دکتر محمود قاضی‌طباطبایی*

روشهای لیزرل و ساختار آنها

چکیده

در کل، دو مسأله اساسی در استنباط علّی از مسائل علوم اجتماعی و رفتاری وجود دارد که عبارتست از: ۱- اندازه گیری: اندازه گیریهای مشاهده شده واقعاً چه چیزی را اندازه می‌گیرند؟ چگونه و با چه دقتی می‌توان نوع مفاهیمی را که باید اندازه گرفته شوند، مشخص کرد؟ روایی و اعتبار اندازه گیریهای انجام شده را چگونه می‌توان تعیین و بیان کرد؟ ۲- روابط علّی بین متغیرها و قدرت تبیین نسبی آنها: چگونه می‌توان روابط علّی پیچیده را بین متغیرهایی که مستقیماً قابل مشاهده و اندازه گیری نیستند، ولی در معرفهای جائزالخطا و یا خطادار منعکس هستند، استنباط کرد؟ چه گونه می‌توان قدرت رابطه بین متغیرهای نهفته را ارزیابی نمود؟ در پاسخ به چنین پرسشهایی در مورد استنباط علّی «مدلهای

---

* عضو هیات علمی گروه علوم اجتماعی دانشگاه تبریز

لیزرل» در شکل جامعشان از دو قسمت تشکیل می‌شوند: «مدل اندازه گیری» و «مدل تابع ساختاری». مدل اندازه گیری پاسخ پرسش اول، یعنی چگونگی اندازه گیری متغیرهای نهفته توسط متغیرهای مشاهده شده و روایی و اعتبار آنها را مطرح و مشخص می‌کند. مدل تابع ساختاری، پاسخ پرسش دوم، یعنی روابط علّی بین «متغیرهای نهفته» را مشخص می‌کند و تأثیرات علّی و میزان واریانس تبیین شده و تبیین نشده را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. مقاله حاضر به معرفی و تشریح ساختار و منطق لیزرل میپردازد.

مقدمه:

چاپ مقاله‌ی «مدلهای ساختار کواریانس یا مدلهای لیزرل در علوم اجتماعی[1]»، برگزاری کارگاههای آموزشی و کاربرد لیزرل در تحقیقات علوم اجتماعی و رفتاری، در کمیسیون ملی یونسکو، دانشگاه شهید بهشتی و دانشگاه اصفهان و استقبال دانشجویان و دانش‌پژوهان از محتوای این کارگاهها و همچنین چاپ دو کتاب روش تحقیق اخیر[2] که به شکل بسیار جزئی به توضیح و معرفی این روش پرداخته‌اند، نویسنده‌ی مقاله را بر آن داشتند که مطالب مطرح شده در این کارگاهها را به صورت مکتوب در آورد. در مقاله‌ی حاضر سعی شده است حتی‌الامکان، بسیار ساده ساختار و منطق زیربنایی مدلهای لیزرل تشریح و توضیح داده شوند.

* * * * *

۱- مدل سازی تابع ساختاری

مدلهای تابع ساختاری وسیله‌ای برای حل بسیاری از مسائل ماهوی در علوم اجتماعی و رفتاری شناخته شده‌اند. این مدلها در مطالعه‌ی مسائل اقتصادسنجی، سیاستگزاری، تبعیض در برخورداری از مسکن، اشتغال، پیامدهای اعتیاد به موادمخدر، پیشرفت تحصیلی، ارزیابی برنامه‌های اجتماعی، رفتارهای سیاسی، تأثیر عوامل ژنتیکی و فرهنگی بر عملکردهای ذهنی، رفتار مصرف کنندگان وبسیاری مسائل دیگر مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

از لحاظ روش شناسی، این مدلها انواع مختلفی دارند؛ از جمله سیستم معادلات، تحلیل علّی خطی، تحلیل مسیر، مدلهای تابع ساختاری، تحلیل وابستگی و تکنیکهای همبستگی پانلی ضربدری.

یک مدل تابع ساختاری، برای مشخص کردن پدیده‌ی مورد مطالعه در قالب متغیرهای علت معلولی و نشانگرها یا معرفهای آنها استفاده می‌شود. از آنجایی که هر معادله در مدل، نشان دهنده‌ی یک رابطه علّی به جای یک هم بستگی صرف است، پارامترهای ساختاری معمولاً برابر با ضرایب رگرسیونی مشاهده شده بین متغیرها نیستند. پارامترهای ساختاری، در واقع، نشان دهنده‌ی ابعاد و چهره‌های تا حدی غیر درهم، نامتغیر و مستقل ساز و کار درگیر در ایجاد متغیرهای مشاهده شده‌اند.

برای برآورد چنین هدفی، مدلهای تابع ساختاری، نیازمند نوعی ابزارهای آماری‌اند که اساساً بر تحلیل رگرسیون و تحلیل واریانس استوارند، ولی بسیار پیشرفته‌تر از آنها هستند.

«گلدبرگر[3]» (۱۹۷۳) سه موقعیت اساسی را مشخص کرده است که در آنها توابع ساختاری بسیار مهم و حائز اهمیت‌اند و پارامترهای حاصل از

تحلیل رگرسیونی نمی‌توانند اطلاعات مورد نظر را فراهم سازند.

این موقعیتها عبارتنداز:

۱- وقتی که متغیرهای مشاهده شده، حاوی خطای اندازه‌گیری‌اند و روابط جالبی بین متغیرهای واقعی و «بدون تورش»[۴] وجود دارد؛

۲- وقتی که روابط در هم تنیده و جریان علّی هم زمان، بین متغیرهای مشاهده شده وجود دارد؛

۳- وقتی که متغیرهای مهم تبیینی، مشاهده نشده‌اند.

برعکس علوم طبیعی، علوم اجتماعی و رفتاری به ندرت از فرصت آزمایشهای دقیق در شرایط کنترل شده برخوردارند. در این علوم استنباط روابط علّی باید بر اساس مطالعاتی صورت گیرد که در آنها مدلهای علّی و فرضیه‌ها، از نظر آماری، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. حتی در چنین مطالعاتی نیز، روابط علّی را نمی‌توان ثابت کرد؛ بلکه منطقی بودن نسبی آنها را در مقابل سایر چهارچوبهای تبیینی می‌توان مستقر نمود. چنین استنباطات ضعیفی، بیشتر بستگی به مسیر علّی دارد که طرح مطالعه مشخص کرده است.[۵]

بیشتر نظریه‌ها و مدلها در علوم اجتماعی و رفتاری در قالب مفاهیم یا سازنده‌های نظری بیان می‌شود که مستقیماً قابل مشاهده و اندازه‌گیری نیستند. در چنین مواقعی معمولاً از تعدادی معرفها یا نشانگرها برای اندازه‌گیری و مطالعه‌ی این متغیرهای نظری استفاده می‌شود.

