کاربرد لیزرل[1] در آزمون الگوی نظری برای سنجش تأثیر یکپارچه سازی

رضا حسنوی
استادیار
دانشگاه صنعتی مالک اشتر

محمد علی شفیعا
استادیار
دانشگاه علم و صنعت ایران

محمود قاضی طباطبائی
دانشیار
دانشگاه تهران

چکیده

در این مقاله یکی از روش های اندازه‌گیری و سنجش دقیق متغیرهای آشکار و پنهان و روابط علّی میان آنها بنام «لیزرل» مورد بحث و بررسی قرارگرفته است. بمنظور تبیین کاربرد این ابزار اندازه‌گیری، مدل نظری «سنجش تاثیر یکپارچه‌سازی فعالیت‌های طراحی، تولید، و مهندسی به کمک رایانه بر بقاء سازمان تولیدی» که دارای متغیرهای آشکار[2] و پنهان[3] می‌باشد، مورد مطالعه قرار گرفته است. در این مطالعه با استفاده از روش لیزرل و داده‌های تجربی ۱۵۳ سازمان تولیدی ایران، مدل الگوی مذکور ترسیم و میزان برازش آن با واقعیت‌های سازمان‌های تولیدی ایران تجزیه و تحلیل شده است.

کلمات کلیدی

مدلسازی معادله ساختاری، لیزرل، یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE ، بقاء سازمان.

Using LISREL in Model Testing

R. Hosnavi
Malek-Ashtar University of Technology

M.A. Shafia
Iran University of Science & Technology

M.Ghazi Tabatabaee
Tehran University

Abstract

The main objective of this paper is to show the application of LISREL in testing a theoretical model. Linear Structural RELations or LISREL is a structural equation modeling method wich includes confirmatory factor analysis, multiple regression, and path analysis. It is one of powerful methods wich can test hypotheses about relations among latent and observed variables.

To show a real model testing process, an industrial conceptual framework is modeled and tested using LISREL.

Keywords

Structural Equation Modeling, LISREL, CAD/CAM/CAE, Virtual Integration, Organization's Survival

مقدمه

اساساً نمی‌توان در مورد ابزار اندازه‌گیری لیزرل یا روابط ساختاری خطی و نرم‌افزار آن بحث کرد اما از فن مدلسازی آماری SEM[۴] یا «مدلسازی معادله ساختاری» سخنی‌به میان نیاورد چرا که لیزرل بر SEM مبتنی است[۱].

مدلسازی معادله ساختاری، با عنوان تجزیه و تحلیل متغیر پنهان [۲] یا مدلسازی علّی[۵] [۳] نیز شناخته شده است. این نوع مدلسازی مشابه تجزیه و تحلیل مسیری[۶] است که، در آن تخمین‌های پارامتری روابط مستقیم و غیرمستقیم میان متغیرهای مشهود تامین می‌گردد. در SEM همانند فنون رگرسیون، کمّی‌سازی روابط میان متغیرهای مستقل و وابسته صورت می‌گیرد. با این حال، اگر چه پارامترهای رگرسیون همبستگی‌های تجربی را نشان می‌دهند، پارامترهای ساختاری همبستگی‌های علّی را بیان‌می‌کنند. یکی از ویژگی های SEM توانایی تامین تخمین‌های پارامتری برای‌روابط میان متغیرهای پنهان است [۴].

در راستای این نوع مدلسازی معادلهٔ ساختاری، آقایان جورسکگ و سوربوم[۷] از دانشگاه آپسالا[۸] روش لیزرل و برنامه‌های مربوط به آن بنام LISREL و PRELISREL را ارائه دادند[۵]. تحقیق حاضر پس از بررسی شرایط مدلسازی معادلهٔ ساختاری، مدل لیزرل را بطور کامل شرح می‌دهد. بمنظور بررسی عملی چگونگی ایجاد مدل، بررسی اعتبار آن، و نحوه استنباط از پارامترهای مدل دردنیای واقعی از یک مسئله مهندسی کمک گرفته می‌شود.

۱ـ مدلسازی معادلهٔ ساختاری و شرایط آن

مدلهای معادلهٔ ساختاری وسیله‌ای برای حل بسیاری از مسائل ماهوی در علوم اجتماعی و رفتاری شناخته شده‌اند. این مدلها در مطالعهٔ مسائل اقتصاد سنجی، سیاستگزاری، تبعیض در برخورداری از مسکن، اشتغال، پیامدهای اعتیاد به مواد مخدر، پیشرفت تحصیلی، ارزیابی برنامه‌های اجتماعی، رفتارهای سیاسی، تاثیر عوامل ژنتیکی و فرهنگی بر عملکردهای ذهنی، رفتار مصرف‌کنندگان و بسیاری 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 معادله ساختاری، تحلیل وابستگی و تکنیکهای همبستگی پانلی ضربدری.

یک مدل ساختاری، برای مشخص کردن پدیدهٔ مورد مطالعه در قالب متغیرهای علت، معلول و نشانگرها یا معرفهای آنها استفاده می‌شود. از آنجا که هر معادله در مدل، نشان دهندهٔ 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 دهندهٔ ابعاد و چهره‌های تا حدی غیر در هم، نامتغیر و مستقل ساز و کار درگیر در ایجاد متغیرهای مشاهده شده‌اند.

