آزمون مدلهای تئوریک با بکارگیری فن مدلسازی آماری SEM[1] (با مطالعه موردی)

محمد علی شفیعا
استادیار
دانشکده صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

رضا حسنوی
استادیار
دانشکده صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

علیرضا علی‌احمدی
دانشیار
دانشکده صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

در این مقاله یکی از فنون مدلسازی آماری بنام SEM، به عنوان ابزاری قدرتمند و قابل اعتماد در آزمون مدلهای تئوریک معرفی شده است. در آن فن آماری «تجزیه و تحلیل عاملی» مورد استفاده در SEM برای آزمون تئوری‌ها مورد بحث قرارگرفته‌است. در بهره‌گیری از فرآیند مدلسازی، مطالعه موردی ارائه شده است. در آن چهارچوب مفهومی «سنجش تاثیر یکپارچه‌سازی مجازی فعالیت‌های طراحی، تولید و مهندسی بکمک کامپیوتر بر بقاء سازمان تولیدی» به کمک SEM مدل شده‌است. به فراخور داده‌های تجربی اخذ شده از سازمان‌های تولیدی ایران، مدل مورد آزمون قرار گرفته‌است. در نمایش نمادین این مدل و آزمون آن با واقعیت‌های بیرونی، از نرم‌افزار ویژه‌ای موسوم به لیزرل LISREL مناسب SEM بهره گرفته شده است.

کلمات کلیدی

مدلسازی معادله ساختاری، تجزیه و تحلیل عاملی تاییدی، لیزرل، یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE ، بقاء سازمان.

Model Testing in an Industrial Environment With Structural Equation Modelling

M.A. Shafia
Assistant Professor
Iran University of Science & Technology

R. Hosnavi
Associate Professor
Malek-Ashtar University of Technology

A.AliAhmadi
Assistant Professor
Iran University of Science & Technology

Abstract

The application of statistical modelling techniques so called as Structural Equation Modelling (SEM) to an industrial case, is the main objective of this paper. SEM is a powerful modeling technique that can combine complex path models with latent variables (factors). The basic elements involved in SEM, like factor analysis specially confirmatory kind of it, are illustrated. In a modelling process the conceptual framework of "The Impact of CAD/CAM/CAE Virtual Integration on Organization's Survival" is modeled using SEM. The developed model is tested on using the data from automative manufacturing organizations of IRAN. Symbolic presentation of the theoretical model and testing is done using one of the powerful software of SEM called LISREL.

Keywords

Structural Equation Modeling (SEM), Confirmatory Factor Analysis (CFA), LISREL, Fit Statistics

مقدمه

یکی از فنون مدلسازی آماری که اخیراً از حوزه علوم روانشناسی و رفتاری وارد حوزه مدیریت و سازمان شده است، SEM می‌باشد. SEM فن مدلسازی آماری است که برای افزایش قابلیت اطمینان و افزایش میزان صحت و قدرت تحلیل ریاضی، فنون آماری دیگری همچون تجزیه و تحلیل عاملی[۲]، رگرسیون چند متغیره[۳]، و تجزیه و تحلیل مسیر[۴]، را طی فرآیندی ساختاریافته، ترکیب نموده است[۱]. تمرکز عمدهٔ SEM روی متغیرهای پنهان یا نامشهود مطرح در مدلهای تئوریک است که توسط معرّف‌های اندازه‌پذیر[۵] تعریف می‌شوند [۲]. توسط این فن می‌توان روابط علّت و معلولی میان متغیرهایی که به طور مستقیم قابل مشاهده نیستند را با معرّف‌های دارای‌احتمال خطا استنتاج‌نمود و میزان همبستگی و شدت اثرگذاری هر یک بر دیگری را مورد تحلیل قرار داد[۳].

در SEM ساختاری فرضی از روابط علّت و معلولی میان متغیرهای پنهان و معرّف‌های قابل اندازه‌گیری، بعنوان مدل یا نظریه اولیه توسط محقق مطرح می‌شود. سپس برازش و میزان انطباق این نظریه با داده‌های تجربی مورد آزمایش قرار می‌گیرد. با بهره‌گیری از توانمندی‌های نهفته در تجزیه و تحلیل‌های آماری SEM، ممکن است نظریه اولیه تایید یا رد، یا تصحیح گردد. ازاینرو SEM را می‌توان فن آزمون نظریه قلمداد نمود[۴]. برای زمینه‌سازی گسترده‌تر در بهره‌برداری این ابزار در حوزه مهندسی، شکافتن ابعاد گوناگون این فن ضرورت دارد.