در کل، دو مسأله اساسی در استنباط علّی از مسائل علوم اجتماعی و رفتاری وجود دارد که عبارتنداز:

۱- اندازه‌گیری: اندازه‌گیریهای مشاهده شده واقعاً چه چیزی را اندازه می‌گیرند؟ چه گونه و با چه دقتی می‌توان نوع اشیایی را که باید اندازه

گرفته شوند، مشخص کرد؟ روایی و اعتبار اندازه گیریهای انجام شده را چه گونه می‌توان تعیین و بیان کرد؟

۲- روابط علّی بین متغیرها و قدرت تبیین نسبی آنها: چگونه می‌توان روابط علّی پیچیده را بین متغیرهایی که مستقیماً قابل مشاهده و اندازه گیری نیستند، ولی در معرفهای جایزالخطا و یا خطادار منعکس هستند، استنباط کرد؟ چه گونه می‌توان قدرت رابطه را بین متغیرهای نهفته ارزیابی نمود؟

در پاسخ به چنین پرسشهایی در مورد استنباط علّی «مدلهای لیزرل»[۶] در شکل جامعشان از دو قسمت تشکیل می‌شوند: «مدل اندازه گیری»[۷] و «مدل تابع ساختاری»[۸]. مدل اندازه گیری، پاسخ پرسش اول (یعنی چه گونگی اندازه گیری متغیرهای نهفته، توسط متغیرهای مشاهده شده و روایی و اعتبار آنها) را مطرح و مشخص می‌کند. مدل تابع ساختاری، پاسخ پرسش دوم، (یعنی روابط علّی بین «متغیرهای نهفته»[۹]) را مشخص می‌کند و تأثیرات علّی و میزان واریانس تبیین شده و تبیین نشده را مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

مدلهای اندازه گیری، در علوم رفتاری و علوم اجتماعی، در مواردی حایز اهمیت هستند که مفاهیمی نظیر رفتارها، نگرشها، احساسات و انگیزه‌های مردم مورد مطالعه قرار گیرند. بیشتر ابزارهای اندازه گیری چنین مفاهیمی، خطای اندازه گیری بسیار زیادی دارند و مدل اندازه گیری لیزرل قادر است چنین خطاهایی را مد نظر قرار دهد. در روش لیزرل، این ضرایب مجهول در یک مجموعه از معادلات خطی ساختاری برآورد می‌شوند. متغیرهای موجود در دستگاه معادلات، هم ممکن است متغیرهای مشاهده شده باشند و هم ممکن است متغیرهای نهفته‌ای باشند که مستقیماً مشاهده و اندازه گیری نشده‌اند، ولی به

متغیرهای مشاهده شده مربوط هستند. مدل مذکور بر این فرض استوار است که یک ساختار علّی بین مجموعه‌ای از متغیرهای نهفته وجود دارد و متغیرهای مشاهده شده معرفها و نشانگرهای آنها هستند. متغیرهای نهفته، هم می‌توانند به عنوان مجموعه‌ای خطی از متغیرهای مشاهده شده فرض شوند و هم به عنوان متغیرهای میانی در یک زنجیره‌ی علّی مطرح گردند. روش لیزرل، به طور اخص، برای برآورد نیاز مدلهایی طراحی شده است که دارای متغیرهای نهفته، خطای اندازه گیری، روابط علّی متقابل یا دو طرفه، هم زمان و در هم تنیده باشند. افزون بر این، لیزرل شامل طیف وسیعی از مدلهای سودمند برای علوم رفتاری و اجتماعی، نظیر تحلیل عوامل تأییدی، تحلیل مسیر، مدلهای اقتصادسنجی برای مقاطع زمانی، مدلهای یک‌طرفه و دوطرفه برای تحلیلهای مقطعی و متوالی، و مدلهای ساختار کواریانس است.

برای معرفی دقیق‌تر مدلهای تابع ساختاری منابع متعددی قابل استفاده می‌باشند. بعضی از اینها دارای مثالهای متعددی در مورد کاربرد و بحثهای روشمندانه در زمینه‌های روان‌شناسی، جامعه‌شناسی، تعلیم و تربیت و اقتصاد هستند. از جمله‌ی این منابع می‌توان به «دویر»[10] ۱۹۸۳ ، «لانگ»[11] ۱۹۸۳ ، «های دوک»[12] ۱۹۸۷، ۱۹۹۶، «بولن»[13] ۱۹۸۹ ، «بیلی و هاوزر»[16] ۱۹۷۷ ، «ایگنر و گلدبرگر»[17] ۱۹۷۷ اشاره کرد.

اساس مدلهای لیزرل را «جورسکاگ»[18] در سال ۱۹۷۳ معرفی کرد. توضیحات جدید مربوط به مدلهای لیزرل در «کتابهای اخیر جورسکاگ»[19] موجود است. گرچه لیزرل معمولاً برای تحلیل داده‌های حاصل از یک نمونه استفاده می‌شود، می‌توان از آن برای تحلیل داده‌های حاصل از چندین نمونه، به طور هم زمان نیز، استفاده نمود. برای مثال، می‌توان فرضیه‌هایی نظیر برابری

ماتریس کوواریانس‌ها، برابری ماتریس همبستگیها، برابری معادلات رگرسیونی، برابری ساختار عاملی و غیره را در دو یا چند گروه آزمون کرد.

۲- مدل کامل لیزرل[۲۰]

مدل لیزرل، یک مدل صوری ریاضی است که ماهیت آن در هر کاربرد مشخص می‌شود. این بدان علت است که معنای اجزای درگیر، در مدلها و کاربردهای مختلف، متفاوت است. یک مدل صوری لیزرل، شامل مجموعهٔ بزرگی از مدلهاست که بر اساس نیاز می‌توان از آنها استفاده کرد.

یک مدل لیزرل را می‌توان بصورت زیر ارائه نمود؛ مجموعه‌ی تصادفی $\eta=(\eta_1,\eta_2,\eta_3,\ldots\eta_m)$ و $\xi=(\xi_1,\xi_2,\xi_3,\ldots\xi_n)$ از متغیرهای تابع و مستقل و سیستم روابط خطی ساختاری زیر را در نظر بگیرید:

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

که در آن $B(m*m)$ و $\Gamma(m*n)$ ماتریس همبستگی و $\zeta=(\zeta_1,\zeta_2,\zeta_3,\ldots\zeta_m)$ بردار خطاهای تصادفی است. اجزای ماتریس B نشان دهندهٔ تاثیر متغیرهای η روی سایر متغیرهای η و عامل Γ نشان دهنده تأثیر مستقیم متغیرهای ξ روی متغیرهای η است. فرض می‌شود که اجزای ζ با ξ هم‌بستگی ندارند و معکوس ماتریس بتا نامنفرد است. بردارهای η و ξ مشاهده شده نیستند، ولی جای انها بردارهای $Y=(y_1,y_2,y_3\ldots y_p)$ و $X=(x_1,x_2,x_3\ldots x_q)$ مشاهده شده‌اند؛ به گونه‌ای که:

$$Y=\Lambda_y\eta+\varepsilon$$

$$X=\Lambda_x\xi+\delta$$

در معادلات فوق ε و δ بردارهای خطاهای اندازه گیری متغیرهای Y,X هستند. این معادلات، نشان دهنده‌ی رگرسیون Y روی η و X روی ξ می‌باشند.

