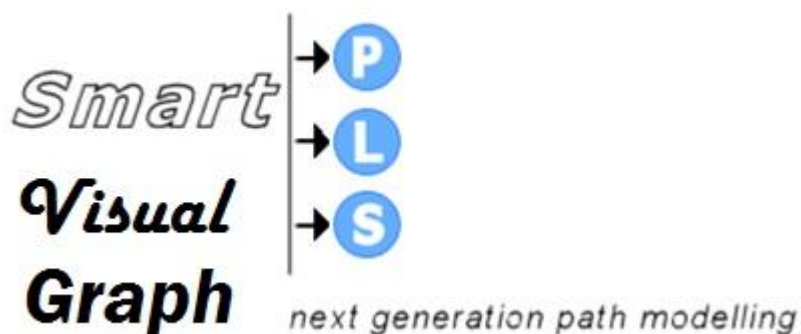


مقدمه‌ای بر مدلیابی معادلات ساختاری به روش PLS

و کاربرد آن در علوم رفتاری

با معرفی نرم‌افزارهای SmartPLS، VisualPLS، PLS-Graph



مولفان

دکتر میرمحمد سید عباس زاده

«استاد دانشگاه ارومیه»

جواد امانی ساری بگلو

هیمن خضری آذر

قاسم پاشوی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمه ای بر مدل یابی معادلات ساختاری به روش PLS و کاربرد آن در علوم رفتاری با معرفی نرم افزار های
Smart PLS, PLS – Graph, Visual PLS / مولفین میر محمد سید عباسزاده ... {و دیگران} . -
ارومیه :

دانشگاه: 1390.

238ص : جدول..- (دانشگاه ارومیه : سری 104)

3- 70-964-6544-978

شابک:

عنوان به انگلیسی Introduction to structural education modeling with PLS ...
کتابنامه.

1. نرم افزار لیزرل. 2. نمونه سازی معادلات ساختاری. 3. علوم اجتماعی – روشهای آماری.
الف. سید عباسزاده، میر محمد . نویسنده همکار. ب. فروست

1390. / 6, 278/3.QA

عنوان: مقدمه ای بر معادل یابی معادلات ساختاری به روش PLS و کاربرد آن در علوم رفتاری با معرفی نرم
افزار های.....

تألیف: دکتر میر محمد سید عباسزاده، جواد امانی، هیمن خضری آذر و قاسم پاشوی

ویراستار علمی: دکتر ایرج برنوسی

ویراستار ادبی: دکتر علیرضا مظفری

ناشر : انتشارات دانشگاه ارومیه، تلفن: 0441-2779930 آقای پاشازاده

چاپ و لیتوگرافی: پرتو ارومیه 0441-2229916

چاپ: اول

سال نشر: 1391

شمارگان: 1000

قیمت پشت جلد : 75000 ریال

شابک: 3-70-964-6544-978

مقدمه‌ای بر مدلیابی معادلات ساختاری به روش PLS

و کاربرد آن در علوم رفتاری

با معرفی نرم‌افزارهای PLS-Graph ،VisualPLS ،SmartPLS

مقدمه‌ای بر مدلیابی معادلات ساختاری به روش PLS

و کاربرد آن در علوم رفتاری

با معرفی نرم‌افزارهای SmartPLS، VisualPLS، PLS-Graph

مؤلفان

دکتر میرمحمد سید عباس زاده «استاد دانشگاه ارومیه»

جواد امانی ساری‌بگلو

هیمن خضری‌آذر

قاسم پاشوی

انتشارات

دانشگاه ارومیه

پیشگفتار

روش‌های تحقیق و ابزارهای تحلیل داده‌ها، چه کمی چه کیفی، در دستان پژوهشگر همانند قلم مو در دستان نقاش یا هنرمند هستند. همان طور که آشنایی و تسلط هنرمند نقاش بر ابزارهای نقاشی به خلق آثاری بدیع یاری می‌رساند، تسلط پژوهشگر بر ابزارهای پژوهش به کشف و تبیین مناسب ماهیت عمل اجتماعی افراد مدد می‌رساند.

با پیچیده‌تر شدن زندگی اجتماعی و به دنبال آن علوم اجتماعی اعم از روانشناسی، جامعه‌شناسی و تعلیم و تربیت، معرفت بشری نیز پیچیده‌تر شده است. دیگر مدل‌های ساده رگرسیون خطی که جهان را به صورت ساده ترسیم می‌کند، در تبیین پدیده‌های اجتماعی کارساز نیست. این امر پژوهشگران را برآن داشته است که ابزارهای جدید و متنوعی را برای تبیین این پیچیدگی ابداع کنند. مدلیابی معادلات ساختاری، شبکه‌های عصبی مصنوعی، تحلیل شبکه‌های اجتماعی و نقشه‌های شناختی فازی از جمله این روش‌های نو می‌باشند.