برای شناخت این فن‌مدلسازی، لازم است روش «تجزیه و تحلیل عاملی» و دو رویکرد اصلی آن شناخته شوند. در نوشته جاری ضمن اینکه نکته مزبور مورد عنایت قرار گرفته نمایش مدلهای SEM در راستای انجام یک مطالعه موردی بهره‌برداری شده است. نرم‌افزار لیزرل، یکی از نرم‌افزارهای قدرتمند SEM، نیز مورد تعمق قرار گرفته است.

۱ـ تجزیه و تحلیل عاملی

تجزیه و تحلیل عاملی شامل گستره‌ای از تحلیل‌های همبستگی می‌باشد که، برای بررسی روابط درونی میان متغیرها طراحی شده است [۵]. آقای دانیل[۶] در سال ۱۹۸۳ بیان می‌کند که، تجزیه و تحلیل عاملی برای بررسی ساختار کوواریانسی مجموعه‌ای از متغیرها طراحی شده است [۶]. این نوع تجزیه و تحلیل عاملی توضیحاتی درخصوص ارتباط میان متغیرها بیان می‌کند به گونه ای که، آن متغیرها تحت تعداد کمتری از متغیرهای پنهان نامشهود بنام «عامل‌ها» دسته‌بندی می‌شوند. تجزیه و تحلیل عاملی نوعی دسته‌بندی متغیرهای اندازه‌پذیر مشهود تحت متغیرهای نامشهودی بنام «ساخت‌های نظری»[۷] یا متغیرهای پنهان بنام «عامل‌ها» می‌باشد. برای مثال «بقاء سازمان» یک متغیر پنهان است که، بوسیله متغیرهای اندازه‌پذیری چون سودآوری، رقابت‌پذیری و بهره‌وری می‌تواند اندازه‌گیری شود[۷]. از اینرو «بقاء سازمان» یک متغیر پنهان یا یک ساخت فرضی و نظری است.

اولین رویه‌های تجزیه و تحلیل عاملی توسط آقای اسپیرمن[۸] در اوائل قرن ۲۰ مطرح شد [۸]. با ظهور کامپیوترها و استفاده از آنها در حل معادلات ماتریسی، محققان از این رویه‌ها استفاده فراوانی نمودند تا حدی که، آقای کرلینگر[۹] در سال ۱۹۸۶ تجزیه و تحلیل عاملی را بعنوان یکی از قدرتمندترین ابزارهای بررسی علوم رفتاری قلمداد کرد[۹].

۲ـ تجزیه و تحلیل عاملی اکتشافی[۱۰] EFA

دو روش تجزیه و تحلیل عاملی وجود دارد: اکتشافی و تاییدی.

در روش تجزیه و تحلیل اکتشافی یا EFA محقق با بررسی داده‌های تجربی، تعداد عامل‌ها و ماهیت آنها را مشخص کرده و بدین وسیله کوواریانس میان متغیرهای اندازه‌پذیر را بررسی می‌نماید. با مشخص شدن «عوامل» که در واقع همان«ساخت‌های فرضی» و متغیرهای پنهان می‌باشند، محقق مدل و نظریه نهایی را شکل می‌دهد. از اینرو EFA یک روش «مولد تئوری» است نه «آزمون کنندهٔ تئوری» [۱۰].

در روش تجزیه و تحلیل اکتشافی یا EFA محقق با بررسی داده‌های تجربی، تعداد عامل‌ها و ماهیت آنها را مشخص کرده و بدین وسیله کوواریانس میان متغیرهای اندازه‌پذیر را بررسی می‌نماید. با مشخص شدن «عوامل» که در واقع همان متغیرهای

پـنهان می‌باشند محقق مدل و نظریه نهایی را شکل می‌دهد. از اینرو EFA یک مولد تئوری است نه آزمون کننده تئوری [۱۰]. در فرآیـند تعییـن ایـن مطلـب که آیا «عوامل» شناسایی شده در قالب یک مدل با هم همبستگی دارند یا خیر، مسئله «اعتبار عوامـل» مطـرح می‌شود: آیا نمرات و اعداد در یک آزمون واقعاً آنچه آزمون قرار بود اندازه بگیرد را، مورد سنجش قرار می‌دهد؟ محققین مختلفی دیدگاه‌های انتقادی متفاوتی نسبت به EFA ابراز داشته‌اند از جمله؛

۱ـ در آن «روشهای بهینه عقلانی برای استخراج دانش از تجربه بدون فرضیات اولیه وجود ندارد» [۱۱] .