طور خلاصه، مدل کامل لیزرل توسط سه معادلهٔ:

مدل تابع ساختاری: $\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta$

مدل اندازه گیری برای متغیرهای Y : $Y = \Lambda_y\eta + \varepsilon Y$

مدل اندازه گیری برای متغیرهای X : $X = \Lambda_x\xi + \delta X$

با فرضهای زیر معرفی و تعریف می‌شود:

- ζ با ξ همبستگی ندارد.
- ε با η همبستگی ندارد.
- δ با ξ همبستگی ندارد.
- $I\text{-}B$ یا معکوس ماتریس بتا نامنفرد است.

۳- تعریف واحد اندازه‌گیری برای متغیرهای نهفته

با در نظر گرفتن این که η و ξ متغیرهای نهفته‌اند و هیچ‌کدام واحد اندازه گیری مشخصی ندارند و مبدأ و واحد اندازه گیری آنها اختیاری است، مبدأ و واحد اندازه گیری هر متغیر نهفته باید در مدل تعریف شود. سؤال مربوط به مبدأ با این فرض که هر متغیر دارای میانگین صفر است، تعریف و حل می‌شود. ولی برای این که اجزای Γ را استنباط و تفسیر نمود، باید واحد اندازه گیری متغیرهای نهفته مشخص شود.

ساده‌ترین و مفیدترین راه برای مشخص کردن واحدهای اندازه گیری متغیرهای نهفته، برابر گرفتن آن با عددی غیر از صفر (که معمولاً عدد ۱ است)

در هر سطر و ستون متفاوت Λy و Λx است. این کار، هر متغیر نهفته را در رابطه با یک متغیر مشاهده شده تعریف می‌کند. به بیان دقیق‌تر، واحد اندازه گیری هر متغیر نهفته برابر است با واحد اندازه گیری متغیر مشاهده شده منهای خطای اندازه گیری آن. در عمل، متغیر مشاهده شده‌ای را باید برابر عددی خاص فرض کرد، که به بهترین نحو متغیر نهفته را معرفی می‌کند.

راه حل دیگر برای تعریف واحد اندازه گیری متغیرهای نهفته آن است که فرض شود این متغیرها استاندارد شده‌اند؛ یعنی این متغیرها دارای واریانس برابر یک هستند. این کار به سادگی در مورد متغیرهای ξ قابل اجرا است، ولی اجرای آن برای متغیرهای نهفته η ممکن نیست؛ زیرا چنانکه خواهیم دید ماتریس کواریانس η یک ماتریس پارامترهای آزاد در مدل نیست (این متغیرها در صورت لزوم بعداً قابل استاندارد کردن هستند). باید به خاطر داشت که در مدلهای لیزرل، واحدهای اندازه گیری همیشه باید به گونه‌ای مشخص شوند و رعایت نکردن این نکته باعث می‌شود که مدل شناخته شده نبوده و در نتیجه قابل برآورد نباشد.

۴- پارامترهای آزاد، ثابت و محدود شده:

اگر فرض کنیم $\Psi(m*m)$ ، $\phi(n*n)$ ماتریس‌های کواریانس ξ ، η و $\theta\varepsilon$ ، $\theta\delta$ ماتریس‌های کواریانس ε و δ باشند، با در نظر گرفتن پیش فرض عنوان شده در بالا می‌توان نتیجه گرفت که کواریانس ماتریس $\Sigma[(p+q)*(p+q)]$ از $Z=(y',x')$ عبارت خواهد بود از:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \Lambda_y (I-B)^{-1} (\Gamma\Phi\Gamma' + \Psi)(I-B')\text{-}1\, \Lambda_y + \theta_\varepsilon & \Lambda_y (I-B)\text{-}1\Gamma\Phi\Lambda'x \\ \Lambda_x \Phi\Gamma'(I-B')\text{-}1\Lambda'_y & \Lambda_x \Phi \Lambda_x{}' + \theta_\delta \end{bmatrix}$$

در این ماتریس اجزای Σ تابعی هستند از اجزای Λ_y، Λ_x، B، Γ، Φ، Ψ، $\theta\varepsilon$، $\theta\delta$. در عمل، بعضی از این اجزا ثابت یا برابر ارزش خاصی در نظر گرفته می‌شوند. این امر بخصوص در مورد اجزای ماتریس‌های Λ_y، Λ_x، B و Γ صادق است. گرچه ممکن است که بتوان ارزشهای ثابت در سایر ماتریسها را نیز در نظر گرفت. برای بقیه اجزای غیر ثابت و یا زیر مجموعه‌ای از آنها می‌توان ارزشهای مساوی ولی مجهول در نظر گرفت. بنابراین، اجزای موجود در هر یک از ماتریس‌های Λ_y، Λ_x، B، Γ، Φ، Ψ، $\theta\varepsilon$، $\theta\Delta$ از سه نوع زیراند:

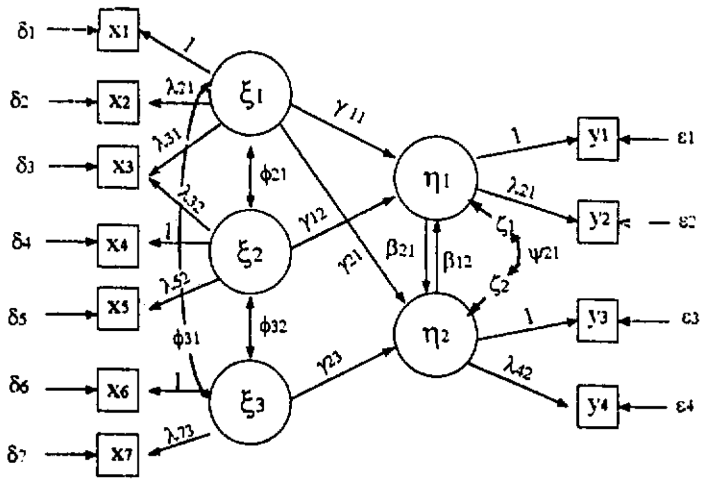
- پارامترهای ثابت، که ارزشهای مشخص و تعیین شده‌ای دارند؛
- پارامترهای محدود شده، که مجهول ولی برابر یک یا چند پارامتر دیگر معرفی شده‌اند؛
- پارامترهای آزاد، که مجهولند و محدود نشده‌اند و باید برآورد شوند.

