مجله دانشکده بهداشت وانستیتوتحقیقات بهداشتی
بهار ۱۳۹۷، دوره ۱۶، شماره اول، صفحه۶۲-۵۱

مقاله پژوهشی

آشنایی با مدل سازی معادلات ساختاری تعمیم‌یافته و کاربرد آن در پژوهش‌های بهداشتی

سمیه برمر: دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
معصومه علی محمدیان: مربی، پژوهشکده بیماری‌های کبد و گوارش، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
سید علیرضا سجادی : پزشک، پژوهشکده بیماری‌های کبد و گوارش، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
حسین پوستچی: دانشیار، پژوهشکده بیماری‌های کبد و گوارش، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
سید مصطفی حسینی: استاد، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
مهدی یاسری: استادیار، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران- نویسنده رابط: m.yaseri@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۱۰ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۷**

چکیده

زمینه و هدف: مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته (Generalized Structure Equation Modeling) خانواده ای از تکنیک‌های آماری در تجزیه و تحلیل داده‌های چند متغیره، طبقه‌بندی‌شده و ترتیبی است که به اندازه‌گیری متغیرهای پنهان و روابط میان آن‌ها می‌پردازد. هدف از این مطالعه توجه برنوع ساختار داده‌ها و معرفی مدل GSEM به محققان علوم پزشکی و ارائه مثالی کاربردی در پژوهش های پزشکی است.
روش کار: ابتدا مقدمه‌ای از مدل معادلات ساختاری (Structure Equation Modeling) و نقاط ضعف و قوت آن بیان و سپس به تعریف GSEM و انواع آن پرداخته شد. با ارائه مثالی در بررسی عوامل خطر وضعیت پرفشاری خون در میان افراد مبتلا به دیابت، روش استفاده از GSEM برای متغیرهای پاسخ برنولی توضیح داده شد. داده های این مطالعه نمونه ای تصادفی به حجم ۲۷۱۶ نفر از افراد مبتلا به دیابت در مطالعه کوهورت استان گلستان است.
نتایج:متغیرهای سن، شاخص توده بدنی، چاقی شکمی، محل سکونت، وضعیت اقتصادی-اجتماعی، میزان مصرف نمک اثر مستقیمی بر فشار خون بالا داشتند و متغیرهای نژاد،تحصیلات، میزان ویتامین دی و فعالیت بدنی اثر مستقیم و معکوسی بر فشارخون بالا داشتند($p < ۰/۰۵$).
نتیجه گیری: این مدل برخلاف مدل SEM نیاز به فرض محدودکننده نرمال بودن داده‌ها ندارد و ابزاری قدرتمند در تجزیه و تحلیل داده‌های طبقه‌بندی شده است. با این حال استفاده از این روش دارای محدودیت‌هایی است. در حال حاضر در این روش امکان انجام آزمون نیکویی برازش و برآورد اثرات مستقیم و غیرمستقیم و روش اصلاح و تعدیل مدل به طور مستقیم وجود ندارد.
واژگان کلیدی: مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته، متغیرهای طبقه‌بندی‌شده، مدل های علّیتی

مقدمه

مدل معادلات ساختاری خانواده ای از تکنیک های آماری است که برای تجزیه و تحلیل سیستماتیک داده‌های چند متغیره برای اندازه‌گیری ساختارهای نظری (متغیرهای پنهان) و روابط میان آنها استفاده می‌شود. این روش به پژوهشگر این امکان را می‌دهد تا یک فرضیه را به یک مدل آزمایشی تبدیل کند. مدل معادلات ساختاری بر اساس تکنیک-های آماری همچون همبستگی – رگرسیون و تجزیه‌وتحلیل واریانس بنا شده است. (Violato 2007). ومی‌تواند تمام

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]

معادلات رگرسیونی را بصورت همزمان مدلسازی کند، بنابراین یک چارچوب انعطاف پذیر برای آزمون طیف وسیعی از روابط ممکن بین متغیرها در مدل، از جمله اثرات واسطه و متغیرهای مخدوشگر پنهان ارائه می‌دهد. علاوه بر این در یک سطح عمومی تر پارامترهای این مدل می توانند سهم هر یک از پیش بینی کننده‌ها را در ساختار کواریانس اندازه‌گیری کنند (Kupek 2006). مدل معادلات ساختاری بر اساس این فرضیه بناشده که، متغیرهای اندازه‌گیری شده یک ساختار کواریانس مشخص تولید می‌کنند که دارای توزیع پیوسته نرمال چند متغیره است. این روش یک رویکرد جامع و انعطاف‌پذیر برای طراحی پژوهش و تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارزیابی همزمان سازه‌های اندازه‌گیری و ساختار مسیرهای بین این سازه ها را فراهم می‌کند در واقع این روش، انعطاف پذیری کافی برای کار کردن با معادلات متعدد مرتبط را بطور همزمان فراهم و تصویر دقیقی از روابط علی بین ساختارهای کلیدی ارائه می‌دهد. استفاده از مدل معادلات ساختاری در سال‌های اخیر به ویژه در علوم اجتماعی، آموزش و پرورش، تجارت، پزشکی و علوم زیستی افزایش‌یافته است. (Zhu et al. 2006). با اینکه این روش در بسیاری از رشته‌ها مورد استفاده قرار می گیرد اما تاکنون استفاده از این روش و بحث در مورد آن در پژوهش‌های پزشکی و اپیدمیولوژی محدود بوده است(Amorim et al. 2010). اگر چه روش‌های مناسب بسیاری برای تجزیه و تحلیل داده‌های پزشکی وجود دارد، اما مدل معادلات ساختاری به‌طور ویژه می تواند مفید باشد زیرا امکان به تصویر کشیدن روابط مد نظر و آزمون کردن آن را برای پزوهشگرفراهم می کند (Stephenson 2006). قابلیتی که این مدل‌ها را از سایر مدل‌های مورد استفاده متمایز می‌کند توانایی در برازش رابطه بین متغیرهای مطالعه و در عین حال تقسیم بندی و جداسازی خطای اندازه‌گیری است. به عبارت دیگر این مدل‌ها توانایی آن را دارند تا خطای اندازه‌گیری را از سایر خطاهای موجود در مدل تشخیص داده و آن را متمایز کنند، همچنین همبستگی میان خطاها که در بسیاری از مدل‌های کلاسیک جزء محدودیت‌ها است در این مدل مجاز است و در نظر گرفته خواهد شد. علاوه بر این، این مدل‌ها توانایی آن را دارند تا به عنوان مدلی برای تجزیه و تحلیل مشاهدات وابسته مانند مطالعات طولی و یا مطالعات منحنی رشد مورد استفاده قرار گیرند (Beran 2010). با وجود اینکه استفاده از مدل معادلات ساختاری در آمار پزشکی برای حل یک شبکه‌ای از معادلات رگرسیونی وابسته در حال افزایش است، اما یک مانع بزرگ برای استفاده وسیع‌تر از این مدل‌ها وجود متغیرهای طبقه‌بندی‌شده و یا ترتیبی و یا هر نوع متغیر پیوسته غیر نرمال در این نوع مطالعات است. به عبارت دیگر در این مدل‌ها، ساختاری مانند مدل‌های تعمیم‌یافته خطی وجود ندارد (Kupek 2006). هدف از این مقاله معرفی مدل‌های معادلات ساختاری تعمیم‌یافته به عنوان یک ابزار مفید آماری در مطالعاتی است که متغیرهای مدنظر در آن شامل متغیرهای طبقه بندی شده و یا غیر نرمال هستند و ارائه مثالی برای متغیرهای پاسخ دودویی (Binary) است.

