مقاله مروری

مدل‌یابی معادلات ساختاری در پژوهش‌های مرتبط با آموزش علوم سلامت: معرفی روش و کاربرد آن

موسی علوی*

چکیده

مقدمه: مطالعات مرتبط با علوم انسانی به ویژه آموزش علوم سلامت مملو از موقعیت‌هایی است که پژوهشگران به بررسی روابط بین متغیرهای مختلف پرداخته و یا این که متمایلند برازش کلی یک مدل نظری را با داده‌های حاصل از جامعه مورد مطالعه خود ارزیابی نمایند. این مقاله، روش و کاربرد مدل‌یابی معادلات ساختاری در پژوهش‌های مرتبط با آموزش علوم سلامت را معرفی نموده است.

روش‌ها: اطلاعات این مطالعه مروری با استفاده از مرور و خلاصه‌سازی مقالات و کتب مرتبط و از طریق جستجوی هدف‌مند کتابخانه‌ای (جهت دستیابی به کتب) و منابع الکترونیکی شامل موتور جستجوگر گوگل و بانک‌های اطلاعاتی (جهت دستیابی به کتب و مقالات) به دست آمد.

نتایج: پژوهشگران عرصه آموزش علوم سلامت قادرند تا با استفاده مدل‌یابی معادلات ساختاری و با کمک نرم‌افزارهای موجود به مناسب بودن مدل‌های مفهومی یا کاربرد آن در جامعه مورد مطالعه پی ببرند. گام‌های کلی که پژوهشگران لازم است مدنظر قرار دهند شامل قالب‌بندی مطالعه، کنترل از نظر برقرار بودن مفروضات اجرای مدل معادله ساختاری، بررسی برازش و اصلاح مدل، و تفسیر مناسب یافته‌ها می‌باشد.

نتیجه‌گیری: مدل‌یابی معادلات ساختاری به دلیل دارا بودن قابلیت‌های متعدد و نیز غلبه بر محدودیت‌های روش‌های سنتی، کاربردهای بسیاری در مطالعات مرتبط با علوم انسانی و به ویژه آموزش علوم سلامت دارد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌یابی معادلات ساختاری، آموزش علوم سلامت، مطالعه مروری

مجله ایرانی آموزش در علوم پزشکی/ شهریور ۱۳۹۲؛ ۱۳(۶): ۵۱۹ تا ۵۳۰

مقدمه

مدل‌یابی معادله ساختاری (structural equation modeling: SEM) یک تکنیک تحلیل چند متغیری کلی و بسیار نیرومند از خانواده رگرسیون چند متغیری و به بیان دقیق‌تر بسط مدل خطی کلی (General linear model) است که به پژوهشگر امکان می‌دهد مجموعه‌ای از معادلات رگرسیون را به گونه همزمان مورد آزمون قرار دهد(۱) و به بررسی همزمان روابط بین متغیرهای مختلف بپردازد(۲). اهمیت این تکنیک در پژوهش‌های علوم انسانی و آموزش علوم سلامتی از آنجاست که غالباً در این حوزه از مطالعات، پژوهشگران به بررسی روابط بین متغیرهای مختلف در قالب مدل یا شبکه‌ای از روابط می‌پردازند؛ بنابراین آنان، مبتنی بر فرضیه‌های

*نویسنده مسؤول: دکتر موسی علوی (استادیار)، مرکز تحقیقات مراقبتهای پرستاری و مامایی، دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران. m_alavi@nm.mui.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۴/۲۸، تاریخ اصلاحیه: ۹۱/۸/۲، تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۱۳

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]

خود در مورد روابط بین متغیرها، شمای کلی از این روابط را در قالب مدلی از پیش‌ساخته طراحی می‌نمایند(۳و٤). در چنین موقعیت‌هایی پژوهشگران با یک سؤال اساسی مواجه می‌شوند؛ این که آیا ساختار مدل پیش‌ساخته، در شرایط واقعی توسط داده‌ها حمایت می‌شود یا نه؟(۵). آنان از طریق مدل‌یابی معادلات ساختاری و با کمک نرم‌افزارهای موجود قادر خواهند بود به پاسخ سؤالات خود دست پیدا نماید.

مدل‌یابی معادلات ساختاری اولین بار در اوایل سال ۱۹۰۰ میلادی به دنبال مطالعات اسپیرمن و رایت (Spearman & Wright) پای به عرصه پژوهش نهاد؛ با این وجود تا سال ۱۹۸٤ هیچ کتاب مرجعی در این موضوع منتشر نشد. کاربرد این روش در پژوهش‌های مرتبط با آموزش از سال ۱۹۸۰ روند رو به رشدی را در پیش گرفت(٦). پس از آن متعاقب گسترش نرم‌افزارها، پژوهشگران به سمت استفاده از این تکنیک در مطالعات خود روی آوردند. استفاده از این تکنیک در مقالات چاپ شده حوزه علوم انسانی از تعداد ١٦٤ مورد در سال ۱۹۹٤ به ۳٤۳ مورد در سال ۲۰۰۰ رسید و پس از آن به سرعت رو به افزایش نهاد(۷).

مروری بر متون گویای آن است که امروزه پژوهشگران علوم انسانی مدل‌یابی معادلات ساختاری را به عنوان تکنیکی مناسب برای آزمون روابط پیچیده بین متغیرهای انسانی و نیز غلبه بر محدودیت‌های مربوط به روش‌های سنتی تحلیل برگزیده‌اند(۸ تا۱۱). برخی مطالعات چاپ شده در حوزه آموزش علوم سلامت در ایران(۱۲تا۱٤) گویای آشنایی پژوهشگران ایرانی با کاربرد این تکنیک در پژوهش‌های مرتبط با آموزش است؛ با این وجود محدود بودن استفاده از این تکنیک مفید در پژوهش‌های منتشر شده در این حوزه، ضرورت آشنایی بیشتر پژوهشگران با روش و کاربرد مدل‌یابی معادلات ساختاری را می‌رساند. لذا این مطالعه مروری سعی دارد بر پایه گردآوری و خلاصه‌سازی متون مرتبط، روش و کاربرد مدل‌یابی معادلات ساختاری در پژوهش‌های مرتبط با علوم انسانی و به ویژه آموزش علوم سلامت را معرفی نماید.