۵- معادلات و نمودار مسیر:

هم چنان که گفته شد، هر مدل کامل لیزرل دارای دو قسمت است. ۱- مدل اندازه گیری ۲- مدل تابع ساختاری. مدل اندازه‌گیری، رابطه بین متغیرهای نهفته را در قالب متغیرهای مشاهده شده بیان می‌کند و مدل تابع ساختاری، رابطه بین متغیرهای نهفته مستقل، میانی و تابع را در قالب چند معادله رگرسیونی خطی بیان می‌کند. متغیرهای مشاهده شده برای اندازه گیری متغیرهای نهفته مستقل، لامبدا ایکس (λx) نام دارد و متغیرهای نهفته مستقل، کسای (ξ) نامیده می‌شوند. متغیرهای مشاهده شده مورد استفاده برای اندازه گیری «متغیر تابع میانی»[۲۱] و «متغیرهای تابع»[۲۲] لامبدا وای (λy) نام دارند و متغیرهای نهفته آنان اتا (η) نامیده می‌شوند. رابطه بین λy و η در قالب مجموعه

معادلات $Y=\Lambda_y\eta+\varepsilon$ و رابـطه بـین λx و ξ در قـالب مـجموعه مـعادلات $X=\Lambda_x\xi+\delta$ بیان می‌شوند. که در آن ε و δ خطاهای اندازه گیری مربوط به هر یک از متغیرهای مشاهده شده X,Y هستند. از طـرف دیگـر، رابـطه بـین متغیرهای مستقل نهفته ξ و متغیرهای نهفته تابع η در قالب مجموعه معادلات $\eta=B\eta+\Gamma\xi+\zeta$ بیان می‌شوند. که در آن بتا (B) نشان دهنده‌ی تأثیر مستقیم متغیرهای میانی η روی متغیر تابع η و گاما (Γ) نشان دهنده‌ی تأثیر مستقیم متغیرهای نهفته مستقل ξ روی متغیر تابع و تابع میانی است. زتـا (ζ) نشـان دهنده خطاهای معادلات ساختاری است.

در معرفی و بحث لیزرل استفاده از «نمودار مسیر»[۲۳] بسـیار مـفید است. این نمودارها به طور بسیار مؤثری، ایده‌های مفهومی مدل را می‌رسانند و اگر درست رسم شوند، به راحتی می‌توان از آن معادلات جبری مـدل و پـیش فرضهای مربوط به خطای اندازه گیری را استخراج کرد. مدل فرضی ذیل را برای توضیح بیشتر در نظر بگیرید:



نمودار(۱): مدل فرضی لیزرل و نحوه‌ی ارتباط
متغیرهای نهفته و متغیرهای مشاهده شده

برای رسم نمودار مسیر در مدلهای لیزرل موارد ذیل باید به دقت رعایت شود:

- یک پیکان یک طرفه بین دو متغیر، نشان دهنده‌ی وجود تأثیری مستقیم از یک متغیر بر متغیر دیگر است. یک پیکان دو طرفه مایل بین دو متغیر، نشان دهنده‌ی آن است که این متغیرها ممکن است با یک دیگر هم بستگی داشته باشند، ولی هیچ گونه رابطه‌ی مستقیمی بین آنها فرض

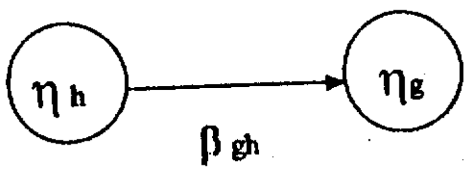
نمی‌شود.

- تفاوتی اساسی بین متغیرهای مستقل نهفته، یعنی ξ و وابسته نهفته، یعنی η وجود دارد؛ بدین معنا که انتظار می‌رود تغییرات و همپراشی‌ها در متغیرهای وابسته توسط متغیرهای مستقل تبیین شوند، در حالی که در مورد متغیرهای مستقل چنین انتظاری وجود ندارد.

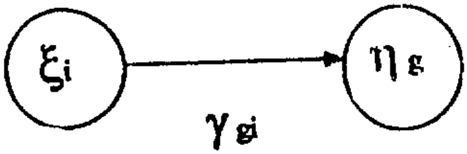
در قالب نمودار مسیر این بدین معناست که:

- هیچ پیکان یک طرفه نمی‌تواند طرف متغیرهای ξ نشانه رود.
- تمامی پیکانهای یک طرفه که به سوی یک متغیر وابسته η می‌آیند، از یک یا چند متغیر مستقل ξ و یا از یک یا چند متغیر تابع میانی دیگر η هستند.
- ضرایب همراه با هر پیکان بدین گونه نامگذاری می‌شوند.

- هر پیکان از متغیر نهفته ξ_i به متغیرهای مشاهده شده X_b، لامبدای ایکس‌بی‌آی (λX_{bi}) نامیده می‌شود.
- هر پیکان از یک متغیر نهفته η_g به متغیر مشاهده شده Y_a، (λy_{ag}) نامیده می‌شود.
- هر پیکان از یک متغیر نهفته تابع میانی η_h به یک متغیر تابع دیگر مانند η_g β_{gh} نامیده می‌شود.



- هر پیکان از یک متغیر نهفته ξ_i به یک متغیر نهفته تابع ξ_g، Y_{gi} نامیده می‌شود.



- هر پیکان مایل از یک ξ_i به یک ξ_j، ϕ_{ij} نامیده می‌شود.
- هر پیکان از یک خطای ساختاری مانند ζ_h به خطای ساختاری دیگر مانند ζ_g با نام Ψ_{gh} نامیده می‌شود.
- یک پیکان از خطای اندازه گیری متغیر X، مانند δ_a به یک خطای اندازه گیری متغیر X، مانند δ_b، $\theta\Delta_{ab}$ نامیده می‌شوند.
- یک پیکان از خطای اندازه گیری متغیر مشاهده شده Y، مانند ε_d به یک پیکان خطای اندازه گیری متغیر Y، مانند ε_c، $\theta\varepsilon_{cd}$ نامیده می‌شود.

چهار نوع آخر، همیشه دو طرفه و ترجیحاً مایل هستند.

در لیزرل هر ضریبی دو اندیس دارد؛ اندیس سمت چپ متغیری است که پیکان به سوی آن می‌آید و اندیس دوم؛ اندیسی است که پیکان از آن کشیده می‌شود. برای مثال، γ_{23} نشان دهنده ضریب پیکانی است که از ξ_3 به طرف η_2 کشیده شده است. در مورد پیکانهای دو طرفه مکان اندیس‌ها ممکن است با همدیگر عوض شوند، بدین معنا که $\phi_{21}=\phi_{12}$

- پیکانهای فاقد ضریب بدین معناست که ضرایب آنها برابر یک فرض شده‌اند.

● تمامی تأثیرات مستقیم یک متغیر به متغیر دیگر باید در نمودار مشخص شوند. بنابراین، نبود یک پیکان بین دو متغیر نشان دهنده‌ی آن است که این دو متغیر مستقیم به یکدیگر مربوط نیستند.

با رعایت موارد فوق، در رسم نمودار همیشه می‌توان با در نظر داشتن نکات ذیل معادلات لازم برای برآورد یک مدل را به سادگی نوشت:

● برای هر متغیری که یک پیکان یک طرفه به سوی آن کشیده شده است، یک معادله وجود دارد که در آن این متغیر در طرف چپ آن قرار دارد.

● طرف راست هر معادله حاصل جمع اجزایی است که برابر با تعداد پیکانهای یک طرفه کشیده شده به طرف آن متغیر بوده و هر جزء حاصل ضرب، ضریب همراه با آن پیکان و متغیری است که پیکان از آن کشیده شده است.