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

«گلدبرگر» (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 عبارتند از:

۱ـ وقتی که متغیرهای مشاهده شده، حاوی خطای اندازه‌گیری‌اند و روابط جالبی بین متغیرهای واقعی و «بدون تورش»[۹] وجود دارد؛

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

۳ ـ وقتی که متغیرهای مهم تبیینی، (توضیح دهنده) 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.

بیشتر نظریه‌ها و مدلها در علوم اجتماعی و رفتاری در قالب مفاهیم یا ساخت‌های نظری بیان می‌شود که مستقیماً قابل

مشاهده و اندازه‌گیری نیستند. در چنین مواقعی معمولاً از تعدادی معرف ها یا نشانگر (شاخص) برای اندازه‌گیری و مطالعهٔ این متغیرهای نظری استفاده می‌شود.

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

۱- اندازه‌گیری: اندازه‌گیریهای مشاهده شده واقعاً چه چیزی را اندازه می‌گیرد؟ چه گونه و با چه دقتی می‌توان نوع اشیایی را که باید اندازه‌گرفته شوند، مشخص کرد؟ روایی و اعتبار اندازه‌گیریهای 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 اندازه‌گیری نیستند، ولی در معرفهای جایز الخطا 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» در شکل جامعشان از دو قسمت تشکیل می‌شوند: «مدل اندازه‌گیری» و «مدل معادله ساختاری». مدل اندازه گیری، پاسخ پرسش اول، یعنی چگونگی اندازه‌گیری متغیرهای نهفته، توسط متغیرهای مشاهده شده و روایی و اعتبار آنها را مطرح و مشخص می‌کند. مدل ساختاری، پاسخ پرسش دوم، یعنی روابط علّی بین «متغیرهای نهفته» را مشخص می‌کند و تاثیرات علّی و میزان واریانس تبیین شده و تبیین نشده را مورد ارزیابی قرارمی‌دهد[۷].

مدلهای اندازه‌گیری، در علوم رفتاری و علوم اجتماعی، در مواردی حائز اهمیت هستند که مفاهیمی نظیر رفتارها، نگرشها، احساسات و انگیزه‌های مردم مورد مطالعه قرار گیرند. بیشتر ابزارهای اندازه‌گیری چنین مفاهیمی، خطای اندازه‌گیری بسیار زیادی دارند و مدل اندازه‌گیری لیزرل قادر است چنین خطاهایی را مد نظر قرار دهد. در روش لیزرل، این ضرایب مجهول دریک 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 اندازه‌گیری نشده‌اند، ولی به متغیرهای مشاهده شده مربوط هستند. مدل مذکور بر این فرض استوار است که یک ساختار علّی خطی بین مجموعه‌ای از متغیرهای نهفته وجود دارد و متغیرهای مشاهده شده معرف‌ها و نشان‌گرهای آنها هستند. متغیرهای نهفته هم می‌توانند به عنوان مجموعه‌ای با رابطه خطی از متغیرهای مشاهده شده باشند و هم به عنوان متغیرهای میانی در یک زنجیرهٔ علّی مطرح شوند. روش لیزرل، به طور اخص، برای برآورد نیاز مدلهایی طراحی شده است که دارای متغیرهای نهفته، خطای اندازه‌گیری، روابط علّی متقابل یا دوطرفه، هم زمان و در هم تنیده باشند.

برای معرفی دقیق‌تر مدلهای معادله ساختاری منابع متعددی قابل استفاده هستند. بعضی از آنها مثالهای متعددی در مورد کاربرد و بحثهای روشمندانه درزمینه‌های روان‌شناسی، جامعه‌شناسی، تعلیم و تربیت و اقتصاد دارند. از جملهٔ این منابع می‌توان به «دویر» ۱۹۸۳، «لانگ» ۱۹۸۳، «های دوک» ۱۹۸۷، ۱۹۹۶، «بولن» ۱۹۸۹، «بیلی و هاوزر» ۱۹۷۷، «ایگنر و گلدبرگر» ۱۹۷۷ اشاره کرد.

اساس مدلهای لیزرل را «جورسکاگ» در سال ۱۹۷۳ پی ریزی معرفی کرد. توضیحات جدید مربوط به مدلهای لیزرل در کتابهای اخیر جورسکاگ 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 رگرسیون، برابری ساختار علّی و غیره را در دو یا چند گروه آزمون کرد.

۲ـ مدل کامل لیزرل

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:

مجموعهٔ تصادفی $\xi = (\xi_1, \xi_2, \xi_3, \ldots \xi_n), \eta = (\eta_1, \eta_2, \eta_3, \ldots \eta_m)$ از متغیرهای وابسته و مستقل و سیستم روابط خطی

ساختاری زیر را در نظر بگیرید:

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (1)$$

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

$$Y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (2)$$

$$X = \Lambda_x \xi + \delta \quad (3)$$

در معادلات فوق ε و δ بردارهای خطاهای اندازه‌گیری متغیرهای X و Y هستند. این معادلات، نشان دهندهٔ رگرسیون Y روی η و X روی ξ می‌باشند.

