

تحلیل موازی: روشی برای تعیین تعداد عامل‌ها

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۷

الهه حجازی^۱

زهرا نقش^۲

میثم شیرزادی فرد^۳

چکیده

زمینه: در مطالعات زیادی از تحلیل عاملی اکتشافی برای کاهش داده‌ها استفاده می‌شود. تعیین تعداد واقعی عامل‌های قابل استخراج بزرگترین مشکلی است که محققان در اجرای تحلیل عاملی با آن روبه‌رو می‌شوند. روش‌های معمول و رایج، تعداد عامل‌های قابل استخراج را بیشتر و یا کمتر از حد واقعی برآورد می‌کنند. **هدف:** این پژوهش به منظور ارزیابی روش‌های معمول تعیین تعداد عامل‌های قابل استخراج و معرفی تحلیل موازی به‌عنوان یکی از دقیق‌ترین روش‌های تعیین تعداد واقعی عامل‌ها انجام گرفته است. **روش:** تحلیل موازی در مراحل گام‌به‌گام با ارائه مثال واقعی با استفاده از Syntax نویسی که در SPSS شرح داده می‌شود. **یافته‌ها:** نتایج حاکی از آن است که تحلیل موازی دقیق‌ترین روش در بین روش‌هاست که متأسفانه کاربرد بسیار محدودی دارد. **نتیجه‌گیری:** با وجود دقیق بودن روش تحلیل موازی، این روش در بین محققان شناخته شده نیست و یکی از دلایل این عدم شناخت، نبود گزینه‌ای برای تحلیل موازی در معروف‌ترین بسته‌های آماری است. لذا این مقاله، به توصیف تحلیل موازی و شرح چگونگی اجرای آن پرداخته است. امید است در آینده شاهد استفاده بیشتر از این روش کارآمد باشیم. **واژگان کلیدی:** تحلیل عاملی اکتشافی، تحلیل موازی، روایی.

ehejazi@ut.ac.ir

۱. دانشیار دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه تهران

z.naghsh@ut.ac.ir

۲. دانشجوی دکترا روان‌شناسی تربیتی دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه تهران

m.shirzadi@ut.ac.ir

۳. دانشجوی دکترا روان‌شناسی تربیتی دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی دانشگاه تهران

مقدمه

روایی مفهومی است که آیتم‌های معرف هر آزمون و یا همبستگی بین یک آزمون و برخی اندازه‌های خارج از آن آزمون را بررسی می‌کند و به صورت همبستگی نمرات مشاهده شده یک آزمون با نمرات واقعی تعریف می‌شود. روش‌های مختلفی برای بررسی روایی وجود دارد که شامل روایی محتوا^۱، روایی مبتنی بر معیار^۲ و روایی سازه^۳ است. روایی سازه به استنتاج درباره متغیرهای پنهان یک مجموعه داده می‌پردازد و تحلیل عاملی ابزاری مهم برای بررسی روایی سازه است (نونالی^۴، ۱۹۷۸). تحلیل عاملی می‌تواند به طور گسترده به عنوان یک مجموعه از روش‌های آماری چند متغیره برای کاهش داده‌ها و برای فهم متغیرهای اندازه‌گیری شده به وسیله تعیین تعداد و ماهیت عامل‌ها به کار رود (فابریگار^۵، وگنر^۶، مک کالوم^۷ و استراهان^۸، ۱۹۹۹). تحلیل عامل اکتشافی به دنبال محاسبه بیشترین واریانس در یک مجموعه متغیرهای مشاهده شده با کمترین متغیرهای پنهان، مؤلفه‌ها و یا عامل‌های مشترک است و به طور ویژه برای توسعه مقیاس یا وقتی پایه نظری کمی برای تعداد و الگوی عامل‌های مشترک وجود دارد، مناسب است (هارلی^۹ و دیگران، ۱۹۹۷)؛ بنابراین، یکی از اصلی‌ترین تصمیمات روش شناختی برای محققان در استفاده از تحلیل عامل اکتشافی تعیین تعداد عامل‌هایی است که باید استخراج شوند.

تصمیم‌گیری راجع به تعداد عامل‌های یک ابزار به دلایل مختلف دارای اهمیت است: ۱- تصمیم درباره حفظ عامل از سایر تصمیمات مثل انتخاب روش تحلیل عاملی و نوع چرخش مهم‌تر است؛ ۲- تحلیل عامل اکتشافی نیاز به ایجاد صرفه‌جویی متعادل^{۱۰} دارد. این

-
1. content validity
 2. criterion-related validity
 3. construct validity
 4. Nunnally
 5. Fabrigar
 6. Wegener
 7. MacCallum
 8. Strahan
 9. Hurley
 10. balance parsimony

امر به همبستگی های زیربنایی^۱ که منجر به توانایی تمیز میان عوامل اصلی و فرعی می شود، بستگی دارد؛^۳ - بر اساس شواهد مفهومی و تجربی، تعداد زیاد یا تعداد کم عامل ها موجب خطاهای اساسی می شود که بر نتایج اثر می گذارند (اگرچه استخراج تعداد کمتر عامل ها به طور سنتی بیشتر است)، اما هر دو اشتباه منجر به تولید و تفسیر الگوی عاملی ضعیف می شود (به نقل از هایتن^۲، الن^۳ و اسکارپلو^۴، ۲۰۰۴).