با دنبال کردن نکات فوق، به سادگی می‌توان معادلات مربوط به نمودار مسیر مثال فوق را عنوان کرد. در مدل مربوط به نمودار(۱) هفت متغیر مشاهده شده X وجود دارد که معرفهای سه متغیر نهفته ξ_1, ξ_2, ξ_3 هستند. هم چنان که ملاحظه می‌شود، X_3 متغیر مشاهده شده پیچیده‌ای است که هر دو متغیر ξ_1, ξ_2 را اندازه می‌گیرد. دو متغیر تابع η_1, η_2 وجود دارد که هر کدام با دو متغیر مشاهده‌شدهٔ Y_2، Y_3، Y_1، Y_4 اندازه گیری می‌شوند.

این پنج متغیر نهفته در یک سیستم دستگاهی دو معادله‌ای به یکدیگر مربوط‌اند.

$$\eta_1=\beta_{12}\eta_2+\gamma_{11}\xi_1+\gamma_{12}\xi_2+\zeta_1$$
$$\eta_2=\beta_{21}\eta_1+\gamma_{21}\xi_1+\gamma_{23}\xi_3+\zeta_2$$

یا در فرم ماتریسی آن:

$$\begin{bmatrix}\eta_1\\ \eta_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0 & \beta_{12}\\ \beta_{21} & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\eta_1\\ \eta_2\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\lambda_{11} & \lambda_{12} & 0\\ \lambda_{21} & 0 & \lambda_{23}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\xi_1\\ \xi_2\\ \xi_3\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\xi_1\\ \xi_2\end{bmatrix}$$

دستگاه فوق قسمت ساختاری مدل را تشکیل می‌دهد.

معادلات مدل اندازه گیری برای متغیرهای مشاهده شده Y عبارتند از:

$$y_1=\eta_1+\varepsilon_1$$

$$y_2=\lambda y_{21}\eta_1+\varepsilon_2$$

$$y_3=\eta_2+\varepsilon_3$$

$$y_4=\lambda_{y32}\eta_2+\varepsilon_4$$

یا در فرم ماتریسی آن:

$$\begin{bmatrix}y_1\\ y_2\\ y_3\\ y_4\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1 & 0\\ \lambda_{y\,21} & 0\\ 0 & 1\\ 0 & \lambda_{y42}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\eta_1\\ \eta_2\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\xi_1\\ \xi_2\\ \xi_3\\ \xi_4\end{bmatrix}$$

و معادلات مدل اندازه‌گیری برای متغیرهای مشاهده شده X عبارتند از:

$$x_1=\xi_1+\delta_1$$
$$x_2=\lambda_{x21}\xi_1+\delta_2$$
$$x_3=\lambda_{x31}\xi_1+\lambda_{x32}\xi_2+\delta_3$$
$$x_4=\xi_2+\delta_4$$
$$x_5=\lambda_{52}\xi_2+\delta_5$$
$$x_6=\xi_3+\delta_6$$
$$x_7=\lambda_{x73}\xi_3+\delta_7$$

یا در فرم ماتریسی آن:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \lambda_{x21} & 0 & 0 \\ \lambda_{x31} & \lambda_{x32} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & \lambda_{x52} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \lambda_{x73} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \\ \delta_7 \end{bmatrix}$$

دستگاههای فوق قسمت اندازه‌گیری مدل را تشکیل می‌دهند.

هم چنان که ملاحظه می‌شود در هر یک از ستونهای مربوط به λ_x و λ_y یک ضریب λ برابر یک فرض شده است تا معیار اندازه‌گیری متغیر نهفته مربوط به آن بر اساس آن معین شود. گفتنی است که اندیس دوم هر ضریب همیشه برابر اندیس متغیری است که در پی آن ضریب می‌آید. از این نکته

می‌توان به عنوان آزمون درست یا نادرست بودن طراحی مدل استفاده کرد. افزون بر آن، در ماتریسهای Λx B, Γ, Λy, اندیسهای هر ضریب با ستون و سط ماتریسی که آنها در آن قرار دارند، کاملاً یکی است. هم چنین، پیکانهایی که در نمودار مسیر ترسیم نشده‌اند، در ماتریسهای مربوط، به جای آنها صفر گذاشته شده است.

به عبارت دیگر هر یک از ماتریسهای فوق، شامل اجزای ثابت (یعنی صفر و یک) و اجزای آزاد هستند.

چهار ماتریس باقیمانده ماتریسهای متقارن هستند. ماتریس فای:

$$\Phi = \begin{bmatrix} \Phi_{11} & & \\ \Phi_{21} & \Phi_{22} & \\ \Phi_{31} & \Phi_{32} & \Phi_{33} \end{bmatrix}$$

که ماتریس کواریانس متغیرهای مستقل نهفته یا ξ است. ماتریس سای:

$$\Psi = \begin{bmatrix} \Psi_{11} & \\ \Psi_{21} & \Psi_{22} \end{bmatrix}$$

که ماتریس کواریانس متغیرهای مستقل نهفته η است. ماتریس تتا اپسیلن:

$$\theta_\varepsilon = diag(\theta_{\varepsilon 11}, \theta_{\varepsilon 22}, \theta_{\xi 33}, \theta_{\varepsilon 44})$$

که ماتریس کواریانس خطای اندازه‌گیری متغیرهای مشاهده شده Y است. و ماتریس تتا دلتا:

$$\theta_{\Delta} = diag(\theta\delta_{11}, \theta\delta_{22}, \theta\delta_{33}, \theta ... \theta\delta_{77})$$

که ماتریس خطاهای اندازه گیری متغیرهای مشاهده شده Xاست.

هم چنان که گفته شد، مدل عمومی لیزرل، شامل چهار نوع متغیر، به علاوه‌ی سه نوع خطا است؛ در برنامه لیزرل علامتهای اختصاری برای هر یک از متغیرهای X، متغیرهای Y، متغیرهای η و متغیرهای ξ به شرح زیر است:

جدول(۱): علامت‌های اختصاری در لیزرل

علامت لیزرل	علامت ریاضی	
NY	p	تعداد متغیرهای Y
NX	q	تعداد متغیرهای X
NE	m	تعداد متغیرهای η
NK	n	تعداد متغیرهای ξ

مدل عمومی لیزرل، یک مدل صوری ریاضی است که شامل بی‌نهایت مدل خاص موردی است؛ یک مدل خاص وقتی حاصل می‌شود که در آن یکی از NE, NX, NY و یا NK مشخص نشده باشد. به عبارت دیگر، اگر یکی از چهار نوع متغیر فوق در مدل وجود نداشته باشد، یک «مدل خاص یا زیر مدل»[۲۴] حاصل می‌شود.

بنابراین، مدل خاص یا یک زیر مدل، تنها برخی از هشت ماتریس مذکور را خواهد داشت. نرم‌افزار لیزرل به صورت «پیش فرض»[۲۵] رایج‌ترین این زیر مدلها را فعال کرده است؛ جدول(۲) زیر مدلهای پیش فرض را به همراه مدل ریاضی آنها نشان می‌دهد.