تعریف مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته: این مدل‌ها بر اساس ادغام دو چارچوب مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM) و نیز معادلات ساختاری توسعه‌یافته تشکیل‌شده‌اند و برای ساخت مدل‌هایی با متغیرهای پنهان استفاده می‌شوند (Baum et al. 2015).

تفاوت SEM و GSEM: SEM ها مدل‌های خطی استاندارد و GSEM، مدل‌های خطی تعمیم‌یافته را برازش می‌دهند. در SEM، پاسخ‌ها پیوسته و مدل‌ها رگرسیون خطی می باشند. در GSEM، پاسخ‌ها پیوسته (استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی)، باینری (استفاده از مدل‌های رگرسیون لجستیک و یا پروبیت)، رتبه‌ای (استفاده از مدل‌های پروبیت رتبه‌ای، لوجیت رتبه‌ای و Clog log رتبه‌ای)، شمارشی یا چندجمله‌ای (استفاده از مدل‌های پوآسن و دوجمله‌ای) هستند و مدل‌های مورد استفاده در آنها: رگرسیون خطی، رگرسیون گاما، لوجیت، پروبیت، لوجیت رتبه‌ای، پروبیت رتبه‌ای، پوآسن،

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]

دو جمله‌ای منفی و لوجیت چند جمله‌ای میباشند. SEM، مدل‌های یک سطحی را برازش می‌دهد و GSEM می‌تواند مدل‌هایی از داده‌های یک سطحی یا چند سطحی را برازش دهد.همچنین GSEM، می‌تواند مدل‌هایی با اثرات آمیخته (Mixed effects)، شامل اثرات تصادفی (Random effects)،اثرات آشیانه‌ای(Nested effects) و اثرات متقاطع (crossed effects) را برازش دهد. با این‌حال SEM، ویژگی‌هایی ارائه می‌دهد که در حال حاضر درنرم افزارهای مورد استفاده در GSEM ارائه نمی‌شود: از جمله سادگی تفسیر و اجرای آن، برآورد داده‌های گمشده تحت فرض نرمال دو متغیره، آزمون نیکویی برازش، شاخص تعدیل و اصلاح مدل، آزمون اثرات مستقیم و برآورد جمع اثرات مستقیم و غیرمستقیم و برازش مدل با استفاده از خلاصه آماری داده‌ها است (Hesketh 2004; Skrondal 2004).

روش‌های برآورد در GSEM: در اکثر نرم‌افزارهای متداول برای برازش مدل‌های GSEM، تنها دو روش ارائه شده است: روش حداکثر درستنمایی (Maximum Likelihood) و روش شبه درستنمایی (Quasi Maximum Likelihood). که روش حداکثر درستنمایی به‌صورت پیش‌فرض در مدل استفاده می‌شود. تابع حداکثر درستنمایی در SEM، فرض می‌کند که توزیع همه متغیرها نرمال چند متغیره است ولی تابع حداکثر درستنمایی در GSEM، فرض می‌کند که همه متغیرها توزیع نرمال شرطی دارند. تابع درستنمایی برای مدل، تحت فرض استقلال مشاهدات عمل می‌کند. این فرضیات روی متغیرهای پنهان و متغیرهای مشاهده شده برون‌زا نیاز خواهند بود (Brown 2006). در واقع روش حداکثر درستنمایی مشخص می‌کند که تا چه حد واریانس‌ها و کوواریانس‌های مشاهده شده بین شاخص‌ها می‌تواند با مدل مشخص‌شده توسط پژوهش بازسازی شوند. روش (QML) از حداکثر درستنمایی برای برازش مدل استفاده می‌کند ولی برای برآورد خطای استاندارد به فرض نرمال شرطی نیاز ندارد(Skrondal 2005; Hesketh 2006).

خلاصه‌ای از مدل هایی که توسط GSEM برازش داده می‌شوند:

مدل رگرسیون گاما: این مدل به عنوان رگرسیون لگ گاما شناخته‌شده است و زمانی که رخدادها پیوسته و نامنفی باشند و محدوده‌ای از صفر تا بی‌نهایت داشته و اغلب با داده‌هایی که چولگی مثبت دارند مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از این مدل زمانی مناسب است که بتوان فرض کرد واریانس خطا با میانگین افزایش می‌یابد.

مدل‌های باینری: مدل‌هایی با رخدادهای باینری متغیرهای پاسخ صفر و یک دارند. این مدل‌ها شامل رگرسیون لجستیک و مدل پروبیت است که با فرمول زیر نشان داده می‌شود.

$$\text{Log f } (y|\mu) = y \log \mu + (1 - y) \log (1 - \mu)$$

که μ احتمال موفقیت است.

مدل‌های شمارشی: مدل‌های شمارشی متغیرهای پاسخ شمارشی دارند مانند، مدل‌های پوآسن و دوجمله‌ای منفی.