استخراج تعداد کمتر عامل ها که با نادیده گرفتن عامل های دیگر و یا ترکیب آنها با یکدیگر همراه است، منجر به از دست دادن اطلاعات مهمی می شود (زوویک^۵ و ویلسر^۶، ۱۹۸۶) که می تواند منجر به مشکلاتی از قبیل بارگیری غلط متغیرهای اندازه گیری شده در عامل ها شود. همچنین این خطاها می تواند ساختار عاملی صحیح را مبهم سازد و منجر به نتایج پیچیده ای شود که تفسیر را دشوار می کند (فابریگار^۷ و دیگران، ۱۹۹۹؛ وود^۸، تاتارین^۹ و گورساج^{۱۰}، ۱۹۹۶). استخراج تعداد بیشتر عامل ها نیز می تواند منجر به تأکید بر عامل های فرعی در مقابل عامل های اصلی، ایجاد عامل هایی با تنها یک متغیر با میزان بارگیری بالا، عامل هایی که تفسیر آنها سخت است و عامل هایی که تکرار مجدد آنها غیرمحمول است، شود (زوویک و ویلسر، ۱۹۸۶)؛ بنابراین استخراج تعداد کمتر و یا تعداد بیشتر عامل ها تأثیر مهمی بر کاهش و تفسیر اطلاعات دارد.

علیرغم اهمیت تصمیم گیری در مورد تعداد عامل ها، توافقی در مورد معیار مناسب انتخاب تعداد عامل ها وجود ندارد و معیارهای موجود برای ارزیابی تصمیم در مورد تعداد عامل ها نیز منجر به نتیجه مشابه نمی شوند (کاراها^{۱۱} و باکلی^۱، ۱۹۹۱؛ تامسون و دانیل،

-
1. underlying correlations
 2. Hayton
 3. Allen
 4. Scarpello
 5. wick
 6. Velicer
 7. Fabrigar
 8. Wood
 9. Tataryn
 10. Gorsuch
 11. Carraher

۱۹۹۶؛ زوییک و ولسر، ۱۹۸۶). شواهدی وجود دارد که علیرغم اینکه تحلیل موازی یکی از دقیق‌ترین روش‌های تعیین تعداد عامل‌های یک ابزار است (مثلاً ولسر و اتیون و فاوا، ۲۰۰۰؛ زوییک و ولسر، ۱۹۸۶) از این روش به دلیل نبود اطلاعات کافی (کتاب، کارگاه آموزشی) و سخت بودن اجرا کمتر استفاده می‌شود (فابریگار و دیگران، ۱۹۹۹). لذا هدف ما در این مقاله معرفی مختصر تحلیل موازی و اجرای یک نمونه از آن است.

معیارهای تعیین تعداد عامل‌های قابل استخراج

به‌طور کلی، تحلیل عاملی باید عامل‌ها را تا جایی که عامل واریانس جزئی و ناچیزی را تبیین کند نگه دارد، روش‌های مختلف مشخص کردن تعداد عامل‌ها منجر به راه‌حل‌های مختلف می‌شود که در ادامه به‌طور مختصر توضیح داده می‌شوند.

معیار کایزر: یکی از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده معیار کایزر است که توسط کایزر در سال ۱۹۶۰ مطرح شده است. در این روش تنها عامل‌های با ارزش ویژه بالاتر از یک باقی خواهند ماند. پایه نظری و کاربرد ساده ارزش ویژه منجر به پذیرش وسیع آن شده است ولی علیرغم سادگی، بسیاری از نویسندگان این روش را برای تعیین تعداد عامل‌ها، غیردقیق می‌دانند. فابریگار و دیگران (۱۹۹۹) سه مشکل در استفاده از این روش بیان کرده‌اند. اول، این روش مناسب تحلیل مؤلفه‌های اصلی است و استفاده از آن در تحلیل عامل اکتشافی معتبر نیست، دوم، این روش می‌تواند منجر به تصمیمات قراردادی شود. مثلاً عامل‌های با ارزش ویژه ۰/۰۱ به عنوان عامل اصلی و یا عامل‌های با ارزش ویژه ۰/۹۹ به عنوان عامل ناچیز در نظر گرفته می‌شوند. سوم، در مطالعات شبیه‌سازی مختلف با تحلیل عامل اکتشافی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی این روش نشان داده که تمایل به بیش برآورد عامل‌ها و در برخی موارد برآورد کمتر عامل‌ها دارد (به نقل از لدسما^۲ و مور^۳، ۲۰۰۷). قانون ارزش ویژه پیش‌گزیده^۴ استفاده شده در بسته‌های آماری رایج مثل SPSS و SAS است.

-
1. Buckley
 2. Ledesma
 3. Mora
 4. default

آزمون اسکری کتل: روش رایج دیگر برای تعیین عوامل باقی مانده آزمون اسکری کتل^۱ است که نمودار ارزش های ویژه را برای جداسازی به کار می برد. منطبق این آزمون این است که تعدادی عامل اصلی که بیشترین واریانس را محاسبه می کنند، در قسمت شیب دار صخره^۲ قرار دارند و عامل های فرعی که واریانس کمتری را محاسبه می کنند در قسمت کم عمق صخره قرار می گیرند. معیار استخراج عامل ها، نقطه شکستگی در نمودار است (کتل^۳ و جاسپر^۴، ۱۹۶۷). مشکل آزمون اسکری عینی بودن و ابهام آن به ویژه وقتی نقطه شکستگی واضح نیست یا بیش از یک نقطه شکستگی وجود دارد، است. شکستگی های قطعی در نمونه های کوچک وقتی نسبت متغیرها به عامل ها کمتر است به احتمال کمتری آشکار می شوند. عینی بودن و ابهام موجود در این روش به ویژه با ساختارهای عاملی پیچیده ممکن است منجر به پایین بودن توافق ارزیابان^۵ شود. هر چند مطالعات زیادی در مورد اعتبارات توافق ارزیابان نتایج آزمون اسکری را رضایت بخش گزارش کرده اند (مثل، کلیف، ۱۹۷۰؛ تاکر^۶، کوپمن^۷ و لین، ۱۹۶۹؛ زوییک و ویسر، ۱۹۸۲ به نقل از هایتن و دیگران، ۲۰۰۴).