۲ـ مـدل تجـزیه و تحلـیل عاملی معمولاً مدلی خطی است، و برای انواع مشخصی از داده‌ها مناسب است. بسیاری از روابط علّی غیرخطی هستند. تحمیل رابطه خطی ممکن است نتایج غلطی را بوجود آورد[۱۲].

۳ـ نظـریه‌هـای استخراج مفاهیم از داده‌های تجربی و رویه‌های دوران[۱۱] یا تفسیر یکی دیگر از مشکلات روش EFA می‌باشد که، ممکـن اسـت موجـب نتایج غلط شود. اگر فرضیه فردی غلط باشد و به سراغ واقعیت بیرونی برود، روش EFA عکس العمل مناسبی برای انعکاس نادرستی فرضیه دربر نخواهد داشت. چرا که EFA فقط برای تطابق دادن یا برازش داده طراحی شده اسـت. بـه عبارتـی مـی‌تـوان گفـت کـه، EFA بجای تصدیق «دانشِ» تولید شده، فقط فرضیه پیشنهاد می‌کند، و در مورد درستی دانش کسب شده کاری انجام نمی‌دهد.

۴ـ مشـکل دیگـر EFA تفسیر نتایج است. تفسیر عوامل اندازه‌گیری شده بوسیله تعدادی متغیر، غالباً پیچیده است [۱۳]. آقای مولـیاک[۱۲] در سـال ۱۹۷۲ بـیان کـرد که، مشکل تفسیر غالباً در EFA وجود دارد، زیرا محقق فاقد دانش قبلی بوده از اینرو مبنایی که بر اساس آن تفسیر صورت گیرد، وجود ندارد.

۵ـ روش EFA بطـور کلـی راه حلهـای بهیـنه بـرای عوامل یا تفسیرهای منحصر بفرد برای آنها ارائه نمی‌دهد. از اینرو، تصدیق نـتایج مشکل است. در عمل، روش EFA فرضیه‌هایی برای تحقیق بیشتر را ارائه می‌دهد، اما باید توجه داشت که EFA تنها راه رسیدن به فرضیات جدید نیست. تجربه شخصی و مستقیم فرد برای پیشنهاد فرضیات کافی می‌باشد.

۳ـ تجزیه و تحلیل عاملی تاییدی CFA[۱۳]

CFA یـک «آزمـون نظریه» است. در CFA محقق با یک فرضیه قبلی شروع به تحلیل داده‌های تجربی می‌کند. این مدل یا فرضـیه، مشـخص مـی‌کـند کـه کـدام متغیرهای اندازه‌پذیر با «عوامل» در ارتباط بوده، و کدام عامل‌ها با هم همبستگی دارند. فرضـیه اولـیه بر یک اساس تجربی و نظری محکم استوار است[۱۴]. در این روش محقق قادر است بطور صریح فرضیات مربوط به ساختارهای عاملی داده را آزمایش کند.

در CFA پـس از مشخص شدن یک سری عوامل قبلی، تلاش می‌شود تا ساختارهای عاملی نظری و مشهود با مجموعهٔ داده تطـابق داده شـود تـا «خوبـی بـرازش» مـدل اولـیه تعییـن گردد. به اعتقاد آقای گورساچ[۱۴] در سال ۱۹۸۳، روش CFA بسیار قدرتمندتر از EFA می‌باشد. EFA فقط درحوزه‌هایی‌که صرفاً اکتشافی است و هیچ تحلیل قبلی‌لازم نیست مناسب است[۱۵].

٤ـ آماره‌های برازشی[۱۵]

آمـاره‌هـای برازشـی مـیزان خوبـی بـرازش مدلهای رقیب با داده واقعی را آزمایش می‌کنند. CFI[۱۶] ، GFI [۱۷] و مربع کای[۱۸] نمونه‌هایی از آماره های برازش می‌باشند، که، در بررسی‌های علمی بطور گسترده مورد بهره‌برداری محققین قرار گرفتـــه است [۱۵].

۵ـ مربع کای

«مـربع کـای» ایـن فرضیه را آزمایش می‌کند که، کوواریانس مدل نظری، با کوواریانس داده‌های واقعی سازگار است. هرچه مـربع کـای کوچکـتر باشـد برازش مدل با داده واقعی بهتر است. در واقع، مربع کای «بدی برازش»[۱۹] مدل را بیان می‌کند. باید عنایت داشت که مربع کای به اندازهٔ نمونه حساس است[۱۶].