روش‌ها

اطلاعات این مطالعه مروری با استفاده از مرور و خلاصه‌سازی مقالات و کتب مرتبط و از طریق جستجوی هدف‌مند کتابخانه‌ای (جهت دستیابی به کتب) و منابع الکترونیکی شامل موتور جستجوگر گوگل و بانک‌های اطلاعاتی PubMed -Elsevier -SID با استفاده از کلمات کلیدی مدل‌یابی معادلات ساختاری، و آموزش علوم سلامت به دست آمد.

نتایج

پژوهشگران عرصه علوم انسانی و آموزش علوم سلامت قادرند تا با استفاده از مدل‌یابی معادلات ساختاری به مناسب بودن مدل‌های مفهومی یا کاربرد آن در جامعه مورد مطالعه پی ببرند. یافته‌های این مطالعه مروری در قالب معرفی مفهوم و گام‌های کلی که پژوهشگران لازم است مدنظر قرار دهند و نیز کاربردها و محدودیت‌های این روش ارائه شده است.

مفهوم مدل‌یابی معادلات ساختاری

مدل‌یابی معادلات ساختاری یک روش منفرد آماری نیست؛ بلکه به خانواده‌ای از فرآیندهای مرتبط اطلاق می‌شود و در ادبیات موجود، معادل‌های متفاوتی از جمله تحلیل ساختار کوواریانس، مدل‌یابی ساختار کوواریانس و مدل‌یابی علیتی (Causal Modeling) نیز برای معرفی آن به کار رفته است(۵).

دلیل کاربرد وسیع و محبوبیت این تکنیک در بین پژوهشگران علوم سلامت و آموزش پزشکی این است که علاوه بر فراهم نمودن یک روش کمی برای آزمون نظریه، بر دشواری تحلیل روابط بین متغیرها در پژوهش‌های انسانی فائق آمده(۱۵) و برخلاف مدل‌های خطی مورد

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]

استفاده در روش‌های سنتی (همانند رگرسیون چندگانه)، قادر است خطای اندازه‌گیری را نیز برآورد نماید(۲).

با این وجود پژوهشگران نیاز دارند تا قبل از به کارگیری تکنیک، اطلاعات وسیعی را در مورد روابط بین متغیرهای تحت مطالعه در اختیار داشته باشند؛ از جمله این که کدام متغیر/متغیرها بر کدام یک از متغیر/متغیرهای دیگر تأثیر می‌گذارند و جهت این تأثیرگذاری چگونه است. این یک امر ساده نیست؛ به ویژه این که برخی از متغیرهای مورد علاقه و استفاده پژوهشگر در مدل پیشنهادی، به طور مستقیم قابل مشاهده و اندازه‌گیری نیستند؛ و پژوهشگر مجبور (یا علاقه‌مند) است که اندازه‌های مربوط به این متغیرهای مکنون یا پنهان (Latent variables) یا عامل‌ها (Factors) و یا به اصطلاح دیگر، سازه‌ها (Constructs) را از روی تعداد بیشتری از متغیرهای قابل مشاهده (Observable variables) یا شاخص‌ها (Indicators) برآورد نماید(۱۶).

مثال این حالت زمانی است که پژوهشگری بخواهد صلاحیت بالینی دانشجویان، که یک متغیر مکنون است، را توسط متغیرهای قابل مشاهده‌ای همانند مهارت‌های ارتباطی، مهارت‌های تکنیکی و توانایی استدلال که توسط چک‌لیست‌هایی در انتهای یک برنامه آموزش بالینی بررسی شده‌اند، برآورد نماید. تکنیک‌های آماری SEM از طریق محاسبه واریانس مشترک یا عمومی (Common variance) بین متغیرهای آشکار این کار را انجام می‌دهند(۱۶).

در واقع محاسبه واریانس یا تغییر اندازه متغیرها، زیربنای بسیاری از تکنیک‌های آماری است. به عنوان مثال پژوهشگر در یک مطالعه تجربی علاقمند است با ایجاد تغییر در متغیر مستقل، میزان تغییرات ایجاد شده در متغیر وابسته را برآورد نماید. به همین ترتیب در مطالعات ارتباط‌سنجی (Correlation studies) علاقمند است با محاسبه سطوح طبیعی تغییر در یک یا چند متغیر، تغییرات ایجاد شده در سایر متغیرها را برآورد نماید. به این ترتیب ممکن است پژوهشگر نتیجه بگیرد که تغییرات ایجاد شده در یک یا چند متغیر به دلیل تغییر در سایر متغیرها است و یا بین آنها ارتباط منطقی وجود دارد.

در تکنیک مدل‌یابی معادلات ساختاری نیز تحلیل مشابهی صورت می‌گیرد؛ به طوری که پژوهشگر با مشاهده و محاسبه تغییرات هم‌زمان (واریانس مشترک) چند متغیر قصد دارد نتیجه بگیرد که احتمالاً عامل مشترکی تبیین‌کننده این تغییرات هم‌زمان است. در واقع واریانس مشترک در یک شاخص، بخشی از واریانس است که با سایر شاخص‌ها در اشتراک بوده و توسط یک یا چند عامل تبیین می‌گردد(۱۷).

با این وجود پژوهشگر همیشه نمی‌تواند به‌راحتی قضاوت کند که تغییرات یک یا چند متغیر مشخص تبیین‌کننده واریانس در متغیر یا متغیرهای موردنظر است؛ چرا که در مطالعات مربوط به علوم انسانی و به ویژه آموزش علوم پزشکی متغیرهای بی‌شماری وجود دارند که ممکن است از چشم پژوهشگر پنهان مانده و حتی ناشناخته بوده و تبیین‌کننده واریانس در متغیرهای مطلوب باشند. در مثال قبل، اگر سؤال پژوهشگر این باشد که چه چیزی تبیین‌کننده واریانس مهارت‌های ارتباطی دانشجویان است، او پی خواهد برد که بخشی از آن مربوط به تغییرات عامل صلاحیت بالینی است؛ که همان واریانس مشترک یا عمومی خوانده می‌شود و بخشی نیز منحصراً مربوط به تغییر در شاخص "مهارت‌های ارتباطی" دانشجویان است. البته چالش دیگری نیز وجود دارد، این که غالباً اندازه‌گیری متغیرهای انسانی همانند مهارت‌های ارتباطی با درجاتی از خطا همراه است که ممکن است مربوط به ابزار اندازه‌گیری، خطای پژوهشگر و یا تأثیر عوامل ناشناخته باشد.