روش جزئی حداقل میانگین (MAP): روش جزئی حداقل میانگین^۸ ارائه شده توسط ویسر (۱۹۷۶) به بررسی یک مجموعه ماتریس همبستگی جزئی می پردازد. در گام اول، اولین مؤلفه اصلی، از همبستگی بین متغیرها و ضریب متوسط مجذور شده^۹ حاصل از ماتریس همبستگی جزئی استخراج می شود. در گام دوم، اولین و دومین مؤلفه اصلی از ماتریس همبستگی اصلی و همبستگی جزئی متوسط مجذور شده به دست می آیند؛ و این گام ها ادامه می یابد تا جایی که

-
1. Cattells scree test
 2. cliff
 3. Cattell
 4. Jaspers
 5. interrater reliabilities
 6. Tucker
 7. Koopman
 8. Minimum average partial method (MAP)
 9. Average squared coefficient

به کمترین مقدار همبستگی جزئی متوسط مجذور شده برسیم. سپس متوسط همبستگی جزئی حاصل از این گام‌ها مرتب می‌شود و تعداد مؤلفه‌ها (عامل‌ها) به وسیله تعداد گام‌های تحلیل مشخص می‌شود (کورنر، ۲۰۰۰).

تحلیل موازی: تحلیل موازی تکنیکی برای تعیین تعداد عامل‌های باقی‌مانده در تحلیل عاملی است که توسط هورن (۱۹۶۵) ارائه شده است. هورن این روش را به‌عنوان روشی جایگزین برای اصلاح مشکلات روش نمودار اسکری کتل مطرح کرده است. تحلیل موازی تلاش می‌کند تا بر محدودیت‌های معیار کایزر یعنی بیش برآورد نظم ماتریس به علت خطای نمونه‌گیری غلبه کند. معیار کایزر مبتنی بر یک ماتریس همبستگی جامعه فرض شده است و فقط در مواردی که حجم نمونه به آن نزدیک است مناسب است (گلورفیلد^۱، ۱۹۹۵). در یک ماتریس جامعه، ارزش ویژه برای متغیرهای تصادفی یا دوه‌دو ناهمبسته^۲، مساوی ۱ است؛ اما در یک نمونه محدود، خطای نمونه‌گیری و تورش حداقل مربعات منجر می‌شود که ارزش ویژه بزرگتر از ۱ و یا کمتر از یک به دست آید (هورن، ۱۹۶۵). این بدین معناست که برای نمونه‌های محدود، برخی عوامل با ارزش ویژه بالاتر از ۱ ممکن است به‌عنوان نتیجه خطای نمونه‌گیری رخ دهد. تحلیل موازی اثر خطای نمونه‌گیری را تعدیل و بنابراین برخلاف معیار کایزر که مبتنی بر جامعه است، مبتنی بر نمونه است (زوییک و ولیسر، ۱۹۸۶).

منطق تحلیل موازی این است که عامل‌های غیر بدیهی از داده‌های واقعی با یک ساختار عاملی معتبر باید ارزش ویژه بالاتر از عامل‌های موازی مشتق شده از داده‌های تصادفی با تعداد مساوی حجم نمونه و تعداد متغیرهای مساوی داشته باشند (فورد^۳ و دیگران، ۱۹۸۶؛ لاتن اسچلاجر^۴، ۱۹۸۹)؛ بنابراین تحلیل موازی تعدادی ماتریس همبستگی از متغیرهای تصادفی مبتنی بر حجم نمونه و تعداد متغیرهای یکسان در داده‌های واقعی است. در این

-
1. Glorfeld
 2. mutually uncorrelated
 3. Ford
 4. Lautenschlager

روش متوسط ارزش‌های ویژه از ماتریس‌های همبستگی تصادفی با ارزش‌های ویژه از ماتریس همبستگی داده‌های واقعی مقایسه می‌شوند. به این ترتیب ارزش ویژه مشاهده شده با دومین ارزش ویژه تصادفی مقایسه می‌شود و الی آخر. عامل‌های متناظر با ارزش‌های ویژه واقعی که بزرگتر از میانگین (صدک ۹۵) ارزش‌های ویژه تصادفی موازی^۱ هستند باید استخراج شوند و ارزش‌های ویژه واقعی کمتر یا مساوی با متوسط ارزش‌های ویژه تصادفی موازی به عنوان خطای نمونه‌گیری در نظر گرفته می‌شوند (گلورفیلد، ۱۹۹۵؛ هورن، ۱۹۶۵؛ زوییک و ویلسر، ۱۹۸۶؛ هایتن و دیگران، ۲۰۰۴).