به طور خلاصه، مدل کامل لیزرل توسط سه معادله:

مدل معادلهٔ ساختاری: $\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta$

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

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

با فرضهای زیر معرفی و تعریف می‌شود:

ζ با ξ همبستگی ندارد.

ε با η همبستگی ندارد.

δ با ξ همبستگی ندارد.

$I - \beta$ یا معکوس ماتریس بتا نامنفرد است.

۳ـ از نمودار مسیر تا معادلات

در ارائه یک مدل لیزرل، غالباً ترسیم یک نمودار مسیر مفید است. این نمودار مفاهیم اساسی مدل را به هم مرتبط می‌سازد. علاوه بر آن، اگر نمودار مسیر به درستی ترسیم و دارای جزئیات کافی باشد، می‌تواند معادلات جبری مدل و مفروضات مربوط به جملات خطای معادلات را نیز ارائه دهد.

اگر قواعد معینی در نمودار مسیر رعایت شود، می‌توان معادلات مدل و ماتریس پارامتری لیزرل را از نمودار مسیر استخراج نمود. برای ترسیم نمودار مسیر، قواعد زیر مفروض اند [۸]:

۱ـ متغیرهای قابل مشاهده از قبیل X و Y در مربع یا مستطیل و متغیرهای پنهان از قبیل ξ و η در دایره یا بیضی قرار می‌گیرند. متغیرهای خطا از قبیل متغیرهای δ و ε و ζ در نمودار مسیر آورده می‌شود، اما در خطوط بسته قرار نمی‌گیرند.

۲ـ پیکان[۱۰] یک طرفه به معنای اثر مستقیم یک متغیر بر دیگری و پیکان دو طرفه به معنای همبستگی احتمالی آن متغیرها است.

۳ـ تمایز اساسی بین متغیرهای مستقل همچون متغیر ξ و متغیرهای وابسته نظیر η وجود دارد. واریانس یا کوواریانس متغیرهای وابسته به وسیله متغیرهای مستقل منظور و یا تبیین می‌شود. باید توجه کرد که:

پیکان‌های یک طرفه نمی توانند به سمت متغیرهای ξ کشیده شوند.

همه پیکان‌های یک طرفه که به دوطرف یک متغیر η کشیده می‌شود، از سمت متغیرهای ξ و η شروع می‌شوند.

۴ـ ضرایب هر پیکان به شرح زیر است:

ـ پیکان از ξ_i به x_b با $\lambda_{bi}^{(x)}$ علامت گذاری می‌شود.

- پیکان از η_g به y_a با $\lambda_{ag}^{(y)}$ علامت گذاری می‌شود.
- پیکان از η_h به η_g با β_{gh} علامت گذاری می‌شود.
- پیکان از ξ_i به η_g با γ_{gi} علامت گذاری می‌شود.
- پیکان از ξ_j به ξ_i با ϕ_{ij} علامت گذاری می‌شود.
- پیکان از ζ_h به ζ_g با ψ_{gh} علامت گذاری می‌شود.
- پیکان از δ_b به δ_a با $\theta_{ab}^{(\delta)}$ علامت گذاری می‌شود.
- پیکان از ε_d به ε_c بت $\theta_{cd}^{(\varepsilon)}$ علامت گذاری می‌شود.

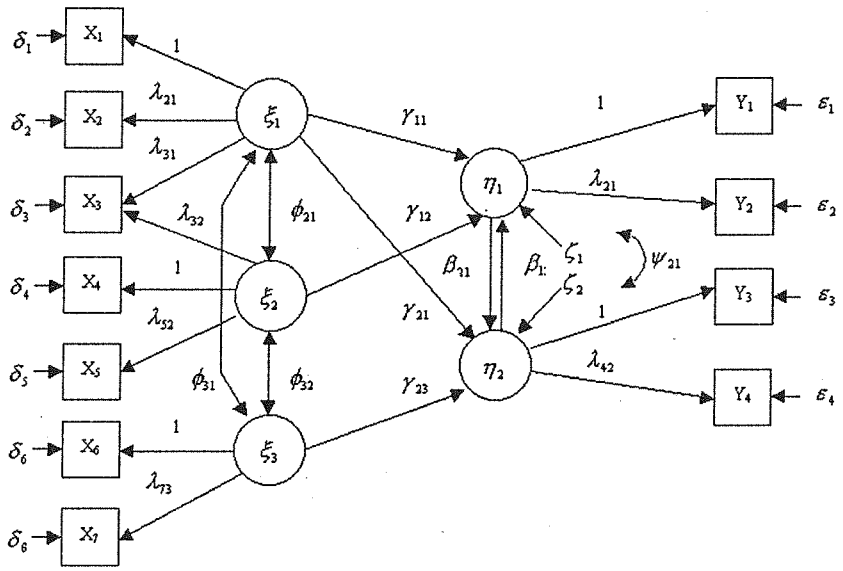
چهار پیکان آخر همیشه دو طرفه هستند. فرض می‌شود، ضریب پیکان‌هایی که هیچ ضریبی در نمودار مسیر ندارد، برابر ۱ باشد.