مدل‌های رتبه‌ای: مدل رتبه‌ای امکان برازش مدل برای پاسخ‌هایی را که از نوع رتبه‌ای (مانند سطح رضایت کم، متوسط و زیاد) است رادارا است. این رخدادها معمولاً از ۱ تا k شماره‌گذاری شدند و شامل مدل‌های پرو بیت رتبه‌ای، لوجیت رتبه‌ای و Clog log رتبه‌ای هستند. و با فرمول زیر نشان داده می‌شوند.

$$\Pr(Y = y|z) = \Pr(Y * < \kappa y - z) - \Pr(Y * < \kappa y{-}1 - z)$$

مدل رگرسیون چندجمله‌ای: رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای که به‌عنوان لوجیت چندجمله‌ای نیز شناخته می‌شود مشابه مدل‌های رتبه‌ای است و با پاسخ‌های چندگانه سر و کار دارد ولی پاسخ‌های لوجیت چندجمله‌ای نمی‌توانند رتبه گذاری شوند. همانند مدل‌های رتبه‌ای، رخدادها معمولاً با یک متغیر شامل ۱ تا k شماره‌گذاری می‌شوند (Hesketh 2006; Skrondal 2004; Collett 2003; Cramer 2003).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]

انواع متغیرها و دیاگرام مسیر در مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته: متغیرها در مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته نیز مانند مدل معادلات ساختاری از جنبه‌های متفاوتی در مدل می‌توانند به‌صورت متغیرهای پنهان، متغیرهای اندازه‌گیری شده و متغیرهای نشانگر طبقه‌بندی شوند. به‌عبارت‌دیگر متغیرهایی که به‌طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نیستند متغیرهای پنهان یا سازه‌ها نامیده می‌شوند که به مفاهیم نظری که قابل‌مشاهده نیستند اشاره می‌کنند و شکل‌گیری روابط علیتی برآورد شده توسط مدل را ممکن می‌سازند این متغیرها به‌طور تقریبی به وسیله مجموعه‌ای از متغیرهای مشاهده شده نشان داده می‌شوند (Hair 2005). یک روش برای طبقه‌بندی متغیرها در این مدل‌ها توجه به تأثیری است که متغیر مدنظر بر بقیه متغیرها دارد. که به این ترتیب می‌توان متغیرها را به‌صورت برون‌زا و درون‌زا طبقه بندی کرد. متغیرهای برون‌زا متغیرهای مستقلی هستند که تحت تأثیر دیگر متغیرها در مدل قرار نمی‌گیرند. متغیرهای درون‌زا متغیرهای وابسته‌ای هستند که تحت تأثیر متغیرهای بیرونی در مدل قرار می‌گیرند (Kline 2005; Kaplan2000). از آنجائی که مدل‌های معادلات ساختاری شامل مدل‌های پیچیده‌ای هستند بسیاری از پژوهشگران دریافتند که فرم نموداری برای به تصویر کشیدن این مدل‌ها مناسب است. فرم نموداری که دیاگرام مسیر نامیده می‌شود به محقق امکان می‌دهد تا به‌سرعت روابط وابسته در مدل نظری را تجسم کند (Hair et al. 2005). دیاگرام مسیر توسط اشکال هندسی و بردارها انواع متغیرها (مشاهده‌شده و پنهان) و روابط میان آن‌ها را نشان می‌دهند. در نمودار مسیر متغیرهای مشاهده‌شده با مربع یا مستطیل و متغیرهای پنهان با بیضی یا دایره و روابط یک‌طرفه میان متغیرها با یک فلش یک‌طرفه نشان داده می‌شود (Hoyle 2012).

مؤلفه‌های مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته:

مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته نیز مانند معادلات ساختاری از دو مولفه تشکیل‌شده است که ترکیبی از مدل‌های اندازه‌گیری و مدل‌های ساختاری است. مدل اندازه‌گیری، روابط میان متغیرهای اندازه‌گیری شده و پنهان را مشخص می‌کند و مدل ساختاری روابط میان متغیرهای پنهان و رگرسیون متغیرهای پنهان روی متغیرهای مشاهده شده را نشان می‌دهد. هنگامی‌که متغیرها طبقه‌بندی‌شده هستند نیاز است که مدل اندازه‌گیری معمولی برای متغیرهای مشاهده‌شده طبقه‌بندی‌شده تعدیل شود با این‌حال این متغیرها در مدل ساختاری می‌تواند مشابه موارد پیوسته باقی بماند (Muthen 1984).

مراحل انجام مدل‌سازی معادلات ساختاری تعمیم‌یافته به شرح زیر هست:

فرآیندهای تجزیه و تحلیل مدل‌سازی ساختاری شامل گام‌هایی است که به محقق توصیه می‌شود که حتماً به‌صورت متوالی این گام‌ها را انجام دهد. این گام‌ها عبارت‌اند از: تدوین مدل، تشخیص مدل، برآورد مدل، آزمون مدل و اصلاح مدل (Kline 2005; Hoyle 2011; Schumacker 2012). برخی از این گام‌ها در حال حاضر در نرم افزارهای متداول مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته درنظر گرفته نشده است.

مرحله اول : تدوین مدل

مدل معادلات ساختاری در ساده‌ترین سطح، یک گزاره آماری درباره روابط میان متغیرهاست. تدوین مدل یکی از مهم‌ترین مراحل موجود در این مدل‌هاست و شامل فرمول‌بندی گزاره‌هایی درباره پارامترها نیز هست. پارامترها ضرایب عددی هستند که رابطه بین سازه‌ها را توصیف می‌کنند. با تعیین پارامترها اینکه روابط دارای یک جهت یا چند جهت هستند نیز تعیین می‌شود. در تدوین مدل پژوهشگر باید بر اساس نظریه‌ها و یافته‌های تجربی قبلی فرضیاتی در مورد روابط بین متغیرها و سازه‌ها را ارائه دهد و با ترسیم نمودار مسیر متغیرهای درون‌زا و برون‌زا و روابط علیتی بین این متغیرها را مشخص کند. بعد از مشخص کردن متغیرهای پنهان درون‌زا و برون‌زا در نمودار مسیر لازم است تا برای متغیرهای پنهان، شاخص‌هایی (متغیرهای مشاهده‌شده) مناسبی انتخاب و مرتبط شوند. بهتر است که تعداد بیشتری شاخص برای اندازه‌گیری متغیرهای

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]

پنهان استفاده شود که این کاربر اساس تعاریف مفهومی و عملیاتی صورت می‌گیرد (Kline 2005).