ارزیابی دقت معیارهای استخراج عامل

مطالعات زیادی دقت معیارهای مختلف تعیین تعداد عامل‌های قابل استخراج را با داده‌های شبیه‌سازی شده (مثل هامفریز و مونتانی، ۱۹۷۵؛ لین، ۱۹۶۸؛ زوییک و ویلسر، ۱۹۸۶) و تعداد کمی از این تحقیقات با داده‌های واقعی (مثل لی و کامری^۲، ۱۹۷۹؛ رول^۳ و روکلین^۴، ۱۹۷۹، به نقل از هایتن و دیگران، ۲۰۰۴) بررسی کرده‌اند. تعدادی از مطالعات نشان داده که نقش معیار کایزر غیردقیق است و تمایل دارد عامل‌های بیشتری را حفظ کند. لین (۱۹۶۸) اثبات کرد که کایزر به بیش برآورد تعداد صحیح عامل‌ها تا ۶۶ درصد می‌پردازد. زوییک و ویلسر (۱۹۸۶) در یک مقایسه جامع از نقش معیار کایزر، آزمون بارتلت، آزمون اسکری، روش جزئی حداقل میانگین (MAP) و تحلیل موازی، نتیجه گرفتند که معیار کایزر فقط در ۲۲ درصد موارد صحیح است (گلورفیلد، ۱۹۹۵). یافته‌های فابریگار و دیگران (۱۹۹۹) حاکی از غیردقیق بودن معیار کایزر در پژوهش‌های انجام شده است.

مشکل آزمون اسکری عینیت و ابهام آن است اگرچه این روش در مواقعی که عوامل به طور تجربی جدا و غیرمبهم باشند بهتر عمل می‌کند (فابریگار و دیگران، ۱۹۹۹). زوییک و ویلسر (۱۹۸۶) در مقایسه میان آزمون اسکری و معیار کایزر به این نتیجه رسیدند که

-
1. parallel average random eigenvalues
 2. Comrey
 3. Revelle
 4. Rocklin

آزمون اسکری بهتر از کایزر عمل می‌کند اگرچه فقط در ۵۷ درصد موارد صحیح بوده و در بیشتر موارد تعداد عامل‌ها را بیشتر برآورد کرده است.

تحقیقات کمتری دقت روش‌های دیگر را ارزیابی کرده‌اند. هامفریز و مونتانلی (۱۹۷۵) تحلیل موازی را با روش حداکثر احتمال مقایسه کردند و دریافتند که روش حداکثر احتمال به حفظ عامل‌ها بیشتر تمایل دارد. همچنین، آزمون‌های حداکثر احتمال به شدت تحت تأثیر حجم نمونه هستند و با افزایش حجم نمونه دقت این آزمون کم می‌شود (فابریگار و دیگران، ۱۹۹۹). زوییک و ویسر (۱۹۸۶) دریافتند که آزمون بارتلت در ۳۰ درصد موارد صحیح است و تمایل به بیش برآورد دارد به‌ویژه وقتی حجم نمونه افزایش پیدا می‌کند. در مطالعه آنها روش تحلیل موازی دقیق‌ترین روش بود و بعد از آن روش مپ به‌عنوان دومین روش دقیق معرفی شد.

تحلیل موازی به اجرای دقیق‌تر در نگهداری عامل‌ها می‌پردازد (فابریگار و دیگران، ۱۹۹۹). سیلورستین (۱۹۸۷) در مقایسه تحلیل موازی و کایزر به این نتیجه رسید که تحلیل موازی دقیق‌تر است، اگرچه در مواقعی که غیردقیق است تمایل به بیش برآورد عامل‌ها دارد. هامفریز و مونتانلی (۱۹۷۵) در مقایسه تحلیل موازی و حداکثر احتمال به این نتیجه رسیدند که تحلیل موازی دقیق‌تر و در اغلب مواقع صحیح است. زوییک و ویسر (۱۹۸۶) در مقایسه خود به این نتیجه رسیدند که تحلیل موازی دقیق‌تر از پنج روش دیگر بوده و در ۹۲ درصد موارد صحیح می‌باشد. ایتون^۱ و ویسر و فاوا^۲ (۱۹۹۹) نیز در مقایسه روش تحلیل موازی، مپ و معیار کایزر به این نتیجه رسیدند که تحلیل موازی دقیق‌ترین روش و کایزر غیردقیق‌ترین روش است (به نقل از هایتن و دیگران، ۲۰۰۴). ویسر و دیگران (۲۰۰۰) در مقایسه روش‌ها از نظر منطق، سهولت اجرا و دقت، روش‌های تحلیل موازی و مپ (MAP) را توصیه کرده‌اند و استفاده از آزمون اسکری را نیز به‌عنوان یک روش همراه با روش‌های دیگر (نه به‌تنهایی) پیشنهاد می‌کنند.

-
1. Eaton
 2. Fava

استفاده از تحلیل موازی در مقالات منتشرشده

فورد و دیگران (۱۹۸۶) با ارزیابی مجلات روان‌شناسی کاربردی^۱، رفتارهای سازمانی و فرایندهای تصمیم‌گیری انسان^۲ و روان‌شناسی کارکنان^۳ در دوره زمانی ۱۹۷۵-۱۹۸۴ دریافتند که ۱۵۲ مقاله از تحلیل عامل اکتشافی استفاده کرده‌اند. رایج‌ترین معیار برای استخراج عامل‌ها در این مجلات معیار کایزر (۲۱/۷٪) و بیشترین کاربرد آن در سال‌های ۱۹۸۴-۱۹۸۰ (در مقایسه با سال‌های ۱۹۷۹-۱۹۷۵) بوده است که حاکی از افزایش استفاده این روش است. آزمون اسکری (۱۱/۲٪) و ترکیبی از روش‌ها (۱۳/۸٪) در سایر موارد استفاده شده است. در این مطالعه از کاربرد تحلیل موازی گزارشی ارائه نشده است. علاوه بر این در بیش از ۳۰٪ موارد تحلیل‌ها در مشخص کردن قوانین نگهداری تعداد عامل ناموفق بودند.