۵ـ همه تاثیرات مستقیم یک متغیر بر دیگری باید در نمودار مسیر وارد شود. بنابراین نبودن پیکان بین دو متغیر بدین معناست که، آن دو متغیر به طور مستقیم با هم مرتبط نیستند.

اگر قواعد فوق برای ترسیم نمودار مسیر رعایت شود، می‌توان معادلات مدلها را به وسیله قواعد کلی زیر نوشت:

۱ـ برای هر متغیر که یک پیکان یک طرفه به آن اشاره دارد، یک معادله وجود خواهد داشت که در طرف چپ آن نوشته می‌شود.

۲ـ سمت راست هر معادله مجموع چند جمله بوده و برابر با پیکان های یک طرفه‌ایی است که به آن متغیر وارد می‌شوند.



شکل (۱): نمودار مسیر برای یک مدل فرضی.

هر عبارت نیز با توجه به علامت گذاری‌هایی که قبلاً توضیح داده شد، نوشته می‌شود.

با استفاده از قواعد فوق می‌توان معادلات مربوط به نمودار مسیر شکل را نوشت. هفت متغیر x به عنوان ابعاد سه متغیر پنهان ξ هستند. باید توجه شود که x_3 متغیر پیچیده‌ایی است که ξ_1 و همچنین ξ_2 را اندازه‌گیری می‌کند. دو متغیر η وجود دارد که، هر کدام دو گویهٔ y دارند. پنج متغیر پنهان در یک سیستم دو معادله‌ای به هم وابسته، مرتبط می‌شوند. مدل شامل خطاهای معادلات یعنی ζها و همچنین خطاهای متغیرها یعنی εها و δها است.

معادلات ساختاری این مدل فرضی عبارتند از:

$$\eta_1 = \beta_{12}\eta_2 + \gamma_{11}\xi_1 + \gamma_{12}\xi_2 + \zeta_1$$
$$\eta_2 = \beta_{21}\eta_1 + \gamma_{21}\xi_1 + \gamma_{23}\xi_3 + \zeta_2 \qquad (۴)$$

و در شکل ماتریسی، مطابق با (۱):

$$\begin{pmatrix}\eta_1\\ \eta_2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0 & \beta_{12}\\ \beta_{21} & 0\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\eta_1\\ \eta_2\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\gamma_{11} & \gamma_{12} & 0\\ \gamma_{21} & 0 & \gamma_{23}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\xi_1\\ \xi_2\\ \xi_3\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\zeta_1\\ \zeta_2\end{pmatrix} \quad (۵)$$

معادلات مدل اندازه‌گیری برای متغیرهای y نیز در شکل ماتریس (طبق ۲) چنین خواهد بود:

$$\begin{pmatrix}y_1\\ y_2\\ y_3\\ y_4\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1 & 0\\ \lambda_{21} & 0\\ 0 & 1\\ 0 & \lambda_{42}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\eta_1\\ \eta_2\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\varepsilon_1\\ \varepsilon_2\\ \varepsilon_3\\ \varepsilon_4\end{pmatrix} \quad (۶)$$

و معادلات مدل اندازه‌گیری برای متغیرهای x مطابق با (۳):

$$\begin{pmatrix}x_1\\ x_2\\ x_3\\ x_4\\ x_5\\ x_6\\ x_7\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\\ \lambda_{21} & 0 & 0\\ \lambda_{31} & \lambda_{32} & 0\\ 0 & 1 & 0\\ 0 & \lambda_{52} & 0\\ 0 & 0 & 1\\ 0 & 0 & \lambda_{72}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\xi_1\\ \xi_2\\ \xi_3\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\delta_1\\ \delta_2\\ \delta_2\\ \delta_4\\ \delta_5\\ \delta_6\\ \delta_7\end{pmatrix} \quad (۷)$$

یک λ در هر ستون Λ_y و Λ_x مساوی ۱ قرارداده شده است تا مقیاسهای سنجش در متغیرهای پنهان را ثابت نگهدارد.

٤ـ مطالعه موردی

یکی از الگوهای نظری که طی پژوهشی میدانی برای شناسائی عوامل تعیین کننده بقا در سازمان‌های تولیدی مورد آزمون قرار گرفته است، الگوی «سنجش میزان تاثیر یکپارچه‌سازی مجازی[11]، فعالیت‌های طراحی[12] ، تولید[13] و مهندسی[14] به کمک رایانه بر بقای سازمان تولیدی» می‌باشد. بر اساس ادبیات تحقیق، دوازده متغیّر فنّی، مدیریتی، فرهنگی، امنیتی، اقتصادی، انعطاف‌پذیری، کیفیت، زمان، هزینه، بهره‌وری، سودآوری، و رقابت‌پذیری در شکل‌گیری یکپارچه‌سازی مجازی و تاثیر آن بر تامین اهداف تولیدی و بقای سازمان نقش کلیدی داشتند [۹].

