به علیت بین دو متغیر برسیم، بستگی به روش‌های تحلیلی محقق ندارد، بلکه بستگی به توجیه تئوریک لازم دارد. ملاک‌های لازم برای تثبیت علیت عبارتند از:

وجود ارتباط و پیوستگی کافی بین دو متغیر، تقدم زمانی علت بر معلول، نبود متغیرهای علی دیگر و وجود پایه و اساس نظری برای رابطه.

زمانی می‌توان ادعای علی کرد که رابطهٔ بین دو متغیر بر منطق و استدلال تئوریک باشد. پس محقق نباید فکر کند که شیوهٔ مدل‌سازی ساختاری می‌تواند به‌تنهایی و بدون دارا بودن دیدگاه نظری، علیت را ثابت کند. استفاده از این شیوه به‌صورت اکتشافی، در اغلب موارد نامعتبر و حتی گمراه‌کننده است.

برای بسط مدل مبتنی بر تئوری، بزرگ‌ترین خطا همانا حذف یک یا چند متغیر پیش‌بینی‌کنندهٔ کلیدی است. به این مسئله، خطای تعیین (specification error) گویند. نتیجهٔ حذف یک متغیر هم این‌است که اهمیت سایر متغیرها افزایش می‌یابد. مثلاً فرض کنید که دو متغیر a و b هر دو پیش‌بینی کنندهٔ متغیر c هستند. اگر در تحلیل خود، هر دو متغیر a و b را وارد کنیمو آن‌وقت ارزیابی درستی از اهمیت نسبی هر یک خواهیم داشت. ولی اگر در تحلیل خود متغیر b را کنار بگذاریم، آن‌وقت ضریب متغیر a تغییر خواهد کرد.

تمایل به واردکردن تمامی متغیرها نیز باید باتوجه به محدودیت‌های مدل‌ساز معادلهٔ ساختاری صورت پذیرد. اگرچه هیچ محدودیت تئوریکی در مورد تعداد متغیرها در مدل وجود ندارد، ولی نگرانی‌های عملی فراوانی در این زمینه احساس می‌شود. اغلب، تفسیر نتایج به‌خصوص معنی‌داری آماری به موازات افزایش تعداد مفاهیم (به‌خصوص بیش از بیست مفهوم) کاملاً دشوار می‌شود.

مرحلهٔ دوم: ساخت نمودار مسیر از روابط علی

تا این مرحله، روابط علی فقط در قالب معادلات بیان گردید. ولی روش دیگری نیز برای تمایش این روابط وجود دارد که به آن نمودار مسیر (path diagram) گویند که در ارائهٔ مجموعه‌ای از روابط علی بسیار سودمند است. ولی قبل از بحث در مورد نمودار مسیر، باید به معرفی مفهوم سازه (construct) بپردازیم. سازه، مفهومی است مبتنی بر نظریه که در تعریف روابط، نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. سازه می‌تواند مفهوم ساده‌ای مثل سن یا جنس را نشان دهد یا مفهوم پیچیده‌ای مثل پایگاه اقتصادی ـ اجتماعی یا نگرش را. محقق براساس سازه‌ها، نمودار مسیر را تعریف می‌کند و سپس به‌دنبال متغیرهایی برای سنجش هر یک از این سازه‌ها می‌گردد. مثلاً ممکن است از فرد بپرسیم که چندسال دارد و از این پرسش به مثابهٔ سنجه‌ایی برای سازهٔ سن استفاده کنیم. به همین‌سان، ممکن است از فرد، مجموعه‌ای از پرسش‌های مرتبط با افکار و اعمال او را بپرسیم و از این

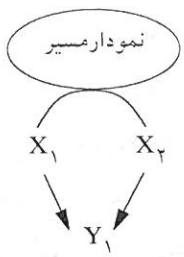
پرسش‌ها به منزلهٔ سنجه‌ایی برای نگرش او استفاده کنیم. در هر دو مثال، برای سازه‌های موردنظر، ارزش‌های عددی به‌دست خواهیم آورد. سپس می‌توانیم میزان خطای سنجش موجود در این پرسش‌ها را ارزیابی و در فرآیند برآورد، وارد کنیم.

برای ساختن یک نمودار مسیر، روابط بین سازه‌ها را با پیکان نشان می‌دهند. یک پیکان مستقیم معرف یک رابطهٔ علی مستقیم از یک سازه به سازهٔ دیگر است. یک خط منحنی بین سازه‌ها فقط نشان‌دهندهٔ وجود همبستگی بین سازه‌هاست. شکل ۱ نمایانگر سه مثال از روابطی است که توسط سه نمودار مسیر نشان داده شده‌اند؛ معادلات مربوط به هر یک از این روابط نیز نوشته شده است. حالت الف در این شکل نشانگر یک مدل سادهٔ دوسازه‌ای است. هم X_1 و هم X_2 سازه‌های پیش‌بینی‌کنندهٔ Y_1 هستند. پیکان منحنی بین x_1 و x_2 نشانهٔ آثار میان‌همبستگی (intercorrelation) (همخطی بودن چندگانه) روی پیش‌بینی است. این رابطه را می‌توان با یک معادله نشان داد.

