مدل معادلات ساختاری و کاربرد آن در مطالعات روانشناسی: یک مطالعه مروری

محمد غلامی فشارکی[1]

۱. استادیار، گروه آمار زیستی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

دوفصلنامه علمی – پژوهشی

روان‌شناسی بالینی و شخصیت

(دانشور رفتار)

دوره ۱۶، شماره ۱، پیاپی ۳۰
بهار و تابستان ۱۳۹۷
صص.:۲۶۵-۲۵۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۹

چکیده

مقدمه: مدل سازی معادلات ساختاری (اس. ای. ام.) یک روش جامع در آمار است که به طور گسترده در علوم رفتاری کاربرد دارد. این مدل را می توان به عنوان ترکیبی از روشهای تحلیل مسیر، رگرسیون و تحلیل عاملی دانست. از ویژگی های بارز این روش امکان محاسبه اثر مستقیم، غیر مستقیم و کل و همچنین مدل سازی متغیر پنهان عنوان نمود

روش: این مطالعه مروری سیستماتیک از بین کلیه مقالات اصیل منتشره در پایگاه داده های علمی داخلی (مگیران، اس. آی. دی.، ایران مدکس) و خارجی (گوگل اسکولار، پابمد، اسکوپوس، آی. اس. آی. و ساینس دایرکت) در بازه زمانی ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۸ انجام شده است. در این مطالعه با استفاده از لغات کلیدی "همبستگی"، "تحلیل مسیر"، "تحلیل عاملی: تاییدی و اکتشافی"، "معادلات ساختاری"، "متغیر پنهان"، "مدل ایجادی"، "مدل انعکاسی" ، "مدل علیت چندگانه" ، "اثر مستقیم"، "اثر غیر مستقیم"، "اثر کل" و مترادف های لاتین متناظر با آن مورد جستجو قرار گرفته است.

نتایج: مرور متون در زمینه معادلات ساختاری نشان دهنده زمینه های مطالعاتی جدید این روش همچون معادلات ساختاری ایجادی در برابر انعکاسی، مدل علیت چندگانه، مدل های واریانس در برابر مدل های کواریانس و معادلات ساختاری با پاسخ غیر نرمال و استفاده از نظریه پرسش-پاسخ جهت تحلیل متغیرهای پنهان بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به پیشرفت های موجود در زمینه معادلات ساختاری، محققان حوزه های رفتاری می توانند بیشتر فرضیات و سوالات مطرح شده در تحقیقات خود را با این روش پاسخ نمایند.

کلیدواژه‌ها: معادلات ساختاری، تحلیل مسیر، متغیر پنهان، مدل انعکاسی، مدل ایجادی، مدل علیت چندگانه، اثر غیر مستقیم .

*Email: Mohammad.gholami@modares.ac.ir

Biannual Journal of

Clinical Psychology & Personality

(Daneshvar-e-Raftar)

Vol. 16, No. 1, Serial 30

Spring & Summer 2018

pp.: 253-265

دوفصلنامه علمی – پژوهشی **روان‌شناسی بالینی و شخصیت** (دانشور رفتار)، دوره ۱۶، شماره ۱، پیاپی ۳۰، بهار و تابستان ۱۳۹۷، صص.:۲۶۵-۲۵۳.
Biannual Journal of **Clinical Psychology & Personality**, Vol.16, No.1, Serial 30, Spring & Summer 2018, pp.:253-265.

مقدمه

رسیدن به تحلیل های دقیق تر و جامع تر یکی از هدف های اصلی توسعه روش های آماری در همه زمینه های علوم علی الخصوص علوم رفتاری می باشد [۱]. ضرایب همبستگی، تحلیل واریانس و کواریانس، رگرسیون چند متغیره، آنالیز عاملی، تحلیل واریانس چندمتغیری، آنالیز تشخیصی و سایر روش ها به پژوهشگران امکان پاسخ به پرسش های نظری و عملی بسیاری را می دهند، ولی همه آنها در یک ویژگی محدود کننده مشترک هستند. این روش ها تنها قادر به آزمایش یک رابطه هستند[۲]. اگرچه آنها می توانند متغیرهای وابسته چندگانه داشته باشند، اما در نهایت تنها یک رابطه را بین متغیرهای وابسته و مستقل بررسی می نمایند. به طور مثال اگر متغیر مستقل X_1 به واسطه متغیر X_2 بر متغیر وابسته Y تاثیر بگذارد، سه مدل جداگانه رگرسیون باید برازش یابد و حاصل این برآورد غیر همزمان ممکن است برآوردهای اریب باشد[۳، ۴]. در این شرایط ضرایب رگرسیون همراه با تغییرات زیادی همراه است حتی اگر رابطه آماری بین متغیرهای مستقل و وابسته وجود داشته باشد ممکن است ضرایب رگرسیونی به صورت تکی از نظر آماری معنی دار نشوند. همچنین این موضوع تفسیر ضرایب رگرسیونی را که به صورت متوسط تغییر مورد انتظار در مقدار متغیر وابسته به ازای یک واحد تغییر در متغیر مستقل تعریف می گردد را به فرض ثابت بودن سایر متغیرها، با چالش مواجه خواهد نمود ؛ چرا که تغییر در یک متغیر مستقل باعث می‌شود سایر متغیرهای مستقل که نسبت به آن متغیر وابسته هستند هم تغییر کنند. همچنین در رگرسیون چندگانه فرض بر آن است که متغیر مستقل بدون خطا اندازه گیری می شود به عبارت دیگر فرض بر این است که واریانس خطا در مقایسه با واریانس متغیر مستقل بسیار ناچیز است[۱] در حالی که مطالعات نشان داده اند این فرض در بسیاری حالات برقرار نیست به طور مثال میشرا[1] و همکاران نشان دادند حدود ۶۴ درصد از واریانس کل در مطالعات معمول مراقبت های بهداشتی مربوط به واریانس خطاست[۵]. از دیگر محدودیت رگرسیون معمولی علاوه بر نکات ذکر شده نبود شاخص های نیکویی برازشی که نمایشگر تطابق مدل مدنظر محقق و داده های جمع آوری شده است می باشد[۱]. در تحلیل همبستگی نیز به این نکته توجه نمی‌شود که ضریب همبستگی بین دو متغیر ممکن است به دلیل حضور و تاثیر متغیر سومی به عنوان متغیر میانجی[2] بین آنها است و بنابراین ممکن است متغیرها به صورت غیر مستقیم و نه مستقیم بر هم تاثیرگذار باشند[۶].

باید گفت از آنجایی که در بسیاری از تحقیقات در زمینه بازرگانی، اقتصاد، علوم اجتماعی و علوم پزشکی متغیرهای کمکی بی ارتباط با یکدیگر نبوده و به عبارت دیگر متغیر وابسته برای یک متغیر خود متغیر مستقلی برای متغیر وابسته دیگر می باشد از این رو تحلیل رگرسیونی دیگر پاسخگوی چنین داده هایی نبوده و به ناچار محققین باید از آنالیز تحلیل مسیر استفاده نمایند.

در آنالیز مسیر، پارامترها به صورت همزمان براورد شده و همچنین شاخص های متنوعی جهت نشان دادن مناسب بودن مدل ارائه می شود. از دیگر مزایای آنالیز مسیر محاسبه اثرات مستقیم و غیر مستقیم یک متغیر بر متغیر دیگر و مشخص نمودن تاثیرگذارترین متغیر می باشد[۷] . در واقع تحلیل مسیر زیر مجموعه ای از معادلات ساختاری[3] می باشد. در واقع معادلات ساختاری یک تکنیک تحلیل چند متغیری بسیار کلی و نیرومند از خانواده رگرسیون چند متغیری و به بیان دقیق تر بسط مدل خطی کلّی است که به پژوهشگر امکان می‌دهد مجموعه ای از معادلات رگرسیون را بصورت هم زمان مورد آزمون قرار دهد [۸]. مدل یابی معادله ساختاری یک رویکرد آماری جامع برای آزمون فرضیه هایی درباره روابط بین متغیرهای مشاهده[4] و مکنون (پنهان) [5] است، که گاه تحلیل ساختاری کواریانس، مدل یابی علی و گاه نیز مدل «لیزرل» [6] نامیده می شود[۹]. این روش را می توان به عنوان روشی کمی تلقی کرد که به محقق یاری می رساند تا پژوهش خود را از مطالعات نظری و تدوین آنها گرفته تا تحلیل داده های تجربی، در قالبی چندمتغیره سامان بخشد. با توجه به اینکه در روش معادلات ساختاری می توان اثرات مستقیم و غیر مستقیم را به همراه متغیر پنهان در نظر گرفت بنابراین این روش شناخت بهتری را از پدیده های فرهنگی، رفتاری و اجتماعی ایجاد می نماید. با بهره گیری از روش معادلات ساختاری می توان همزمان دو مدل ساختاری[7] و مدل اندازه گیری[8] را برآورد نمود. با توجه به اهمیت روش معادلات ساختاری، در این مقاله قصد داریم تا مدل های آماری موجود در زمینه ارتباط بین دو یا چند متغیر را از حالت ساده آن مانند همبستگی تا حالت پیشرفته آن یعنی معادلات ساختاری (مدل های ایجادی و انعکاسی، مدل علیت چندگانه) همچنین معادلات ساختاری با پاسخ غیر نرمال و نظریه پرسش-پاسخ را معرفی و ضمن بیان مزایا،