با استفاده از مبانی نظری و ادبیات مذکور، عمل تجزیه و تحلیل عاملی[15] روی این متغیّرهای مشهود انجام شد، و همگی آنها توسط ۳ عامل یا «متغیر پنهان» به شرح ذیل تحت پوشش قرار گرفتند:

متغیرهای فنی، مدیریتی، ساختاری فرهنگی، امنیتی و اقتصادی بعنوان ابعاد و معرّف‌های متغیر پنهان «یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE». متغیرهای انعطاف‌پذیری، کیفیت، زمان، و هزینه بعنوان ابعاد و معرّف‌های متغیر پنهان «درجه دستیابی به اهداف تولیدی». متغیرهای بهره‌وری، سودآوری و رقابت‌پذیری نیز بعنوان ابعاد و معرف‌های متغیر پنهان«بقای سازمان» تحت‌پوشش قرار گرفتند. فرضیه‌های‌مدل چنین بودند:

(فرضیه ۱) H1: یکپارچه‌سازی مجازی فعالیت‌های CAD/CAM/CAE در «درجه دستیابی به اهداف تولیدی» بطور مثبت اثر دارد.

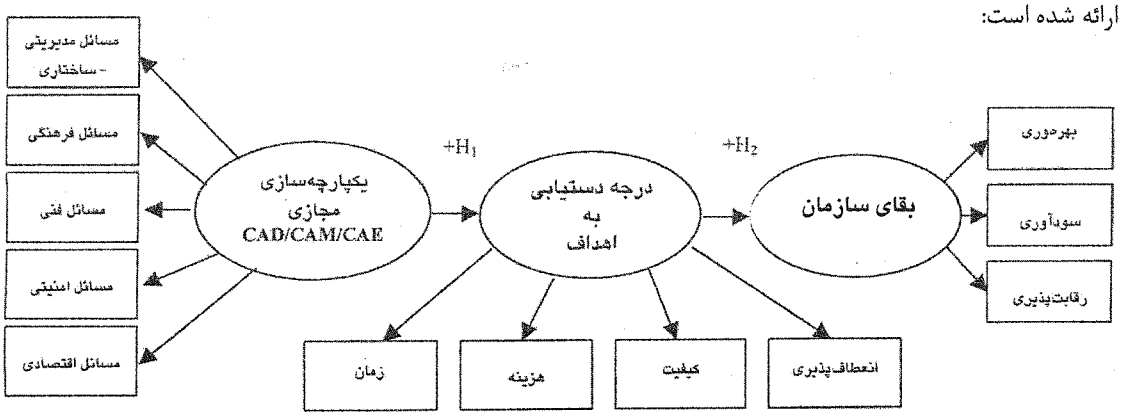
(فرضیه ۲) H2: «درجه دستیابی به اهداف تولیدی» در سازمانی که از یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE بهره می‌گیرد، بر «بقای سازمان» بطور مثبت اثر دارد.

۵ـ استفاده از لیزرل برای نمایش و آزمون مدل

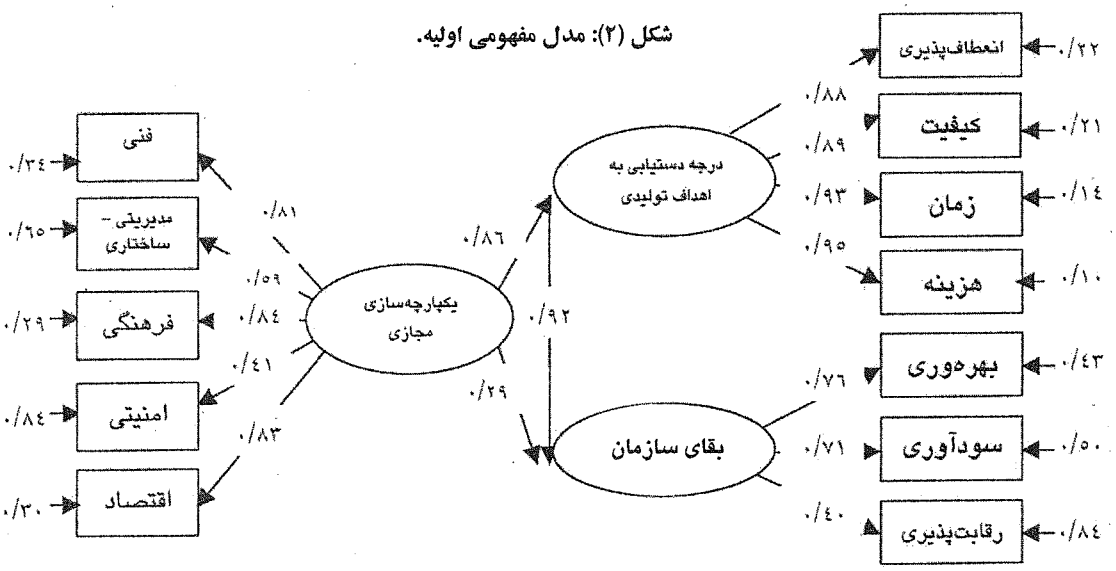
پس از مشخص شدن عامل‌ها یا متغیرهای پنهان و معرف‌های آنها، محیط نرم‌افزار LISREL 8.5 انتخاب شد تا نمایش و آزمون مدل توسط آن صورت گیرد.