جدول(۲): زیر مدلهای پیش فرض در نرم‌افزار لیزرل

مدل ریاضی	متغیرهای مشخص شده	مدل خاص
$X=\Lambda_x\xi+\delta$	NX,NK	نوع ۱
$Y=B_y+\Gamma_x+\xi$	NY,N	نوع ۲
$Y=\Lambda_y(I\text{-}B)^{-1}(\Gamma\xi+\varepsilon)+\varepsilon$	NY,NK,NE	نوع ۳
$Y=\Lambda_y(I\text{-}B)^{-1}\xi+\varepsilon$	NY,NE	نوع ۴

● مدل خاص نوع اول: وقتی تنها NX، یعنی تعداد متغیرهای مشاهده شده از نوع X، NK یعنی تعداد متغیرهای نهفته از نوع ξ NX,NK نوع ۱مشخص شده باشد، برنامه مدل عمومی زیر را به صورت پیش فرض در نظر می‌گیرد:

$$X=\Lambda_x\xi+\delta$$

مدل فوق، در واقع، یک مدل اندازه‌گیری یا تحلیل عاملی برای متغیرهای Xاست. در این مدل تابع ساختاری وجود ندارد.در چنین حالتی فقط ماتریس پارامترها شامل λ_x ϕ θ_Δ خواهد بود.

● مدل خاص نوع دوم: در این نوع مدل فقط متغیرهای نوع x,yوجود دارند. وقتی NX,NY مشخص شده و سایر متغیرها عنوان نشده‌اند. لیزرل مدل زیر را به صورت پیش فرض در نظر می‌گیرد و پارامترهای مربوط به آن را برآورد می‌کند.

$$Y=B_y+\Gamma_x+\zeta$$

این مدل، در واقع، یک مدل تحلیل مسیر است. در چنین حالتی اگر $B=0$ فرض یا اعلام گردد، مدل به یک معادله رگریسون چند متغیره و انواع

مختلف آن تبدیل می‌شود. در مدلهای نوع دوم $\theta_{\varepsilon}=0$، $\Lambda_x=I$، $\Lambda_y=I$، $NK=NX$, $NE=NY$ به صورت «پیش فرض» در نظر گرفته می‌شوند و تنها ماتریسهای درگیر در آن عبارتند از ψ، Γ، B

● مدل خاص نوع سوم: این زیر مدل فقط شامل متغیرهای Y، η و ξ است. وقتی فقط NK,NE,NY مشخص می‌شوند، برنامه به صورت پیش فرض مدل زیر را در نظر می‌گیرد:

$$\eta=B\eta+\Gamma\xi+\zeta$$
$$y=\Lambda_y\eta+\varepsilon$$

در چنین مدلی وقتی $B=0$ می‌شود، مدل به $y=\Lambda_y(\Gamma\xi+\zeta)+\varepsilon$ تبدیل می‌شود که یک تحلیل عاملی درجه دوم با متغیرهای Y است، که در آن بارهای عاملی درجه‌ی اول توسط λ_y و بارهای عاملی درجه‌ی دوم توسط ضرایب Γ مشخص می‌شوند. مدل نوع سوم، ماتریس‌های λ_y ،Γ ،Φ ،ψ ،θ_{ε} را شامل می‌شود.

● مدل خاص نوع چهارم: در زیر مدل خاص نوع چهارم فقط متغیرهای نوع Y و η وجود دارند. وقتی فقط NE,NY مشخص می‌شوند، برنامه مدل زیر را به صورت پیش فرض در نظر می‌گیرد:

$$y=\Lambda_y\eta+\varepsilon$$
$$\eta=B+\zeta$$

این مدل نوع خاصی از مدل سوم است و پارامترهای θ_{ε}، ψ، B، Λ_y را شامل می‌شود.

هم چنان که پیش از این هم گفتیم، یک مدل کامل لیزرل، دارای هشت پارامتر متفاوت است که با توجه به مشخصات مدل، بعضی از آنها ثابت،

بعضی برابر با ارزش دیگر و بعضی مجهول می‌باشند.

جدول(۳)، حالتهای پیش فرض و انواع فرمهای ممکن برای هر یک از ماتریسهای هشت‌گانه را نشان می‌دهد:

جدول (۳): حالتهای پیش فرض و فرمهای ممکن برای هر یک از هشت پارامتر

نام ماتریس	نماد ریاضی	نام لیزرل	ترتیب	فرمهای ممکن	فرم Default	حالت Default
Lambda-y	Λy	LY	NY×NE	ID,IZ,ZI,DI,FU	FU	FI
Lambda-x	Λx	LX	NX×NK	ID,IZ,ZI,DI,Fu	FU	FI
Beta	B	BE	NE×NE	ZE,SD,FU	ZE	FI
Gamma	Γ	GA	NE×NK	ID,IZ,ZI,DI,FU	FU	FR
Phi	ϕ	PH	NK×NK	ID,DI,SY,ST	SY	FR
Psi	ψ	PS	NE×NE	ZE,DI,SY	SY	FR
Theta-Epsilon	$\theta\varepsilon$	TE	NY×NY	ZE,DI,SY	DI	FR
Theta-Delta	$\theta\delta$	TD	NX×NX	ZE,DI,SY	DI	FR

معنای فرمهای ممکن عبارت است از:

- *ZI = (Zero Martix)* ماتریس صفر
- *ID = I(Identity Martix)* ماتریس شناسایی

ماتریس مطبق شناسایی و صفر

- *IZ = (I O)* یا $\begin{bmatrix} I \\ 0 \end{bmatrix}$ *(Partitioned and identity)*

ماتریس مطبق صفر و شناسایی

- *ZI = (O I)* یا $\begin{bmatrix} O \\ I \end{bmatrix}$ *(Partitioned and identity)*

ماتریس قطری
● DI = (A diagonal mattix)

یک ماتریس مربع کامل با مقادیر صفر در بالای قطر
● SD = Full square matrix with zeros on above diagonal

یک ماتریس متقارن غیر قطبی
● SY = A symertric matrix which is not diagonal

یک ماتریس متقارن با مقادیر ثابت یک در قطر آن
● ST = A symertric matrix with fixed ones in the diagonal

یک ماتریس مستطیلی غیر متقارن
● FU = A rectangular or square non-symertric matric

۶- نوع داده‌های ورودی

در هر مدل لیزرل، با آزاد کردن هر یک از پارامترهای فوق می‌توان به برآورد آنها پرداخت و یا، با محدود کردنشان، از برآورد شدن اتوماتیک آنها توسط مدل جلوگیری نمود. نرم‌افزار لیزرل می‌تواند انواع مختلف داده‌ها را به عنوان داده‌های ورودی بپذیرد. هر تعداد مثلاً K، داده ورودی توسط برنامه قابل خواندن است. از این داده‌های ورودی، p متغیر yو qمتغیر xمشخص و به برنامه ابلاغ می‌شود. برنامه می‌تواند:

● داده‌های خام را بخواند؛(یک ماتریس Z)
● یک ماتریس M یا یک Moment Matrix

- یک ماتریس S یا یک *Covariance Matrix*
- یک ماتریس R یا یک *Correlation Matrix*
- یک ماتریس همبستگی از انواع *Polyserial, Biserial, Polychoric, tetrachoric* این ماتریسهای هم بستگی را می‌توان با کمک پردازشگر «پری‌لیز»[۲۶] آماده ساخت. سپس از آنها به عنوان داده‌های ورودی لیزرل استفاده کرد.