از این منظر می‌توان واریانس مربوط هر شاخص یا متغیر آشکار را به دو بخش شامل الف)واریانس عمومی و ب)واریانس انحصاری (Unique variance) آن شاخص تقسیم نمود؛ که خود شامل ترکیبی از واریانس

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]

واقعی و واریانس خطا در شاخص اندازه‌گیری شده است. مدل‌یابی معادلات ساختاری و تکنیک‌های زیر مجموعه همانند تحلیل عاملی نقش تفکیک واریانس مربوط به هر شاخص را به عهده دارد(۱۷). این گونه عملیات با استفاده از نرم‌افزارهای مختلفی از جمله EQS، LISREL، Mplus، Amos، و Mx انجام می‌گیرد(۵).

اطلاعات مورد نیاز برای تحلیل در قالب پارامترهای مدل در اختیار نرم‌افزار قرار داده می‌شوند. پژوهشگرانی که قصد استفاده از تکنیک مدل‌یابی معادلات ساختاری را دارند لازم است به خوبی با این مفهوم آشنا باشند. پارامترهای مدل شامل ویژگی‌هایی از جامعه انسانی است که قرار است در تحلیل، برآورد شده و آزمون گردند(۱۵). نرم‌افزار، پارامترهای آشکار که توسط پژوهشگر فراهم شده را به کار می‌برد تا پارامترهای مکنون را با استفاده از آنها برآورد نماید. پارامترهای آشکار شامل ویژگی‌هایی هستند که پژوهشگر از نمونه‌ها جمع آوری کرده و پارامترهای مکنون نیز ویژگی‌هایی هستند که پژوهشگر انتظار دارد مدل طراحی شده و برازش یافته با داده‌ها، آن‌ها را نشان دهد.

روابط بین متغیرهای مکنون و متغیرهای آشکار در مدل از جمله پارامترهای موسوم به بارهای عاملی (Factor loadings) هستند که شامل ضرایب رگرسیونی برای پیش‌بینی متغیرهای آشکار با استفاده از متغیرهای مکنون هستند. پارامتر دیگر شامل واریانس عامل (Factor variance) است که همان واریانس مربوط به هر عامل در داده‌های حاصل از نمونه‌گیری است. پارامتر دیگر نیز شامل واریانس خطا (Error variance) است که نشان می‌دهد تغییرات مشاهده شده در متغیرهای آشکار علاوه بر تأثیر اعمال شده از طرف عامل مشترک، متأثر از سایر عوامل ناشناخته است. همچنین روابط (همبستگی یا کوواریانس) بین عامل‌ها از دیگر پارامترها هستند(۱۷). تحلیل مدل غالباً روی ماتریس واریانس-کوواریانس (variance-covariance matrix) به عنوان ورودی تحلیل صورت می‌گیرد که توسط نرم‌افزار از داده‌های خام وارد شده، تولید می‌گردد(۱۵). خروجی تحلیل نیز پارامترهای برآورد شده‌ای هستند که حاصل برازش یافتن داده‌های ورودی با مدل مشخص شده توسط پژوهشگر است.

از آنجایی که پارامترهای مدل (یا همان پارامترهای مکنون) باید از روی پارامترهای آشکار (ماحصل تحلیل اولیه نرم‌افزار روی داده‌های خام) برآورد گردند، لازم است تعداد پارامترهای آشکار بیش از تعداد پارامترهای مکنون باشند؛ یا به عبارت دیگر مدل باید مشخص (Identified) باشد؛ در غیر این صورت لازم است پژوهشگر در مدل خود تجدیدنظر نماید(۵).

گام‌های کلی که پژوهشگران برای اجرای این روش لازم است دنبال نمایند، شامل الف) قالب‌بندی مطالعه، ب) کنترل از نظر برقرار بودن مفروضات اجرای مدل معادله ساختاری، ج) بررسی برازش و اصلاح مدل، و د) تفسیر مناسب یافته‌ها هستند.

الف) قالب‌بندی مطالعه

یکی از ملاحظات مهم در شکل دهی پژوهش‌ها با کاربرد مدل‌یابی معادلات ساختاری، مشخص نمودن هدف یا سؤال پژوهش است؛ به طوری که مناسب‌ترین پاسخ را بتوان از طریق بهره‌گیری از این دسته از تکنیک‌های آماری فراهم آورد. پژوهشگر در ابتدا در پاسخ به سؤال اصلی مطالعه، بر پایه نظریه‌ها یا یافته‌های تجربی قبلی، فرضیاتی در رابطه با روابط بین متغیرها یا سازه‌ها ارائه می‌دهد و سپس به آزمون این روابط در قالب مدل می‌پردازد(۷). سؤال اصلی مطالعه این خواهد بود که آیا مدلی که بر اساس فرضیه‌هایی از روابط بین متغیرها طراحی و پیشنهاد شده، بر داده‌های حاصل از جامعه مورد مطالعه منطبق است؛ به سخن دیگر آیا مدل در آن جامعه از نظر آماری حمایت می‌شود؟

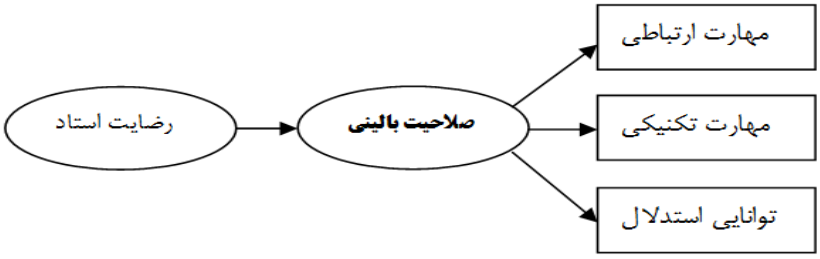
به طور کلی در مدل‌های ساده (متشکل از تعداد اندک متغیر) مطرح ساختن سؤالات ویژه پژوهشی ترجیح داده

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]

می‌شود؛ اما در مدل‌های پیچیده‌تر، ترسیم دیاگرام با مشخص نمودن روابط مورد انتظار بین متغیرها (که نماینده فرضیه‌های پژوهش هستند) ضروری است(۱۶). در دیاگرام، معمولاً متغیرهای مکنون یا همان عامل‌ها با اشکال هندسی بیضی یا دایره و متغیرهای آشکار یا شاخص‌ها با مربع یا مستطیل نمایش داده می‌شوند. همچنین روابط یکطرفه (علیتی) بین متغیرها با استفاده از فلش‌های یکطرفه و روابط دو طرفه (همبستگی و کوواریانس) با استفاده از فلش‌های دو طرفه(شکل۱) ترسیم می‌گردند(۲).