فابریگار و دیگران (۱۹۹۹) نیز با مرور مجلات روان‌شناسی کاربردی^۴ و روان‌شناسی اجتماعی و شخصیت^۵ در طی سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۱ دریافتند که در ۵۸ مورد از تحلیل عامل اکتشافی در مجله روان‌شناسی کاربردی و ۱۵۹ مورد در مجله روان‌شناسی اجتماعی و شخصیت استفاده شده است. نتایج این مطالعه در مورد روش‌های تعیین تعداد عامل‌های قابل استخراج مشابه با فورد و دیگران (۱۹۸۶) بود. معیار کایزر رایج‌ترین روش مورد استفاده (۱۹٪ برای مجله اولی و ۱۵/۷٪ برای دومی)، آزمون اسکری (۱۵/۵٪ برای اولی و ۱۵/۱٪ برای دومی) در مرتبه دوم و تنها یک تحلیل موازی در مجله دومی مشاهده شد. در ۲۰٪ موارد ترکیبی از روش‌ها استفاده شده بود و در ۴۰٪ موارد روش تعیین تعداد عامل‌های قابل استخراج مشخص نشده بود.

هایتن و دیگران (۲۰۰۴) به مرور دو مجله مهم مدیریت برای سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۹۰ یعنی

-
1. Journal of Applied Psychology
 2. Organizational Behavior and Human Decision Processes
 3. Personnel Psychology
 4. Journal of Applied Psychology
 5. Journal of Personality and Social Psychology

انجمن مدیریت^۱ و مدیریت^۲ پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که در ۱۴۲ مقاله از تحلیل عامل اکتشافی برای بررسی روایی استفاده کرده بودند؛ که از این تعداد، ۲۲ مقاله یا ۱۵/۵٪ مقاله‌ها از ترکیب چندین روش استفاده کرده بودند. ۳۶ مقاله یا ۲۵/۴٪ از روش معیار کایزر و ۸ مقاله یا ۵/۶٪ از روش آزمون اسکری استفاده شده بود. در هیچ مطالعه‌ای روش تحلیل موازی مورد استفاده قرار نگرفته بود. علاوه بر این در بیش از نیمی از مطالعات، ۷۵ مقاله یا ۵۲/۸٪ مقاله‌ها، روش استخراج تعداد عامل‌ها گزارش نشده بود.

در بررسی مقالات دو مجله روان‌شناسی^۳ و مجله علوم رفتاری^۴ در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۳۸۶، تعداد ۱۲ مقاله در مجله روان‌شناسی از تحلیل عامل اکتشافی استفاده کرده بودند که از این تعداد ۱ مقاله روش اسکری، ۱ مقاله از روش معیار کایزر و ۵ مقاله از ترکیب روش معیار کایزر و نمودار اسکری استفاده کرده بودند و در ۵ مقاله دیگر هم روشی برای تعیین تعداد عامل‌ها مشخص نشده بود. تعداد ۱۵ مقاله در مجله علوم رفتاری از تحلیل عامل اکتشافی استفاده کرده بودند که از این تعداد ۱ مقاله روش اسکری، ۳ مقاله معیار کایزر و ۶ مقاله از ترکیب روش معیار کایزر و نمودار اسکری است. همچنین در ۵ مقاله روش تعیین تعداد عامل‌های قابل استخراج گزارش نشده بود.

با وجود این واقعیت که تحلیل موازی در ادبیات روان‌سنجی تا حد زیادی مورد غفلت واقع شده است، می‌توان مواردی را یافت که به بررسی ساختار عاملی ابزارهای نام‌آشنا با استفاده از همین روش پرداخته‌اند. برون، کاپلان و جیسون^۵ (۲۰۱۱) سیاهه افسردگی بک^۶ را به استفاده از تحلیل موازی مورد بررسی قرار دادند. هایتن و دیگران (۲۰۰۴) نیز عامل‌های زیربنایی پرسشنامه رضایت مینه‌سوتا^۷ را با استفاده از همین روش استخراج کردند. آنها در این تحلیل نشان دادند که تحلیل موازی می‌تواند مشکلات مربوط به بیش برآورد دیگر

-
1. Academy of Management Journal
 2. Journal of Management
 3. Journal of Psychology
 4. Journal of Behavioral Sciences
 5. Brown, Kaplan, & Jason
 6. Beck Depression Inventory
 7. Minnesota Satisfaction Questionnaire

روش ها را تصحیح کند. استگر^۱ (۲۰۰۶) نیز برای استخراج عامل های ابزارهای هدف زندگی^۲، آزمون جهت گیری زندگی^۳، آزمون حرمت-خود روزنبرگ^۴ و مقیاس رضایت از زندگی^۵ از روش تحلیل موازی استفاده کرد. ابزارهای پر کاربرد دیگر از قبیل پنج عامل بزرگ شخصیت و پرسشنامه هوش هیجانی (روسو^۶ و دیگران، ۲۰۱۲)، مقیاس تناسب حرفه ای نوجوان-والد^۷ (سایتري، کريد و زيمر-گمبک^۸، ۲۰۱۲) و پرسشنامه هوش هیجانی خصیصه ای^۹ (ماورویل و سیو^{۱۰}، ۲۰۱۲) با همین روش مورد بررسی قرار گرفته اند.

همان طور که شواهد نشان می دهد تحلیل موازی یکی از دقیق ترین روش های تعیین تعداد عامل است ولی از این روش در تحقیقات منتشر شده استفاده نشده است. دلیل احتمالی عدم استفاده از این روش در پژوهش های داخلی و تا حدود زیادی پژوهش های خارجی، عدم آشنایی محققان با این روش است. جهت تشویق محققان به استفاده از تحلیل موازی، به عنوان یک روش دقیق تعیین تعداد عامل ها، مزایای آن را برشمردیم و در اینجا قصد داریم مراحل اجرای عملی آن را در قالب مثال عینی توضیح دهیم.