[1] Mishra
[2] Mediating variables
[3] Structural Equation Modeling: SEM
[4] Observed Variable
[5] Latent Variable
[6] Linear Structural Relations
[7] Structural Model
[8] Measurement Mode

معایب ، کاربرد هرکدام از این مدلها را در حوزه علوم روانشناختی مشخص نماییم.

روش

نوع پژوهش

مطالعه حاضر یک مطالعه مروری و کتابخانه ای است. جامعه این پژوهش شامل کلیه مقالات منتشر شده اعم از فارسی و انگلیسی طی بازه زمانی ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۸ (۱۳۵۱ تا ۱۳۹۶) در زمینه روش معادلات ساختاری، زیر مجموعه ها و پیشرفت های انجام شده در این زمینه تشکیل شده است. در این مطالعه پس از انتخاب لغات کلیدی مناسب که شامل، "همبستگی[۱]"، "تحلیل مسیر[۲]"، "تحلیل عاملی: تاییدی و اکتشافی[۳]"، "معادلات ساختاری[۴]" ، "متغیر پنهان[۵]"، "مدل ایجادی[۶]"، "مدل انعکاسی[۷]"، "مدل علیت چندگانه[۸]"، "اثر مستقیم[۹]"، "اثر غیر مستقیم[۱۰]" و "اثر کل[۱۱]" بود این لغات کلیدی در سه پایگاه جستجوی علمی داخلی مگیران[۱۲]، اس. آی. دی.[۱۳] و ایران مدکس[۱۴] و پنج پایگاه جستجوی علمی خارجی گوگل اسکولار[۱۵]، پابمد[۱۶]، اسکوپوس[۱۷]، آی. اس. آی.[۱۸] و ساینس دایرکت[۱۹] مورد جستجو قرار گرفته و مقالاتی که حاوی متن کامل و مطالب مرتبط با ارائه مدل های ساختاری و نه لزوما کاربرد این مدل ها بود بصورت سرشماری انتخاب گردیدند. در این مطالعه لیست منابع مقالات مرتبط یافت شده نیز جهت شناسایی هر گونه مطالعه مرتبط دیگر مورد بررسی قرار گرفته همچنین چکیده و خلاصه مقالات ارائه شده در کنفرانس ها و همایش های بین المللی در این مرور سیستماتیک وارد نشده، همچنین کیفیت مقالات مورد بررسی با استفاده از محققان آموزش دیده و با بهرمندی از چک لیست «پی. آر. آی. اس. ام. اِی.» [۲۰] مورد تایید قرار گرفت.

نتایج

با توجه به مطالعات مرور شده و ابهامات زیاد محققین مختلف در زمینه همبستگی و علیت، در بخش اول نتایج به بحثی مختصر در این زمینه خواهیم پرداخت، سپس به بیان تفاوت ها و وجه تمایز چهار روش همبستگی، رگرسیون، تحلیل چند متغیره و تحلیل مسیر خواهیم پرداخت و سپس به بیان تفاوت دو متغیر میانجی و تعدیل گر و همچنین تفسیر ضرایب مسیر در تحلیل مسیر و معادلات ساختاری خواهیم پرداخت. در ادامه در مورد متغیر پنهان، تعریف و کاربرد مدل های ایجادی، انعکاسی و علیت چندگانه صحبت نموده و در مورد نحوه تعریف مدل های کواریانس و واریانس، همچنین روایی ساختار، تحلیل عاملی و نظریه پرسش- پاسخ صحبت خواهیم نمود. به عنوان بحث تکمیلی نیز در مورد معادلات ساختاری با پاسخ غیر نرمال و همچنین ارتباط بین تحلیل عاملی، رگرسیون چند متغیره و معادلات ساختاری صحبت نموده و در پایان در مورد نرم افزارهای متداول برازش دهنده معادلات ساختاری صحبت خواهیم نمود.

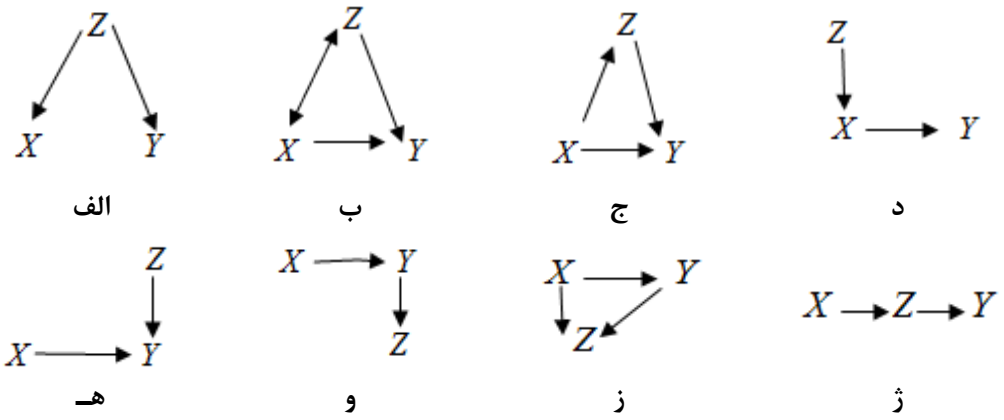
همبستگی و علیت

برای بررسی رابطه بین دو متغیر می توان از ضرایب همبستگی(پیرسون، اسپیرمن، تتراکوریک، کندال، گاما، یول و فای) استفاده نمود. ضریب همبستگی، ضریبی با دامنه تغییرات بین منهای یک تا مثبت یک بوده، مقادیر منفی این ضریب نشان دهنده رابطه معکوس، مقادیر مثبت نشان دهنده رابطه مستقیم و مقادیر نزدیک به صفر این ضریب نشان دهنده عدم رابطه خطی بین دو متغیر می باشد. وجود همبستگی لزوما به معنی رابطه علی نیست. برای مثال بین وزن و قد همبستگی وجود دارد اما این همبستگی به معنای این نیست که افزایش وزن باعث افزایش وزن و یا بلعکس می گردد [۱۰]. در واقع وجود همبستگی برای بیان علیت شرطی لازم بوده ولی کافی نیست. در کل همبستگی بین دو متغیر X وY را با توجه به تاثیر و حضور متغیر Z به عنوان متغیر سر راهی[۲۱] یا ساختگی، در قالب شکل زیر می توان بررسی نمود[۱۱].

---

[1] Correlation
[2] Path Analysis
[3] Factor Analysis: Confirmatory And Explanatory
[4] Structural Equation Modeling: SEM
[5] Latent variable
[6] Formative Model
[7] Reflective Model
[8] Multiple Indicators Multiple Causes :MIMIC
[9] Direct Effect
[10] Indirect Effect
[11] Total Effect
[12] Magiran
[13] SID
[14] Iranmedex
[15] Google Scholar
[16] Pubmed
[17] Scopus
[18] ISI
[19] Science Direct
[20] Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
[21] Mediating Variable

دوفصلنامه علمی – پژوهشی **روان‌شناسی بالینی و شخصیت** (دانشور رفتار)، دوره ۱۶، شماره ۱، پیاپی ۳۰، بهار و تابستان ۱۳۹۷، صص.:۲۶۵-۲۵۳.
Biannual Journal of **Clinical Psychology & Personality**, Vol.16, No.1, Serial 30, Spring & Summer 2018, pp.:253-265.