یک مدل معادله ساختاری شامل دو بخش است (۱۸): بخش اول شامل مدل اندازه‌گیری (Measurement model) است که رابطه بین متغیرهای آشکار (اندازه‌گیری شده) و متغیرهای مکنون (برآورد شده یا عامل‌ها) را تعریف می‌کند. در یک مدل ساده اندازه‌گیری، یک متغیر مکنون وجود دارد که زیربنای سه متغیر آشکار است. مثال این حالت در پژوهش‌های مرتبط با آموزش علوم سلامت وقتی است که صلاحیت بالینی یک دانشجو (متغیر مکنون) با استفاده از یک پرسشنامه شامل سه آیتم یا سؤال (متشکل از سه متغیر آشکار) مهارت ارتباطی، مهارت تکنیکی و توانایی استدلال مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

بخش دوم نیز شامل مدل ساختاری (Structural Model) است که مشخص می‌کند عامل‌ها چگونه به هم مرتبط شده‌اند. در مثال فوق زمانی که ارتباط متغیر مکنون صلاحیت بالینی دانشجو با متغیر مکنون دیگری همچون رضایت استاد مد نظر باشد، پژوهشگر یک مدل ساختاری را ترسیم می‌کند (شکل ۱). پس از مشخص نمودن مدل پیشنهادی و ورود داده‌های مربوطه به نرم‌افزار، پژوهشگر به منظور آزمون برازش مدل با داده‌های جمع آوری شده از جامعه مورد مطالعه، SEM را اجرا می‌نماید.



شکل۱: نمایش مدل اندازه‌گیری و مدل ساختاری در مثال بررسی صلاحیت بالینی دانشجو

ب) مفروضات اجرای مدل‌یابی معادلات ساختاری

از آنجایی که در اجرا و تفسیر SEM، بسیاری از مفروضه‌های مربوط به آزمون‌های آماری لحاظ می‌شوند، کار در زمینه روابط پیچیده بین متغیرها در قالب ساختارها و مدل‌های آماری مستلزم آشنایی کامل پژوهشگر با اصول مقدماتی و پیشرفته آمار است. بنابراین قبل از آغاز کار در زمینه SEM، پژوهشگر باید درک صحیحی از ۱) اصول همبستگی/ رگرسیون چندگانه (Multiple correlation/regression)، ۲) تفسیر صحیح نتایج آزمون‌های آماری و ۳) تکنیک‌های غربالگری و پالایش داده‌ها داشته باشد(۵). لازم است پژوهشگر در اجرای SEM تصمیمات مناسبی را در انتخاب گزینه‌های پیش رو اتخاذ نماید. همچنین اجرای موفقیت آمیز تحلیل مستلزم بررسی و اطمینان از مهیا بودن شرایطی است که در ادامه به مهم‌ترین آنها اشاره می‌گردد.

۱) انتخاب روش مناسب برآورد

روش‌های مختلفی برای برآورد وجود دارد که به تناسب

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]

نیاز می‌توان از آنها بهره برد. اما یکی از رایج‌ترین روش‌های برآورد، روش بیشینه درست‌نمایی (Maximum likelihood) است؛ که روش پیش فرض در اکثر برنامه‌های کامپیوتری تحلیل مدل‌های معادلات ساختاری است و نیز اکثر مطالعات منتشر شده در ادبیات موجود، استفاده از این روش را گزارش نموده‌اند(۵). در واقع این روش مشخص می‌کند که تا چه حد واریانس‌ها و کوواریانس‌های مشاهده شده بین شاخص‌ها می‌توانند با مدل مشخص شده توسط پژوهشگر بازسازی شوند؛ که اصطلاحا به ارزشیابی نیکویی برازش نیز موسوم است(۱۷). از آنجایی که این روش برآورد، بر مبنای پیش فرض‌هایی همچون مطالعه روی حجم نمونه‌های بزرگ، پیوسته بودن متغیرها (شاخص‌ها) در سطح اندازه‌گیری و توزیع بهنجار چند متغیری (Multivariate normality) استوار است، پژوهشگران لازم است از برقرار بودن این شرایط اطمینان حاصل نمایند(۱۵).

۲) مدیریت داده‌های از دست رفته (Missing Data)

اغلب پژوهش‌ها با داده‌های از دست رفته مواجه هستند؛ که به دلایل مختلفی از جمله عدم تکمیل بخش‌هایی از ابزار پژوهش توسط افراد پاسخگو اتفاق می‌افتد و می‌تواند از راه‌های مختلف بر نتایج مطالعه اثر سوء داشته باشد. این در حالی است که پژوهشگران غالباً اطلاعات کافی را در مورد نحوه مدیریت آنها برای خوانندگان فراهم نمی‌آورند(۱۵). به ویژه در شرایطی که حجم نمونه متعاقب تحلیل توان (Power analysis) برآورد شده و نمونه‌های دارای داده‌های از دست رفته از تحلیل کنار گذاشته شوند، کاهش توان آزمون می‌تواند منجر به شکل‌گیری نتایج غیر معنادار گردند.

مدیریت داده‌های از دست رفته بستگی به الگوی از دست رفتن داده‌ها در مطالعه دارد. مهم این است که پژوهشگر تصمیم مناسب را اتخاذ نماید و در این زمینه بر کارکرد نرم‌افزار نظارت داشته باشد. روش‌های مبتنی بر حذف (از جمله Listwise/pairwise deletion) و جایگزینی با میانگین از روش‌های سنتی هستند که هرچند مرسومند، اما پیشنهاد نمی‌گردند. روش‌های نوین همانند روش بیشینه درستنمایی به خوبی می‌توانند در این زمینه مورد استفاده قرار گیرند. لازم است روش به کار گرفته شده در مستندات کار یا مقالات گزارش گردد(۱۵).