اجرای تحلیل موازی با استفاده از SPSS

در این بخش مراحل گام به گام اجرای تحلیل موازی با ارائه مثال واقعی شرح داده می شود. برای اجرای تحلیل موازی روش های متعددی با استفاده از نرم افزارهای اختصاصی تحلیل موازی و نرم افزارهای عمومی تر تحلیل آماری وجود دارد. اگرچه در حال حاضر در برنامه SPSS برای اجرای تحلیل موازی گزینه ای تعبیه نشده است، افرادی با استفاده از Syntax نویسی این امکان را فراهم آورده اند. به دلیل استفاده همه گیر از نرم افزار SPSS

1. Steger
2. Purpose in Life
3. Life Orientation Test
4. Rosenberg Self-Esteem Test
5. Satisfaction With Life Scale
6. Russo
7. Adolescent-Parent Career Congruence Scale
8. Sawitri, Creed, & Zimmer-Gembeck
9. trait emotional intelligence
10. Mavroveli, & Siu,

و دسترس پذیر بودن آن نسبت به دیگر نرم‌افزارهای آماری، ما شیوه اجرای تحلیل موازی ویژه نرم‌افزار SPSS را شرح می‌دهیم. پیوست ۱ Syntax پیشنهادی تامپسون و دنیل (۱۹۹۶) را نشان می‌دهد که مبنای تحلیل ما خواهد بود.

به‌طور کلی برای اجرای تحلیل موازی به‌منظور تعیین تعداد واقعی عامل‌ها سه مرحله وجود دارد. مرحله اول شامل استخراج داده‌های تصادفی از پایگاه داده‌های واقعی با ابعاد مشابه است. منظور از ابعاد مشابه این است که فایل داده‌های استخراج‌شده به شیوه تصادفی باید به لحاظ تعداد مشاهدات و متغیرها درست مشابه داده‌های واقعی باشد. مرحله بعدی محاسبه میانگین و صدک ۹۵ برای ارزش‌های ویژه به‌دست‌آمده از داده‌های تصادفی است. تصمیم‌گیری درباره تعداد عامل‌های قابل استخراج از مجموعه متغیر واقعی نیز مرحله پایانی محسوب می‌شود. این کار با مقایسه میانگین یا صدک ۹۵ ارزش‌های ویژه به‌دست‌آمده برای هر عامل با استفاده از داده‌های تصادفی و ارزش‌های ویژه عامل‌ها در داده‌های واقعی صورت می‌پذیرد.

پیش از اجرای تحلیل عاملی بهتر است جهت تسهیل و تسریع در کار، فایل جدیدی ایجاد شود که تنها متغیرهای مورد تحلیل را شامل شود. در اغلب موارد فایل داده‌ها، متغیرهای جمعیت‌شناختی یا متغیرهایی مربوط به دیگر جنبه‌های پژوهش را شامل می‌شوند. پس از بازنمودن فایل طراحی‌شده، باید فایل جدید برای اجرای Syntax ایجاد شود. به این منظور مسیر زیر را طی نمایید:

File → New → Syntax

اکنون فضای مورد نیاز برای نوشتن Syntax آماده است.

Syntax ارائه‌شده در پیوست ۱ را در فضای موردنظر کپی کنید. و مطابق توضیحات ارائه‌شده، بخش‌های مختلف را با فایل داده‌های خودسازگار کنید (دستورات لازم در Syntax وجود دارد). منظور از سازگار کردن این است که مشخصات فایل داده‌های واقعی را (برای مثال تعداد مشاهده‌ها، تعداد متغیرها، طیف پاسخ‌ها و ...) در Syntax موردنظر وارد کنید.

در شکل ۱ Syntax اولیه را پس از کپی با داده‌های خودسازگار کرده‌ایم. برای مثال تعداد مشاهدات را ۳۰۵ و تعداد متغیرها را به ۴۰ تغییر داده‌ایم.

```

1 INPUT PROGRAM.
2 COMMENT This part of the program creates a single random data set.
3 LOOP LOOP#1 = 1 TO 305.
4 COMMENT Change 305 to the actual sample size.
5 DO REPEAT V = V1 TO V40.
6 COMMENT Replace 50 with the number of variables.
7 COMPUTE V = RND (NORMAL (50) 3).
8 COMMENT This line relates to the response levels
9 COMMENT 5 represents the maximum response value for the scale.
10 COMMENT Change 5 to whatever the appropriate value may be.
11 COMMENT 3 represents the middle response value.
12 COMMENT Change 3 to whatever the actual middle response value may be.
13 COMMENT (e.g., 3 is the midpoint for a 1 to 5 Likert scale).
14 IF (V LT 1)V = 1.
  
```

شکل ۱

کافی است بر روی گزینه Run کلیک کرده و گزینه all را انتخاب کنید. با این کار Syntax اجرا شده و برون داد در پنجره Output نمایش داده می‌شود. در واقع نرم افزار داده‌های تصادفی را از داده‌های واقعی انتخاب می‌کند و با توجه به تعداد مشاهده‌ها، تعداد متغیرها و طیف پاسخ‌ها ارزش‌های ویژه هر عامل را محاسبه می‌کند. این کار را باید حداقل ۵۰ بار انجام دهید. برای هر بار اجرای Syntax، مورد نظر برون‌دادهی مانند شکل ۲ حاصل می‌شود. تا این مرحله داده‌های تصادفی مورد نیاز استخراج شده و ارزش‌های ویژه مربوط به عامل‌ها محاسبه شده‌اند.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	1.513	4.278	4.278	1.51	4.278	4.278
2	1.399	4.208	8.486	1.4	4.208	8.486
3	1.356	4.002	12.488	1.36	4.002	12.488
4	1.275	3.939	16.427	1.28	3.939	16.427
5	1.230	3.737	20.164	1.23	3.737	20.164
6	1.163	3.709	23.873	1.16	3.709	23.873
7	1.142	3.488	27.361	1.14	3.488	27.361
8	1.113	3.411	30.771	1.11	3.411	30.771
9	1.099	3.293	34.064	1.1	3.293	34.064
10	1.087	3.188	37.252	1.09	3.188	37.252