مرحله دوم : شناسایی مدل. در مدل معادلات ساختاری بعد از تدوین مدل بسیار با اهمیت است که پژوهشگر قابلیت تشخیص (و یا قابلیت شناسایی) مدل را ارزیابی کند. تشخیص یک مدل مستلزم مطالعه شرایطی برای به دست آوردن یک راه حل منحصر به فرد برای پارامترهای مشخص‌شده در مدل می باشد. در واقع در این مرحله تعیین می‌شود که آیا این مدل با توجه به تعداد نمونه‌ها و روابطی که تعریف شده است می‌تواند برازش داده شود یا خیر. برای هر پارامتر در مدل مورد استفاده، نیاز است تا یک مقدار از واریانس و یا کوواریانس در ماتریس کوواریانس وجود داشته باشد. در غیر این صورت در اصطلاح مدل غیر قابل شناسایی خواهد بود و یک راه حل واحد برای آن وجود نخواهد داشت. این مشکل همچنین زمانی رخ می‌دهد که متغیرها هم خطی (multicollinearity) بسیاری داشته باشند. در مدل‌های غیر قابل شناسایی تعداد راه حل‌ها نامحدود است و در نتیجه یک جواب منحصر به فرد وجود ندارد (Hoyle 2011).

مرحله سوم برآورد مدل:

هنگامی‌که مدل تدوین شد و شناسایی مدل، مورد ارزیابی قرار گرفت نوبت به برآورد پارامترها از روی مجموعه‌ای از داده‌های مشاهده شده است. این مرحله شامل مجموعه‌ای از فرآیندهای تکراری است که در هر تکرار ماتریس کوواریانس ضمنی (Implied) ساخته می‌شود و با ماتریس کوواریانس داده‌های مشاهده شده مقایسه می‌گردد. مقایسه این دو ماتریس منجر به تولید یک ماتریس باقیمانده (Residual) می‌شود و این تکرارها تا جایی ادامه می‌یابد که ماتریس باقیمانده به حداقل ممکن برسد (Hoyle 2011). روش برآورد در مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته روش حداکثر درستنمایی است که به عنوان پیش‌فرض در نرم‌افزار مربوطه قرار دارد. روش ML یک فرآیند تکرارشونده است که تعیین می‌کند تا چه اندازه برآوردها مقدار ماتریس کوواریانس نمونه را پیش‌بینی می‌کند. و هر چه این مقدار به صفر نزدیک‌تر باشد برآزش بهتر است (Bentler 1990).

مرحله چهارم آزمون نیکویی برآزش:

بعد از اینکه برآورد پارامترها برای یک مدل تدوین‌شده و مشخص‌شده به دست آمدند پژوهشگر باید تعیین کند که داده‌ها تا چه حد با مدل برازش دارند؟ در مدل معادلات ساختاری به آزمون فرض صفر $\sum = \sum \theta$ پرداخته می‌شود. به این معنی که ماتریس کوواریانس مدل با ماتریس کوواریانس داده‌های مشاهده‌شده متناسب باشد. در مدل‌های معادلات ساختاری آزمون و شاخص‌های برازش زیادی وجود دارد که هنوز هم به‌طور فزاینده‌ای در حال گسترش است. مهم‌ترین شاخص برازش مدل آزمون کای دو است ولی به دلیل اینکه تحت شرایط خاصی مانند یک بازه از حجم نمونه عمل می‌کند، شاخص‌های ثانویه‌ای ارائه گردیده است که مهم‌ترین آن‌ها CFI (comparative fit index) و (RMSEA) Root Mean Square Error of Approximation است (Hoyle 2011; Bentler 1980; Iacobucci 2010). در حال حاضر در نرم‌افزارهای متداول برای مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته امکان آزمون نیکویی برازش درنظر گرفته نشده است.

مرحله پنجم اصلاح مدل :

اگر برآزش یک مدل نظری (مدل اولیه) به اندازه‌ای که انتظار داشتیم قوی نبود پژوهشگر می‌تواند از طریق شاخص‌هایی که در نرم‌افزارهای مربوطه وجود دارد برای بهبود و اصلاح مدل استفاده کند و مدل خود را بهبود ببخشد. هدف از اصلاح مدل برآورد کردن پارامترهایی است که به لحاظ آماری معنا دار و به لحاظ نظری دارای معنا و مفهوم بوده و دارای برازش بهتری نسبت به مدل اولیه باشد. برای به دست آوردن نتایج برازش بهبود یافته مراحلی که در بالا ذکر شد تا زمانی که مدل مناسب به دست بیاید تکرار می‌شود. در حال حاضر در نرم‌افزارهای متداول برای مدل معادلات ساختاری

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]

تعمیم‌یافته امکان آزمون نیکویی برازش و اصلاح مدل درنظر گرفته نشده است.(Brown 2006).

تفسیرمدل: پس‌ازاینکه آزمون‌های نیکویی برازش، نشان‌دهنده تناسب داده‌ها و مدل می‌باشند، معنی‌داری پارامترهای مدل، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای تفسیر پارامترهای برآورد شده در مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته ممکن است نیاز باشد تا تبدیلی بر روی ضرایب اعمال گردد. به‌طور مثال از exp ضرایب استفاده شود.

مثالی از مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته با متغیر پاسخ برنولی و مراحل انجام آن:

داده‌ها: در این مثال از بخشی از داده‌های مقطعی مطالعه کوهورت گلستان که در طی سال های (۲۰۰۸- ۲۰۰٤) انجام شده، استفاده گردید. در این مطالعه از پرسشنامه و مصاحبه چهره به چهره و آزمایش‌ها بالینی برای دریافت اطلاعات استفاده شده است. جزئیات روش اجرای این مطالعه کوهورت در مقاله دیگر توضیح داده شده است (Pourshams et al. 2010). در این مطالعه از بین ۵۰۰٤۵ فرد شرکت‌کننده در مطالعه کوهورت گلستان، ۲۷۱٦ نفر از افرادی که مبتلا به دیابت نوع دو بودند بطور تصادفی انتخاب شده و مورد آنالیز قرار گرفتند. با توجه به معیارهای (JNC7) افرادی با داشتن فشارخون سیستولیک کمتر از ۱۲۰ میلی‌متر جیوه و فشارخون دیاستولیک کمتر از ۸۰ میلی‌متر جیوه در صورت عدم مصرف داروهای ضد فشارخون به عنوان افرادی با فشار خون نرمال در نظر گرفته شده‌اند افرادی با فشارخون سیستولیک بزرگتر و یا مساوی ۱٤۰ میلی‌متر جیوه یا فشارخون دیاستولیک بزرگ‌تر و یا مساوی ۹۰ میلی‌متر جیوه به عنوان افرادی با فشارخون بالا طبقه‌بندی شدند (Ferguson et al. 2008). همچنین افرادی که داروهای کاهش دهنده فشارخون مصرف می کردند، شناسایی و به عنوان فشارخون بالا ثبت شده‌اند. هدف از این بخش از مطالعه بررسی عوامل خطر وضعیت فشارخون در بین افراد مبتلا به دیابت با به کارگیری مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته است و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار STATA ورژن ۱٤ استفاده شده است.