۳) کنترل مفروضه توزیع بهنجار متغیرها

شرط توزیع بهنجار چند متغیری قبل از اجرای تحلیل باید احراز گردد. منظور این است که علاوه بر این که هر متغیر باید از توزیع بهنجار برخوردار باشد، هر جفت متغیر نیز باید به صورت بهنجار توزیع شده باشند(۱۵). اگر معیار توزیع بهنجار جاری نباشد، پژوهشگر لازم است تبدیل (Transformation) را مد نظر داشته باشد. از آنجایی که احراز بهنجاری چند متغیری دشوار و گاه ناممکن است، کنترل بهنجار بودن توزیع تک تک متغیرها و نیز چک نمودن برای داده‌های پرت، غالباً کفایت می‌کند(۱۵). در پژوهش‌های مرتبط با علوم انسانی، متغیرها علاوه بر سطوح فاصله‌ای و نسبی، در سطح رتبه‌ای (همانند مقیاس‌های لیکرت) نیز اندازه‌گیری می‌شوند و این بدان معناست که نمی‌توان از طریق آن مفروضه بهنجار بودن توزیع متغیرها را تأمین نمود. با توجه به این که تأمین مفروضه بهنجار بودن توزیع متغیرها مستلزم اندازه‌گیری لااقل در سطح فاصله‌ای است، در این شرایط پژوهشگر می‌تواند تغییر مقیاس (Rescaling) را مد نظر داشته باشد(۱۹).

۴) مدیریت بر داده‌های پرت

داده‌های پرت شامل موارد (ارقام) بسیار بالا یا غیر طبیعی هستند که می‌توانند نتایج آزمون‌ها را مخدوش نمایند که ممکن است یک متغیره یا چند متغیره باشند. در حالت یک متغیره، امتیاز یکی از متغیرها مربوط به یک

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]

پاسخ‌گو (یا مثلاً یک پرسشنامه) غیر طبیعی است؛ اما در چند متغیره، چند متغیر به طور همزمان ممکن است درگیر باشند. داده‌های پرت یک متغیره از طریق محاسبه امتیازهای بهنجاری (Z-score) قابل شناسایی است (موارد بالاتر از ۳،٤ یا بیشتر، بسته به سطح دقت مورد نظر) و داده‌های پرت چند متغیره نیز توسط آزمون Mahalanobis distance (D) با شناسایی موارد معنادار (در سطح P<۰/۰۰۱) مشخص می‌گردند(۱۵).

۵) اطمینان از کفایت حجم نمونه

هر چند اعتقاد عمومی بر این است که هر چه حجم نمونه بیشتر باشد بهتر است(۲۰)، اما بر سر حجم نمونه مناسب برای این نوع از تحلیل‌های آماری توافق عمومی وجود ندارد. برخی از روش‌های برآورد (به ویژه آنهایی که برای تحلیل داده‌های با توزیع غیر نرمال مناسب هستند) به حجم نمونه بالاتری نیاز دارند. البته روش‌های مختلفی برای پی بردن به حجم نمونه مورد نیاز در تحلیل وجود دارند که یکی از مرسوم ترین آنها استناد به مقادیر رایج است؛ که در این روش حجم نمونه کم‌تر از ۱۰۰ به عنوان کوچک، ۱۰۰ تا ۲۰۰ به عنوان حجم متوسط و بالاتر از ۲۰۰ به عنوان حجم بالا در نظر گرفته شده است. حجم‌های نمونه کوچک تنها برای مدل‌های بسیار ساده، حجم‌های متوسط برای مدل‌های غیر پیچیده و حجم‌های بالا برای اکثر مدل‌ها مناسب هستند. برای تحلیل‌های با حجم‌های نمونه کوچک یا متوسط لازم است ابزارهایی با سایکومتری مناسب استفاده شوند. پیشنهاد شده است که در استفاده از روش بیشینه برآورد که روش مرسوم برآورد در مدل‌های معادلات ساختاری است، حتی اگر توزیع داده‌ها بهنجار باشند از حجم نمونه کوچک استفاده نشود. همچنین پیشنهاد شده است که حجم نمونه حداقل ۲ تا ۳ برابر تعداد پارامترهای مکنون در مدل باشند. به طور کلی حجم نمونه مورد نیاز به عوامل متعددی از جمله اندازه مدل، توزیع متغیرها، میزان داده‌های از دست رفته، پایایی متغیرها، و میزان قوت همبستگی میان متغیرها بستگی دارد(۱۵).

۶) سطح اندازه‌گیری متغیرها

داده‌ها می‌توانند طبقه‌ای، رتبه‌ای یا پیوسته باشند؛ با این وجود اکثر روش‌های برآورد بر مبنای پیوسته بودن داده‌ها شکل گرفته‌اند. هر چند تشخیص پیوسته بودن داده‌ها همیشه راحت نیست به عنوان مثال در شرایطی که داده‌ها شامل پاسخ‌های انسانی به مقیاس لیکرت هستند، به ویژه زمانی که تعداد انتخاب‌ها محدود (مثل لیکرت سه درجه ای) باشند، در نظر گرفتن داده‌ها به عنوان پیوسته می‌تواند در روش بیشینه درستنمایی نتایج مخدوشی را در پی داشته باشد؛ لذا تحت این شرایط نیاز است تا از سایر روش‌های برآورد بهره‌گیری شود(۱۵)، یا این که پژوهشگر با تغییر مقیاس، داده‌های رتبه‌ای را به داده‌هایی با مقیاس فاصله‌ای تبدیل نماید(۱۹).