GFI و AGFI

شـاخص خوبـی بـرازش یـا GFI معادل R2 در رگرسیون چندگانه است. هر چه GFI به ۱ نزدیک باشد، برازش مدل با داده بهـتر اسـت. AGFI بر مبنای تصحیح تعداد درجات آزادی در یک مدل اندازه گرفته می‌شود. GFI و AGFI نسبت به مربع کای به اندازهٔ نمونه حساسیت کمتری دارند.

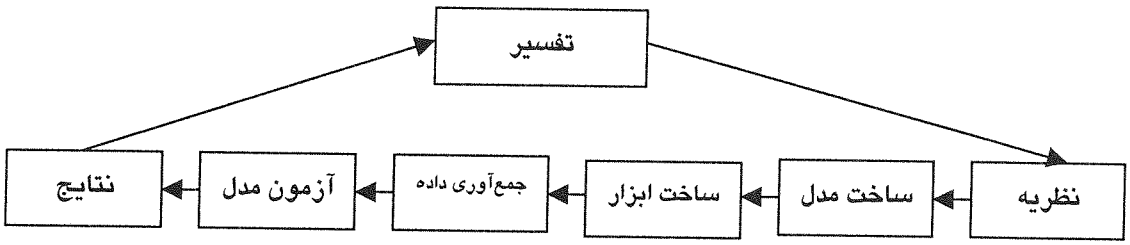
تفسیر خروجی‌های CFA

بـاید توجه کرد که، ممکن است چندین مدل با مجموعه‌ای مشخص از داده‌ها برازش داشته باشند[۱۷]. بنابراین، پیداکردن یـک مـدل بـا بـرازش خوب به معنای یافتن تنها مدل یا مدل بهینه نیست. چون شاخص‌های گوناگون برازش وجود دارد، بهتر اسـت همـزمان چندیـن آمـارهٔ بـرازش را برای یافتن خوبی برازش مدل استفاده کرد[۱۸]. وقتی نتیجهٔ تجزیه و تحلیل عاملی تاییـدی یا CFA عدم برازش ساختار عاملی مشاهده شده با ساختار نظری است، محقق باید راه‌های بهبود مدل را از طریق آزاد کـردن برخـی پارامترها بپیماید. برنامه‌های کامپیوتری با تغییردادن پارامترها، هر یک در یک زمان، مدل را بهبود می‌بخشند تا با داده تطابق داشته باشد.

۶ـ رویکرد اصلی برای انجام یک تجزیه و تحلیل SEM

آزمـون تئوری در فن مدلسازی آماری SEM که در شکل ۱ به تصویر کشیده شده، با بکارگیری روش CFA انجام می‌گیرد. محقـق یـک مدل نظری را مشخص ساخته، سپس تعیین می‌کند که چگونه «ساخت‌ها»[۲۰] را اندازه گرفته، داده‌ها را جمع‌آوری کـرده، و سپس آن‌ها را درون سیستم SEM قرار دهد. سیستم محاسباتی SEM داده‌ها را با مدل مشخص شده تطبیق نموده، و نتایج را تولید می‌کند. این نتایج شامل آماره‌های برازش مدل و تخمین‌های پارامتری می‌باشد.

ورودی تجـزیه و تحلـیل، یک ماتریس کوواریانس از متغیرهای اندازه‌گیری شده است. با این حال، برخی اوقات ماتریس‌های همبسـتگی یـا میانگیـن‌هـا هـم بکـار می‌روند. در عمل، تحلیل‌گر فقط داده‌های خام را به سیستم SEM می‌دهد، و سپس این داده‌ها به ماتریس کوواریانس یا میانگین تبدیل می‌شوند.



شکل (۱) رویکرد اصلی برای انجام یک تجزیه و تحلیل SEM.

نتایج حاصل عبارت‌اند از، شاخص‌های کلی برازش مدل بعلاوهٔ تخمین‌های پارامتری، خطاهای استاندارد، و آمار آزمون برای هر پارامتر آزاد درون مدل [۱۹].