متغیرها و اثرات ارزیابی‌شده برای مدل معادلات ساختاری تعمیم یافته: در این مطالعه افراد بالاتر از ٤۰ سال مورد بررسی قرارگرفتند، متغیرهای ارزیابی شده شامل سن با چهار رده (٤۹-٤۰ سال، ۵۹-۵۰، ٦۹-٦۰، ۷۰+ سال) جنسیت، نژاد/ قومیت با دو رده (ترکمن، سایر)، تعداد سال‌های تحصیلات شامل (بی‌سواد، کمتر یا مساوی ۵ سال، ٦ تا ۱۲ سال، تحصیلات دانشگاهی)، وضعیت ازدواج (مجرد، متاهل)، محل سکونت (شهر/ روستا) و اندازه‌گیری شاخص توده بدنی شامل چهار طبقه (کم‌وزن، نرمال، اضافه‌وزن، چاق) و WHR (نسبت دور کمر به باسن) شامل دو رده (نرمال / غیر نرمال)، مصرف چای سیاه شامل (کمتر از ۱۰۳۵ میلی‌گرم در روز و بیشتر از ۱۰۳٦ میلی‌گرم در روز) و چای سبز (می‌نوشد/نمی‌نوشد)، میزان ویتامین دی (کمتر از۱۰ نانوگرم بر میلی‌لیتر ،۳۰-۱۰ نانوگرم بر میلی لیتر، بیشتر از ۳۰ نانوگرم بر میلی لیتر)، میزان مصرف نمک (کمتر از ۵ گرم و بیشتر از۵ گرم) و فعالیت بدنی مبتنی بر شغل (دارد/ ندارد) و وضعیت اقتصادی اجتماعی که بر اساس مالکیت بعضی از لوازم شامل یازده سؤال (داشتن اتومبیل شخصی–تلویزیون رنگی– سیستم صوتی تلویزیون– کولر– ماشین ظرف‌شویی– یخچال‌فریزر–کامپیوتر و اندازه منزل) که به عنوان ساختار پنهان در مدل در نظر گرفته می‌شود. فشار خون در هر بازو در وضعیت نشسته دو بار اندازه‌گیری شد و دو دقیقه استراحت بین هر اندازه‌گیری وجود داشت. فشار خون شخص بر حسب متوسط دو بار اندازه‌گیری در هر بازو محاسبه شده است و به صورت متغیر دودویی (دارد/ ندارد) طبقه‌بندی شد.

روش اجرا: مدل مفهومی که روابط میان مفاهیم ارائه‌شده در این مطالعه را تعیین می‌کند، در شکل۱ نشان داده شده است. ما قبلاً ۲۸ مسیر را پیش‌بینی کردیم که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر فشارخون بالا تأثیر دارند. این ۲۸ مسیر از ۱۲ متغیر شامل (سن، جنسیت، نژاد، تحصیلات، وضعیت ازدواج، شاخص توده

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]

بدنی (BMI)، نسبت دور کمر به باسن (WHR)، میزان مصرف نمک، میزان ویتامین دی، فعالیت بدنی، محل سکونت که متغیرهای قابل‌مشاهده هستند و متغیر وضعیت اقتصادی– اجتماعی SES که به صورت متغیر پنهان در نظر گرفته شده‌اند و متغیرهایی که برای ساخت متغیر پنهان وضعیت اقتصادی- اجتماعی در نظر گرفته‌شده است خارج می‌شوند و به متغیر وضعیت فشارخون مرتبط می‌شوند. در این مدل وضعیت فشارخون که به صورت یک متغیر دودویی است از طریق تابع ربط برنولی با لینک لوجیت (Bernoulli/logit) به سایر متغیرهای این مدل متصل شده است. از طرف دیگر شاخص توده بدنی با استفاده از تابع ربط رتبه‌ای با لینک لوجیت (Ordinal/logit) و نسبت دور کمر به باسن نیز با استفاده از تابع ربط برنولی با لینک لوجیت، که این متغیرها نقش متغیرهای واسطه (میانی) را بر عهده دارند به سایر متغیرها در مدل متصل‌اند.