ج) بررسی برازش و اصلاح مدل

مدل‌های معادله ساختاری اغلب به منظور آزمون یک نظریه درباره روابط بین سازه‌های نظری به کار می‌روند. داده‌های خام قبل از آن که به عنوان درون‌داد برنامه رایانه‌ای به کار رود، معمولاً ابتدا به یک ماتریس کوواریانس یا همبستگی از روابط بین متغیرهای مشاهده شده تبدیل می‌شود. اندازه‌های برازندگی برای یک مدل از طریق مقایسه ماتریس کوواریانس برآورد شده برای جامعه (بر اساس مدل، آن‌گونه که از طرف پژوهشگر مشخص شده) با ماتریس کوواریانس نمونه که از روی داده‌ها محاسبه شده است، به دست می‌آید. برای ارزشیابی برازندگی راه‌های زیادی وجود دارد(۲۰). با آن که انواع مختلف آزمون‌ها که به طور کلی شاخص‌های برازندگی (Fitting indexes) نامیده می‌شوند، پیوسته در حال توسعه و تکامل هستند، اما هنوز درباره حتی یک آزمون بهینه نیز توافق همگانی وجود ندارد. نتیجه آن

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]

است که مقاله‌های مختلف، شاخص‌های مختلفی را گزارش نموده‌اند و حتی برنامه‌ها و نرم‌افزارهای SEM نیز تعداد زیادی از شاخص‌های برازندگی را در برون‌داد تحلیل به دست می‌دهند(۱).

وقتی حجم نمونه برابر با ۷۵ تا ۲۰۰ باشد، مجذور کای، یک شاخص مناسب برای برازندگی است؛ هر چند در حجم‌های بالاتر، تقریباً همیشه از لحاظ آماری معنادار است. این شاخص به همراه درجه آزادی و سطح معناداری گزارش می‌شود(۲۰). سایر شاخص‌های مورد استفاده عبارتند از شاخص بنتلربونت یا شاخص هنجار شده برازندگی (NFI) و شاخص تاکر لویز (TLI) یا شاخص هنجارنشده برازندگی(NNFI) که در آنها مقادیر بالاتر از ۰/۹ تا ۰/۹۵ قابل قبول است. جذر برآورد واریانس خطای تقریب (RMSEA) از دیگر شاخص‌هایی است که در آن مقادیر ۰/۱۰ یا بیشتر نشانه برازش ضعیف است(۱). این شاخص در واقع به تفاوت بین داده‌های حاصل از نمونه‌ها و داده‌های مورد انتظار با فرض صحیح بودن مدل دلالت دارد(۳). شاخص برازندگی (GFI) و شاخص تعدیل شده برازندگی (AGFI) نیز با ضرایب بالاتر از ۰/۹ نشانه برازش مطلوب در نظر گرفته می‌شوند. شاخص‌های دیگری نیز در خروجی نرم‌افزارها دیده می‌شوند که برخی مثلCAIC،AIC و ECVA برای تعیین برازنده‌ترین مدل از میان چند مدل مورد توجه قرار می‌گیرند و مثلاً مدلی که دارای کوچک‌ترین مقادیر باشد به عنوان مدل برازنده‌تر در نظر گرفته می‌شود(۱).

برنامه‌های مدل‌یابی معادلات ساختاری همچنین اطلاعاتی را به دست می‌دهند که پژوهشگر از طریق آن می‌تواند مدل خود را بهبود ببخشد. این اطلاعات در برنامه AMOS و LISREL، شاخص‌های تعدیل و اصلاح (Modification Indices-MI) و در EQS آزمون مضرب لاگرانج (Lagrange multiplier) و آزمون Wald نامیده می‌شود. پژوهشگر اصلاح مدل را تا زمانی ادامه می‌دهد که برازش مدل به حد قابل قبولی بهبود یابد. از آنجایی که ارقام مربوط به شاخص‌های تعدیل، تفاوت بین پارامترهای مدل پیشنهادی پژوهشگر و مدل مطلوبتر را نشان می‌دهد، هر چه شاخص‌های تعدیل کوچک‌تر باشند نشان‌دهنده این است که مدل برازش مناسب‌تری دارد. ارقام کوچک‌تر از ۳/۸٤ مطلوب در نظر گرفته شده و ارقام مساوی یا بزرگ‌تر، ضرورت تعدیل پارامتر مورد نظر را مطرح می‌سازد(۱۷). آنچه در اصلاح مدل تأکید می‌شود این است که تغییرات، مبتنی بر دلایل نظری (بر پایه نظریه‌های موجود) صورت گیرد(۱).

د) تفسیر یافته‌ها در مدل‌یابی معادلات ساختاری

مدل‌های معادلات ساختاری به طور اولیه فرصت استنتاج‌های علیتی را برای پژوهشگر فراهم می‌نماید(۲۱)؛ با این وجود لازم است پژوهشگر در درجه اول بر قواعد حاکم بر پارامترهای برآورد شده مدل (شامل بارهای عاملی، واریانس‌ها و کوواریانس‌های متغیر مکنون (عامل) و واریانس‌ها و کوواریانس‌های خطا در متغیرهای آشکار) اشراف کافی داشته باشد و بداند معنای هر کدام چیست. به عنوان مثال از آنجایی که برون‌دادهای نرم‌افزار مربوط به برآورد پارامترهای مدل در دو قالب استانداردشده و غیراستاندارد ارائه می‌شود، منظور کردن تفاوت بین این‌ها در نتیجه‌گیری اهمیت دارد. در راه حل‌های استاندارد شده (Standardized solution)، مقیاس‌های متغیرهای مکنون و متغیرهای آشکار نیز استاندارد شده هستند (با میانگین صفر و انحراف معیار یک)؛ بنابراین بارهای عاملی نیز می‌توانند به عنوان ضرایب رگرسیونی استاندارد شده تفسیر گردند. به عنوان مثال اگر عامل (متغیر مکنون) صلاحیت بالینی دانشجو، بار عاملی برابر ۰/۸٤٤ روی متغیر آشکار مهارت‌های ارتباطی داشته باشد، می‌توان گفت که افزایش یک امتیاز استاندارد (Standardized score) در عامل صلاحیت بالینی منجر به افزایش برابر ۰/۸٤٤ امتیاز در شاخص مهارت‌های ارتباطی می‌گردد. در راه حل‌های غیر

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]