در حالت ب این شکل، سازهٔ وابسته دیگری را نیز اضافه کردیم که Y_2 باشد. پس علاوه بر معادلهٔ قبلی، معادلهٔ دومی نیز داریم که رابطهٔ بین X_2 و Y_1 با Y_2 را نشان می‌دهد. در این‌جا می‌توان اولین نقش منحصر به فرد مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری را دید، یعنی زمانی که سازه‌های مشترکی برای بیش از یک رابطه به کار می‌روند. ما می‌خواهیم آثار X_1 روی Y_1، و آثار X_2 روی Y_1 را همزمان با آثار X_2 و Y_1 روی Y_2 بدانیم. اگر این آثار با هم و همزمان سنجیده نشوند، نمیتوان به صحت آثار آن‌ها و نقش هر یک از آن‌ها مطمئن بود. به‌عنوان مثال، برای نشان‌دادن آثار X_2 روی Y_1 و Y_2 چنین شیوه‌ای لازم است.

در حالت ج این شکل، روابط حتی به‌هم‌تنیدگی بیش‌تری می‌یابند؛ در این مدل، سه سازهٔ وابسته داریم که هم با خودشان ارتباط دارند، هم با سازه‌های مستقل. برای هر سازهٔ وابسته باید معادلات جداگانه‌ای نوشت. در این‌جا نیاز به روشی داریم که بتواند تمام این معادلات را به‌طور همزمان، برآورد کند و آن روش همانا مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری است.

شکل ۱: معرفی روابط علی از طریق نمودارهای مسیر

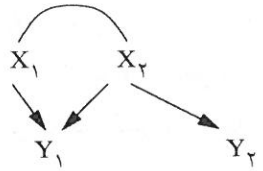


روابط علی

متغیرهای مستقل متغیرهای وابسته

$Y_1 \leftarrow X_1\ X_2$

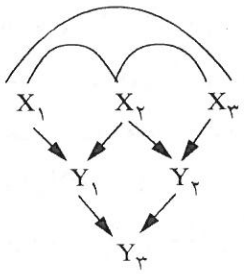
(حالت الف)



$Y_1 \leftarrow X_1\ Y_2$

$Y_2 \leftarrow X_1\ Y_1$

(حالت ب)



$Y_1 \leftarrow X_1\ Y_2$

$Y_1 \leftarrow X_2\ X_3 Y_1$

$Y_3 \leftarrow X_1\ Y_2$

(حالت ج)

در نمودار مسیر، دو فرض اساسی وجود دارد: اول، تمام روابط علی بیان شده‌اند و تئوری، اساس طرح یا حذف هر رابطه‌ای است. باید بتوان توجیه کرد که چرا بین دو سازه، رابطهٔ علی برقرار نکرده‌ایم، همان‌طور که باید بتوان توجیه کرد چرا بین دو سازهٔ دیگر، رابطهٔ علی را قائل شده‌ایم. اما هدف این است که بتوان روابط بین سازه‌ها را با حداقل مسیرهای علی یا همبستگی بین سازه‌ها که از لحاظ نظری قابل‌توجیه نیز باشد، مدل‌سازی کرد.

فرض دوم به ماهیت روابط علی مربوط می‌شود و طبق آن، فرض بر خطی بودن رابطه است. درست همانند دیگر شیوه‌های چندمتغیره، روابط غیرخطی را نمی‌توان مستقیماً با مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری برآورد کرد.

در این قسمت، برخی از اصطلاحات مهم که در تمایز بین سازه‌های مختلف موجود در نمودار مسیر، مهم هستند، معرفی می‌شوند. تمام سازه‌های موجود در یک نمودار مسیر را می‌توان در یکی از دو طبقهٔ سازه‌ها قرار دارد: بیرونی و درونی.

سازه‌های بیرونی که به آن‌ها متغیرهای منبع (source) یا متغیرهای مستقل نیز گویند، معلول هیچ‌یک از متغیرهای موجود در مدل نیستند و نمی‌توان آن‌ها را با این متغیرها پیش‌بینی کرد، یعنی هیچ پیکانی به سوی این سازه‌ها اشاره نمی‌کند. در شکل ۱، X_1، X_2 و X_3 سازه‌های بیرونی هستند. در حالت‌های الف، ب و ج در همین شکل، سازه‌های Y همگی درونی هستند و این بدان معناست که می‌توان آن‌ها را به کمک یکی دیگر از سازه‌های موجود در مدل، پیش‌بینی کرد. سازه‌های درونی می‌توانند پیش‌بینی‌کنندهٔ سازه‌های درونی دیگر نیز باشند (این‌جاست که نیاز به مدل‌های ساختاری مطرح می‌شود) ولی سازهٔ بیرونی فقط می‌تواند با سازه‌های درونی ارتباط علی داشته باشد. تمایز بین سازه‌های درونی و بیرونی فقط و کاملاً توسط محقق صورت می‌گیرد، همان‌طور که مشخص کردن متغیرهای وابسته و مستقل در رگرسیون نیز به عهدهٔ محقق است.

مرحلهٔ سوم: تبدیل نمودار مسیر به مجموعه‌ای از معادلات ساختاری و تعیین مدل سنجش

بعد از ساختن مدل تئوریک و نمایش دادن آن در نمودار مسیر، محقق آماده است تا مدل را از طریق مجموعه‌ای از معادلات، به شکل رسمی‌تری تعریف کند. این معادلات موارد زیر را تعریف می‌کنند:

۱ـ معادلات ساختاری سازه‌های به‌هم‌مرتبط،

۲ـ مدل سنجشی که مشخص می‌کند کدام متغیرها، کدام سازه‌ها را می‌سنجد، و

۳ـ مجموعهٔ ماتریس‌هایی که هر نوع همبستگی فرضی میان متغیرها یا سازه‌ها را نشان می‌دهند.

هدف از این‌کار این است که تعارف عملیاتی سازه‌ها را به تئوری پیوند دهیم تا آزمون تجربی مناسب را بیابیم.