در بین این روش‌ها مدلیابی معادلات ساختاری محبوبیت زیادی را کسب نموده است؛ زیرا به خوبی پیچیدگی‌های جهان اجتماعی را به تصویر می‌کشد و جهان غیرخطی را به آزمون می‌گذارد. این روش بر این اصل قرار دارد که متغیرها و مفاهیم اجتماعی از طریق نمودهایشان قابل شناسایی هستند. این امر فاصله آمار و فلسفه را به کمترین حد خود می‌رساند.

مفهوم مدلیابی معادلات ساختاری در جامعه علمی و تحقیقاتی ایران، تداعی کننده نام لیزرل می‌باشد. بدین دلیل که اولین مقالات در ایران به معرفی این نرم‌افزار پرداختند. مقاله دکتر قاضی طباطبایی، استاد دانشگاه تهران را می‌توان اولین مقاله در این مورد نام برد. پس از ایشان، دکتر هومن در کتاب‌های مختلف به معرفی معادلات ساختاری و نرم افزار لیزرل پرداخت و اخیراً نیز کتاب‌هایی در مورد نرم‌افزار ایموس یکی دیگر از نرم‌افزارهای مدلیابی معادلات ساختاری منتشر شده‌اند. این امر موجب بی‌توجهی پژوهشگران به رویکرد دیگر مدلیابی معادلات ساختاری یعنی روش حداقل مجزورات جزئی یا PLS شده است. به

نظر می‌رسد رویکرد PLS رویکردی مناسب برای جامعه پژوهشی ایران باشد. این رویکرد برخلاف روش لیزرل با حجم نمونه کم، ابزارهای کمتر جا افتاده و نامعلوم بودن توزیع داده‌ها به خوبی جواب می‌دهد. زیرا در جامعه ما به دست آوردن نمونه زیاد به علت اینکه عمدتاً پژوهش‌ها با هزینه شخصی پژوهشگران انجام می‌شوند، بسیار مشکل است. ابزارها با توجه به اینکه در جوامع دیگر طراحی شده و با فرهنگ ما تا حدی ناسازگار هستند و همچنین بیشترشان با جامعه ایرانی سازگار نشده‌اند، جا افتاده و درخور جامعه ما نیستند. توزیع جامعه در بسیاری از متغیرها به علت نبود یا محدود بودن تحقیقات نامعلوم است. از طرف دیگر نظریه‌های ارائه شده در مورد رفتار افراد در زمینه‌ای غربی ساخته و پرداخته شده‌اند. که این امر پژوهشگران ما را وادار می‌سازد نظریاتی مطابق با فرهنگ شرقی‌مان ساخته و پرداخته کنند. رویکرد PLS در مقابله با رویکرد لیزرل روش نظریه‌پردازی است نه نظریه‌آزمایی. این روش، به دنبال کشف الگوی نظری در داده‌های گردآوری شده برای ارائه تئوری و آزمون این الگو توسط روش لیزرل است. می‌توان گفت این دو روش مکمل یکدیگر هستند. روش PLS در ابتدای راه نظریه‌پردازی، الگوی موجود در داده‌ها را کشف و برای بررسی بیشتر به روش لیزرل می‌سپارد. علاوه بر این مباحث روش PLS می‌تواند به راحتی مدل‌هایی با پیچیدگی بسیار بالا را آزمون کند در حالی که روش لیزرل مدل‌هایی با پیچیدگی متوسط را آزمون می‌کند.

کتاب حاضر اولین تلاش برای معرفی این رویکرد به جامعه تحقیقاتی کشورمان می‌باشد. این کتاب در 9 فصل گردآوری شده است. در فصول یک تا پنجم به معرفی مبانی نظری این رویکرد می‌پردازیم. در فصل شش به معرفی و نحوه استفاده از نرم افزار SmartPLS می‌پردازیم. در فصل هفت نیز یکی در دیگر نرم‌افزارهای مدل‌یابی معادلات ساختاری به روش PLS یعنی VisualPLS را معرفی می‌کنیم. در فصل 8 نحوه کار با نرم افزار محبوب PLS-Graph را آموزش می‌دهیم. و در نهایت در فصل 9 مباحث پیشرفته رویکرد حداقل مجذورات جزئی، شامل تحلیل عاملی مرتبه دوم، اثرهای تعاملی (مدل با متغیرهای تعدیل کننده) و FimixPLS یا رویکرد تشخیص وجود ناهمگنی در داده‌ها را مورد بررسی قرار خواهیم داد. توصیه می‌شود پژوهشگرانی که صرفاً مایل به

استفاده از این رویکرد در تحقیق خودشان هستند، می توانند مستقیماً به فصول شش تا نه مراجعه کنند.