نتایج

در این داده‌ها از ۲۷۱٦ فرد دیابتی مورد بررسی، ۲۱۱۷ نفر (۷۸٪) فشارخون داشتند. برآورد ضرایب مسیرها در مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته در نمودار مفهومی در شکل یک نشان داده‌شده است. در جدول روابط میان متغیرهایی که به فشارخون منتهی شده‌اند نشان داده شده است. نسبت شانس ابتلا به فشارخون بالا بر اساس هر متغیر به همراه سطح معناداری و فاصله اطمینان آن‌ها در جدول شماره یک درج‌شده است. بر اساس نتایج جدول ۱، شاخص توده بدنی اثر مستقیمی بر پرفشاری خون داشت به طوری که شانس ابتلا به پرفشاری خون با هریک طبقه افزایش در شاخص توده بدنی ۱/٦٦ برابر افرادی با شاخص توده بدنی نرمال بود. سن اثر مستقیمی بر پر فشاری خون داشت بطوریکه با افزایش هر دهه سن شانس ابتلا به پرفشاری خون ۱/۷۵برابر افرادی با گروه سنی ٤۹–٤۰ بود. داشتن چاقی شکمی (WHR) اثر مستقیمی بر پرفشاری خون داشت. اثر مستقیم WHR به این صورت بود که شانس ابتلا به پرفشاری خون با داشتن چاقی شکمی ۱/۳۰ برابر افرادی که چاقی شکمی نداشتند بود این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار و مثبت بود. فعالیت بدنی اثر مستقیم و معکوسی بر پرفشاری خون داشت بطوریکه شانس ابتلا به پرفشاری خون در افرادی که فعالیت بدنی داشتند ۰/۸۵ برابر افرادی که فعالیت بدنی نداشتند بود. علاوه بر این فعالیت بدنی از طریق WHR نیز بر فشارخون بالا تأثیر داشت که این اثر نیز معنی‌دار و مثبت بود. نژاد اثر مستقیم و معکوسی بر فشارخون بالا داشت بطوریکه شانس ابتلا به فشارخون بالا در افراد ترکمن ۰/۹۳ برابر سایر افراد بود. محل سکونت اثر مستقیمی بر پرفشاری خون داشت بطوریکه شانس ابتلا به پرفشاری خون در افراد روستایی ۱/۱۰ برابر افراد ساکن شهر بود. داشتن میزان کافی از ویتامین دی، اثر مستقیم و معکوسی بر پرفشاری خون داشت. بطوریکه شانس ابتلا به پرفشاری خون در افرادی که میزان کافی از ویتامین دی داشتند ۰/۸۰و ۰/۷۱ برابر افرادی که ویتامین دی کمتری داشتند بود. تحصیلات اثر مستقیم و معکوسی بر پرفشاری خون داشت. به‌طوری‌که شانس ابتلا به فشار خون بالا در افرادی با تحصیلات ۱۲–٦ سال ۰/۸۲ برابر افراد بیسواد بود. وضعیت اقتصادی– اجتماعی اثر مستقیمی بر فشارخون بالا داشت بطوریکه شانس ابتلا به فشارخون بالا با کاهش وضعیت اقتصادی– اجتماعی ۱/۱۸ برابر می شد. مصرف نمک اثر مستقیمی بر فشارخون بالا داشت بطوریکه شانس ابتلا به فشارخون بالا در افرادی که بیشتر از ۵ گرم در روز نمک مصرف می‌کردند ۱/۰٤ برابر افرادی که کمتراین میزان نمک مصرف می کردند بود. پرفشاری خون با متغیرهای جنسیت (p=۰/۱۹٤) و وضعیت ازدواج (p=۰/۱۲۷) ارتباط معنی‌دار آماری نشان نداد. در این مثال فقط به بیان روابط مسیرهای اصلی منتهی به فشارخون پرداخته شده است. مسیرهای فرعی که شامل متغیرهای جنسیت، سن، فعالیت بدنی، وضعیت اقتصادی– اجتماعی هستند و از طریق متغیرهای واسطه BMI و WHR بر فشارخون بالا تأثیر دارند در جدول

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]

بیان نشده اند اما این اثرات نیز از لحاظ آماری درسطح پنج درصد معنی دار می باشند.

بحث

با توسعه مدل‌های معادلات ساختاری، امروزه محققان پزشکی باید ابزاری توانمند را برای تجزیه و تحلیل‌های پیچیده از مدل‌های علّیتی بکار بگیرند. این مدل‌ها برتر از روش‌های همبستگی مانند رگرسیون در تجزیه و تحلیل همزمان متغیرهای چندگانه هستند و عوامل پنهان، خطای اندازه‌گیری را کاهش می‌دهند. در مدل معادلات ساختاری توانایی رسیدگی به رخدادهایی با توزیع‌های پارامتریک همچون پواسون، گاما و شبه پارامتری همچون لگ توابع خطر به‌طور سنتی وجود ندارد. همچنین تبدیلات جایگزین مانند لجستیک یا Clog-log در آن‌ها در دسترس نیست . ادغام توانایی‌های اصلی SEM های اولیه با مزایای هر دو معادلات همزمان و مدل‌های اندازه‌گیری با مدل‌سازی تعمیم‌یافته خطی رخ‌داده است. مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته برآورد مدل‌های SEM با رخدادهایی از توزیع‌های متفاوت و برآورد پارامتر با رخدادهای متفاوت (معادلات) را ممکن می‌سازد (Christ 2014). در این مقاله در مورد مدل‌های معادلات ساختاری تعمیم‌یافته برای متغیرهای پاسخ غیر پیوسته بحث شد. این مدل برخلاف مدل معادلات ساختاری نیاز به فرض محدودکننده نرمال بودن داده‌ها که در اکثر متغیرهای مورد استفاده در تحقیقات بهداشتی برقرار نیست، ندارد. بنابراین مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته یک ابزار قدرتمند در تجزیه و تحلیل داده‌های طبقه‌بندی‌شده است. یکی از محدودیت‌های مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته نسبت به مدل معادلات ساختاری کلاسیک این است که در این روش در حال حاضر در نرم افزارهای مورد نظر امکان انجام آزمون نیکویی برازش (Goodness of fit) و روش اصلاح و تعدیل مدل (Model Modification) به طور مستقیم وجود ندارد. همچنین هنوز در این مدل ها امکان برآورد اثرات مستقیم و غیرمستقیم در نظر گرفته نشده است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه متغیرهای سن، شاخص توده بدنی، چاقی شکمی، محل سکونت، وضعیت اقتصادی- اجتماعی، میزان مصرف نمک اثر مستقیمی بر فشار خون بالا داشتند و متغیرهای نژاد، تحصیلات، میزان ویتامین دی و فعالیت بدنی اثر مستقیم و معکوسی بر فشارخون بالا داشتند ($p<0/05$). در این مطالعه متغیرهای جنسیت و وضعیت ازدواج با فشارخون بالا ارتباط معنی‌داری نداشتند. با وجود برخی از محدودیت ها، در GSEM امکان برآورد همزمان متغیرهای مورد بررسی وجود دارد و این مدل روشی برای آزمون‌های پیچیده از انواع متغیرهای طبقه‌بندی‌شده ارائه می‌دهد و تدوین مدل‌های نظری یکپارچه و پژوهش‌های پیشرفته را ممکن می‌سازد که در مدل‌های معادلات ساختاری کلاسیک امکان‌پذیر نیست.

تشکر و قدردانی

از کلیه دست اندرکاران، مسئولان و همکاران طرح کوهورت گلستان جهت گردآوری و ارائه داده ها و نیز مشاوره های علمی تشکر و قدردانی می گردد.