کمک پردازشگر «پری‌لیز» که به همراه نرم‌افزار «لیزرل» و به عنوان یک زیر برنامهٔ مستقل در برنامه *SPSS* موجود است، امکانات زیر را در تحلیل مدلهای لیزرل فراهم می‌آورد:

- «پری‌لیز» داده‌های خام را در هر فرم عددی می‌خواند و آن را به فرم ماتریس مورد نظر تبدیل می‌کند.
- در «پری‌لیز» سطح اندازه گیری هر متغیر را می‌توان در نظر گرفت و ماتریس مناسب آن را جهت تحلیل در لیزرل آماده کرد.
- «پری‌لیز» امکان تعریف داده‌های کم‌شده و محاسبه‌ی ماتریسها بر اساس حذف جفتی و حذف فهرستی را ممکن می‌سازد.
- پری‌لیز همچنین امکان انجام عملیات ریاضی روی داده‌ها را فراهم می‌آورد.

۷- روشهای برآورد مدل

واژه‌ی ماتریس کواریانس در لیزرل به صورت عمومی آن به کار برده می‌شود که می‌تواند شامل انواع ماتریسهای مطرح شده باشد. نرم‌افزار لیزرل با هفت روش متفاوت می‌تواند پارامترهای مدل را برآورد کند.

این روشها عبارتند از:

- روش ارزشهای ابزاری *(IV) Instrumental Values*
- روش حداقل مربعات دو مرحله‌ای

(TSLS) Two Stage Least Square

- روش حداقل مربعات غیر وزنی *(ULS) Unweighted Least Square*
- روش حداقل مربعات تعمیم یافته

(GLS) Generalized Least Square

- روش حداکثر درست نمایی *(ML) Maximum Likihood*
- روش حداقل مربعات تعمیم یافته وزنی

(WLS) Weighted Generalized Least Square

- روش حداقل مربعات وزنی مایل

(DWLS) Diagonally Weighted Least Square

در شرایط کلی همه این هفت روش، برآوردهای مشابهی از پارامترهای مورد نظر به دست می‌دهند. این بدین معناست که همه آنها پارامترهای واقعی جامعه را به صورت ناتور برآورد می‌کنند. *IV,TSLS* روشهای غیر چرخشی یا *Non-Iterative* هستند و بسیار سریع عمل می‌کنند. روشهای *DWLS, GLS, ML, WLS* روشهای چرخشی‌اند و در هر چرخش سعی در بهبود برآورد انجام شده از پارامترهای واقعی جامعه دارند.

۸- انتخاب نوع ماتریس مناسب برای تجزیه و تحلیل در یک مدل لیزرل

وقتی یک یا چند متغیر مشاهده شده‌ی یک مدل لیزرل در سطح رتبه‌ای اندازه گیری شده باشند، معرفی نوع ماتریس مناسب برای تجزیه و تحلیل، به عنوان یک داده‌ی ورودی، بسیار حایز اهمیت است؛ چرا که متغیرهای رتبه‌ای، مبدا واحد اندازه گیری ندارند و تنها ماتریس معنی‌داری که می‌توان در چنین مواردی از آن استفاده کرد، ماتریس هم بستگی‌هاست. هم چنان که گفته شد، کمک پردازشگر «پری‌لیز» چهار نوع ماتریس همبستگی تولید می‌کند که می‌توانند به عنوان داده ورودی برای مدلهای لیزرل مورد استفاده قرار گیرند.

- *Correlation(continuos)*: یک ماتریس پیرسون بر اساس نمرات خام، یعنی ۱، ۲، ۳،... اندازه‌های رتبه‌ای. این نمرات و رتبه‌ها به عنوان نمرات یک اندازه گیری فاصله‌ای نگریسته شده و یک ماتریس همبستگی بر این اساس آماده پردازش در لیزرل می‌گردد.
- *Correlation(ordinal)* : در چنین حالتی، ماتریس هم بستگی پیرسون مطرح شده در فرم اول، جایگزین نمرات نرمالی که از توزیعهای نهایی حاصل شده‌اند، می‌شود.
- *optimal*: در چنین حالتی یک ماتریس هم بستگی پیرسون مطرح شده در فرم اول، جای گزین نمرات بهینه‌ای که برای هر جفت محاسبه می‌گردد، می‌شود.
- *polychor*: یک ماتریس هم بستگی از نوع *Polychoric Polyc.*

سه نوع اول این همبستگیها مشابه سیستم محاسبه نمره‌ی طیف برای هر یک از طبقات اندازه گیری رتبه‌ای است و محاسبه‌ی هم بستگی بین هر یک از نمرات نیز به منظور ساختن ماتریس مورد نظر است. برای مثال، نوع *optimal* نمراتی را برای طبقات انتخاب می‌کند که حداکثر هم بستگی را به دست می‌دهد. هم بستگی، *Polychoric* از طرف دیگر یک ضریب هم بستگی بر اساس دو سری نمره‌ی طیف نیست، بلکه برآوردی از هم بستگی اجزای یک توزیع نهفته‌ی دو متغیره‌ی نرمال به عنوان انعکاسی از دو متغیر مشاهده شده‌ی رتبه‌ای است.

«جورسکاگ و سوبوم» (۱۹۸۸) دو مطالعه‌ی آزمایشی مونت کارلو[۲۷] را که برای تعیین بهترین ماتریس از چهار ماتریس مذکور است، گزارش کرده‌اند. اولین مطالعه فقط شامل متغیرهای رتبه‌ای بود، ولی مطالعه دوم هم متغیرهای رتبه‌ای و هم متغیرهای فاصله‌ای را شامل می‌شد. علاوه بر چهار نوع هم بستگی مطرح شده، این مطالعه شامل دو نوع همبستگی، یعنی r اسپیرمن و τb «کندال» نیز بود.

نتایج عمومی گرفته شده از آزمایش مونت کارلوی اول که در آن توزیع دو متغیر رتبه‌ای مطرح بود، به شرح زیر است:

- تمامی هم بستگیها تورش‌دار و یا اریب‌دار (به طرف پایین) بودند، ولی این اریب برای نوع پلی‌کور در حجم نمونه‌های متوسط قابل گذشت است.
- ماتریسهای نوع *optimal, polychor, Correlation(ordinal)* نسبت به توزیع‌های نهایی و مرزی حساس نیستند.
- ماتریس نوع *Polychor*، معمولاً بهترین برآورد کننده است، ولی عمل

کرد نسبی *optimal, Correlation(ordinal)* با افزایش تعداد طبقات متغیر رتبه‌ای و حجم متوسط نمونه بهتر می‌شود.

- ماتریس نوع *Polychor* از این لحاظ که نزدیکترین برآورد نسبت به ρ واقعی است، همیشه بهترین همبستگی در هر نمونه است. ماتریس نوع *optimal*، در اکثر مواقع، رتبه دوم و *Correlation(ordinal)* در رتبه سوم است.
- تنها ماتریس نوع *Polychor* با ثبات‌ترین برآورد کننده ρ است. گرچه واریانس سایر هم بستگیها نیز بخصوص با افزایش حجم نمونه کم است.