در تالیف و گردآوری کتاب حاضر، لازم است از راهنمایی‌های ارزنده اساتید ارجمند دانشگاه تهران، آقایان دکتر لواسانی، دکتر فراهانی و خانم دکتر الهه حجازی، دانشگاه ارومیه، خانم دکتر سپهریان و آقایان دکتر برنوسی و مظفری، دانشگاه تبریز، آقای دکتر واحدی و دانشگاه آزاد واحد شهر ری، آقای دکتر جاهد کمال تشکر و قدردانی را بنماییم و برای ایشان آرزوی موفقیت و رشد روز افزون علمی داشته باشیم.

میر محمد سید عباس زاده و همکاران

بهار 1391

فهرست مطالب

i.....	پیشگفتار
1.....	مقدمه
3.....	مدل یابی معادلات ساختاری
5.....	مدل یابی معادلات ساختاری مبتنی بر کوواریانس
5.....	مدل یابی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مجذورات جزئی
9.....	فصل اول: معرفی مفاهیم و اصطلاحات اساسی در مدل یابی معادلات ساختاری
9.....	مقدمه
10.....	متغیرهای مکنون در مقابل متغیرهای آشکار
10.....	متغیرهای مکنون برونزا در مقابل متغیرهای مکنون درونزا
11.....	مدل تحلیل عاملی
13.....	مدل متغیر مکنون کامل
13.....	نظام نماد گذاری
14.....	نمودار مسیر
15.....	معادله های ساختاری
16.....	ساخت یا ترکیب اساسی مدل یابی معادلات ساختاری
19.....	همخطی چندگانه
23.....	فصل دوم: روش شناسی کمترین مجذورات جزئی (PLS)
23.....	مقدمه
25.....	مدل های اندازه گیری تشکیل دهنده (مدل B) و انعکاسی (مدل A)
35.....	حجم نمونه
37.....	پیچیدگی مدل
38.....	مقاوم بودن یا خدشه ناپذیری برآوردهای پارامتر

39.....	الگوریتم PLS
42.....	ویژگی پیش‌بینی‌کننده
43.....	ویژگی‌های روش PLS
47.....	فصل سوم: طراحی و آزمون مدل PLS
47.....	مقدمه
48.....	طراحی الگو در مدل مسیر
50.....	معرف‌های نوموگرافیک در کمترین مجذورات جزئی
51.....	آزمون مدل اندازه‌گیری (مدلهای انعکاسی)
51.....	روایی و اعتبار
56.....	شاخص اشتراک
59.....	آزمون مدل اندازه‌گیری (مدل‌های تشکیل‌شونده)
62.....	روابط نشانگرها-سازه
63.....	آزمون الگوی ساختاری مدل PLS
66.....	برآزش مدل PLS
69.....	فصل چهارم: مقایسه مدل‌یابی معادلات ساختاری مبتنی بر کوواریانس و PLS
69.....	مقدمه
70.....	شاخص‌های آماری در مدل‌یابی معادلات ساختاری
79.....	حجم نمونه
79.....	اساس نظری
79.....	فرض‌های توزیعی
79.....	نشانگرها
80.....	آزمون معناداری
80.....	مدل
80.....	مؤلفه‌های بیشینه‌ساختن

80.....	برآورد نقطه ای.....
80.....	خطاهای نرم افزار.....
82.....	مقایسه خروجی مدل PLS با مدل لیزرل.....
89.....	فصل پنجم: کاربرد تجربی PLS.....
89.....	مقدمه.....
90.....	مثال 1.....
91.....	آزمون الگوی اندازه گیری (جهت بررسی اعتبار و پایایی ابزارها).....
93.....	آزمون الگوی ساختاری.....
96.....	مثال 2.....
101.....	مثال 3.....
105.....	مثال 4.....
113.....	فصل ششم: آشنایی با نرم افزار مدلیابی SmartPLS.....
113.....	مقدمه.....
114.....	نگاهی به قابلیت های SmartPLS.....
114.....	نصب نرم افزار.....
115.....	فعال سازی نرم افزار.....
119.....	مروری بر محیط نرم افزار.....
121.....	آماده سازی داده ها برای تحلیل.....
124.....	طراحی مدل در SmartPLS.....
127.....	طراحی الگوی نظری.....
133.....	تغییر اندازه و جابه جایی متغیرها.....
136.....	منوی Selection.....
140.....	گزینه های دیگر طراحی و اصلاح مدل در نوار ابزار.....
140.....	بزرگنمایی و کوچک نمایی مدل.....