شکل ۱. رابطه بین متغیر X و Y در حضور متغیر Z

در شکل ۱، قسمت (الف)، ρ_{XY} ، ضریب همبستگی جامعه صفر است ولی همبستگی نمونه، r_{XY}، برابر صفر نیست زیرا Z ، به عنوان یک متغیر مصنوعی سوم بر هر دو آنها تاثیر می گذارد که البته اگر از وجود آن مطّلع باشیم مشکل ساز نخواهد بود چرا که می توان آن را از نظر فیزیکی در زمان آزمایش و از نظر آماری در بررسی ها کنترل کرد. اغلب اوقات از وجود Z آگاه نیستیم و ممکن است به اشتباه ارتباط معنی دار X و Y را نتیجه بگیریم. در شکل ۱، قسمت (ب) ارتباط بین X و Y یک ارتباط مخدوشگر[1] است و نقش Z می تواند هم به عنوان متغیر کاهنده و هم به عنوان متغیر افزاینده باشد. اگر Z به عنوان متغیر کاهنده باشد ممکن است به اشتباه ضریب همبستگی بین X و Y را خیلی کم یا حتی صفر در نظر بگیریم و اگر متغیر افزاینده باشد، منجر به تورم برآورد خواهد شد. البته این ارتباط را می توان به وسیله ضریب همبستگی جزئی بررسی نمود. در شکل ۱ قسمت (ج)، X علاوه بر تاثیر مستقیم بر Y به طور غیر مستقیم و از طریق Z نیز بر آن اثر می گذارد. در اینجا حضور متغیر Z، اثر X بر Y را تعدیل می کند[۸]. در شکل ۱ قسمت (د)، Z فقط از طریق X بر Y اثر می گذارد و برای پیشگویی رفتارY، مشاهدهٔ تغییرات در X لازم است. در شکل ۱ قسمت (هـ) رفتار (تغییرات) متغیر Y از طریق دو اثر اصلی X و Z قابل پیش بینی است. در شکل ۱ قسمت های (و) و (ز) متغیر Z از نقش یک متغیر علّت بیرون آمده به طوری که در شکل ۱ قسمت (و) متغیر Y و در شکل ۱ قسمت (ز) متغیر X آن را تحت تاثیر قرار می دهند. سرانجام در شکل اول قسمت (ژ) متغیر Z به عنوان یک متغیر مداخله گر[2] بین X و Y عمل می کند به طوری که در غیاب Z (یعنی Z=۰)، X تاثیری روی Y ندارد[۱۲، ۸].

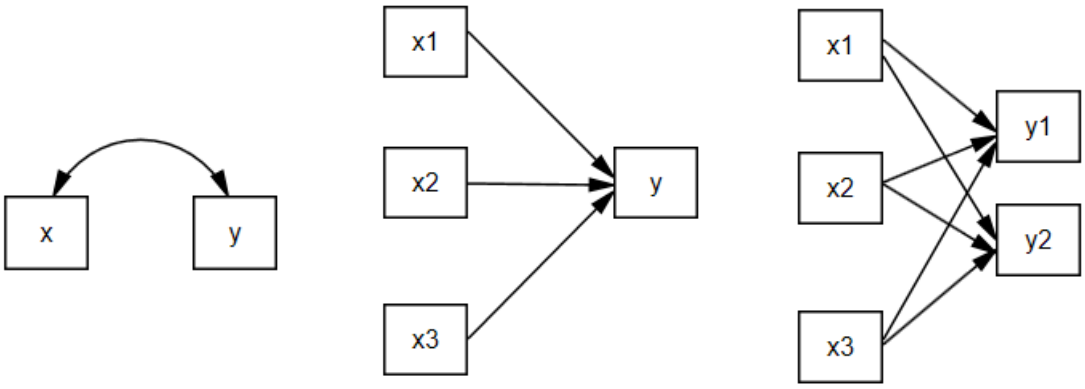
همبستگی، رگرسیون ، تحلیل چند متغیره و تحلیل مسیر

از جمله روشهای اولیه در بررسی رابطه بین دو متغیر کمی استفاده از ضرایب همبستگی بود (شکل ۲، قسمت الف) همانگونه که قبلا اشاره شد، وجود همبستگی می‌تواند نشانگر روابط علّت و معلولی بین دو متغیر باشد اما دلیل وجود آن نمی باشد از طرف دیگر در همبستگی تنها رابطه دو متغیر را می توان مورد بررسی قرار داد و بطور همزمان نمی توان روابط چندین متغیر را بررسی نمود.

این ضعف همبستگی محققین را به سمت توسعه روشهای پیشرفته تری چون رگرسیون (شکل ۲، قسمت ب) و تحلیل چند متغیره (شکل ۲، قسمت ج) سوق داد. روشهای رگرسیونی و تحلیل های چندمتغیره با در نظر گرفتن چندین متغیر مستقل و وابسته امکان تحلیل توام بسیاری از متغیرها را فراهم نمودند اما علی رغم توانایی بالای این روشها باز این روشها نتوانستند بخوبی نیاز پژوهشگران را برطرف نمایند چرا که در تمامی این روشها هر متغیر تنها می توانست یک نقش (مثلا مستقل و یا وابسته) را بپذیرد این در حالیست که در وضعیت واقعی متغیرها می توانند بیش از یک نقش را عهده دار باشد.

[1] Confounding Relationship

[2] Intervening Variable



(الف) (ب) (ج)

شکل ۲. الگوی شماتیک همبستگی، رگرسیون خطی و تحلیل چند متغیره

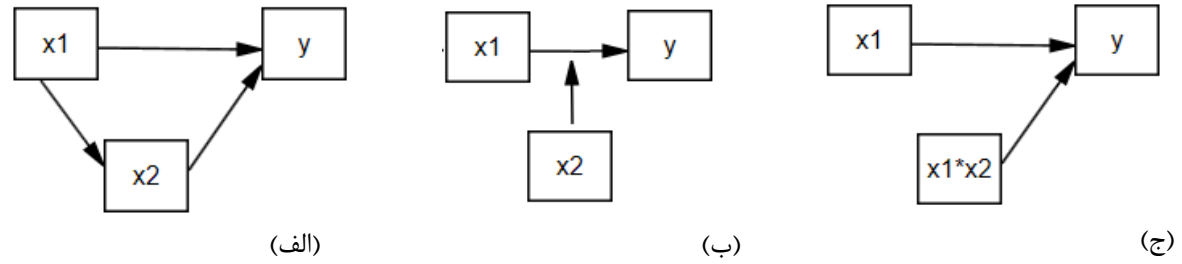
این نیاز منجر به ایجاد تحلیل مسیر توسط سئول رایت در سال ۱۹۱۸ گردید. ایجاد روش تحلیل مسیر منجر به ورود لغات جدیدی مانند اثرات مستقیم[۱]، غیر مستقیم[۲]، اثر کل، متغیر درون زا (داخلی) و متغیربرون زا (خارجی) در ادبیات علم آمار گردید. تاثیر بدون واسطه متغیر مستقل بر متغیر وابسته را اثر مستقیم (شکل ۳، قسمت الف، $x_1 \rightarrow y$)، تاثیر با واسطه متغیر مستقل بر متغیر وابسته را اثر غیر مستقیم(شکل ۳، قسمت الف، $x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow y$) و حاصل تجمیع این دو اثر را اثر کل گوییم[۱۳]. به متغیر x_2 که بین دو متغیر x_1 و y قرار گرفته است اصطلاحا متغیر میانجی و یا واسط[۳] گویند. بر این اساس متغیری که در تحقیق صرفا متغیر مستقل باشد را متغیر خارجی و متغیری که نقش وابسته و یا نقش واسط دارد را متغیر داخلی گوییم. بنابراین تحلیل مسیر با توجه به ضعف روشهایی چون همبستگی، رگرسیون و تحلیل چند متغیره ایجاد گردید. روش آنالیز (تحلیل) مسیر که در واقع بسطی از رگرسیون چندگانه است[۱۴، ۱۵] با به کارگیری روش ها و معادلات رگرسیونی و ضرایب همبستگی مشاهده شده بین مجموعه ای از متغیرها، به دنبال آن است تا ضمن ارائه بیان های موجهی از همبستگی های مشاهده شده بین متغیرها، الگوهایی از روابط علّت و معلولی بین آنها را ارائه دهد.