۷ـ مطالعه موردی

یکـی از مدلهای تئوریک که طی پژوهشی میدانی برای شناسائی عوامل تعیین کننده بقاء در سازمان‌های تولیدی باید مورد آزمون قرار می‌گرفت، مدل سنجش میزان تاثیر یکپارچه‌سازی مجازی[۲۱]، فعالیت‌های طراحی[۲۲]، تولید[۲۳] و مهندسی[۲۴] به کمک کامپـیوتر بـر بقـاء سـازمان تولـیدی می‌باشد. بر اساس ادبیات تحقیق، دوازده متغیّر فنّی، مدیریتی، فرهنگی، امنیتی، اقتصادی، انعطـاف‌پذیـری، کیفیـت، زمـان، هزینه، بهره‌وری، سودآوری، و رقابت‌پذیری در شکل‌گیری یکپارچه‌سازی مجازی و تاثیر آن بر تامین اهداف تولید و بقاء سازمان نقش کلیدی داشتند [۲۰].

بـا اسـتفاده از مبانـی تـئوریک و ادبـیات مذکور، عمل تجزیه و تحلیل عاملی CFA روی این متغیّرهای مشهود انجام شد، و همگی آنها توسط ۳ عامل یا «متغیر پنهان» به شرح ذیل تحت پوشش قرار گرفتند:

متغـیرهای فنـی ـ مدیریتـی، فرهنگـی، امنیتـی، اقتصـادی بعـنوان ابعاد و معرّف‌های متغیر پنهان «یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE». متغـیرهای انعطـاف‌پذیـری، کیفیـت، زمان، و هزینه بعنوان ابعاد و معرّف‌های متغیر پنهان «درجه تامین اهـداف تولیدی». متغیرهای بهره‌وری، سودآوری، و رقابت‌پذیری نیز بعنوان ابعاد و معرف‌های متغیر پنهان «بقاء سازمان» تحت پوشش قرار گرفتند. فرضیه‌های مدل چنین بودند:

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

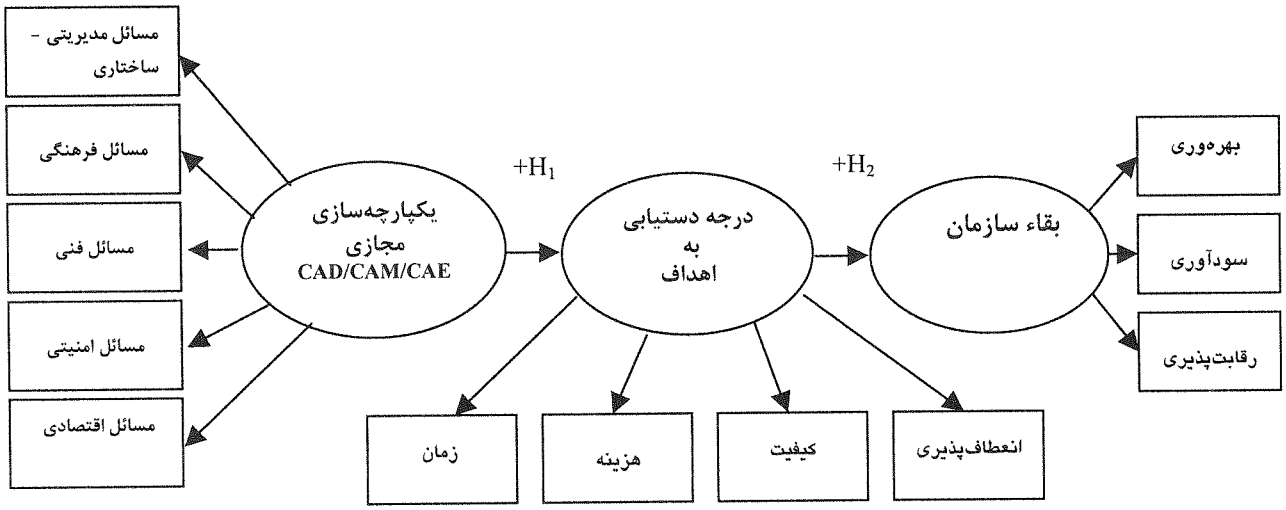
(فرضیه ۲) H2: «درجه دستیابی به اهداف تولیدی» در سازمانی که از یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE بهره می‌گیرد، بر «بقاء سازمان» بطور مثبت اثر دارد.