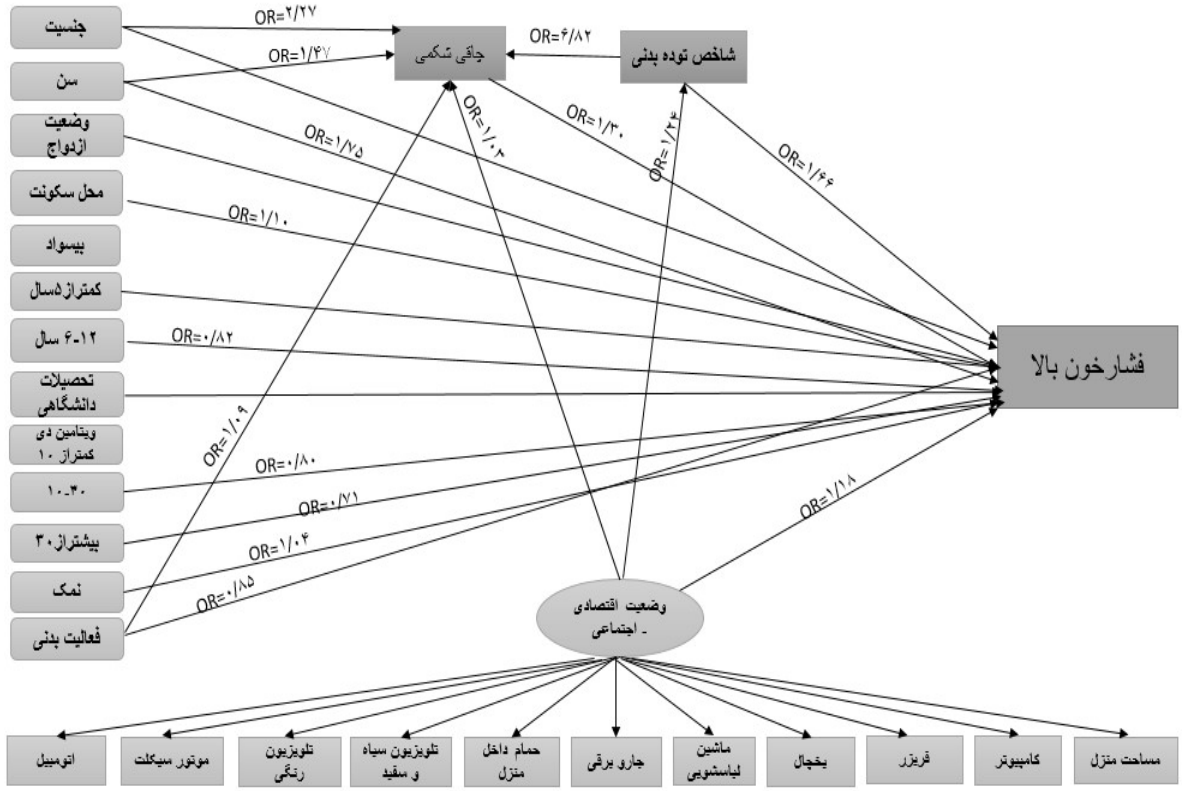
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]

جدول ۱ – نتایج مدل معادلات ساختاری تعمیم‌یافته برای مسیرهای اصلی مورد بررسی

متغیر	رده مورد بررسی	نسبت شانس*	فاصله اطمینان ۹۵٪		آماره Z	p-value
			حدبالا	حدپایین		
جنسیت	مرد	گروه پایه				
	زن	۱/۰۳	۱/۰۸	۰/۹۹	۱/۳۰	۰/۱۹٤
سن	٤۹–٤۰سال	گروه پایه				
افزایش هر دهه سن	۵۹–۵۰ سال			۱/۷۵		
	٦۹–٦۰ سال	۱/۷۵	۱/۸۰		٤۱/۳۸	<۰/۰۰۱
	۷۵+ سال					
محل سکونت	شهری					
	روستایی	۱/۱۰	۱/۱۷	۱/۰۵	۳/۸۵	۰/۰۰۱
نژاد	ترکمن	گروه پایه				
	سایر	۰/۹۳	–۰/۹۸	۰/۸۸	–۳/۱۸	
میزان تحصیلات	بی‌سواد	گروه پایه				
	برابریاکمتراز۵ سال	۰/۹۵	۱/۰۱	۰/۸۷	–۲/۳۵	۰/۰٦۰
	۱۲–٦ سال	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۹۰	–۲/۵۷	<۰/۰۰۱
	تحصیلات دانشگاهی	۰/۸٦	۱/۰۱	۰/۷۲	–۳/۲۱	۰/۰۷۲
وضعیت اقتصادی – اجتماعی	متغیر پنهان	۱/۱۸	۱/۳۱	۱/۰۳	۲/۳۹	۰/۰۱۷
وضعیت ازدواج	متاهل	گروه پایه				
	غیرمتاهل	۱/۰۵	۱/۱۲	۰/۹۹	۱/۵۲	۰/۱۲۷
شاخص توده بدنی	نرمال	گروه پایه				
با افزایش هر طبقه شامل	لاغر اضافه‌وزن چاق	۱/٦٦	۱/۷۱	۱/٦۱	۳٦/۱۸	<۰/۰۰۱
نسبت دور کمر به باسن	ندارد	گروه پایه				
(چاقی شکمی)	دارد	۱/۳۰	۱/۳۹	۱/۲۳	۹/۲۸	
میزان ویتامین دی	کمتر از ۱۰	گروه پایه				
نانوگرم/میلی لیتر	۳۰ –۱۰	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۸٤	–۹/۸۵	<۰/۰۰۱
	بیشتر از۳۰	۰/۷۱	۰/۷٦	۰/٦۷	–۹/۷۲	<۰/۰۰۱
فعالیت بدنی	ندارد	گروه پایه				
	دارد	۰/۸۵	۱/۲۲	۱/۱۱	٦/۵۵	<۰/۰۰۱
میزان مصرف نمک در روز	کمتر از ۵ گرم	گروه پایه				
	بیشتر از۵ گرم	۱/۰٤	۱/۰۸	۱/۰۱	۲/۰۷	۰/۰۳۸

* Exp (ضرایب رگرسیونی)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]



شکل۱ – مدل مفهومی به همراه EXP ضرایب مسیر

* در این شکل فقط مسیرهایی که معنادار شده اند نشان داده شده است. همچنین از سطوح پایه مسیری قرار داده نشده است (ویتامین دی برحسب نانوگرم برمیلی لیتر، میزان نمک برحسب گرم در هر روز)

References

Baum, Ch., Lööf, H. and Nabavi, P.S.A., 2015. A New Approach to Estimation of the R&D - Innovation - Productivity Relationship. *Economics of Innovation and New Technology*, 26(1–2), pp. 121–133.

Bentler, PM., 1990. comparative fit indexes in structural models. *Psychological Bulletin*, 107, pp. 238–246.

Bentler PM, B.D.G., 1980. Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological Bulletin*, 88, pp. 588–666.