شکل ۲

در مرحله بعد میانگین و صدک ۹۵ ارزش‌های ویژه حاصل از ۵۰ مرتبه استخراج داده‌های تصادفی را محاسبه می‌کنیم. به این منظور باید میانگین و صدک ۹۵ ارزش‌های ویژه مربوط

به عامل یک، عامل دو، عامل سه و ... را محاسبه نمایید. برای این کار می‌توانید از نرم‌افزار Excel استفاده کنید.

میانگین و صدک ۹۵ ارزش‌های ویژه مربوط به هر عامل برای داده‌های تصادفی تحلیل ما در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱. میانگین و صدک ۹۵ ارزش‌های ویژه داده‌های تصادفی و داده‌های واقعی

عامل	ارزش‌های ویژه واقعی	میانگین ارزش‌های ویژه داده‌های تصادفی	صدک ۹۵ ارزش‌های ویژه داده‌های تصادفی	درصد واریانس تبیین شده توسط هر عامل
۱	۴/۲۶۸	۱/۴۸۳	۱/۵۶۶	۲۰/۳۴
۲	۳/۲۲۰	۱/۴۰۴	۱/۴۵۷	۱۷/۱۰
۳	۱/۲۲۶	۱/۳۲۹	۱/۳۸۲	۶/۱۳
۴	۱/۰۹۵	۱/۲۷۳	۱/۳۱۷	۵/۴۸
۵	۱/۰۷۸	۱/۲۲۴	۱/۲۷۴	۵/۳۹
۶	۰/۹۳۸	۱/۱۶۶	۱/۲۱۰	۴/۶۹

در مرحله پایانی باید درباره تعداد واقعی عامل‌ها تصمیم‌گیری کنید. برای این کار ارزش‌های ویژه حاصل از داده‌های تصادفی با ارزش‌های ویژه داده‌های واقعی مقایسه می‌شود. به این ترتیب تنها عامل‌هایی باید استخراج شوند که ارزش ویژه واقعی آنها بیشتر از ارزش ویژه داده‌های تصادفی است. در تحلیل ارزش‌های ویژه عامل یک و دو در داده‌های واقعی بیشتر از میانگین و صدک ۹۵ ارزش‌های ویژه داده‌های تصادفی بودند؛ بنابراین علی‌رغم این که معیار ارزش ویژه بالاتر از یک ($K > 1$) در داده‌های واقعی نشان‌دهنده وجود ۵ عامل است، تحلیل موازی تنها ۲ عامل را تأیید می‌کند.

همچنین می‌توان به شکل نموداری نشان داد که تنها دو عامل از داده‌ها قابل استخراج هستند. خط پیوسته نشان‌دهنده ارزش‌های ویژه داده‌های واقعی است و خطوط خط چین و نقطه چین به ترتیب صدک ۹۵ و میانگین ارزش‌های ویژه حاصل از داده‌های تصادفی را نشان می‌دهند.

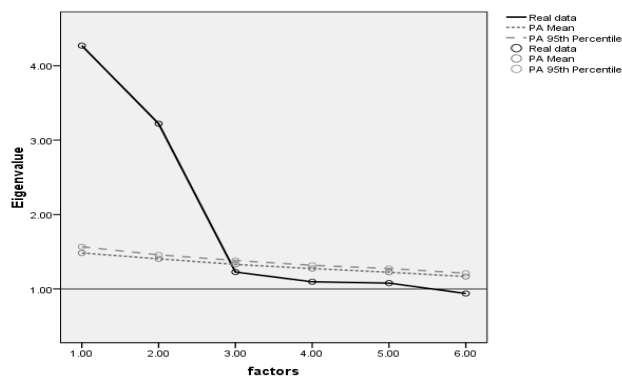


Figure1: Plot of Actual Versus Randomly Generated Eigenvalues

شکل ۳

بحث و نتیجه گیری

بررسی روایی مقیاس ها دارای اهمیت زیادی است و تعیین تعداد عامل ها یکی از گام های مهم در روایی سازه است. روش های مختلفی برای تعیین تعداد عامل ها وجود دارد که از نظر دقت با یکدیگر متفاوت هستند. همان گونه که اشاره شد در بسیاری از موارد روش مورد استفاده برای تعیین تعداد واقعی عوامل نامناسب بوده است. عدم انتخاب روش دقیق تعیین تعداد عوامل یک مقیاس نه تنها اعتبار علمی پژوهش اصلی را زیر سؤال می برد، بلکه سؤالاتی را نسبت به دیگر پژوهش های انجام شده با استفاده از همان مقیاس پیش می کشد. از این رو نیاز به معرفی روشی دقیق که تا حد زیادی توسط محققان نادیده گرفته شده است، ضروری به نظر می رسد و همین امر انگیزه اصلی ما در نوشتن این مقاله بود.

همان طور که گفته شد تحلیل موازی دقیق ترین روش در بین روش ها است که متأسفانه کاربرد بسیار محدودی دارد. در عوض محققان به طور مکرر متکی به آزمون کایزر و آزمون اسکری هستند و یا چندین معیار تصمیم را به کار می برند. ما امیدواریم این مقاله محققان را با اهمیت تعیین تعداد درست عامل ها آگاه کرده باشد تا در تصمیم گیری برای تعیین تعداد عامل ها از دقیق ترین روش ها استفاده کنند.