استاندارد از آنجایی که هر کدام از شاخص‌ها با مقیاسهای اصلی خود (که توسط پژوهشگر اندازه‌گیری شده‌اند) منظور می‌شوند، نمی‌توان استنباط مشابهی داشت(۱۷). از طرفی با این که انتظار می‌رود عامل، علت ایجاد شاخص باشد، با این وجود باید واریانس اختصاصی شاخص (که توسط عامل توجیه نمی‌شود) را نیز منظور نمود؛ که هنگام تفسیر یافته‌ها، به عنوان خطای اندازه‌گیری، واریانس خطا یا ناپایایی شاخص (Indicator unreliability) معرفی می‌گردد. مثال دیگر مربوط به کوواریانس خطا یا خطاهای همبسته است؛ که نشان می‌دهند که شاخص‌ها به دلایلی غیر از تأثیر مشترک متغیرهای مکنون همبستگی دارند. این مسأله غالباً نشان‌دهنده تأثیر روش (Method effect) است؛ که ماحصل تأثیر روش مورد استفاده در سنجش شاخص‌ها (مثلاً تأثیر استفاده از عبارات منفی در پرسشنامه‌های خود گزارشی) است(۱۵).

از دیگر نکات مهم در تفسیر، مد نظر داشتن مقیاس اندازه‌گیری در شاخص‌هاست، به عنوان مثال زمانی که متغیر آشکار از مقیاس اسمی دو حالتی (مثل جنسیت) برخوردار است، حتی در راه حل‌های استاندارد شده، بار عاملی تفسیر متفاوتی خواهد داشت(۱۷).

در کنار مد نظر داشتن تفاسیر خاص مربوط به قواعد حاکم بر پارامترهای برآورد شده مدل، پژوهشگر لازم است مبانی نظری را همچنان به عنوان مبنای استنتاج‌های خود مد نظر داشته باشد. در شرایطی که بخش‌هایی از بروندادهای تحلیل، معنای منطقی و مناسبی به دست نمی‌دهد، پژوهشگر با اتکا به مبانی نظری می‌تواند مشکلات را از پیش روی بردارد.

کاربردها و محدودیت‌های کاربرد SEM در پژوهش‌های مرتبط با آموزش علوم سلامت

کاربردهای متعددی برای مدل‌یابی معادلات ساختاری در پژوهش‌های علوم انسانی و آموزش علوم سلامت شناخته شده است که غالباً در ارتباط با نظریه پردازی و آزمون نظریه‌ها است(۲۲تا۲٤). از دیگر کاربردهای آن استفاده وسیع در ابزارسازی و روان سنجی ابزارهای مورد استفاده در این مطالعات است(۲و۲۵). با این وجود پژوهشگران با محدودیت‌های مختلفی نیز در استفاده از مدل‌های معادلات ساختاری مواجه هستند؛ که یکی از مهم‌ترین آنها، نیاز به وجود نظریه‌های دقیق و شواهد تجربی است؛ که کاربرد این روش را به ویژه در پژوهش‌های مرتبط با علوم انسانی محدود می‌سازد(۲٦). زمانی که از این روش با هدف مطالعات اکتشافی استفاده می‌شود، برازش نهایی کسب شده بیشتر شامل برازش آماری است تا برازش نظری. به طوری که در این روش به دنبال فرآیند تحلیل، تغییرات و اصلاحات قابل توجهی بر مدل‌ها اعمال می‌شود، بدون این که هیچ پشتوانه نظری را در بر داشته باشد(۲۷و۲۸).

به اعتقاد برخی، مدیریت فرآیند اصلاح مدل با اتکای به شاخص‌های تعدیل، به مثابه پای گذاشتن به یک بازی خطرناک است(۲۹). به ویژه زمانی که مدل به خوبی طراحی نشده و یا فرضیه‌ها شفاف نباشند، خطر تفسیر نادرست از روابط علیتی بین متغیرها وجود دارد(۷). همچنین همانند سایر روش‌های تحلیل آماری، نمی‌توان ضعف حاصل از سنجش‌های نامعتبر و حجم نمونه‌های ناکافی را جبران نمود. روش مدل‌یابی معادلات ساختاری مستلزم در اختیار داشتن حجم نمونه‌های بالایی است که گاهی امکان دستیابی به آن وجود ندارد(۲٦).

نتیجه‌گیری

در مجموع، مدل‌یابی معادلات ساختاری به دلیل دارا بودن قابلیت‌های متعدد و نیز غلبه بر محدودیت‌های روش‌های سنتی، کاربردهای بسیاری در مطالعات مرتبط با علوم انسانی و به ویژه آموزش علوم سلامت دارد. گام‌های کلی که پژوهشگران برای اجرای این روش لازم است دنبال نمایند شامل : قالب‌بندی مطالعه، کنترل از نظر

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]

برقرار بودن مفروضات اجرای مدل معادله ساختاری، بررسی برازش و اصلاح مدل و تفسیر مناسب یافته‌ها است.

از آنجا که پدیده‌های انسانی غالباً دارای علت‌های چندگانه بوده و مطالعه آنها مستلزم لحاظ کردن متغیرها و سازه‌های متعدد و بررسی روابط پیچیده بین آنهاست، مدل‌های معادلات ساختاری می‌توانند کاربرد ارزشمندی داشته باشند. با این وجود با در نظر داشتن محدودیت‌های این روش، استفاده صحیح از آن مستلزم این است که پژوهشگران فعال در حوزه علوم انسانی و آموزش علوم سلامت بر اصول علمی مربوطه احاطه داشته و بتوانند از قابلیت‌های این تکنیک‌ها به طور مناسبی در مطالعات خود بهره‌مند گردند.

قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از تمامی مسؤولین دانشگاه و به ویژه همکاران حوزه معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان که در تدارک منابع علمی الکترونیکی و کتابخانه‌ای دانشگاه فعالیت دارند، قدردانی و تشکر نمایم.