متغیر میانجی و تعدیل گر

در ادبیات روش تحقیق اصطلاح دیگری به نام متغیر تعدیل گر[۴] وجود دارد . به طور کلی متغیر تعدیل کننده بر میزان و یا جهت متغیر مستقل بر متغیر وابسته اثر می‌گذارد[۱۶، ۱۷]. به طور مشخص در مطالعات تحلیل همبستگی متغیر تعدیل کننده متغیر ثالثی است که بر همبستگی مرتبه صفر بین دو متغیر دیگر اثر میگذارد [۱۸]. متغیر تعدیل گر و تفاوت آن با متغیر واسط در شکل ۳، قسمت ب نمایش داده شده است. برای تصور بهتر متغیر تعدیل گر و واسط فرض کنید محققی می خواهد رابطه استرس با سلامت روان را با تعدیل متغیر جنسیت مورد بررسی قرار دهد. بصورت ساده این یعنی اگر همبستگی بین استرس با سلامت روان در مردان برابر با ۰/۳- است این در زنان به طور معنی داری متفاوت و برای مثال برابر با ۰/۶- می باشد. اما اگر جنسیت نقش میانجی را داشته باشد یعنی قسمتی از تاثیر استرس بر سلامت روان به وسیله متغیر جنسیت و بصورت غیر مستقیم اعمال می گردد. برای مثال بین استرس و سلامت روان بصورت مستقیم ۰/۳- همبستگی وجود دارد از طرف دیگر بین استرس و سلامت روان از طریق متغیر جنسیت نیز ۰/۱- رابطه وجود دارد. این یعنی اینکه از ۰/۴- رابطه موجود بین استرس و سلامت روان، ۰/۳- آن به صورت مستقیم و ۰/۱- آن بصورت غیرمستقیم و از طریق جنسیت اعمال می گردد. نکته مهم اینکه جهت تحلیل متغیر تعدیل گر (x_2) باید ابتدا متغیر مستقل (x_1) و متغیر تعدیل گر (x_2) را با یکدیگر ضرب نموده و سپس این حاصلضرب را بصورت مستقل در مدل وارد نمود (شکل ۳، قسمت ج) [۱۷].

[1] Direct effect
[2] Indirect effect
[3] Mediator
[4] Moderator

دوفصلنامه علمی – پژوهشی **روان‌شناسی بالینی و شخصیت** (دانشور رفتار)، دوره ۱۶، شماره ۱، پیاپی ۳۰، بهار و تابستان ۱۳۹۷، صص.:۲۶۵-۲۵۳.
Biannual Journal of **Clinical Psychology & Personality**, Vol.16, No.1, Serial 30, Spring & Summer 2018, pp.:253-265.



شکل ۳. الگوی شماتیک متغیر واسط، تعدیل گر و نحوه ورود تعدیل گر در تحلیل مسیر

ضرایب مسیر

ضریب مسیری اثر مستقیم یک متغیر را بر متغیر دیگر نشان می‌دهد و بر دونوع است: ضریب مسیری استاندارد و ضریب مسیر غیراستاندارد. ضرایب مسیری استاندارد به‌صورت تغییر در انحراف معیار نسبت به میانگین تفسیر می‌شوند. به‌عنوان مثال اگر ضریب استاندارد یک مسیر متغیر a بر متغیر b برابر ۰/۸ باشد به این مفهوم است که متغیر a به اندازه یک واحد انحراف معیار نسبت به میانگینش تغییر کند انتظار می‌رود متغیر b ، به اندازه ۰/۸ انحراف معیار نسبت به میانگینش افزایش داشته باشد[۱۹].

ضرایب مسیری غیراستاندارد مانند ضرایب رگرسیونی تفسیر می‌شوند: مثلاً اگر ضریب مسیر غیراستاندارد بین دو متغیر a و b برابر ۰/۶ باشد به این معناست که هر واحد تغییر در a باعث ۰/۶ تغییر در b می‌شود. ضرایب مسیر استاندارد براساس همبستگی بین متغیرها محاسبه می شود و امکان مقایسه جهت بررسی اهمیت و نقش هر متغیر بر متغیر پاسخ را فراهم می آورد ولی از آن جا که این ضرایب "نمونه مشخص[1]" هستند نمی توانند برای مقایسه مطالعاتی که داده های آن ها متفاوت است به کار روند از سوی دیگر ضرایب غیراستاندارد چون وابسته به مقیاس اندازه گیری هستند درجه اهمیت اثرگذاری متغیرها بر متغیر پاسخ را نشان نمی دهند و نباید برای مقایسه میزان اثرگذاری متغیرها به کار برده شوند اما این ضرایب جهت مقایسه مدل های که نمونه های آن ها متفاوت است کاربرد دارد. بنابراین در مطالعات هر دو نوع ضرایب باید گزارش شود یا اینکه اگر تنها ضرایب استاندارد شده گزارش می شوند، انحراف استاندارد برای همه متغیرهایی که در مدل هستند نیز گزارش شود تا براساس آن ها ضرایب مسیر غیراستاندارد نیز قابل محاسبه باشد [۲۰].

متغیر پنهان و مدل های ایجادی، انعکاسی و علیت چندگانه

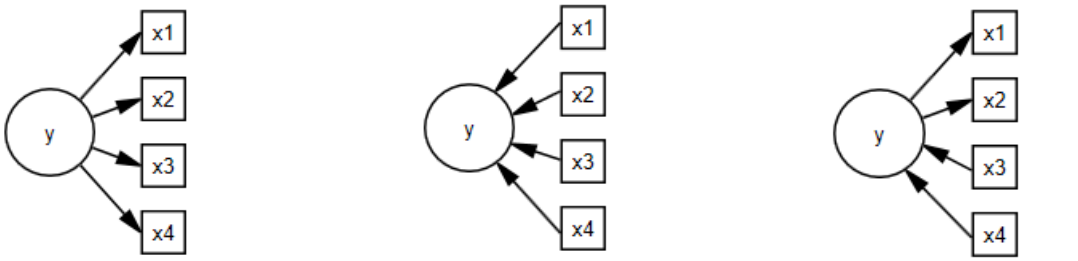
علی رغم مزایای مدل تحلیل مسیر، ناتوانی در عدم لحاظ خطای اندازه گیری در مدل تحلیل مسیر از جمله مشکلاتی بود که استفاده از این مدل را در چنین مواردی دچار مشکل می نمود. در واقع متغیرهایی مانند استرس، اضطراب، هوش و سایر متغیر های روانی که به دلیل ماهیت ذهنیشان متغیرهایی پنهان بوده و عملا اندازه گیری آنها بدون در نظر گرفتن خطای اندازه گیری امکان پذیر نمی باشد باعث ورود لغاتی مانند متغیر پنهان و متغیر آشکار در ادبیات مدلسازی گردید. در واقع متغیر پنهان، متغیری است که به گونه مستقیم قابل اندازه‌گیری نبوده و بر اساس روابط یا همبستگی‌های بین متغیرهای اندازه‌گیری شده که به آن اصطلاحا دستگاه اندازه گیری[2] متغیر پنهان گفته می شود استنباط می‌گردند اما متغیر آشکار متغیری است که به گونه مستقیم به وسیله پژوهشگر مورد اندازه گیری قرار می گیرد[۱۱، ۲۱].

ورود متغیر پنهان در مدلسازی باعث تولد معادلات ساختاری گردید. در واقع معادلات ساختاری همان تحلیل مسیر بوده که در آن متغیرهای پنهان امکان حضور داشته و یا به عبارت دیگر تحلیل مسیر عبارت است از معادلات ساختاری بدون متغیر پنهان. جهت ساده سازی در تمام مدلهای ساختاری محققین شکل مربع یا مستطیل را به عنوان نماد یک متغیر آشکار و شکل دایره و بیضی را به عنوان نماد یک متغیر پنهان در نظر گرفته اند.

در واقع همانگونه که در تعریف متغیر پنهان گفته شد، با توجه به اینکه این متغیر بصورت مستقیم قابل اندازه گیری نمی باشد نیاز به دستگاه اندازه گیری جهت ارزیابی متغیر پنهان از جمله ملزومات غیر انکار استفاده از متغیر پنهان می باشد.