لیزرل بمنظور بررسی نیکویی برازش مدل تئوریک با داده‌های بدست آمده، نیازمند ماتریس کوواریانس متغیرهای اندازه‌گیری است. بنابراین، داده‌های جامعه آماری مورد مطالعه [۹] ابتدا وارد نرم‌افزار آماری SPSS 9.0 شده و ماتریس همبستگی ۱۲ متغیر مدل تحقیق بدست آمد. این ماتریس توسط بخشی از محیط لیزرل بنام PRELIS به ماتریس کوواریانس ۱۲ متغیر مذکور تبدیل می‌گردد.

چهارچوب مفهومی بصورت یک الگوی تئوریک لیزرل در شکل (۲) و مدل نهایی حاصل از اجرای نرم‌افزار لیزرل در شکل (۳) ارائه شده است:



شکل (۲): مدل مفهومی اولیه.



Chi-square = 40.75, df = 37, P –value = 0.30871, RMSEA = 0.027

شکل (۳): مدل نهایی آزمون شده پس از بهره‌گیری از نرم‌افزار لیزرل.

۶ـ ماتریس‌های هشتگانهٔ لیزرل و معادلات مدل نهایی

لیزرل روابط میان متغیّرها را با بکارگیری ۸ ماتریس معین می‌کند. بطور پیش فرض تمام عناصر این ماتریس‌ها صفر هستند که به معنای فقدان رابطه میان متغیّرها است. برای معین کردن مسیرمدل مورد نظر باید این مقدار پیش فرض را عنصر به عنصر تغییر داد. لیزرل امکاناتی را برای این کار ارائه می‌دهد. هر یک از ماتریس‌های هشتگانهٔ لیزرل چنین است[۱۰]:

۱ـ ماتریس LY یا Λ_y متغیرهای اندازه‌گیری y را به متغیرهای پنهان درون‌زا متصل می‌کند.

۲ـ ماتریس LX یا Λ_x متغیرهای اندازه‌گیری x را به متغیرهای پنهان برون‌زا مدل متصل می‌کند.

۳ـ ماتریس TE یا θ_ε ماتریس خطا یا مقادیر پس ماند[۱۶] برای متغیرهای اندازه‌گیری y است.

۴ـ ماتریس TD یا θ_δ ماتریس خطا یا مقادیر پس ماند برای متغیرهای اندازه‌گیری x است.

۵ـ ماتریس PS یا «زتا» (ζ) واریانس میان متغیرهای پنهان درون‌زا را تعریف می‌کند.

۶ـ ماتریس PH یا «فی» (ϕ) واریانس میان متغیرهای پنهان برون‌زا را تعریف می‌کند.

۷ـ ماتریس BE یا «بتا» (β) رابطهٔ میان متغیّرهای پنهان درون‌زا را تعریف می‌کند.

۸ـ ماتریس GA یا «گاما» (Γ) رابطه میان متغیرهای برون‌زا و درون‌زا را تعریف می‌کند.

با ثابت و آزاد کردن مقادیر این ماتریس‌ها تلاش می‌شود تا، ماتریس کوواریانس متغیرهای مدل نظری با ماتریس کوواریانس داده‌های واقعی تطبیق پیدا کند. در صورت عدم انطباق این دو ماتریس نظری و عملی، مدل مردود اعلام می‌شود. تطبیق این دو ماتریس و برازش مدل نظری با واقعیت، به استحکام مبانی نظری مدل و قابلیت اطمینان داده‌ها بستگی دارد. معادلات مدل نهایی و ماتریس‌های مربوط به آنها در زیر آورده شده است.

۶-۱ـ معادلات ماتریسی مدل ساختاری

این معادلات، روابط رگرسیونی میان متغیرهای پنهان مدل را نشان می‌دهند.

$$\begin{bmatrix}\eta_1\\ \eta_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0 & 0\\ \beta_{21} & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\eta_1\\ \eta_2\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\gamma_{11}\\ \gamma_{21}\end{bmatrix}[\xi_1]+\begin{bmatrix}\zeta_1\\ \zeta_2\end{bmatrix} \qquad (۸)$$

درجه دستیابی به اهداف تولیدی = η_1

بقای سازمان = η_2

یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE = ξ_1

عناصر خطا در مدل ساختاری = ζ_1 to ζ_2

۶-۲ ـ معادلات ماتریسی مدل اندازه‌گیری

این معادلات، روابط رگرسیونی میان متغیرهای پنهان و متغیرهای اندازه‌گیری را بیان می‌کنند.

متغیرهای x متغیرهای اندازه‌گیری «پنهان برون‌زا[۱۷]» و متغیرهای y متغیرهای اندازه‌گیری «پنهان درون‌زا»[۱۸] هستند.