مدل ساختاری

تبدیل یک نمودار مسیر به مجموعه‌ای از معادلات ساختاری، روش کاملاً مستقیم و روشنی است. اول این‌که هر سازهٔ درونی (یعنی هر سازه‌ای که یک یا بیش از یک پیکان به‌سوی آن اشاره رفته است) متغیری وابسته در یک معادلهٔ مجزا محسوب می‌شود. پس، متغیرهای پیش‌بینی‌کنندهٔ این سازه تمام سازه‌هایی هستند که در انتهای پیکان مذکور قرار دارند.

هر متغیر درونی (یعنی Yها) می‌تواند یا توسط متغیرهای بیرونی (یعنی Xها) پیش‌بینی شود یا توسط دیگر متغیرهای درونی. برای هر تأثیر موردفرضیه‌واقع‌شده، یک ضریب ساختاری (bها) را برآورد خواهیم کرد. به‌علاوه، چون می‌دانیم که دارای خطای پیش‌بینی خواهیم بود، درست همانند رگرسیون چندمتغیره برای هر معادله نیز یک میزان خطا وارد می‌شود. این میزان خطا، نشان‌دهندهٔ کل تأثیرات ناشی از خطای تعیین و خطای سنجش تصادفی است. جداکردن این دو منبع خطا از یکدیگر امکان‌پذیر نیست مگر در شرایط بسیار نادر. به‌طور کلی مدل ساختاری، ساختار علی میان سازه‌های نظری غیرقابل مشاهده را مشخص می‌سازد.

مدل سنجش

تا این مرحله بارها از مدل سنجش صحبت کرده‌ایم، ولی اکنون آن‌را به‌دقت تعریف خواهیم کرد. به‌طور کلی در تحقیقات مربوط به علوم اجتماعی و رفتاری با دو مشکل اساسی مواجه هستیم. مشکل اول مربوط به ویژگی‌های سنجش یعنی اعتبار و پایایی ابزارهای سنجش است. مشکل دوم مربوط می‌شود به روابط علی میان متغیرها و قدرت تبیینی آن‌ها.

اکثر نظریات و مدل‌ها در علوم اجتماعی و رفتاری براساس مفاهیم نظری یا سازه‌ها و متغیرهای پنهانی تنظیم می‌شوند و مستقیماً قابل‌مشاهده و سنجش نیستند. هر چند می‌توان از مجموعه‌ای از شاخص‌ها برای معرفی این متغیرها استفاده کرد. هدف مدل سنجش بیان این نکته است که شاخص‌های مشاهده‌شده تا چه اندازه ابزار سنجشی خوبی برای متغیرهای پنهان هستند. مدل‌های سنجش اغلب راه‌هایی برای بهبود سنجش‌های مشاهده‌شده نیز پیشنهاد می‌کنند. بدین‌جهت، زمانی که محقق می‌کوشد تا مفاهیم انتزاعی نظیر نگرش‌ها، احساسات و انگیزش‌های مردم را بسنجد، مدل‌های سنجش نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند. درواقع، اساس تحلیل عامل (factor analysis) بسیار شبیه مدل سنجش است. در تحلیل عامل، هر متغیری بوسیله بار آن (loading) روی هر عامل تبیین می‌شود. در آن‌جا هدف این است که به بهترین شکل ممکن تمام بتوان متغیرها را در تعداد محدودی عامل نشان داد. عوامل به ابعاد زیرین (underlying dimensions) موجود در داده‌ها مربوط می‌شوند که سپس باید این عوامل را تفسیر و نامگذاری کرد. ارزش هر عامل (نمرهٔ عاملی/factor score) از طریق بار آن روی تک‌تک متغیرها محاسبه می‌شود.

در تحلیل عامل، محقق هیچ کنترلی در مورد این موضوع ندارد که کدام‌یک از متغیرها توصیف کنندهٔ کدام عامل هستند؛ ولی در مدل سنجش که حالت تأییدی دارد، این محقق است که تعیین می‌کند کدام‌یک از متغیرها کدام‌یک از عوامل یا سازه‌ها را تعریف می‌کند.

در مدل سنجش، به متغیرهای آشکاری که ما از پاسخگویان جمع‌آوری می‌کنیم، شاخص (indicator) می‌گویند، زیرا از آن‌ها برای سنجیدن یا نشان دادن سازه‌های پنهان (یا عوامل) استفاده می‌شود.

همین‌که مدل سنجش تعیین شد، پژوهشگر باید پایایی شاخص‌ها را به‌دست آورد. به‌دست آوردن پایایی به دو طریق صورت می‌گیرد: الف ـ برآورد تجربی، ب ـ تعیین توسط محقق (که به آن ثابت کردن ارزش (fixing the value) گویند).

در برخی موارد بهتر است که محقق، پایایی را ثابت کند. معمولاً در سه حالت به اثبات پایایی می‌پردازند:

۱ـ استفاده از سنجهٔ تک‌آیتمی،

۲ـ استفاده از مقیاس‌های جاافتادهٔ قبلی با پایایی معلوم، و

۳ـ تحلیل دومرحله‌ایی که اول مدل سنجش و سپس مدل ساختاری را برآورد می‌کند.

همبستگی میان سازه‌ها و شاخص‌ها

علاوه بر مدل‌های ساختاری و سنجش، محقق می‌تواند همبستگی بین سازه‌های بیرونی یا بین سازه‌های درونی را نیز مشخص سازد. در اغلب موارد، سازه‌های بیرونی با یکدیگر همبستگی دارند و در نتیجه، تأثیر مشترکی روی متغیرهای درونی باقی می‌گذارند. ولی همبستگی بین سازه‌های درونی، کاربرد کم‌تری دارد و توصیه نمی‌شود، زیرا صرفاً همبستگی بین معادلات ساختاری را نشان می‌دهد و تفسیر را دچار مشکل می‌سازد.