140.....	Undo و Redo
141.....	ذخیره پروژه
141.....	انتقال پروژه
143.....	وارد نمودن پروژه Import
144.....	آزمون مدل
145.....	PLS Algorithm
147.....	طرح بار دهی (Weighting Scheme)
148.....	معیار داده ها (Data Metrics)
150.....	تبدیل خروجی گرافیکی به تصویر
151.....	Bootstrapping
154.....	Blindfolding
157.....	نمایش خروجی متنی
159.....	استخراج و گزارش نتایج
161.....	آزمون مدل اندازه گیری
164.....	بررسی روایی
167.....	آزمون مدل ساختاری
171.....	اصلاح مدل پس از آزمون
173.....	فصل 7: راهنمای کاربرد نرم افزار VisualPLS
173.....	مقدمه
174.....	نصب نرم افزار
174.....	رفع مشکل فارسی ساز
174.....	در ویندوز ایکس پی
176.....	در ویندوز سون و ویستا
179.....	تغییر محیط کار در VisualPLS

179	طراحی و ویرایش مدل در VisualPLS
186	ویرایش مدل
186	ذخیره پروژه
186	آزمون مدل در VisualPLS
188	نمایش کامل نتایج
190	آزمون معنی داری مسیرها
193	فصل 8: راهنمای کاربرد PLS-Graph
193	مقدمه
193	نصب نرم افزار
196	اجرای نرم افزار
198	طراحی مدل نظری تحقیق در نرم افزار PLS Graph
199	آماده سازی داده ها برای تحلیل
201	طراحی مدل نظری در محیط نرم افزار
203	طراحی مدل اندازه گیری و اتصال گویه ها به سازه ها
207	طراحی مدل ساختاری (مسیرهای مدل نظری)
209	ذخیره سازی و بازیابی پروژه
210	آزمون مدل اندازه گیری
216	آزمون مدل ساختاری با فرضیه های تحقیق
221	فصل 9: مباحث پیشرفته در VisualPLS و SmartPLS
221	مقدمه
221	تحلیل عاملی مرتبه دوم
225	اثرات تعاملی و تعدیل کننده ها
227	ملاحظات مدل ساختاری در اثرات تعدیل کننده
228	رویکرد عبارات حاصلضرب

230.....	تعیین اثرات تعدیل کننده از طریق مقایسه گروهی
231.....	کاربرد تجربی اثرات تعدیل کننده
235.....	تمرین عملی اثرات تعدیل کننده
236.....	بررسی اثرات تعاملی در SmartPLS
239.....	بررسی اثرات تعاملی در VisualPLS
243.....	FIMIX-PLS (PLS ترکیبات محدود) در SmartPLS
249.....	فهرست منابع
249.....	فارسی
249.....	انگلیسی
255.....	واژه نامه فارسی – انگلیسی
261.....	واژه نامه انگلیسی – فارسی

مقدمه

در روش‌های پیشین تحلیل آماری، برای تعیین یا تأیید فرضیه‌های نظری مبتنی بر تحلیل داده‌های تجربی، بر فنون مبتنی بر رگرسیون (تحلیل رگرسیون چندگانه، تحلیل تشخیصی¹، تحلیل لجستیک و تحلیل واریانس) و تحلیل عاملی یا خوشه‌ای، به عنوان مجموعه اصلی از ابزارهای آماری تأکید می‌شود. محققان رشته‌های مختلف، با استفاده از این روش‌ها نتایجی به دست آورده‌اند تا بر اساس آن راهی برای درک جهان بیابند. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش تحلیل عاملی اسپیرمن² (1904) در تعیین ساختارهای عاملی در روانشناسی و تحلیل خوشه‌ای³ هافستد⁴ (1983) برای کشف تفاوت‌های میان‌فرهنگی در جامعه‌شناسی اشاره کرد.

اما در همه این روش‌ها سه محدودیت یکسان مشاهده می‌شود که عبارتند از: (1) پیش‌فرض ساختار مدل ساده⁵ (حداقل در مورد رویکردهای مبتنی بر رگرسیون)، (2) پیش‌فرض قابل مشاهده بودن همه متغیرها، (3) پیش‌فرض اندازه‌گیری بدون خطای همه متغیرها. این محدودیت‌ها قابلیت استفاده از این روش‌ها را در برخی از موقعیت‌های پژوهشی محدود می‌سازد.