منابع

1. Hooman HA.[Structural equation modeling with LISREL application].5 th ed Tehran: SAMT; 2012.[persian]
2. Hoyle RH. Handbook of Structural Equation Modeling. 1 st ed.New York: The Guilford press; 2012.
3. Dion PA. Interpreting Structural Equation Modeling Results: A Reply to Martin and Cullen. Journal of Business Ethics. 2008; 83: 365–368.
4. Adelson JL. Examining Relationships and Effects in Gifted Education Research: An Introduction to Structural Equation Modeling. Gifted Child Quarterly. 2012; 56(1): 47-55.
5. Kline RB. Principles and Practice of Structural Equation Modeling. 3rd ed.New York: THE GUILFORD PRESS; 2011.
6. Teo T. Using structural equation modeling (SEM) in educational research: Practices and Issues. International Journal of Applied Educational Studies. 2011; 10(1): 49-65.
7. Beran TN , Violato C. Structural equation modeling in medical research: a primer. Beran and Violato BMC Research Notes. 2010; 3: 267.
8. McClintock JM, Evans IM.The underlying psychopathology of eating disorders and social phobia: A structural equation analysis. Eat Behav. 2001; 2(3): 247-261.
9. Matsuura N,Hashimoto T, Toichi M. A structural model of causal influence between aggression and psychological traits: Survey of female correctional facility in Japan. Children and Youth Services Review. 2009; 31(5): 577-583.
10. Lau PWC,Cheung MWL,Ransdell LB. A structural equation model of the relationship between body perception and self-esteem: Global physical self-concept as the mediator. Psychology of Sport and Exercise. 2008; 9(4): 493-509.
11. Muñoz M, Sanz M, Pérez-Santos E, Quiroga Mde L. Proposal of a socio–cognitive–behavioral structural equation model of internalized stigma in people with severe and persistent mental illness. Psychiatry Research. 2011; 186(2–3): 402-408.
12. Khorasani A,Abdolmalek J, Zahedi H. [Factors Affecting E-Learning Acceptance among Students of Tehran University of Medical Sciences Based on Technology Acceptance Model (TAM)]. Iranian Journal of Medical Education. 2012; 11(6): 664-673.[Persian]
13. Nadi MA, Sadjadian I. [Validation of a Self- directed Learning Readiness Scale for Medical and Dentistry Students]. Iranian Journal of Medical Education. 2011; 11(2): 174-182. [Persian]
14. Salehi M, kareshki H, Ahanchian M, karimi Mouneghi H.[Validation of Research Self-Efficacy Scale for Postgraduate Students of Ferdowsi University and Mashhad University of Medical Sciences]. Iranian Journal of Medical Education. 2012; 12(6): 396-409. [Persian]

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]

15. Harrington D. Confirmatory Factor Analysis. 1st ed. New York: Oxford University Press; 2009.
16. Schreiber JB, Nora A, Stage FK, Barlow EA, King J. Reporting Structural Equation Modeling and Confirmatory Factor Analysis Results: A Review. Journal of Educational Research. 2006; 99(6): 323-337.
17. Brown TA. Confirmatory Factor Analysis for Applied Research. 1 st ed. New York: THE GUILFORD PRESS; 2006.
18. Stoelting, R. Structural Equation Modeling/Path Analysis; 2012 [cited 2012 12 April]. Available from: http://userwww.sfsu.edu/~efc/classes/biol710/path/SEMwebpage.htm.
19. Harwell MR, Gattim GG. Rescaling Ordinal Data to Interval Data in Educational Research. Review of Educational Research. 2001; 71(1): 105-131.
20. Iacobucci D. Structural equations modeling: Fit Indices, sample size, and advanced topics. Journal of Consumer Psychology. 2009; 20(1): 90–98.
21. Pearl J. The Causal Foundations of Structural Equation Modeling. in: Hoyle RH, editor. Handbook of Structural Equation Modeling. New York: Guilford Press; 2012.
22. Violato C, Hecker KG. How to use structural equation modeling in medical education research: a brief guide. Teach Learn Med. 2007; 19(4): 362-71.
23. Dilalla LF. Structural equation modeling: uses and issues. in: Tinsley HEA, Brown SD, editors. Handbook of Applied Multivariate Statistics and Mathematical Modeling. San Diego: Academic press; 2000.
24. Teo T, Khine MS. Structural Equation Modeling in Educational Research: Concepts and Applications., Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers; 2009
25. Haley RW, Lukb GD, Petty F. Use of structural equation modeling to test the constructvalidity of a case definition of Gulf War syndrome:: Invariance over developmental and validation samples, service branches and publicity. Psychiatry Res. 2001; 102(2): 175–200.
26. Violato C, Hecker K. How to use structural equation modeling in medical education research: a brief guide. Teach Learn Med. 2007; 19(4): 362-71.
27. Guo B,Perron BE, Gillespie DF. A Systematic Review of Structural Equation Modelling in Social Work Research. British Journal of Social Work. 2009; 39(8): 1556.
28. Guo B, Perron BE, Gillespie DF. A Systematic Review of Structural Equation Modelling in Social Work Research. British Journal of Social Work. 2008; 39(8): 1–19.
29. Hooper D,Coughlan J, Mullen MR. Structural Equation Modelling: Guidelines for Determining Model Fit. Electronic Journal of Business Research Methods. 2008; 6(1): 53-60.

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]

Review Article

Structural Equation Modeling (SEM) in Health Sciences Education Researches: An Overview of the Method and Its Application

Mousa Alavi[1]

Abstract

Introduction: *There are many situations through which researchers of human sciences particularly in health sciences education attempt to assess relationships of variables. Moreover researchers may be willing to assess overall fit of theoretical models with the data emerged from the study population. This review introduces the structural equation models method and its application in health sciences education.*
Methods: *Purposive library search (for book reviews), electronic resources and data bases including Google search engine (for books and articles) was used to gather information to be organized and presented here.*
Results: *Health sciences education researchers can use statistical techniques known as structural equation models (SEM) that could be performed by software, in order to examine the appropriateness of conceptual models or their application in the population. The researchers should follow the general steps including designing a study, ensuring SEM assumptions to be met, assessing model fit and model modification, and interpreting the study results appropriately.*
Conclusion: *Structural equation modeling has various capabilities and can help overcome limitations of traditional statistical methods. Therefore it has many implications for the studies related to humanities particularly health sciences education.*

Keywords: Structural Equation Models (SEM), Health Sciences Education, Review Study

Addresses:
Assistant Professor, Nursing & Midwifery Care Research Center, School of Nursing & Midwifery, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran, Email: m_alavi@nm.mui.ac.ir

[Downloaded from ijme.mui.ac.ir on 2026-11-08]