Beran T, V.C., 2010. Structural equation modeling in medical research: a primer. *BMC Research Notes*, 3, P. 267.

Brown, TA., 2006. *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research Second Edition.* New York: THE GUILFORD PRESS.

Christ, Sh., J. Lee, D. and Lam B, Z.D., 2014. Structural Equation Modeling: A Framework for ocular and other Medical Sciences Research. *Informa Healthcare USA*, 21(1), pp. 1–134.

Collett, D., 2003. *Modeling binary data.* 2nd, edn. london: chapman&Hall. BOOK.

Cramer, J.S., 2003. *Logit models from economics and other fields.* Cambridge

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]

University press.
Kupek, 2006. Beyond logistic regression: structural equations modelling for binary variables and its application to investigating unobserved confounders. *BMC Medical Research Methodology*, 6, P.13.
Hair, J. and Anderson R, T.B.W., 2005. Multivariate data analysis.
Hoyle, RH., 2012. *Handbook of Structural Equation Modeling.* 1 st ed.New York: The Guilford press.
Hoyle, RH., 2011. *Structural Equation modeling:* concept, issue and Applications. Guilford press.
Iacobucci, D., 2010. Structural equations modeling: Fit Indices, sample size, and advanced topics. *Journal of Consumer Psychology*.
Kaplan, D., 2000. Structural equation modeling: foundations and extensions.Thousand Oaks: Sage Publications. Advanced Quantitative *Techniques in the Social Sciences Series,* 10.
Kline, RB., 2005. *Principles and practice of structural equation modelingNew York:* The Gilford Press.
Amorim, L., Fiaccone, R., Santos, C., Santos, T., de Moraes Oliveira N., S Barbosa, D., Santos, L.S. and SMatos, M.B., 2010. Structural equation modeling in epidemiology. 26(12), pp. 2251–2262.
Muthen, BO., 1984. A general structural equation model with dichotomous, ordered categorical and continuous latent indicators. *Psychometrika*, 49, pp.115–132.
Pourshams, A., Khademi, H., Fazeltabar Malekshah, A., Islami, F., Nouraei, M., Sadjadi, AR., Jafari, E., Rakhshani, N., Salahi, R., Semnani, Sh., Kamangar. F., Abnet, Ch., Ponder, B., Day, N., M Dawsey, S. and Boffetta, PM.R., 2010. Cohort Profile: The Golestan Cohort Study—a prospective study of oesophageal cancer in northern Iran. *Int J Epidemiol*, 39(1), pp. 52–59.
Hesketh, S.R., Skrondal A, P.A., 2004. Generalized multilevel structural equation modeling. *Psychometrika*, 69, pp.167–190.
Hesketh, S.R. and Skrondal A, P.A., 2005. Maximum likelihood estimation of limited and discrete dependent variable models with nested random effects. *Journal of Econometrics*, 128, pp. 301–323.
Hesketh S.R., 2006. Multilevel modelling of complex survey data. *Journal of the Royal Statistical Society*, 169, pp. 805–827.
Schumacker RE, L.R., 2012. *A Beginners Guide to Structural Equation Modeling:* Third Edition.
Skrondal A, R.H.S., 2004. *Generalized Latent Variable Modeling:* Multilevel, Longitudinal, and Structural Equation ModelS. BOOK.
Stephenson M, R.L.H., 2006. On the Use of Structural Equation Modeling in Health Communication Research we focus on SEM as an analytical tool that. *HEALTH COMMUNICATION*, 20(2), pp.159–67.
Ferguson, L., Trevor, S., Novie, OM., Younger., L., Marshall, K., Tulloch-Reid1, Marilyn. B., Lawrence, W., Elizabeth, M., Ward2, D.E.A. and R.J.W., 2008. Prevalence of prehypertension and its relationship to risk factors for cardiovascular disease in Jamaica: Analysis from a cross-sectional survey. *BMC Cardiovascular Disorders*.
Violato C, G.H.K., 2007. How to Use Structural Equation Modeling in Medical Education Research: A Brief Guide. Teaching and Learning in Medicine: *An International Journal*, (19:4), pp. 362–371.
Zhu, B., Walter, SD., Rosenbaum, PL. and Russell D J, R.P., 2006. Structural equation and log-linear modeling: a comparison of methods in the analysis of a study on caregivers' health. *BMC Medical Research Methodology*, 6, P. 49.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]

Generalized Structural Equation Modeling (GSEM) and its Application in Health Researches

Barmar, S., **MSc. Student, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran**
Alimohammadian, M., MSc. **Instructor, Digestive Diseases Research Center, Digestive Diseases Research Institute, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran**
Sadjadi, SA., MD. **Digestive Diseases Research Center, Digestive Diseases Research Institute, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran**
Poustchi, H., Ph.D. **Associate Professor, Digestive Diseases Research Center, Digestive Diseases Research Institute, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran**
Hosseini, SM., Ph.D. **Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Islamic Republic of Iran, Tehran, Iran**
Yaseri, M., Ph.D. **Assistant Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, University of Medical Sciences, Tehran, Iran-Corresponding Author:m.yaseri@gmail.com**
Received: Sep 1, 2017 Accepted: Oct 19, 2017

ABSTRACT

Background and Aims: Generalized Structural Equation Modeling (GSEM) is a family of statistical techniques utilized in the analysis of multivariate, categorical and ordinal data in order to measure latent variables and their connection with each other. The aim of this study is to consider the structure of data, and introducing GSEM to medical science researchers and presenting a practical example of in medical science researches.

Materials and Methods: An introduction to Structural Equation Modeling (SEM), along with its advantages and disadvantages was presented, and also GSEM and its all kind of forms was specified. An example to study hypertension risk factors in patients suffering from diabetes was carried out, which was a demonstration of using GSEM method for binary response variables. The data includes a random sample of 2716 people from Golestan province cohort studies.

Results: Age, body mass index, abdominal obesity, residence place, socioeconomic status, salt intake had direct effect on hypertension. Race, education, vitamin D and physical activity had direct and reverse effect on hypertension (p.value<0.05).

Discussion: Unlike SEM, the limitative hypothesis that our data should have a normal distribution do not needed in this model, also GSEM is powerful tool in the analysis of categorized data. Nevertheless this method cannot perform goodness of fit test, and adjustment and modification method of the model directly, and that they are some limitation in using this method.

Keywords: Generalized Structural Equation Modeling, Categorical Variables, Causal Modeling

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-17]