فرض ساختار مدل ساده (یک متغیر وابسته و چندین متغیر مستقل) را جاکوبی⁶ (1978) این‌گونه مورد نقد قرار می‌دهد که: ما در یک دنیای پیچیده و چند متغیره زندگی می‌کنیم، باید در نظر داشته باشیم مطالعه اثر یک یا دو متغیر به صورت مجزا، نسبتاً کاذب و غیرمنطقی است. اگر چه در مدل‌سازی‌ها برخی از جنبه‌های واقعیت نادیده گرفته می‌شوند (شوگان⁷، 2002) اما این پیش‌فرض در رویکردهای رگرسیونی ممکن است تحلیل موقعیت‌های پیچیده و واقعی را بسیار محدود کند. بویژه هنگامی که هدف تعیین اثرات

1 . Discriminant analysis

2 . Spearman

3. Cluster analysis

4 . Hofstede

5 . Simple model structure

6 . Jacoby

7 . Shugan

بالقوه متغیرهای میانجی یا واسطه‌ای¹ بر ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته باشد، که ممکن است ناشی از تأثیر برخی متغیرهای وابسته بر متغیرهای وابسته دیگر باشد.

در مورد محدودیت پیش‌فرض دوم، مک‌دونالد² (1996) تأکید می‌کند که یک متغیر فقط زمانی می‌تواند قابل مشاهده نامیده شود که ارزش آن از طریق نمونه‌گیری دنیای واقعی³ به دست آید. بنابراین هر متغیری که مستقیماً با هر چیز قابل مشاهده مطابقت نداشته باشد باید به عنوان غیر قابل مشاهده در نظر گرفته شود (دیجکسترا⁴، 1983). بر اساس این تعریف تنها برخی از متغیرها مانند سن و جنسیت متغیرهای قابل مشاهده تلقی می‌شوند، حال آنکه اثر و مشخصات مولکول‌ها، فرآیندها، ژن‌ها، ویروس‌ها و باکتری‌ها معمولاً به صورت غیرمستقیم مشاهده می‌شوند (والد⁵، 1993).

در مورد این فرض که همه متغیرها بدون خطا اندازه‌گیری می‌شوند، باید دانست هر مشاهده‌ای از دنیای واقعی با خطاهای اندازه‌گیری خاصی همراه است، که از دو بخش تشکیل می‌شوند (یاگوزی⁶، یی⁷ و فیلیپس⁸، 1991). نخست خطای تصادفی⁹ که از ترتیب گویه‌ها در پرسشنامه یا خستگی پاسخگو ناشی می‌شود (هیلر¹⁰ و رای¹¹، 1972) و دوم خطای منظم¹²، از قبیل واریانس روش (نسبت دادن واریانس به روش اندازه‌گیری به جای سازه مورد بررسی) (یاگوزی و همکاران، 1991). به دلیل اینکه نمره مشاهده‌شده یک گویه از سه بخش تشکیل شده است، یعنی نمره واقعی متغیر، خطای تصادفی و خطای منظم. با دید دقیق‌تر می‌توان گفت روش‌های پیشین، تنها هنگامی قابل استفاده هستند که مولفه‌های خطای منظم و تصادفی نداشته باشند که این امر به ندرت در واقعیت امکان‌پذیر است (هین‌لین و کاپلان¹³، 2004).

1 . Mediating or moderating

2 . McDonald

3 . Real-world sampling

4 . Dijkstra

5 . Wold

6 . Bagozzi

7 . Yi

8 . Philipps

9 . Random error

10 . Heeler

11 . Ray

12 . Systematic error

13 . Haenlein, & Kaplan

مدل‌یابی معادلات ساختاری¹

برای غلبه بر محدودیت‌های روش‌های پیشین، نویسندگان به‌طور فزاینده‌ای از مدل‌یابی معادلات ساختاری به عنوان یک راه حل مناسب استفاده کردند. در مقایسه با روش‌های رگرسیونی، که در آنها فقط یک سطح از رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته به صورت همزمان تحلیل می‌شوند، در مدل‌یابی معادلات ساختاری به عنوان روش ثانویه امکان مدل‌یابی ارتباط میان چندین سازه مستقل و وابسته وجود دارد (گفن²، اشتراپ³ و بودرئو⁴، 2000). بنابراین در این دو روش تفاوتی بین متغیرهای مستقل و وابسته نیست، بلکه بین متغیرهای مکنون درون‌زا⁵ (متغیرهایی که تحت تاثیر عوامل درون مدل قرار دارند) و برون‌زا⁶ (متغیرهایی که تحت تاثیر عوامل خارج از مدل قرار دارند) تمایز وجود دارد.

مزیتی که روش‌های مبتنی بر مدل‌یابی معادلات ساختاری نسبت به روش‌های پیشین دارند، انعطاف‌پذیری این روش‌ها در بررسی اثر متقابل نظریه و داده‌ها است. اگر مبانی نظری قوی باشد، محققان می‌توانند در تحلیل داده‌ها بیشتر به نظریه متکی شوند و هنگامی که مبانی نظری قابل اطمینانی وجود نداشته باشد محققان می‌توانند بیشتر به داده‌های تجربی متکی شوند.