مطابق با (۲):

$$\begin{bmatrix}y_1\\ y_2\\ y_3\\ y_4\\ y_5\\ y_6\\ y_7\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1 & 0\\ \lambda_{21} & 0\\ \lambda_{31} & 0\\ \lambda_{41} & 0\\ 0 & 1\\ 0 & \lambda_{62}\\ 0 & \lambda_{72}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\eta_1\\ \eta_2\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\varepsilon_1\\ \varepsilon_2\\ \varepsilon_3\\ \varepsilon_4\\ \varepsilon_5\\ \varepsilon_6\\ \varepsilon_7\end{bmatrix} \qquad (۹)$$

بطوریکه Yماتریس ۱×۷ از متغیرهای مشاهده شده y و ε_7 تا ε_1 خطاهای مدل اندازه‌گیری شده است.

همچنین مطابق با (۳):

$$\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\\ x_3\\ x_4\\ x_5\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1\\ \lambda_{21}\\ \lambda_{31}\\ \lambda_{41}\\ \lambda_{51}\end{bmatrix}[\xi_1]+\begin{bmatrix}\delta_1\\ \delta_2\\ \delta_3\\ \delta_4\\ \delta_5\end{bmatrix}$$

که در آن X ماتریس ۱×۵ از متغیرهای مشاهده شده x، و δ_5 تا δ_1 خطاهای مدل اندازه‌گیری هستند.

۶-۳ ـ ماتریس‌های واریانس ـ کوواریانس

$$\phi = \begin{bmatrix} \psi_{11} & 0 \\ 0 & \psi_{21} \end{bmatrix}$$

ماتریس کوواریانس ξ_1 $\phi = (\phi_{11})$

ماتریس کوواریانس ζ عبارت است از $\psi(2\times 2)$

$$\psi = \begin{bmatrix} \psi_{11} & 0 \\ 0 & \psi_{22} \end{bmatrix}$$

ماتریس کوواریانس ε عبارت است از $\theta_\varepsilon (7\times 7)$

بطوریکه: $\theta_\varepsilon = \text{diag}(\theta^\varepsilon_{11}, \theta^\varepsilon_{22}, ... \theta^\varepsilon_{66})$

ماتریس کوواریانس δ عبارت است از $\theta_\delta (5\times 5)$

بطوریکه: $\theta_\delta = \text{diag}(\theta^\delta_{11}, \theta^\delta_{22}, ... \theta^\delta_{55})$

این مدل با مدل مفهومی اولیه تفاوت چندانی نداشته و ضمن برازش مناسب با داده‌های واقعی، تایید هر دو فرض آزمون H_2 و H_1 را بهمراه دارد.

۷ـ نتایج نیکویی برازش مدل

برخی از شاخص‌های برازش مدل در جدول زیر آورده شده‌اند:

جدول (۱) خلاصه نتایج نیکویی برازش.

شاخص‌های برازش/آماره‌ها	مقدار
درجه آزادی	۳۷
اندازه نمونه	۱۳۹
χ^2	۴۰/۷۵
مقدارP	۰/۳۰۸
شاخص برازش مقایسه‌ای (CFI)	۱
RMR استاندارد شده	۰/۳۱
شاخص نیکویی برازش (GFI)	۰/۹۵
GFI تنظیم شده (AGFI)	۰/۹

شاخص‌های برازش بدست آمده از نظر آماری در حد قابل قبولی بوده [۱۱، ۱۲] و نشان می‌دهد که الگوی نظری با واقعیت‌های تجربی برازش کلّی مناسبی دارد.

۸ـ نتیجه‌گیری و استنباط از پارامترهای مدل

در مدلهای لیزرل هر چقدر مقادیر روی کمان‌ها که به بارگذاری‌های عاملی[۱۹] یا همبستگی‌ها معروف هستند، به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، قابلیت اطمینان و اعتبار الگوی نظری بالاتر است. ادبیات لیزرل بیان می‌دارد که، ضریب بارگذاری ۰/۵ حداقل مقداری است که می‌توان به معناداری رابطهٔ میان دو متغیر اطمینان حاصل کرد [۱۳]. برخی از صاحبنظران لیزرل این حد پایین را ۰/۷ می‌دانند [۱۴].

همانگونه که دیدیم، تئوری پیشنهاد شده با واقعیت‌های تجربی برازش کلی مناسبی داشت. «اعتبار درونی» این نظریه به میزان استحکام روابط میان متغیرها یا به میزان همبستگی و بارگذاری‌های عاملی انها وابسته است. در مدل نهایی تعدادی از

این روابط از استحکام بیشتر و تعدادی نیز از استحکام کمتری برخوردارند. وجود روابط آماری برجسته، معنادار و مستحکم میان متغیرهای مدل تحقیق بیان می‌دارد که، آن روابط نظری و انتزاعی اتکای بیشتری بر واقعیت دارند. به عبارت دیگر، محقق در این حوزه ازتوانمندی نظری‌ه پردازی مناسبی برخوردار است.

از طرف دیگر، وجود بارگذاری‌ها و همبستگی‌های ضعیف میان متغیرهای مدل از دو منظر محقق و واقعیت بیرونی قابل بررسی است [۱۵].