مرحلهٔ چهارم: انتخاب نوع ماتریس داده (input) و برآورد مدل پیشنهادی

یکی دیگر از تفاوت‌های بین مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری و دیگر شیوه‌های چندمتغیره این است که مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری فقط از ماتریس واریانس/کوواریانس یا ماتریس همبستگی به منزلهٔ اطلاعات داده‌ای استفاده می‌کند. تمرکز مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری روی افراد تنها نیست، بلکه بر الگوی روابط در میان

پاسخگویان تأکید دارد.

پس باید ماتریس همبستگی یا ماتریس واریانس /کوواریانس تمام شاخص‌های مورد استفاده در مدل را به‌منزلهٔ داده به برنامه وارد کرد. مدل سنجش نیز تعیین می‌کند که کدام متغیر با کدام سازه ارتباط دارد. استفاده از ماتریس همبستگی زمانی مناسب است که هدف از تحقیق، فقط فهم الگوی روابط بین سازه‌ها باشد، نه تبیین کلی واریانس یک سازه.

حجم نمونه

تعداد نمونه نقش مهمی در برآورد و تفسیر نتایج مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری ایفا می‌کند. پرسش مهم در این مدل‌سازی این است که نمونه چقدر باید بزرگ باشد؟ نتایج نشان داده که برآورد احتمال حداکثر (maximum liklihood estimation) با نمونهٔ کوچک حتی با ۵۰ نفر نیز نتایج معتبری به‌دست می‌دهد، اگرچه نمونه‌ای به این اندازه کوچک، توصیه نمی‌شود. اغلب گفته می‌شود که حداقل حجم نمونه برای استفاده از برآورد احتمال حداکثر، ۱۰۰ است. وقتی حجم نمونه از ۱۰۰ بالاتر می‌رود، حساسیت این روش برای کشف تفاوت‌های بین داده‌ها افزایش می‌یابد. وقتی حجم نمونه بزرگ می‌شود (بیش‌تر از ۴۰۰ و ۵۰۰) روش بیش از حد حساس می‌شود و تقریباً هر تفاوتی را کشف می‌کند. در نتیجه، سنجه‌های مربوط به خوب بودن تناسب حکایت از تناسب ضعیف می‌کنند. اغلب توصیه می‌شود که حجم نمونه بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ باشد. یک راه دیگر این است که صرف‌نظر از این‌که حجم نمونه چقدر است، همیشه مدل را با تعداد ۲۰۰ نمونه آزمود.

برآورد مدل

همین‌که مدل ساختاری و مدل سنجش تعیین گردیدند و نوع اطلاعات داده‌ای انتخاب شدند، پژوهشگر باید تصمیم گیرد که از کدام برنامهٔ آماری برای برآورد استفاده کند. برنامه‌ای که بیش‌ترین کاربرد را دارد، لیزرل (یا روابط ساختاری خطی /linear

structural relations) است که از این برنامه در انواع تحقیقات (پیمایشی، آزمایشی، مطالعات طولی و...) استفاده می‌شود. لیزرل برنامه‌ای کامپیوتری است که توسط کارل یورسکوگ (Karl Joureskog) و دگ سوربوم (Dag Sorbom) طراحی شده است و به برآورد ضرایب مدل‌های معادلهٔ ساختاری می‌پردازد. این برنامه، برآوردهای احتمالی حداکثر را فراهم می‌سازد. لیزرل در حوزه‌های مختلف علوم تفوذ کرده و تقریباً مترادف مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری شده است. البته، برنامه‌های دیگری نیز وجود دارند که از آن میان می‌توان به EQS، PLS و COSAM اشاره کرد. تمام این برنامه‌ها را می‌توان روی کامپیوترهای شخصی اجرا نمود.

مرحلهٔ پنجم: ارزیابی همانندی مدل ساختاری

در خلال فرآیند برآورد، مهم‌ترین علتی که ممکن است سبب شود تا برنامهٔ کامپیوتری به نتایج غیرمنطقی برسد، مربوط به همانندسازی مدل ساختاری می‌شود. مشکل همانندسازی به زبان ساده عبارت است از ناتوانی مدل پیشنهادی برای به‌دست دادن برآوردهای منحصر به فرد. برخی از نشانه‌های بروز مشکل همانندسازی عبارتند از: وجود خطای استاندارد خیلی بزرگ برای یک یا چند ضریب، برآوردهای غیرمنطقی، وجود ضرایب همبستگی خیلی قوی (۰/۹۰± یا بیش‌تر).

اگر محقق با مشکل همانندسازی مواجه شد، باید به سه علت عمدهٔ آن توجه کند:

۱ـ تعداد بسیار زیاد ضرایب برآورد شده در مقایسه با تعداد ضرایب همبستگی یا کوواریانس (در چنین حالتی درجهٔ آزادی بسیار پایین خواهد بود)،

۲ـ استفاده از تأثیرات دوسویه (وجود پیکان‌های علی دوسویه بین دوسازه)، و

۳ـ عدم‌تثبیت مقیاس یک سازه.