در مدل‌یابی معادلات ساختاری این امکان فراهم می‌شود تا متغیرهای مکنون به‌وسیله نشانگرها اندازه‌گیری شده⁷ و خطای اندازه‌گیری در مدل، مورد بررسی قرار گیرد (چین⁸، 1998). بنابراین، محققان می‌توانند با استفاده از این روش‌ها بر محدودیت‌های روش‌های پیشین غلبه کرده و این امکان را بیابند که فرض‌های مورد اندازه‌گیری و نظری را به کمک روش تحلیل عاملی تاییدی در برابر داده‌های تجربی، به روش آماری آزمون کنند.

1. Structural equation modeling

2. Gefen

3. Straub

4. Boudreau

5. Endogenous latent variables

6. Exogenous

7. Indicator

8. Chin

به طور کلی می‌توان گفت، روش‌های مدل‌یابی معادلات ساختاری، تعمیم و گسترش روش‌های پیشین از قبیل رگرسیون و تحلیل عاملی است.

بر اساس رویکردهای مبتنی بر مدل‌یابی معادلات ساختاری، محققان علوم مختلف می‌توانند رابطه‌ی علی میان چند متغیر پیش‌بین و وابسته را حتی زمانی که این روابط پیچیده باشند، بررسی کنند. این امر از طریق معادله‌های ساختاری سلسله‌مراتبی یا غیر سلسله‌مراتبی، بازگشتی یا غیرقابل بازگشتی قابل آزمون می‌باشد. علاوه بر این محققان می‌توانند متغیرهای مکنون و خطای مدل‌های اندازه‌گیری را تعیین کنند و با انعطاف بیشتری مدل نظری نزدیک به واقعیتی را طرح نموده و آن را در برابر داده‌های واقعی به آزمون بگذارند.

روش‌های مدل‌یابی معادلات ساختاری از قبیل لیزرل و کمترین مجذورات جزئی¹ (PLS) روش‌های جدید تحلیل داده‌ها محسوب می‌شوند. در مقایسه با ابزارهای آماری پیشین، از طریق مدل‌یابی معادلات ساختاری می‌توان مجموعه‌ای از سؤالات پژوهشی مرتبط به هم را در یک تحلیل واحد، منظم و جامع مورد آزمون قرار داد. علاوه بر این می‌توان روابط میان چندین سازه مستقل و وابسته را به صورت همزمان بررسی نمود. ویژگی تحلیل همزمان در یک مدل به صورت یکپارچه این روش را از مدل‌های رگرسیون خطی که تنها یک سطح از رابطه بین متغیرهای مستقل و یک وابسته در یک زمان مورد تحلیل قرار می‌گیرد، متمایز می‌سازد.

به طور کلی، برای برآورد پارامترها در مدل‌یابی معادلات ساختاری می‌توان از روش مبتنی بر کوواریانس و روش مبتنی بر واریانس (یا مبتنی بر مؤلفه) استفاده کرد. مدل‌یابی معادلات ساختاری مبتنی بر کوواریانس بویژه در طول چند دهه گذشته اهمیت زیادی پیدا کرده است. این امر باعث شده بسیاری از محققان علوم اجتماعی، روش مبتنی بر کوواریانس را به اشتباه مترادف با اصطلاح مدل‌یابی معادلات ساختاری در نظر بگیرند (چین، 1998). اگر چه نرم‌افزارهای متفاوتی برای انجام این نوع از تحلیل استفاده شده اند که می‌توان به نرم‌افزارهایی چون EQS, AMOS, SEPATH, COSAN اشاره کرد، اما برنامه لیزرل که

1. Partial least square

به وسیله جورسکاگ¹ در سال 1975 به وجود آمد بیشتر رواج یافته است، به طوری که گاهی روش لیزرل مترادف با مدل یابی معادلات ساختاری مبتنی بر کوواریانس به کار می رود. برخلاف روش های رگرسیونی، در مدل یابی معادلات ساختاری، نه تنها مدل ساختاری ارزیابی می شود (علیت فرض شده میان مجموعه ای از سازه های وابسته و مستقل)، بلکه مدل اندازه گیری (پارهای عاملی گویه های مشاهده شده بر روی متغیرهای مکنون آنها) نیز مورد بررسی قرار می گیرد. تحلیل همزمان مدل اندازه گیری و مدل ساختاری این امکان را فراهم می سازد تا خطاهای اندازه گیری متغیرهای مشاهده شده به عنوان بخشی از مدل، همراه با آزمون فرضیه ها تحلیل شوند.