۸ـ استفاده از نرم‌افزار لیزرل LISREL برای نمایش و آزمون مدل

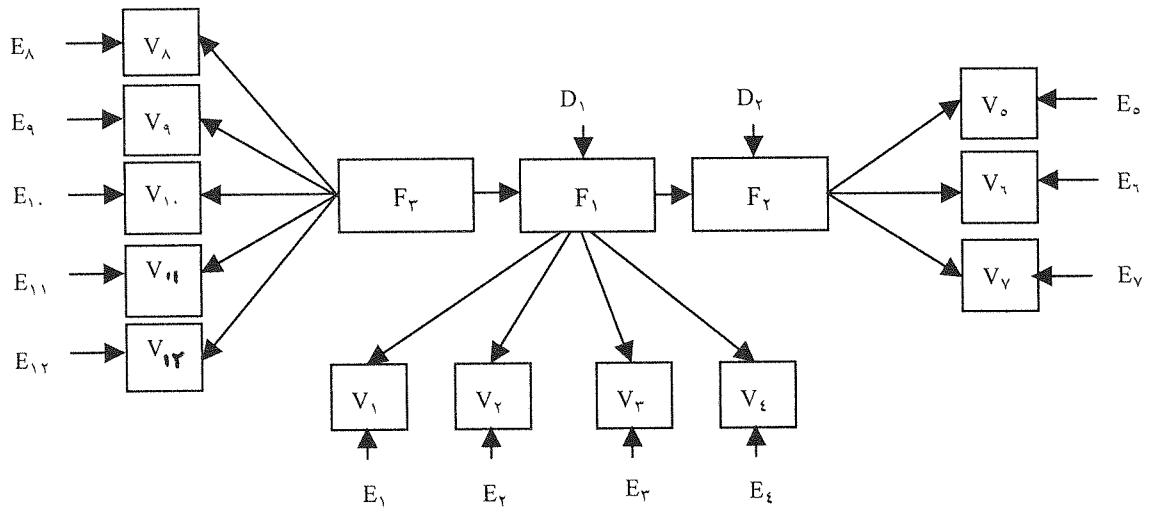
پس از مشخص شدن عامل‌ها یا متغیرهای پنهان و معرف‌های آنها، نرم‌افزار LISREL 8.5 [۲۵] بعنوان یکی از معروف‌ترین نرم‌افزارهای SEM انتخاب شد تا نمایش و آزمون مدل توسط آن صورت گیرد. این نرم‌افزار توسط آقای جورسکوگ[۲۶] و سوربوم در دانشگاه آپسالا[۲۷] برای آزمون مدلهای تئوریک با بهره‌گیری از داده‌های واقعی ایجاد شد [۲۱].

نرم افزار لیزرل بمنظور بررسی نیکویی برازش مدل تئوریک با داده‌های بدست آمده، نیازمند ماتریس کوواریانس متغیرهای اندازه‌گیری است. لذا، داده‌های جامعه آماری مورد مطالعه [۲۰] ابتدا وارد نرم‌افزار آماری SPSS 9.0 شده و ماتریس همبستگی ۱۲ متغیر مدل تحقیق حاصل می‌شود. این ماتریس توسط بخشی از نرم‌افزار لیزرل بنام PRELIS به ماتریس کوواریانس ۱۲ متغیر مذکور تبدیل می‌گردد.