[1] Sample Specific

[2] Measurement instruments



(الف) (ب) (ج)

شکل ۴. الگوی شماتیک متغیر پنهان با مدل انعکاسی، ایجادی و علیت چندگانه

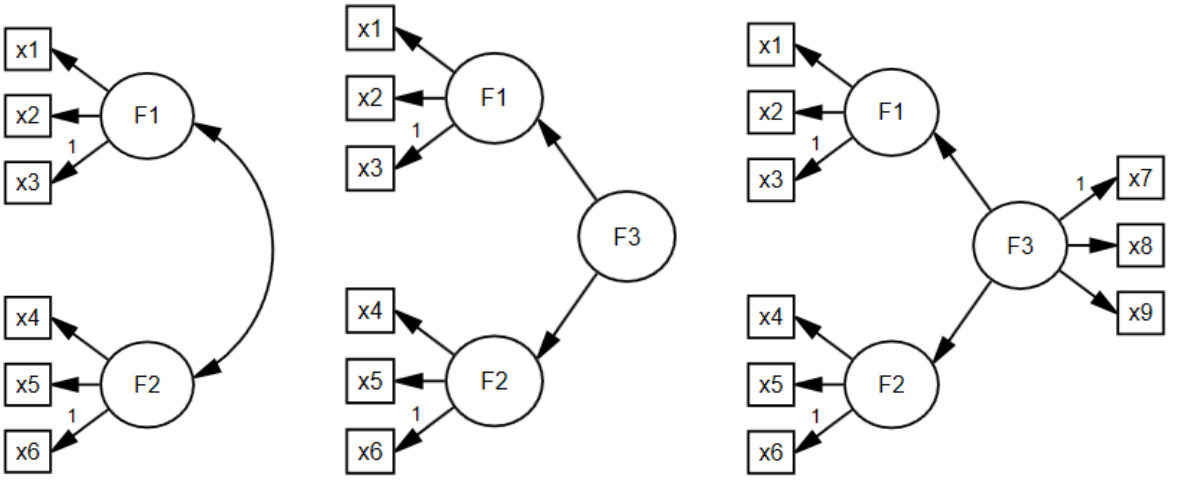
در کل با توجه به ماهیت رابطه میان متغیر پنهان و دستگاه اندازه گیری می توان به سه نوع تعریف در زمینه دستگاه متغیر پنهان اشاره نمود. اگر متغیر پنهان تنها به عنوان متغیر مستقل و متغیرهای دستگاه اندازه گیری به عنوان متغیر های وابسته تلقی شوند به آن مدل انعکاسی[1] گوییم (شکل ۴، قسمت الف). در صورتی که متغیر پنهان تنها به عنوان متغیر وابسته و متغیرهای دستگاه اندازه گیری به عنوان متغیر های مستقل تلقی شوند به آن مدل ایجادی[2] گوییم (شکل ۴، قسمت ب) [۲۲]. در نهایت در صورتی که متغیر پنهان تواما نقش مستقل برای برخی از متغیرهای دستگاه و نقش وابسته برای برخی دیگر از متغیرهای دستگاه اندازه گیری را داشته باشد به آن مدل علیت چندگانه[3] (شکل ۴، قسمت ج) گوییم [۲۳، ۲۴].

اینکه محقق کدامیک از این سه ساختار را برای متغیر پنهان خود در نظر بگیرد در درجه اول بسته به پیشینه و نظر محقق و در درجه دوم به میزان همبستگی درونی میان متغیرهای دستگاه و یا به اصطلاح روایی همگرای سوالات یک ابزار دارد. همانگونه که در مدل انعکاسی (شکل ۴، قسمت الف) مشخص است، متغیر های x1 ، x2 ، x3 و x4 به دلیل اینکه از یک متغیر (y) نشات می گیرند بنابراین باید همبستگی بالایی را با یکدیگر نشان دهند. این در حالی است که در مدل ایجادی (شکل۴، قسمت ب) با توجه به اینکه متغیر های x1 ، x2 ، x3 و x4 اثرگذار بر متغیر (y) هستند و نه اثر پذیر ، آنها می توانند با هم همبستگی بالا و یا پایین داشته باشند. بنابراین به عنوان یک قاعده ساده می توان گفت اگر بین متغیرهای دستگاه اندازه گیری همبستگی بالا وجود داشته باشد می توان دو مدل انعکاسی و یا ایجادی را در نظر گرفت اما با توجه به کاراتر بودن مدل انعکاسی (در ادامه در مورد آن صحبت خواهیم کرد) باید مدل انعکاسی را استفاده نمود اما در حالتی که همبستگی متغیرهای دستگاه اندازه گیری پایین باشند باید از مدل ایجادی استفاده نمود[۲۵]. در صورتی که برخی از متغیرهای دستگاه اندازه گیری دارای همبستگی بالا و برخی همبستگی پایین باشند می توان از مدل علیت چندگانه (شکل۳، قسمت ج) استفاده نمود.

مدل‌های کواریانس و واریانس

مدلهای انعکاسی و مدل علیت چندگانه عموما با روش کواریانس که اصطلاحا به آن مدل کواریانس[4] گفته می شوند تحلیل می گردند[۲۵]، اما مدلهای ایجادی تنها از طریق مدل واریانس[5] قابل تحلیل هستند. نام گذاری این دو مدل به نام کواریانس و واریانس به دلیل میزان و نوع استفاده این دو مدل از داده هاست. مدلهای کواریانس از همبستگی بین متغیرهای مشاهده شده استفاده می نمایند اما مدلهای واریانس تنها از واریانس متغیرها. برای مثال فرض کنید در یک مطالعه تعداد ۱۰ متغیر مشاهده شده وجود داشته باشد. این ۱۰ متغیر، تعداد (۴۵=۲/(۱۰×۹)) همبستگی و تعداد ۱۰ واریانس ایجاد می نماید. در مدلهای کواریانس ما از ۴۵ منبع اطلاعاتی و در مدل واریانس ما تنها از ۱۰ منبع اطلاعاتی استفاده می نماییم. بنابراین مدلهای کواریانس به دلیل استفاده از منابع اطلاعاتی بیشتر دارای کارایی بیشتر نسبت به مدلهای واریانس می باشند. اما در مقابل مدلهای واریانس به دلیل در نظر نگرفتن همبستگی به حجم نمونه کمتری نسبت به مدلهای کواریانس نیازمند می باشند. نکته دیگر اینکه مدلهای انعکاسی قابلیت تحلیل توسط هر دو روش کواریانس و واریانس را دارا می باشند اما مدلهای ایجادی تنها از طریق مدل واریانس قابل تحلیل می باشند. از نظر کاربردی این به معنای آن است که زمانی که برای برازش مدل حجم نمونه کمی در اختیار محقق است صرف نظر از ایجادی و انعکاسی آن محقق باید از مدل واریانس برای تحلیل داده‌های خود استفاده نماید[۲۶].

[1] Reflective
[2] Formative
[3] Multiple Indicators Multiple Causes (MIMIC)
[4] Covariance Model
[5] Variance Model



شکل ۵. الگوی تحلیل علملی مرتبه یک، دو و معادلات ساختاری

روایی ساختار و تحلیل عاملی

نکته دیگر که استفاده از معادلات ساختاری را بیش از پیش رایج نموده است استفاده از این روش برای بررسی روایی ساختار[1] است. در واقع روایی ساختار یا سازه درجه تطابق سوالات یک آزمون با مفاهیم یا سازه‌های نظریه مورد مربوط به آن می‌باشد [۲۷]. این زیر بخش از معادلات ساختاری را عموما تحلیل عاملی تاییدی[2] گویند. تحلیل عاملی را می توان به دو قسمت تحلیل عاملی اکتشافی[3] و تحلیل عاملی تاییدی[4] [۲۸]. تقسیم‌بندی نمود. در تحلیل عاملی اکتشافی هیچ اطلاعی از تعداد و سوالات تشکیل دهنده عامل های پنهان (دستگاه اندازه گیری) در اختیار نیست[۲۷]. با این حال نباید تصور شود که این روش یک روش مطلق به سوی حقیقت است و یا آنکه لزوماً فقط جنبه تجربی دارد [۲۹]. امّا در تحلیل عاملی تاییدی پژوهشگر در مورد تعداد و سوالات تشکیل دهنده عوامل پنهان از پیش مطلع می باشد. تحلیل عاملی تاییدی دارای مرتبه های مختلفی چون ۱، ۲ و بیشتر می باشد. برای تشخیص تحلیل عاملی تاییدی از معادلات ساختاری می توان قاعده زیر را استفاده نمود. گام اول : ابتدا باید سطح یک متغیر پنهان را مشخص نمود. سطح یک متغیر پنهان عبارت است از نزدیکترین مسیری که یک متغیر پنهان به یک متغیر آشکار متصل می گردد. برای مثال در شکل ۵ قسمت (الف)، (ب) و (ج) متغیرهای F1 و F2 مرتبه یک می باشند. در مورد متغیر F3 ، این متغیر در شکل ۵ قسمت (ب)، مرتبه دو می باشد اما در شکل ۵ قسمت (ج)، مرتبه یک می باشند. زیرا در شکل ۵ قسمت (ب)، متغیر پنهان با دو گام به متغیر آشکار متصل می شود اما در شکل ۵ قسمت ج تنها با یک گام به یک متغیر آشکار متصل می گردد. در گام دوم : پس از تعیین مرتبه متغیر پنهان باید بالاترین مرتبه را مشخص نمود. در صورتی که متغیر پنهان داخلی با بالاترین مرتبه وجود داشته باشد آن یک معادلات ساختاری بوده در غیر اینصورت مدل ایجاد شده یک مدل تحلیل عاملی با مرتبه ماکزیمم می باشد. برای مثال در شکل ۵ قسمت (الف)، مرتبه متغیر های پنهان F1 و F2 هر دو یک می باشد. پس ماکزیمم مرتبه یک بوده و چون متغیر پنهان داخلی از مرتبه ی وجود نداشته شکل الف یک مدل تحلیل عاملی مرتبه یک می باشد.