در آزمایش دوم، شش متغیر از یک توزیع چند متغیره‌ی نرمال، به گونه‌ای ایجاد شدند که مدل تحلیل عاملی آنها دو عامل هم بسته و یک ساختار ساده را دقیقاً ایجاد نمود. چهار تا از این متغیرها تبدیل به رتبه‌ای گردیده، توزیع آنها یکی چاوله، دیگری به شکل U و دیگری متقارن و آخری بصورت دو گزینه‌ای دستکاری گردید. دو متغیر باقیمانده بدون تغییر در مطالعه ماندند. با استفاده از این متغیرها چهار نوع ماتریس همبستگی محاسبه گردید. نتایج مطالعه به شرح زیر بود:

- تا آنجایی که به خطاها و اریب‌ها مربوط می‌شد، ماتریسهای نوع *Correlation(ordinal)* و *Correlation(continuos)* بیشترین اریب‌ها را داشتند. ماتریس *Optimal* بهتر از این دو بود و *Polychor* کمترین خطا و تورش را داشت.
- همبستگی‌ها اکثراً کمتر از واقع برآورد گردیدند. این امر، منجر به برآورد کمتر بارگویه‌ها، روی عوامل و برآورد بیشتر واریانسها شد.

۹- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله با ارائه‌ی یک مدل فرضی و کامل لیزرل، تلاش شد که با زبانی حتی‌المقدور ساده، به تشریح ساختار مدلهای لیزرل پرداخته شود. خواننده‌ی محترم باید توجه داشته باشد که درک و فهم مطلب مطرح شده در این مقاله نیازمند آشنایی مقدماتی با جبر ماتریس، مدلهای علّی و مفاهیم مربوط به رگرسیون چند متغیره می‌باشد. مطالعه‌ی مقاله‌ی «قاضی طباطبایی» (۱۳۷۴)، تحت عنوان «معرفی روشهای لیزرل و کاربرد آن در علوم اجتماعی و رفتاری»، می‌تواند در درک و فهم مقاله حاضر بسیار مفید باشد. لازم به ذکر است که کاربرد عملی این روش به همراه چه گونگی استفاده از نرم‌افزار لیزرل، چه گونگی تحلیل ستاده‌های کامپیوتری، طی مقاله مفصلی تنظیم و ارائه گردیده است.

پی‌نوشت:

۱- قاضی طباطبایی، محمود، مدلهای ساختار کواریانس یا مدلهای لیزرل در علوم اجتماعی، نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز، شماره ۲، ۱۳۷۴.

۲- سرمد، زهره-بازرگان، عباس و حجازی الهه، روشهای تحقیق در علوم رفتاری، تهران، انتشارات آگاه، ۱۳۷۶.

دوس،دی،ای، روش پیمایشی در تحقیق اجتماعی، ترجمهٔ مریم رفعت‌جاه و رخساره کاظم، تهران، نشر ملی مطالعات و سنجش افکار عمومی، ۱۳۷۶.

3- Goldberger, A.S.(1973)

4- Unbiased

۵- برای کسب آگاهی بیشتر در زمینهٔ استنباط علّی در علوم اجتماعی و رفتاری رجوع کنید به:

James,L.R,Muliak,S.A. and Brett(1982) & Heise,D.R(1975)

6- Lisrel Models

7- Measurment Model

8- Structural Equation Model

9- Latent Variables

10- Dwyer,J.H.(1983)

11- Long,J.S.(1983)

12- Hayduk,L.A.(1987,1996)

13- Bollen,K.A.(1989)

14- Duncan,O.A.(1975)

15- Kenny,D.A.(1979)

16- Biebly,W.I & Hauser,R.M.(1977)

17- Aigner,D.J & Goldberger,A.S.(1977)

18- Joreskog,K.G.

19- Joreskog,K.G.(1977,1978,1981)

20- Full Lisrel Model

21- Intervining Variable

22- Dependent Variable

23- Path Diagram

24- Sub- Model

25- Default

26- PRELIS

27- Monte Carlo

منابع:

- دوس،دی.ای.(۱۳۷۶) روش پیمایشی در تحقیق اجتماعی، ترجمهٔ مریم رفعت‌جاه و رخساره کاظم، تهران، نشر ملی مطالعات و سنجش افکار عمومی.
- سرمد، زهره،بازرگان، عباس و حجازی الهه، روشهای تحقیق در علوم رفتاری، تهران، انتشارات آگاه، ۱۳۷۶. - قاضی طباطبایی، محمود، مدلهای ساختار کوواریانس یا مدلهای لیزرل در علوم اجتماعی، نشریه دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز، شماره۲، ۱۳۷۴.
- *Aigner,D.J, and Goldberger,A.S, Eds (1977),* ***Latent Variables in Socioeconomic Models.*** *Amsterdam: North-Holland Pulishing Co.*
- *Biebly,W.I, and Hauser R.M.(1977), Structural Equation Models.* ***Annual Review of Sociology, 3 , 137-161.***
- *Bollen,K.A.(1983)* ***Structural Equations With Latent Variables.*** *New York: Wiley.*
- *Duncan,O.D.(1975)* ***Introduction to Structural Equation Models.*** *New York: Academic Press.*
- *Dwyer,J.H.(1983).* ***Statistical models for the social and behavioral sciences.*** *Oxford: Oxford University Press.*

- *Goldberger,A.S.(1973)* ***Structural Equation Models An Overview.*** *In Goldberger and O.D Duncan (Eds):* ***Structural Equation Models In Social Sciences.*** *New York: Seminar Press.*
- *Hayduk,L.A(1996).* ***LISREL Models***, *Baltimore: The John Hopkins University Press.*
- *Hayduk,L.A(1987)* ***Strucetuation Modeling With LISREL: Essentials and Advances.*** *Baltimore: The John Hopkins University Press.*
- *Heise,D.R(1975).* ***Causal Analysis.*** *New York: Wiley.*
- *James,L.R, Muliak,S.A. and Brett (1982)* ***Causal Analysis: Assumptions, Models, and Data.*** *Beverly Hills: Sage.*
- *Joreskog,K.G.(1977) Structural Equation Models in Social Sciences: Specification, Estimation and Testing.In P.R. Krishnaiah (Eds)*

  : ***Applications of Statistic.*** *Amsterdam: North Holland Publishing Co, 256-287.*
- *Joreskog,K,G.(1978) Structural Analysis of Covariance and Correlation Matrices.* ***Psychometrika,*** *43, 443-447.*
- *Joreskog,K,G.(1981)****Basic Issues Application of LISREL.*** *Data, 1: 1, 16.*

- *Joreskog,K,G. and D.Sorbom (1989),**LISRE 7, A Guide to the Program and Application**. 2nd ed. Chicago, IL: SPPS Inc.*
- *Long,J.S.(1983), **Covariance Structure Models: An Introduction to LISREL**. Beverly Hills, Calif: Sage.*
- *Kenny D.A (1979), **Correlation and Causality**. New York: Wiley.*