مرحلهٔ ششم: ارزیابی ملاک مربوط به خوبی تناسب

خوبی تناسب را در ابتدا باید برای کل مدل و سپس برای دو مدل سنجش و

ساختاری به‌صورت مجزا ارزیابی نمود. مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری دارای سه فرضیهٔ مشترک با دیگر روش‌های چندمتغیره است: مشاهدات مستقل، نمونه‌گیری تصادفی پاسخگویان، و خطی بودن تمام روابط. به‌علاوه، مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری نسبت به ویژگیهای توزیعی داده‌ها بسیار حساس‌تر است (توزیع نرمال). به محض حصول اطمینان از تحقق این فرضیات، در ابتدا باید نتایج را از لحاظ برآوردهای غیرمنطقی بررسی نمود. چه در مدل ساختاری و چه در مدل سنجش، ضرایب برآورد شده‌ای وجود دارند که از حد قابل‌قبول تجاوز می‌کنند. رایج‌ترین این برآوردهای غیرمنطقی عبارتند از: واریانس خطای منفی، ضرایب استانداردشده‌ایی که از ۱ بیش‌ترند یا خیلی نزدیک به ۱ هستند.

تناسب کلی مدل

همین‌که محقق مطمئن شد که داده‌ها متناسب با پیش‌فرض‌ها هستند و هیچ برآورد غیرمنطقی وجود ندارد، به مرحلهٔ بعدی گام می‌نهد که ارزیابی تناسب کلی مدل با استفاده از یک یا چند مورد از سنجه‌های خوبی تناسب (goodness-of-fit measures) است. خوبی تناسب عبارت است از سنجهٔ تطابق ماتریس داده‌های واقعی یا مشاهده‌شده با داده‌های پیش‌بینی‌شده از طریق مدل پیشنهادی. ابزار دیگر برای ارزیابی تناسب مدل، شاخص‌های اصلاح (modification indices) است.

مرحلهٔ هفتم: تفسیر و تعدیل مدل

همین‌که مدل، مورد قبول قرار گرفت. ممکن است محقق بخواهد تا اصلاحات احتمالی را آزمایش کند تا خوبی تناسب یا تبیین نظری را بهبود بخشد. البته تحقق چنین اصلاحاتی بعد از یافتن توجیه نظری آن ممکن خواهد شد.

محقق چطور می‌تواند مدل خو را بهبود بخشد؟ اولین راه اصلاح، مربوط به بررسی باقی‌ماندهٔ (residual) ماتریس همبستگی پیش‌بینی‌شده است. باقی‌مانده‌های

استانداردشده‌ای که برنامهٔ لیزرل نشان می‌دهد. بیانگر تفاوت بین ماتریس همبستگی مشاهده‌شده و ماتریس همبستگی برآوردشده است. باقی‌مانده‌هایی که بزرگ‌تر از قدرمطلق ۲/۵۸ هستند، از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۵ معنی‌دارند. باقی‌ماندهٔ معنی‌دار، نشان‌دهندهٔ وجود خطای پیش‌بینی مهم شاخص‌هاست. باقی‌ماندهٔ استانداردشده فقط نشان می‌دهد که تفاوتی وجود دارد، ولی کمکی به کاهش آن نمی‌کند. این محقق است که باید با افزودن بر روابط علی یا اصلاح این روابط، راه‌حلی برای این مشکل پیدا کند.

خلاصه این‌که، مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری بیش از دیگر روش‌های چندمتغیره، به محقق انعطاف‌پذیری می‌دهد. ولی همراه با این انعطاف‌پذیری، پتانسیل زیادی برای عدم‌استفادهٔ مناسب از این روش نیز وجود دارد. در به‌کارگیری مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری باید اتکا و تکیهٔ دائمی به بنیان‌های نظری برای مدل پیشنهادی و انجام دادن هرگونه اصلاحی داشت. مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری، اگر درست به کار بسته شود، آزمون تأییدی استواری برای مجموعه‌ای از روابط علی خواهد بود. ولی اگر این روش به شیوهٔ اکتشافی به کار بسته شود، امکان گمراهی محقق زیاد خواهد بود.

موارد کاربرد مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری

با مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری می‌توان انواع روابط علی را بررسی کرد. تحلیلی که بیش‌ترین کاربردها را دارد، تحلیل عامل تأییدی است.

تحلیل عامل تأییدی

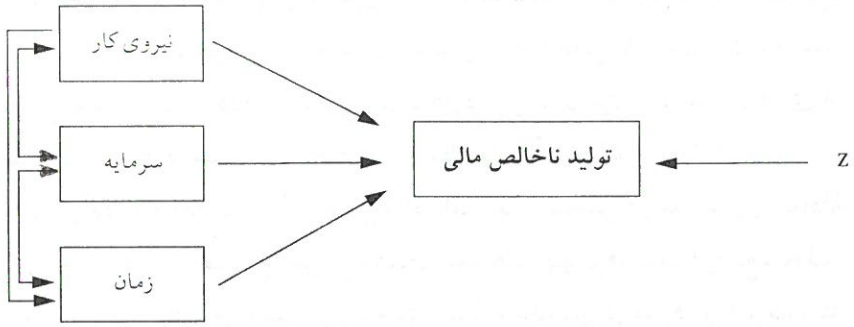
تحلیل عامل تأییدی به‌دنبال اکتشاف الگوی روابط میان تعدادی متغیر است. این الگوها را با عوامل نشان می‌دهند. وقتی متغیرها روی یک عامل دارای بار زیادی (high load) می‌شوند، این متغیرها توصیف کنندگان بُعد زیرین هستند. تنها بعد از بررسی نحوهٔ بار متغیرها روی عوامل است که محقق می‌تواند ویژگی بُعد بنیادی را تعیین کند.