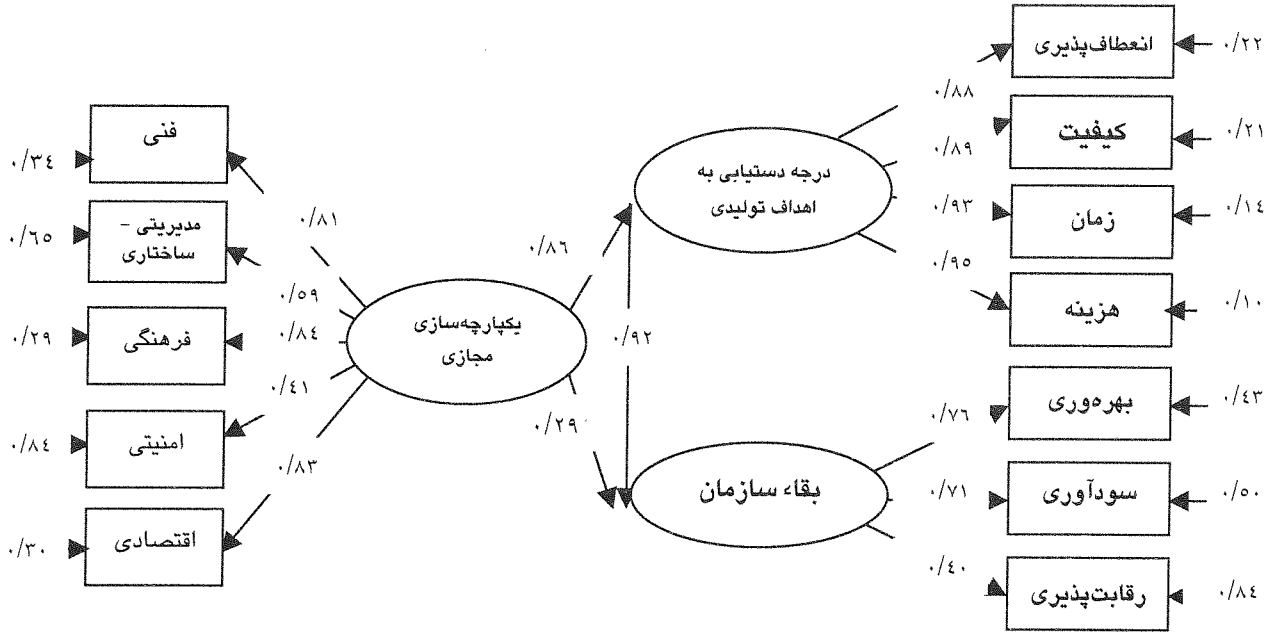
چهارچوب مفهومی بصورت یک مدل تئوریک در شکل ۲ و نمایش آن در قالب فن مدلسازی آماری SEM[۲۸] در شکل ۳ و مدل نهایی حاصل از اجرای لیزرل در شکل ۴ ارائه شده است:



شکل (۲) مدل مفهومی اولیه.



شکل (۳) مدل مفهومی در قالب روش مدلسازی SEM که ارتباط میان مؤلفه‌های آشکار و پنهان در بقاء سازمان را ترسیم کرده است.



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

شکل (٤) مدل نهایی آزمون شده پس از بهره‌گیری از نرم‌افزار لیزرل.

۹ـ 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 [۲۲، ۲۳] و نشان می‌دهد که مدل تئوریک با واقعیت‌های تجربی برازش کلّی مناسبی دارد.

در مدلهای SEM هر چقدر مقادیر روی کمان‌ها که به بارگذاری‌های عاملی یا همبستگی‌ها معروف هستند، به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، قابلیت اطمینان و اعتبار مدل تئوریک بالاتر است. ادبیات SEM بیان می‌دارد که ضریب بارگذاری ۰/۵ حداقل مقداری است که می‌توان به معناداری رابطهٔ میان دو متغیر اطمینان حاصل کرد [۲۴]. برخی از صاحبنظران SEM این حد پایین را ۰/۷ می‌دانند [۲۵].

در مـدل نهایـی ارتباط مستقیمی نیز میان عامل «یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE» و «بقاء سازمان» وجود دارد که، در مدل مفهومی اولیه ترسیم نشده بود. این اصلاح مدل توسط لیزرل صورت گرفته و معنای آن این است که مؤلفه‌هایی از «یکـپارچه‌سـازی مجازی CAD/CAM/CAE» با مؤلفه‌هایی از «بقاء سازمان» همبستگی بسیار ضعیفی دارند که، در مدل اولیه در نظر گرفته نشده بود.

۱۰ـ خلاصه و نتیجه‌گیری

فن مدلسازی آماری بنام SEM بمنظور آزمون مدلهای تئوریک ساخته شده در حوزه فنی و مهندسی به خدمت گرفته شد. در ایـن حـوزه کاربـرد بـیان شد که SEM از فنون دیگری چون تجزیه و تحلیل عاملی تاییدی و رگرسیون چندگانه، و تجزیه و تحلـیل مسیر جهت مدلسازی روابط علّی میان متغیرهای پنهان و مشهود و نوشتن معادلات مسیر آنها استفاده می‌کند. در این نوشـتار مـدل تئوریک «سنجش تاثیر یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE بر بقاء سازمان تولیدی» با استفاده از داده‌های تجربی توسط SEM مورد آزمون قرار گرفته و اعتبار کلّی آن تایید گردید.