در شکل ۵ قسمت (ب)، مرتبه متغیرهای پنهان F1، F2 یک و مرتبه متغیر پنهان F3 دو می باشد. بنابراین مرتبه ماکزیمم دو می باشد. از طرف دیگر با توجه به اینکه متغیر پنهان مرتبه دوم داخلی در این شکل وجود ندارد این شکل یک تحلیل عاملی مرتبه دو می باشد. در مورد شکل ۵ قسمت (ج)، با توجه به اینکه هر سه متغیر پنهان F1، F2 و F3 مرتبه یک بوده و با توجه به اینکه متغیر پنهان داخلی هم مرتبه با مرتبه ماکزیمم وجود دارد (F1 و F2) این مدل الگوی یک معادله ساختاری می باشد.

تحلیل عوامل با استفاده از نظریه پرسش – پاسخ

یکی دیگر از روش‌های بررسی روایی ساختار علی الخصوص زمانی که سوالات پرسشنامه به فرم صحیح –غلط باشد استفاده از مدل‌های نظریه پرسش- پاسخ[5] یا «آی. آر. تی.» است. این روش، روشی قدرتمند برای توصیف سوال‌ها

[1] Construct Validity
[2] Confirmatory Factor Analysis
[3] Explanatory Factor Analysis
[4] Confirmatory Factor Analysis
[5] Item Response Theory (IRT)

و آزمون‌ها، انتخاب سوال‌های آزمون و مقایسه آزمون‌ها فراهم می نماید. این نظریه از مدلهای مختلفی برای برآورد این ارتباط و یافتن احتمال موفقیت در یک سوال استفاده می-نماید[۳۰، ۳۱] . بر اساس نظریه پرسش- پاسخ به طور کلی دو دسته از عوامل بر عملکرد فرد و در نتیجه بر میزان احتمال موفقیت افراد در یک آزمون تاثیر می‌گذارند که عبارتند از عوامل نظام مند و عوامل غیر نظام مند [۳۲]. عوامل نظام مند شامل آن دسته از عواملی هستند که قابل بررسی، آزمایش و کنترل هستند، می‌توان آن ها را مورد سنجش و اندازه‌گیری قرار داد و میزان آن‌ها را محاسبه کرد. عواملی از قبیل توانایی فرد و دشواری سوال از این جمله اند. عوامل غیرنظام مند نیز شامل آن دسته از عواملی هستند که غیر قابل سنجش و بررسی بوده و در نتیجه اندازه‌گیری و محاسبه آنها میسر نیست. مانند عوامل انگیزشی موثر بر فرد در حین پاسخگویی به سوالات آزمون، اضطراب آزمون، اضطراب آزمودنی، خستگی آزمودنی و غیره[۳۰، ۳۲] . با استفاده از نظریه پرسش- پاسخ می‌توان سه پارامتر مربوط به سوالات را برآورد کرد: دشواری سوالات، تمیز و شانس کاذب (هر سه اینها جزو عوامل نظام مند می‌شوند)[۳۰-۳۳] . پارامتر دشواری سوالات، نشان دهنده سختی سوالات در بررسی متغیر نهفته است و میزان دشواری(یا سادگی) سوالات پاسخ داده شده توسط شرکت کنندگان را مشخص می‌کند. پارامتر تمیز نشان دهنده آن است که هر سوال تا چه اندازه می تواند تفاوت های فردی پاسخ دهندگان را به خوبی از هم تمیز دهد و در نهایت پارامتر شانس کاذب بیانگر احتمال پاسخ صحیح تنها بر اساس شانس و اتفاق می‌باشد [۳۱، ۳۳، ۳۴]. سه مدل اساسی جهت برآورد احتمال موفقیت در یک سوال و یافتن ارتباط بین عملکرد فرد پاسخ‌دهنده و صفات زیربنایی آن وجود دارد [۳۱، ۳۵، ۳۳]. در همه این مدل‌ها پارامتر مربوط به آزمودنی یعنی پارامتر توانایی فرد(θ) مشترک است(در هر سه مدل پارامتر توانایی دخیل است). مدلی که هر سه پارامتر دشواری سوالات، تمیز و شانس کاذب را در بر داشته باشد، مدل لوجستیک سه- پارامتری،(PL-۳) نامیده می شود. اگر فرض کنیم که پارامتر شانس کاذب مساوی صفر باشد بنابراین مدل حاصل با دو پارامتر باقیمانده، مدل لوجستیک دو پارامتری (PL-۲) و اگر پارامتر شانس تصادفی را صفر فرض کرده و پارامتر تمییز را ثابت فرض کنیم، مدل حاصل که تنها در بردارنده پارامتر دشواری است، مدل لوجستیک یک پارامتری (PL-۱) نامیده می شود [۳۱، ۳۵، ۳۳، ۳۴].

معادلات ساختاری با پاسخ غیر نرمال

یکی از پیش فرضیه های مهم در معادلات ساختاری نرمال بودن مشاهدات می‌باشد این پیش فرضیه استفاده از این روش را زمانی که داده‌های مورد بررسی کیفی(مانند جنسیت، وضعیت مصرف سیگار، وضعیت تاهل) می باشد دچار مشکل می نماید. برای حل این مشکل محققان به چهار استراتژی اشاره نموده اند. استراتژی اول استفاده از مدل لگ خطی[1] می باشد. در این روش داده‌ها با استفاده از جداول توافقی k بعدی مورد تحلیل قرار می‌گیرند منتها استفاده از این ضرایب بخاطر در دسترس نبودن تفسیر مناسب جهت برآورد ضرایب و عدم وجود ضرایب مستقیم و غیر مستقیم از کاربرد کمی برخوردار است. استراتژی دوم محاسبه ضریب همبستگی‌های تتراکوریک[2] و پلی کوریک[3] برای جفت متغیرها با توزیع توام غیر نرمال می‌باشد [۳۶]. در این روش برای هر دو متغیر دو حالته ضریب تتراکوریک را بدست آورده و به وسیله آنها ماتریس همبستگی مدلسازی معادلات ساختاری را تشکیل داده و سپس با استفاده از روش معادلات ساختاری معمولی به برآورد ضرایب اقدام می‌نمایند. باید گفت این روش به دلیل استفاده از الگوریتم دو مرحله ای و همچنین استفاده تنها در متغیرهای دوحالتی دارای کارایی پایینی می‌باشد. در استراتژی سوم مقدار احتمال وقوع هر متغیر کیفی دو حالته با استفاده از رگرسیون لجستیک محاسبه شده و سپس به جای استفاده از متغیر کیفی دو حالته از مقادیر احتمال برآورد شده آن استفاده و مدلسازی انجام می پذیرد [۳۷]. کارایی این روش زمانی که متغیر های کیفی دوحالته در مدل تعداد کمی باشد مناسب است اما با ازدیاد متغیرهای کیفی به دلیل انباشتگی خطا کارایی این روش به شدت کاهش می یابد. استراتژی چهارم که از سه روش پیشین دقیق تر و مناسب تر می باشد استفاده از روش کلاس مولفه پنهان[4] می باشد[۳۸]. در این روش فرض می شود که متغیر کیفی مشاهده شده براساس یک متغیر کمی پنهان نرمال ساخته شده است.

در این روش با مدلسازی متغیر پنهان سازنده متغیر کیفی مشاهده شده، ضرایب همبستگی بین متغیرهای کمی و متغیرهای کیفی محاسبه شده و نهایتا مدل معادلات ساختاری برازش می گردد.