تمایز بین تحلیل اکتشافی و تأییدی بسیار مهم است. در تحلیل اکتشافی، محقق در صدد است تا با جمع‌آوری تجربی به کشف ویژگی‌ها و شناسایی روابط جالب بپردازد، بدون این‌که بخواهد مدل خاصلی را در مورد این داده‌ها تحمیل کند. لذا تحلیل اکتشافی، به نوعی مدل‌سازی یا فرضیه‌سازی ختم می‌شود. ولی در تحلیل تأییدی، فرد با داشتن مدل به توصیف یا تبیین داده‌های تجربی می‌پردازد. این مدل مبتنی بر مجموعه‌ای از اطلاعات ازپیش‌موجود است. لیزرل بیش‌تر در مطالعات تأییدی کاربرد دارد.

شباهت زیادی بین اهداف تحلیل عامل و اهداف مدل سنجش در مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری وجود دارد. به عبارتی، عوامل، همان متغیرهای پنهان هستند. درواقع، تحلیل عامل اساساً شیوه‌ای اکتشافی است، زیرا محقق کنترل محدودی در مورد این امر دارد که کدام متغیرها، شاخص‌های کدام سازهٔ پنهان هستند (یعنی کدام متغیرها روی عوامل مختلف بار می‌شوند). ولی مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری دارای نقش تأییدی است، زیرا تحلیل‌گر برای تعیین شاخص‌های هر سازه دارای کنترل کامل است. به‌علاوه، مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری اجازهٔ اجرای آزمونی برای خوبی بودن تناسب مدل می‌دهد، کاری که با تحلیل عامل نمی‌توان انجام داد. انجام تحلیل عامل تأییدی، به‌خصوص برای اعتبار بخشی به مقیاس‌های مربوط به سنجش سازه‌های خاص، سودمند است. در این بخش از مقاله، با استفاده از تحقیقات پژوهشگران مختلف، مثال‌هایی از کاربرد لیزرل در برآورد مدل‌های علی ارائه گردیده است.

مثال‌هایی از کاربرد لیزرل در برآورد مدل‌های علی

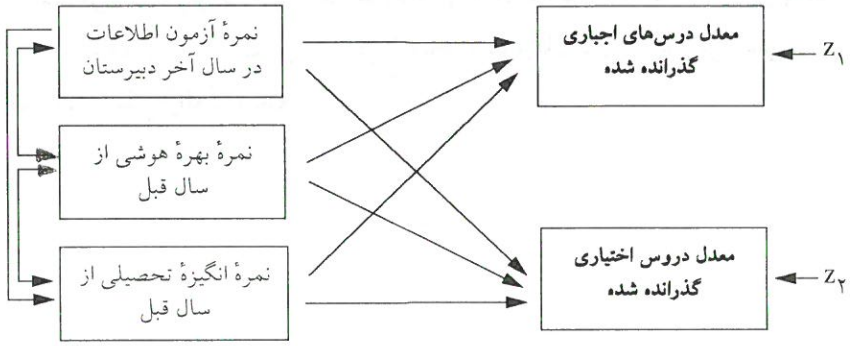
۱ـ برای برآورد معادلهٔ رگرسیونی تک‌متغیره (یک متغیر وابسته و چندمتغیر مستقل)



نمودار مسیر برای رگرسیون تولید ناخالص ملی

منبع: مطالعهٔ گلدبرگر (Goldberger,1964)

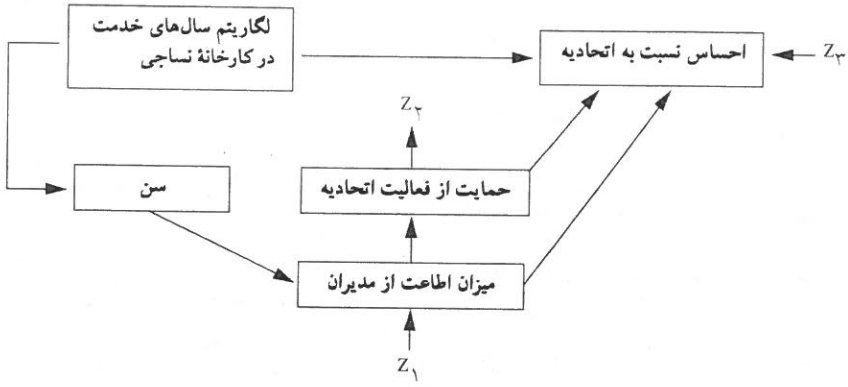
۲ـ برای برآورد معادلهٔ رگرسیونی دومتغیره (دومتغیر وابسته و چندمتغیر مستقل)



نمودار مسیر برای پیش‌بینی معدل درسی دانشجویان

منبع: مطالعهٔ فین (finn,1974)

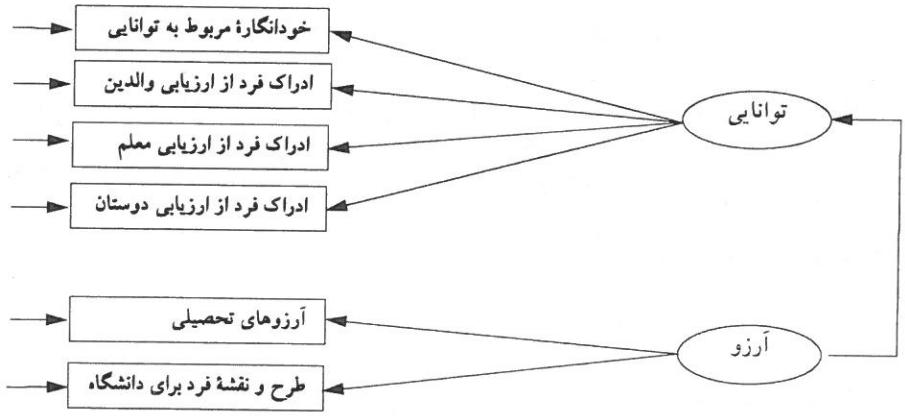
۳ـ برای تحلیل مسیر با متغیرهای مستقیماً مشاهده‌شده