آنچه که به محقق مربوط می‌شود، علیرغم برازش کلی مدل، مبنا قراردادن این نظریه و انجام تلاش بیشتر بمنظور جامع نگری و دخالت دادن پدیده‌های احتمالی دیگری در روابط درونی مدل است. این عمل «اعتبار درونی» مدل را افزایش داده و آن را با واقعیت بیشتر تطبیق می‌دهد.

اما آنچه به جامعه مورد مطالعه، یعنی سازمان‌های تولیدی ایران مربوط می‌شود، این است که عدم استحکام روابط میان برخی از متغیرها می‌تواند ناشی از کم توجهی یا بی توجهی سازمان‌های تولیدی ایران به این عوامل باشد. برای مثال، ارتباط نسبتاً ضعیف متغیرهای «رقابت‌پذیری»، «امنیت اطلاعات» و «مسائل مدیریتی - ساختاری» با سایر متغیرهای مدل و متغیر مستقل «یکپارچه‌سازی مجازی فعالیت‌های CAD/CAM/CAE»، حکایت از کم توجهی یا بی توجهی سازمان‌ها نسبت به این امور دارد. این استنتاج در برخی مدلهای لیزرل از جمله مدلی که در مرجع [۱۶] آمده است، وجود دارد.

۹ـ خلاصه و نتیجه‌گیری

روش لیزرل بمنظور آزمون الگوهای نظری ساخته شده در حوزه فنی و مهندسی به خدمت گرفته شد. در این حوزه کاربرد بیان شد که لیزرل از فنون دیگری چون تجزیه و تحلیل عاملی تاییدی و رگرسیون چندگانه، و تجزیه و تحلیل مسیر برای مدلسازی روابط علّی میان متغیرهای پنهان و مشهود و نوشتن معادلات مسیر آنها استفاده می‌کند. در این نوشتار الگوی نظری «سنجش تاثیر یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE بر بقاء سازمان تولیدی» با استفاده از داده‌های تجربی توسط نرم‌افزار لیزرل مورد آزمون قرار گرفته و اعتبار کلّی آن تأیید گردید.

زیرنویس‌ها

1-Structural Equation Modeling
2- Causal Modeling
3- Path Analysis
4-Jorskog & Sorbom
5-Apsala
6-Unbiased
7- Arrow
8-Virtual Integration
9-Computer – Aided Design/CAD
10-Computer –Aided Manufacturing / CAM
11- Computer – Aided Engineering/ CAE
12-Confirmative Factor Analysis (CFA)
13- Exogenous Latent Variables
14- Endogenous Latent Variables
15-Factor Loading
16- Linear Structural RELations (LISREL)
17- Observable Variable
18- Latenet Viriable

مراجع

[1] Jorskog, K.G. and Sorbom D. "LISREL 7-A guide to the program and applications. SPSS Publications: Chicago, 1989.

[2] Loehin, J.C., "Latent variable models: An introduction to factor, path, and structural analysis". Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1987.

[3] Balock, H.M., "Causal Models In the Social Sciences", New York: Aldine, 1985.

[4] Joreskog, K.G & Sorbom, D., "LISREL VI: Analysis of Linear Structural Relationships by Maximum Likelihood, Instrumental Variables, and Least Square Methods (4th ed.)", Uppsula, Sweden: University of Uppsula Department of statistics, 1986.

[5] Joreskog, K.G , "New developments in LISREL: Analysis of ordinal variables using polychoric correlations and weighted least squares. Quality & Quantity 1990.

[6] Brad J. Bushman, "Effects of Television Violence on Memory for Commercial Messages", Journal of Experimental Psychology: Applied, 1998 Vol. 4, No. 4, 291-307.

[۷] دکتر محمود قاضی طباطبائی، روشهای لیزرل و ساختار آنها، نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران.

[۸] دکتر پلورا سلطانی تیرانی، کاربرد تجزیه و تحلیل علّی، انتشارات مرکز آموزش مدیریت دولتی.

[۹] دکتر رضا حسنوی «مدل سنجش میزان یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE بر بقاء سازمان تولیدی» اسفند ۱۳۸۱.

[10] Karl Joreskog & Dag Sorbom, "LISREL 8 and PRELIS 2: Getting Started", Scientific Software International, Inc. March 2001.

[11] Garson, "Structural Equation Modeling", 1/2/1997, PP10.

[12] Bentler, P.M. "EQS: Structural Equation Program Manual, Version 3.0", Los Angeles: BMDP Statistical Software Inc., 1989.

[13] David Gefen, "Structural Equation Modeling and Regression: Guides For Research Practice", Association for Information System,Vol 4,Article 7,Oct.2000.

[14] Mathieu Ouimet, "Factor Loading", Political Science Department, University Laval, Feb 2003.

[15] Dr Wynne W,Chain. "Validity of SEM Model", Department of Decision and Information Sciences University of Houston, May 2002.

[16] Connie D. Stapleton, "Basic Concept and Procedures of Confirmatory Factor Analysis", Texas A&M University, Jan 1997.