زیرنویسها

1-Structural Equation Modeling (SEM)
2- Factor Analysis
3-Multiple Regression
4- Path Analysis
5-Indicators
6- Daniel
7-Theroretical Construct
8- Spearman
9- Kerlinger
10- Exploratory Factor Analysis (EFA)
11- Rotation
12- Muliak
13- Confirnative Factor Analysis (CFA)
14- Gorsuch
15- Goodness-of-Fit
16- Comparative-Fit-Index (CFI)
17- Goodness-of-Fit-Index (GFI)
18- chi- Square
19- Baddness of Fit
20-Constructs
21- Virtual Integration
22- Computer – Aided Desgin /CAD
23- Computer – Aided Manufacturing / CAM
24- Computer – Aided Engineering/CAE
25-Linear Structural RELations
26- Jorskog
27- Apsala
28- Structural Equation Modeling (SEM)

مراجع

[1] Scott MacLean, Kevin Gray, "Structural Equation Modeling in Market Research", Journal of the Australian Market Research Society (1998).
[2] T.M. Bechger, "An Introduction to Structural Equation Modeling", Family Science Review, 11,354-373.
[3] Lee, S. and S. Hershberger, "A Simple Rule for Generating Equaivalent Models in Covariance Structure Modeling", Multivariate Behavioral Research, Vol. 25:313-334.
[4] Goerge A.Marcoulides, "Structural Equation Modeling", California State University, Fullerton.
[5] Gorsuch, R.L., "Factor Analysis (2nd ed.)", Hillsdale, NJ:Lawerence Earlbaum Associates, 1983.
[6] Daniel, L.G., "Comparisons of Exploratory and Confirmatory Factor Analysis", Paper Presented at the Meeting of the Southwest Educational Research Association, Little Rock. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 314447), Nov 1989.
[7] Ram Navasimhan, Jayaram, "Casual Linkages in Supply Chain Management", Decision Science Vol. 29, No 3, 1998.
[8] Spearman, "General Intelligence:, Objectively Determined and Measured", American Journal of Psychology, 15,201-293, 1904.
[9] Kerlinger, F.N., "Foundations of Behavioral Research (3rd ed.)", Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1986.
[10] Stevens, "Applied Multivariate Statistics for the Analysis", Beverly Hills: Sage Publications, 1996.
[11] Mulaik, S.A, "The Functions of Factor Analysis. New York", McGraw Hill, 1972.
[12] Valpola, H., "Bayesian Ensemble Learning for Nonlinear Factor Analysis", Acta Polytechnica Scandinavica, Mathematics and Computing Service No. 108, ESP00, 2000.
[13] Nunnally, J., "Psychometric Theory (2nd ed.)", New York:McGraw Hill, 1978.
[14] Bollen, K.A, & Long, J.S., "Testing Structural Equation Models", Newbury Park, CA: Sage., 1993.

[15] Gillaspy, J.A., "A Primer on Confirmatory Factor Analysis", Paper Presented at the Annual Meeting of the Southwest Educational Research Association, New Orleans. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 395 040), Jan 1996.
[16] Joreskog, K.G., & Sorbom, D, "LISREL VI: Analysis of Linear Structural Relationships by Maximum Likelihood, Instrumental Variables, and Least Squares Methods (4th ed.)", Uppsula, Sweden: University of Uppsula Department of Statistics, 1986.
[17] Biddle, B.J., & Marlin, M.M., "Causality, Confirmation, Credulity, and Structural Equation Modeling", Child Development, 58, 4-17, 1986.
[18] Campbell, T.C., Gillaspy, J.A., & Thompson B., "The Factor Structure of the Bem Sex-Role Inventory (BSRI)): A Confirmatory Factor Analysis", Paper Presented at the Document Reproduction Service No. ED 380 491, 1995.
[19] Lawrence Elbaum Associates, Inc. "Structural Equation Modeling with AMOS: Basic concepts, Applications, and Programming".
[۲۰] دکتر رضا حسنوی، «مدل سنجش میزان یکپارچه‌سازی مجازی CAD/CAM/CAE بربقاء سازمان تولیدی»، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه علم و صنعت، اسفند ۱۳۸۱.
[۲۱] دکتر محمود قاضی طباطبائی، «روشهای لیزرل و ساختار آنها»، نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران، سال هفتم، شماره اول، بهار ۱۳۸۰.
[22] Garson, "Structural Equation Modeling", 1/2/1997. www2.chass.ncsu.edu/garson/pa765.
[23] Bentler, P.M. "EQS: Structural Equation Program Manual, Version 3.0", Los Angeles: BMDP Statistical Software Inc., 1989.
[24] David Gefen, "Structural Equation Modeling and Regression: Guides For Research Practice", Association for Information System,Vol 4,Article 7,Oct.2000.
[25] Mathieu Ouimet, "Factor Loading", Political Science Department, University Laval, Feb 2003.