نمودار مسیر مربوط به مدل احساس نسبت به اتحادیه

منبع: مطالعهٔ مک‌دونالد و کله‌لند (McDonald & Clelland,1984)

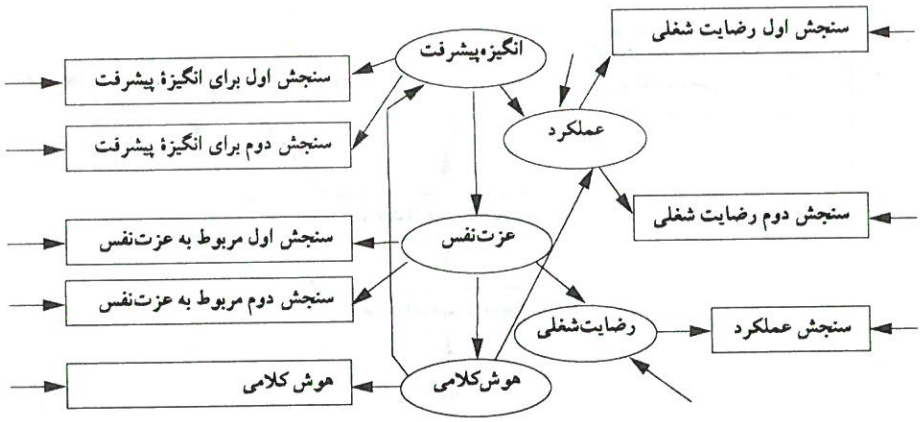
۴ـ برای تحلیل عامل تأییدی



نمودار مسیر مربوط به توانایی و آرزو

منبع: کلسین و کنی (Calsyn & Kenny,1977)

۵ـ برای تحلیل مسیر با متغیرهای پنهان (سیستم recursive) جهت مطالعات طولی

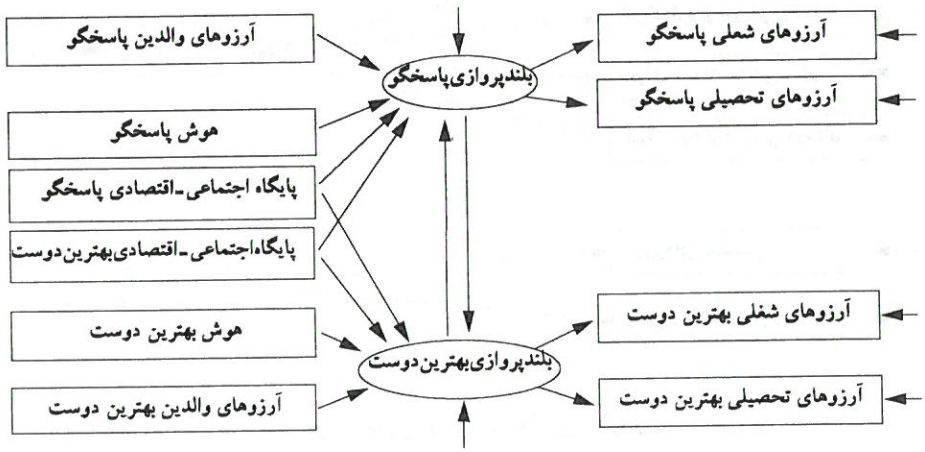


مدل عملکرد و رضایت

منبع: مطالعهٔ بگوزی (Bagozzi,1980)

۶ـ برای تحلیل مسیر با متغیرهای پنهان (سیستم non-recursive)

در این حالت به‌غیر از این‌که مدل non-recursive است، شاهد ویژگی جدیدی هستیم یعنی: تأثیرات مستقیم متغیرهای مشاهده‌شده بر متغیرهای پنهان.



نمودار مسیر برای تأثیر همسالان بر بلندپروازی

منبع: دانکن و همکاران (Duncan, et al, 1968)

مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری شیوه‌ای است که عناصر رگرسیون چندمتغیره و تحلیل عامل را با یکدیگر ترکیب می‌کند. این شیوه نه تنها به محقق امکان می‌دهد تا روابط وابستگی کاملاً پیچیده را ارزیابی کند، بلکه به محقق اجازه می‌دهد تا تأثیرات خطای سنجش روی ضرایب ساختاری را نیز در عین حال وارد معادله کند. فقط باید توجه کرد که از مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری باید فقط در حالت تأییدی استفاده نمود و تحلیل‌های اکتشافی را به دیگر شیوه‌های چندمتغیره واگذار کرد.

بخش عمدهٔ تحقیقات علوم رفتاری و اجتماعی، در مورد روابط بین سازه‌های نظری است که مستقیماً قابل‌مشاهده نیستند (مثل رضایت کارکنان، سبک مدیریت، انگیزش). ولی ناتوانی محققان در سنجش مستقیم این متغیرها، مسائل زیادی پدید آورده است. در مواجهه با این مشکل، اغلب از دو راه‌حل استفاده می‌شود. اول: انتخاب دقیق یک متغیر قابل سنجش برای هر سازهٔ نظری. در این حالت، محقق معتقد است که این متغیر می‌تواند واقعیت‌های مهم آن سازه را نشان دهد. از آن‌جا که در اغلب موارد، این غیرواقع‌بینانه است که انتظار داشته باشیم یک شاخص تنها بتواند سنجهٔ روا و پایایی برای یک سازهٔ پیچیده باشد، لذا استراتژی دوم، ساخت شاخص (index) است که از ترکیب دو یا بیش‌تر از دو متغیر قابل‌مشاهده به‌دست می‌آید.