مدل یابی معادلات ساختاری مبتنی بر کوواریانس

در مدل یابی معادلات ساختاری مبتنی بر کوواریانس با استفاده از تابع حداکثر درست نمایی² تلاش می شود تا تفاوت بین کوواریانس های نمونه که بوسیله مدل نظری پیش بینی می شود کمینه گردد. بنابراین در این روش، از طریق پارامترهای برآورد شده، ماتریس کوواریانس داده های گردآوری شده باز تولید می شوند. علاوه بر این رعایت مفروضه های نرمال بودن چندمتغیره و استقلال مشاهده ها از یکدیگر، شرط اساسی مدل یابی معادلات ساختاری است.

روش های مبتنی بر کوواریانس در بین روش های مدل یابی معادلات ساختاری، به مراتب شناخته شده تر هستند. با این وجود، روشی دیگر با رواج کمتر با عنوان کمترین مجذورات جزئی (PLS)، برای محققان علاقه مند در انجام تحلیل های مبتنی بر مدل یابی معادلات ساختاری می تواند مفید باشد.

مدل یابی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مجذورات جزئی

پیدایش رویکرد PLS به زمانی بر می گردد که هرمان والد³ (1975) دو روش از سرگیری⁴ با استفاده از برآورد کمترین مجذورات برای مدل های یک مؤلفه ای و چند

1 . Jöreskog

2 . Maximum likelihood

3 . Wold

4 . Iterative

مؤلفه‌ای و همبستگی بنیادی را معرفی کرد. انگیزه رشد PLS توسط والد یافتن وضعیتی بود که بین تحلیل داده‌ها و مدلیابی سنتی باشد زیرا مدلیابی سنتی دارای مفروضه سخت‌گیرانه در مورد توزیع احتمالی داده‌ها بود ولی رویکرد PLS نایسته به توزیع¹ بود.

کمترین مجذورات جزئی روش نسبتاً جدیدی از معادلات ساختاری رگرسیونی است. این روش هم برای رگرسیون تک متغیری و هم چند متغیری و با چند متغیر وابسته کاربرد دارد. برای بررسی ارتباط بین متغیرهای وابسته و متغیرهای مستقل، PLS متغیرهای تبیینی یا مستقل جدیدی ایجاد می‌کند که غالباً عامل، متغیرمکنون یا مؤلفه‌ها نامیده می‌شوند. این مؤلفه‌ها ترکیب خطی از نشانگرهای خود هستند.

PLS بر اساس برآورد کمترین مجذورات با هدف اولیة بهینه ساختن تبیین واریانس در سازه‌های وابسته مدلهای معادلات ساختاری است. روش PLS در ابتدا برای تحلیل موقعیت‌ها یا مدلهای بسیار پیچیده‌ای به کار می‌رود که اطلاعات نظری کمی در مورد آنها وجود دارد، یا اینکه هدف از آزمون این مدل‌ها پیش‌بینی یا کاربرد است.

بر خلاف مدلیابی معادلات ساختاری مبتنی بر کوواریانس که میزان برازش مدل مفروض را ارزیابی می‌کند و در نتیجه برآورد مدل در جهت تبیین، آزمون و تأیید نظریه است، روش PLS پیش‌بینی مدار بوده، به نظریه قوی نیاز ندارد و به عنوان روش ساخت نظریه می‌تواند به کار رود (وینزی² و همکاران، 2010).

PLS در ابتدا برای استفاده در رشته اقتصادسنجی توسعه یافت، اما در رشته شیمی نیز برای استفاده در تحقیقات شیمی تجزیه، فیزیک و پزشکی مورد استقبال قرار گرفت. همچنین در رشته‌های مدیریت و بازاریابی نیز کاربردهای فراوانی دارد. کمترین مجذورات جزئی (PLS) در علوم پایه بویژه شیمی و غیره، یعنی در علوم که تعداد زیادی از متغیرهای همبسته و تعداد محدودی از مشاهده شده‌ها وجود دارند، کاربرد فراوانی دارد.

هدف والد (1975) توجه به نظریه‌ها و داده‌های ضعیف بود. به همین دلیل PLS را به وجود آورد. کمترین مجذورات جزئی برای مقابله با مشکلات داده‌های خاص مانند حجم

1 . Distribution free

2 . Vinzi

اندک داده‌ها، وجود داده‌های گم‌شده¹ و هم‌خطی بین متغیرهای مستقل طراحی شده است. در مقابل، کمترین مجذورات متداول² (OLS) نسبت به حجم اندک داده‌ها، داده‌های گم‌شده و هم‌خطی چندگانه مقاوم نبوده و نتایج بی‌ثباتی را ایجاد می‌کند، زیرا این شرایط باعث تورم خطای استاندارد ضرایب برآوردشده می‌گردد.