ارتباط بین تحلیل عاملی، رگرسیون چند متغیره، معادلات ساختاری

در تحلیل رگرسیون چندگانه، علی رغم آنکه می‌توان

[1] Log-Linear Model
[2] Tetrachoric
[3] Polychoric
[4] Latent Class Model

متغیرهای مستقل و وابسته را از هم تمیز داد[۲۸] اما پیش فرض عدم وجود روابط علیتی احتمالی بین متغیرهای مستقل وجود دارد و به همین دلیل اثرات غیر مستقیم یک متغیر مستقل بر متغیر وابسته نادیده گرفته می‌شود [۳۹]. اگر بین متغیرهای مستقل نیز ارتباط وجود داشته باشد با "آنالیز مسیر " سر و کار خواهیم داشت [۴۰] . اگرچه آنالیز مسیر بسط یافته رگرسیون چند متغیره است اما باید توجه داشت که دو تفاوت اساسی با این روش دارد: اول اینکه در آنالیز مسیر اثرات مستقیم و غیر مستقیم متغیرهای علّت بر متغیرهای معلول به طور همزمان مورد بررسی قرار می‌گیرد[۱۵، ۴۱، ۴۲] و دوم آنکه در آنالیز مسیر با بیش از یک تحلیل رگرسیون معمولی سر و کار داریم. در تحلیل رگرسیون معمولی یک متغیر وابسته (معلول) وجود دارد که بر روی متغیرهای مستقل (علّت) رگرسیون می‌یابد ولی در آنالیز مسیر چندین متغیر وابسته(معلول) وجود دارد که هر کدام به طور جداگانه بر روی علّت‌های مربوط به خودشان رگرسیون می گردند[۱۴، ۱۵]. اما همانگونه که پیشتر اشاره شد، در شرایطی که نتوان متغیرهای مستقل و وابسته را تفکیک کرد تحلیل مناسب آماری، تحلیل عاملی خواهد بود که بسته به آنکه آیا محقق نسبت به همبستگی عامل‌ها پیش فرض دارد یا خیر، از تحلیل عاملی تاییدی یا اکتشافی استفاده می نماید [۲۷، ۴۳]. در تحلیل عاملی m متغیر پنهان که همان فاکتورها هستند، توسط n متغیر مشاهده شده تبیین و برآورد می‌شوند (m<n) [۲۸]. نهایتاً با ترکیب دو تحلیل آماری آنالیز مسیری و فاکتور آنالیز تحلیل مدل‌یابی معادله‌های ساختاری[1] پدید می‌آید [۴۴، ۴۵]. در واقع آنالیز مسیر، همان معادلات ساختاری است که در آن تنها متغیرهای مشاهده شده وجود داشته باشد [۴۶]. مدل‌های معادله ساختاری به طور معمول ترکیبی از مدل‌های اندازه‌گیری و مدل‌های ساختاری‌اند. بر مبنای مدل‌های اندازه‌گیری، محقق تعریف می‌کند که کدام متغیرهای مورد بررسی نقش مدل اندازه‌گیری برای متغیر پنهان را داشته و کدام روابط بین متغیرهای پنهان موجود می باشند [۴۵].

نرم‌افزارهای متداول برازش‌دهنده معادلات ساختاری

نرم افزارهای متعددی اقدام به برازش معادلات ساختاری می نمایند. منتها در این مقاله به مقایسه چهار نرم افزار لیزرل [۱۲]، ایموس[2] [۴۷]، «پی. ال. اس.[3]» [۴۸] و «ام. پلاس[4]» [۴۹] پرداخته شده است [۵۰]. خلاصه این مقایسه در جدول ۱ نمایش داده شده است. همانگونه در این جدول مشخص است در حجم نمونه های بسیار پایین باید از نرم افزار «پی. ال. اس.» استفاده نمود. در تحلیل عاملی های مرتبه اول و دوم هم می توان از نرم افزارهای لیزرل، ایموس و ام. پلاس می توان استفاده نمود[۵۱]. اما در مورد تحلیل عاملی مرتبه های بالاتر تنها باید از نرم افزار پی. ال. اس. استفاده نمود [۵۲]. همچنین تنها نرم افزار ایموس و ام. پلاس امکان برازش مدل های علیت چندگانه را داشته و مدل های ایجادی تنها با نرم افزار پی. ال. اس. قابل برازش می باشد. همچنین در صورتی که متغیر های مورد استفاده اسمی باشد تنها از طریق نرم افزار ام. پلاس امکان تحلیل آن وجود دارد.

جدول ۱. مقایسه چهار نرم افزار برازش دهنده معادلات ساختاری

نام نرم افزار	مدل برآورد	حداقل حجم نمونه	نوع متغیر پنهان مورد تعریف	مرتبه تحلیل عاملی تاییدی قابل انجام	حداقل مقیاس
Lisrel	کواریانس	معمول	تنها انعکاسی	مرتبه یک و دو	کمی نرمال
AMOS	کواریانس	معمول	انعکاسی و علیت چندگانه	مرتبه یک و دو	کمی نرمال
PLS	واریانس	کم	انعکاسی و ایجادی	مرتبه دو به بالا	کمی
MPLUS	کواریانس	معمول	انعکاسی و علیت چندگانه	مرتبه یک و دو	اسمی

بحث و نتیجه‌گیری

با پیشینه معادلات ساختاری به پیشینه تحلیل مسیر باز می گردد. تحلیل مسیر اولین بار توسط سئول رایت برای مطالعه اثرات مستقیم[5] و غیر مستقیم[6] متغیرهای علت[7] بر متغیرهای معلول به وجود آمد [۵۳، ۴۰، ۵۴، ۵۵، ۱۵، ۴۱-۴۳] ولی از آن در تحقیقات مربوط به ژنتیک استفاده کرد [۵۶] و دانکن آن را در علوم اجتماعی بکار برد [۵۷]. مرور متون در زمینه معادلات ساختاری نشان می دهد مهمترین دلیل در استفاده از این روش ناتوانی روشهای پیشین در بررسی متغیر واسط می باشد. از طرف دیگر وجود متغیرهای پنهان در حوزه مطالعات روانشناسی از دلایل دیگر گسترش معادلات ساختاری بوده است. چرا که فاکتورهای روانی همه جزو متغیرهای پنهان محسوب می گردند. این گسترس باعث گردید که محدودیت هایی که در زمینه متغیرهای معادلات

[1] SEM
[2] AMOS
[3] PLS
[4] MPLUS
[5] Direct effect
[6] Indirect effect
[7] Cause

ساختاری وجود داشت از جمله اینکه دستگاه اندازه گیری متغیر پنهان باید بصورت انعکاسی تعریف می گشت امرزه با گسترش مدلهای ایجادی [۲۲] و علیت چندگانه از میان برداشته شود[۲۳، ۲۴]. همچنین محدودیت دیگر مدلهای ساختاری که عبارت بود از ناتوانی در مدلسازی متغیرهای کیفی، با گسترس روش مولفه پنهان [۳۸] از بین رفته و همچنین در زمینه حجم نمونه با گسترش روشهایی مانند روشهای بیزی[1] [۵۸] و روشهای باز نمونه‌گیری[2] [۵۹] مشکل کمبود حجم نمونه در مطالعات ساختاری را جبران نمود. بنابراین باید گفت امروزه مدل های گسترده تری را در حوزه روانشناسی می توان با معادلات ساختاری مورد بررسی قرار داده و از این نظر توسعه نظری مدلهای روانشناسی و بررسی این مدلها توسط محققان این حوزه به سادگی امکان پذیر شده است.

منابع

1- Mishra, D.P. and J. Min. (2010) Analyzing the relationship between dependent and independent variables in marketing: a comparison of multiple regression with path analysis. Innovative Marketing. 6: pp. 113-120.

2- Judd, C.M. and D.A. Kenny. (2010) Data analysis in social psychology: Recent and recurring issues. In the Handbook of Social Psychology. 5th Ed, New York: McGraw-Hill: Wiley Online Library.

3- Iacobucci, D., N. Saldanha, and X. Deng. (2007). A meditation on mediation: Evidence that structural equations models perform better than regressions. Journal of Consumer Psychology. 17(2): pp. 139-153.

4- Zhao, X., J.G. Lynch, and Q. Chen. (2010). Reconsidering Baron and Kenny: Myths and truths about mediation analysis. Journal of consumer research. 37(2): pp. 206 197

5- Mishra, D.P. (2000). An empirical assessment of measurement error in health-care survey research. Journal of Business Research. 48(3): pp. 193-205.