مشکل هر دو راه‌حل این است که متغیرهای سنجیده‌شده معمولاً حداقل دارای خطای معتدل هستند. همان‌طور که گلدبرگر (Goldberger,1971) خاطرنشان ساخته، وقتی در مدل‌های خطی (نظیر تحلیل واریانس، کوواریانس، رگرسیون و مدل‌های تحلیل مسیر) از چنین سنجه‌هایی استفاده می‌شود، ضرایب به‌دست آمده دارای تورش (bias) خواهند بود و اغلب درجه و جهت این تورش نیز نامعلوم خواهد بود.

مدل‌های آماری نشان می‌دهند که سازه‌های نظری اغلب به‌طور مستقیم قابل‌سنجش نیستند، بلکه باید آن‌ها را از طریق سنجه‌های شاخصِ چندگانه برآورد کرد. در این روش تحلیلی، استفاده از متغیر پنهان، دو نقطهٔ قوت دارد: نقطهٔ قوت فنی و نقطهٔ قوت مفهومی.

از لحاظ فنی، این مدل‌ها به محقق امکان می‌دهند تا هم روابط ساختاری میان سازه‌های غیرقابل‌مشاهده را برآورد کند، و هم ارزیابی کند که این سازه‌ها تا چه حد به‌خوبی سنجیده شده‌اند. از لحاظ مفهومی نیز استفاده از این مدل‌ها، شیوهٔ تفکر جدیدی در مورد ساخت تئوری، مسائل سنجش و تحلیل داده‌ها ارائه می‌کند.

غالباً تحقیقات علوم اجتماعی را چنین انتقاد می‌کنند که نتوانسته‌اند ساخت تئوری را با آزمون تئوری پیوند دهند. استفاده از روش‌های مدل‌سازی معادلهٔ ساختاری به منزلهٔ ترکیبی از شیوه‌های اقتصادسنجی و روان‌سنجی (psychometrics) تلاشی برای پاسخ به این نوع انتقادات است. به‌همین جهت در حوزه‌هایی نظیر جامعه‌شناسی، روان‌شناسی اجتماعی، مدیریت و علوم سیاسی، استفاده از مدل‌های متغیر پنهان با بهره‌گیری از قابلیت‌های فنی برنامهٔ لیزرل، به‌تدریج رو به افزایش است و محبوبیت زیادی کسب نموده است.

منابع

- Anderson, J. C. "Structural Equation Modeling in Practice: A Review and Recommended Two-step Approach", ***Psychological Bulletin.*** 1988, 103:411-423.
- Bagozzi, R. P. "Perfomance and Satisfaction in an Industrial Sales Force: An Exanimation of Their Antecedents and Simultaneity", ***Journal of Marketing.*** 1980, 44:65-77.
- Bentler, P. M. "Comparative Fit Indexes in Structural Models", ***Psychological Bulletin.*** 1990, 107:238-246.
- Bollen, K. A. ***Structural Equation with Latent Variables.*** New York: Wiley, 1989.
- Calsyn, J. R. and D. A. Kenny. "Self-Concept of Ability and Perceived Evaluation of Others:Cause or Effect of Academic Achievement?", ***Journal of Educational Psychology.*** 1977, 69:136-145.
- Duncan, O. D., A. O. Haller and A. Portes. "Peer Influence on Aspiration: A Reinterpretation", ***American Jourral of Sociology,*** 1968. 74:119-137.
- Finn, J. D. ***A General Model for Multivariate Analysis.*** New York: Holt, Reinhart and Winston, 1974.

- Goldberger, A. S. ***Econometric Theory.*** New York:Wiley, 1964.
- Goldberger, A. S. and O. D. Duncan. ***Structural Equation Models in the Social Sciences.*** New York: Seminar Press, 1973.
- Hair, J. F. et al. ***Multivariate Data Analysis.*** New York: Macmillan, 1993.
- Hayduk, L. A. ***Structural Equation Modeling with LISREL: Essentials and Advances.*** Baltimore: John Hopkins University Press, 1987.
- Joreskog, K. G. ***LISREL 8: Structural Equation Modeling with the SIMPLIS Command Language.*** Mooresville Software, 1993.
- McDonald, J. A. and D. A. Clelland. "Textile Workers and Union Sentiment", ***Social Forces.*** 1984, 63:502-521.
- Seltin, N. and J. P. Keeves. "Path Analysis with Latent Variables", In Torsten Husen and T. Neville Postlethwaite (Eds.). ***The International Encyclopedia of Education.*** 2nd edition, Oxford: Pergamon Press, 1994.
- Sorbom, D. and K. G. Joreskog. "The Use of LISREL in Sociological Model Building", In E. Borgatta and D. J. Jackson (Eds.). ***Factor Analysis and Measurement in Sociological Research: A Multidimensional Perspective.*** Beverly Hills: Sage, 1981.
- Tuijnman, A. C. and J. P. Keeves. "Path Analysis and Linear Structural Relations Analysis", In Torsten Husen and T. Neville Postlethwaite (Eds.). ***The International Encyclopedia of Education.*** 2nd edtion, Oxford: Pergamon Press, 1994.