هدف کمترین مجذورات جزئی، پیش‌بینی Y از X و توصیف سازه‌های زیربنایی مشترک دو متغیر است. کمترین مجذورات جزئی روش رگرسیون برای شناسایی عامل‌های زیربنایی است که از ترکیب خطی متغیرهای تبیینی یا X ، بهترین مدل پاسخ یا پیش‌بین متغیرهای Y را فراهم می‌سازد. در واقع مدل PLS به دنبال کشف بهترین پیش‌بین متغیرهای وابسته از روی متغیرهای مستقل است.

کمترین مجذورات جزئی گاهی اوقات "مدل یابی نرم"³ نامیده می‌شود. زیرا در صورتی که OLS فرض‌های سخت‌گیرانه‌ای مانند عدم وجود هم‌خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل دارد، مدل یابی نرم اشاره به برخورد انعطاف‌پذیرانه با این فرض‌های اساسی دارد. کمترین مجذورات جزئی به عنوان یک روش خطی، پیش‌بینی و تبیینی و نه تفسیری معرفی می‌شود. استفاده از این روش، قبل از استفاده روش‌های تفسیری مانند رگرسیون خطی چندگانه یا SEM توصیه می‌گردد.

کمترین مجذورات جزئی، رابطه خطی بهینه بین متغیرهای مکنون را نشان می‌دهد و می‌توان از آن به عنوان بهترین ترکیب متغیرهای پیش‌بین در یک بررسی با وجود همه محدودیت‌های مفروض تعبیر کرد.

کمترین مجذورات جزئی به عنوان روش گسترش‌یافته رگرسیون خطی چندگانه فرض‌های مشابه زیادی با آن دارد؛ مثلاً خطی بودن و نداشتن داده‌های دورافتاده⁴ در هنگام استفاده از کمترین مجذورات جزئی است. باید توجه کرد که به دلیل آنکه توزیع کمترین مجذورات ناشناخته است، آزمون معناداری متداولی وجود ندارد. در هر صورت معناداری

1 . Missing value

2 . Ordinary Least Squares

3 . Soft modeling

4 . Outliers

مسیرها از طریق روش‌های خودگردان‌سازی یا بوت استراپ¹ و یا برش متقاطع یا جک نایف² که روش‌های باز نمونه‌گیری هستند، آزمون می‌شوند. این روش، مشابهت‌هایی با روش رگرسیون مؤلفه‌های اصلی³ (PCR) دارد که در آن مؤلفه‌های اصلی به عنوان متغیرهای وابسته در رگرسیون است. تفاوت عمده PLS با PCR این است که مؤلفه‌های اصلی تنها با مقادیر متغیرهای X تعیین می‌شود، در صورتی که با PLS، مقادیر هر دو متغیرهای X و Y در ساخت مؤلفه‌ها تأثیر می‌گذارند. هدف PLS تشکیل مؤلفه‌هایی است که بیشترین اطلاعات لازم برای پیش‌بینی از متغیرهای X را به دست دهد، در صورتی که رگرسیون مؤلفه اصلی کاهش ابعاد متغیرهای X در قالب متغیرهای محدود است. PLS بویژه زمانی برای تشکیل معادلات پیش‌بینی مفید است که متغیرهای تبیینی زیاد، و داده‌های نمونه نسبتاً کم باشد (کلاین⁴، 2011).

برخلاف مدلیابی معادلات ساختاری مبتنی بر کوواریانس، کمترین مجذورات جزئی (PLS) به جای باز تولید ماتریس کوواریانس تجربی، بر بیشترین واریانس تبیین شده متغیرهای وابسته به وسیله متغیرهای مستقل تمرکز دارد. همانند هر مدلیابی معادلات ساختاری، مدل کمترین مجذورات جزئی از یک بخش ساختاری که ارتباط بین متغیرهای مکنون را نشان می‌دهد و یک قسمت اندازه‌گیری که نحوه ارتباط متغیرهای مکنون و نشانگرهای آنها را منعکس می‌کند، تشکیل شده است. افزون بر این، کمترین مجذورات جزئی دارای یک بخش سومی به نام "نسبت وزنی"⁵ است که برای برآورد مقادیر موردها یا نمره‌های عاملی افراد نمونه در متغیرهای مکنون به کار می‌رود (چین و نیوستد⁶، 1999).

1 . Bootstrap

2 . Jackknife

3 . Principle componet. regresion

4 . Kline

5 . Weight relation

6 . Newsted