6- Retherford, R.D. and M.K. Choe. (1993). Statistical models for causal analysis, New York: Wiley.

7- Gefen, D., D. Straub, and M.-C. Boudreau. (2000). Structural equation modeling and regression: Guidelines for research practice. Communications of the association for information systems. 4(7).

8- Ullman, J.B. and P.M. Bentler. (2003) Structural equation modeling: Wiley Online Library.

9- Kline, R.B. and D.A. Santor. (1999). Principles & practice of structural equation modelling. Canadian Psychology. 40(4): pp. 381.

10- Card, D. (1999). The causal effect of education on earnings, in Handbook of labor economics, Elsevier. pp. 1801-1863.

11- GRACE, J.B. (2006) Structural Equation Modeling and Natural Systems, New York: Cambridge University Press.

12- Byrne, B.M. (2013) Structural equation modeling with LISREL, PRELIS, and SIMPLIS: Basic concepts, applications ,and programming: Psychology Press.

13- Alwin, D.F. and R.M. Hauser. (1975)The Decomposition of Effects in Path Analysis. American Sociological Review. 40(1): pp. 37-47.

14- Retherford, R.D. (1990) Statistical models for causal Analysis, Wiley Newyork.

۱۵- جانسون آ. ر.، ویچن د. د. ترجمه نیرومند ح. (۱۳۹۶). تحلیل آماری چندمتغیره کاربردی. مشهد. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

16- Baron, R.M. and D.A. Kenny. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: conceptual, strategic, and statistical considerations. J Pers Soc Psychol. 51(6): pp. 1173-82.

17- Hayes, A.F., C.J. Glynn, and M.E. Huge. (2012)Cautions regarding the interpretation of regression coefficients and hypothesis tests in linear models with interactions. Communication Methods and Measures. 6(1): pp. 1-11.

18- Harkins, S.G., B. Latane, and K. Williams. (1980). Social loafing: Allocating effort or taking it easy? Journal of Experimental Social Psychology. 16(5): pp. 457-465.

۱۹- اخوان خرزایان م. سبحانی فرد ی. (۱۳۹۱) تحلیل عاملی، مدل‌سازی معادلات ساختاری و چند سطحی: همراه با استفاده از نرم‌افزارهای LISREL - HLM - SAS – SPSS. تهران. انتشارات دانشگاه امام صادق.

[1] Bayesian method

[2] Bootstrap method

20- Pedhazur, E. J. (1997). Multiple regression in behavioral research: Explanation and prediction, United States of America: Harcourt Brace College Publishers.

21- Raykov, T. and G.A. Marcoulides. (2006). A First Course in Structural Equation Modeling. Second Edition Ed, New Jersey: LAWRENCE ERLBAUM ASSOCIATES, PUBLISHERS.

22- Vinzi, V.E., L. Trinchera, and S. Amato. (2010) PLS path modeling: from foundations to recent developments and open issues for model assessment and improvement, in Handbook of partial least squares, Springer. pp. 47-82.

23- Blalock Jr, H.M. and H.L. Costner. (1969)Multiple indicators and the causal approach to measurement error. American Journal of Sociology. 75(2): pp. 264-273.

24- Jöreskog, K.G. and A.S. Goldberger. (1975)Estimation of a model with multiple indicators and multiple causes of a single latent variable. Journal of the American Statistical Association. 70(351a): pp. 631-639.

25- Reinartz, W., M. Haenlein, and J. Henseler. (2009)An empirical comparison of the efficacy of covariance-based and variance-based SEM. International Journal of research in Marketing. 26(4): pp. 332-344.

26- Anderson, J.C. and D.W. Gerbing. (1988)Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach . Psychological bulletin. 103(3): pp. 411.

27- Everitt, B.S. and G. Dunn. (2001) Applied multivariate data analysis. Vol. ۲. New York: Wiley Online Library.

28- Vasconselos, A., R.M.V. Almeida, and F. Nobre. (1998)The path Analysis Approach for the multivariable analysis of infant mortality data.

29- Nunnally, J.C. (1978) Psychometric theory. 2nd ed, New York: McGraw-Hill book co.

30- Baker, F. (2001). The Basics of Item Response Theory. ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation, University of Maryland, ISBN 1-886047-03-0 Google Scholar.

31- Edelen, M.O. and B.B. Reeve. (2007)Applying item response theory (IRT) modeling to questionnaire development, evaluation, and refinement. Quality of life research. 16: pp. 5-18.

32- Embretson, S. and S. Reise. (2000). Psychometric methods: Item response theory for psychologists. Multivariate applications, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

33- Huber, C., et al. (2013) Mathematical methods in survival analysis, reliability and quality of life: John Wiley & Sons.

34- Muraki, E. (1990) Fitting a polytomous item response model to Likert-type data. Applied Psychological Measurement. 14(1): pp. 59-71.

35- Embretson, S. (2004) Application of two IRT models for construct validation issues about spatial ability. Metodologia de las Ciencias Del Comportamiento. 5: pp. 159-180.

36- Jöreskog, K. and D. Sörbom. (1988). PRELIS: A preprocessor for LISREL. Chicago: Scientific Software, Inc.

37- Muthén, B.O. (1993) Goodness of fit with categorical and other nonnormal variables. SAGE Focus Editions. 154: pp. 20 205-5

38- Muthén, B.O. (2002) Beyond SEM: General latent variable modeling. Behaviormetrika. 29(1): pp. 81-117.

39- Dezee, K., K. Douglas, and W. Shimeall. (2005)Introduction to Structural Equation Modeling (path analysis.(

40- Bill, S. (2004) Cause and correlation in biology, A user's Guide to Path Analysis, Structure Equations and causal Inference, United Kingdom: Cambridge University Press.

۴۱- فرشادفر ع. (۱۳۸۴). اصول و روشهای پیشرفته آماری (تجزیه رگرسیون) . کرمانشاه. انتشارات طاق بستان

۴۲- فرشادفر ع. (۱۳۸۴). اصول و روشهای آماری چند متغیره. کرمانشاه. انتشارات طاق بستان

۴۳- هومن ح. (۱۳۸۵). تحلیل داده های چند متغیری در پژوهش رفتاری. تهران. موسسه چاپ وانتشارات پیک فرهنگ

44- Shimzu, S. and Y. Kano. (2003) causal Infernce using nonnormality, Tokyo.

۴۵- قاسمی و. مدل‌سازی معادله ساختاری در پژوهش های اجتماعی با کاربرد نرم افزار Amos Graghics, تهران انتشارات جامعه شناسان.

۴۶- سعادتی, م. (۱۳۸۶). مدل‌های معادلات ساختاری و کاربرد آن در داده‌های پزشکی, پایان نامه کارشناسی ارشد آمار زیستی دانشگاه تربیت مدرس: تهران.

47- Byrne, B.M. (2016) Structural equation modeling with AMOS :Basic concepts, applications, and programming: Routledge.

48- Hair Jr, J.F., et al. (2016). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): Sage Publications.

49- Muthén, L.K. and B.O. Muthén. (2010) Mplus: Statistical analysis with latent variables: User's guide: Muthén & Muthén Los Angeles.

50- Albright, J.J. and H.M. Park. (2009)Confirmatory factor analysis using Amos, LISREL, Mplus, SAS/STAT CALIS.

51- Byrne, B.M. (2012) Choosing structural equation modeling computer software :Snapshots of LISREL, EQS, AMOS, and Mplus.

52- Chin, W.W. (1995) Partial least squares is to LISREL as principal components analysis is to common factor analysis. Technology Studies. 2(2): pp. 315-319.

53- Armitage, P. and Colton.T. (1998) Encyclopedia of statistics, Newyork: John wiley&sons.

54- Loehlin, J.C. (1992) Latent Variable Models An Introduction to Factor, Path, and Structural Equation Analysis. 4th Ed, London: Mahwah.

55- Wright, S. (1923) Theory of path coefficients: A reply to Niles criticism .Vol. 8. Genetics

56- Li, C.C. (1975) Path analysis-A primer-California: Pacific Grove

57- Duncan, O.D. (1966) Path analysis: Sociological examples. Vol. 72. Am J Soc

58- Kaplan, D. and S. Depaoli. (2012)Bayesian structural equation modeling.

59- Preacher, K.J. and A.F. Hayes. (2008)Asymptotic and resampling strategies for assessing and comparing indirect effects in multiple mediator models. Behavior research methods. 40(3): pp. 879-891.