قابل ذکر است که یک سری ملاحظات در هنگام کاربرد تحلیل موازی ضروری است؛

مانند دیگر روش‌های آماری، کاربرد تحلیل موازی با هر روش کاهش داده و در همه شرایط معقول نیست و در بسیاری موارد پیش‌فرض‌های اجرای آن رعایت نمی‌شود (کرافورد^۱ و دیگران ۲۰۱۰). ما سعی کردیم با تشریح اجرای عملی تحلیل موازی با استفاده از SPSS محققان را با کاربرد آن آشنا کنیم و امیدواریم که در آینده شاهد استفاده بیشتر از این روش کارآمد باشیم.

منابع

- Brown, M., Kaplan, C., & Jason, L. (2011). Factor analysis of the Beck Depression Inventory-II with patients with chronic fatigue syndrome. *Journal of Health Psychology, 17*(6) 799–808.
- Crawford, et al. (2010). Evaluation of Parallel Analysis Methods for Determining the Number of Factors. *Educational and Psychological Measurement, 70*(6) 885–901.
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., & Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods, 4*, 272-299.
- Ford, J. K., MacCallum, R. C., & Tait, M. (1986). The applications of exploratory factor analysis in applied psychology: A critical review and analysis. *Personnel Psychology, 39*, 291-314.
- Glorfeld, L. W. (1995). An improvement on Horn's parallel analysis methodology for selecting the correct number of factors to retain. *Educational and Psychological Measurement, 55*, 377-393.
- Hayton, J. C., Allen, D. G., & Scarpello, V. (2004) Factor Retention Decisions in Exploratory Factor Analysis: A Tutorial on Parallel Analysis. *Organizational Research Methods, 7*, 191 –205.
- Horn, J. L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika, 32*, 179-185.
- Hurley, A. E., Scandura, T. A., Schriesheim, C. A., Brannick, M. T., Seers, A., Vandenberg, R. J., et al. (1997). Exploratory and confirmatory factor analysis: Guidelines, issues, and alternatives. *Journal of Organizational Behavior, 18*, 667-683.
- Lautenschlager, G. J. (1989). A comparison of alternatives to conducting Monte Carlo analyses for determining parallel analysis criteria. *Multivariate Behavioral Research, 24*, 365-395.
- Ledesma, R. D., Mora, P. V. (2007). Determining the Number of Factors to Retain in EFA: an easy-to-use computer program for carrying out Parallel Analysis. *Practical Assessment, Research & Evaluation. A peer-reviewed electronic journal, 2*, 1-11.
- Linn, R. L. (1968). A Monte Carlo approach to the number of factors problem. *Psychometrika, 33*, 37-71.
- Mavroveli, S., & Siu, A. F. Y. (2012). The Factor Structure of Trait Emotional Intelligence in Hong Kong Adolescents. *Journal of Psychoeducational Assessment, 30*(6) 567–576.

- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- OConnor, B.P. (2000). SPSS and SAS programs for determining the number of components using parallel analysis and Velicers MAP test. *Behavior Research Methods, Instruments, Computers*, 32, 396-402.
- Russo, M. R., Manacini, G., Elena, T., Baldaro, B., Mavroveli, S., & Petrides, K. Y. (2012). Trait Emotional Intelligence and the Big Five: A study on Italian Children and Preadolescents. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 30(3), 274-283.
- Sawitri, D. R., Creed, P. A., & Zimmer-Gembeck, M. J. (2012). The Adolescent-Parent Career Congruence Scale: Development and Initial Validation. *Journal of Career Assessment*, 21 (2), 210-226.
- Steger, M. F. (2006). An Illustration of Issues in Factor Extraction and Identification of Dimensionality in Psychological Assessment Data. *Journal of Personality Assessment*, 86(3), 263-272.
- Thompson, B., & Daniel, L. G. (1996). Factor analytic evidence for the construct validity of scores: A historical overview and some guidelines. *Educational and Psychological Measurement*, 56, 197-208.
- Velicer, W. F., Eaton, C. A., & Fava, J.L. (2000). Construct explication through factor or component analysis: A review and evaluation of alternative procedures for determining the number of factors or components. In R.D.Goffin & E.Helms (Eds.), *Problems and solutions in human assessment: Honoring Douglas N. Jackson at seventy*. Norwell, MA: Kluwer Academic.
- Wood, J. M., Tataryn, D. J., & Gorsuch, R. L. (1996). Effects of under- and overextraction on principal axis factor analysis with varimax rotation. *Psychological Methods*, 1, 254-365.
- Zwick, W. R., & Velicer, W. F. (1986). Factors influencing five rules for determining the number of components to retain. *Psychological Bulletin*, 99, 432-442.

پیوست ۱

```

Title "Parallel Analysis".
INPUT PROGRAM.
COMMENT This part of the program creates a single random data set.
LOOP LOOP#1 = 1 TO 305.
COMMENT Change 305 to the actual sample size.
DO REPEAT V = V1 TO V40.
COMMENT Replace 50 above with the number of variables.
COMPUTE V = RND (NORMAL (5/6) + 3).
COMMENT This line relates to the response levels
COMMENT 5 represents the maximum response value for the scale.
COMMENT Change 5 to whatever the appropriate value may be.
COMMENT 3 represents the middle response value.
COMMENT Change 3 to whatever the actual middle response value may
be.
COMMENT (e.g., 3 is the midpoint for a 1 to 5 Likert scale).
IF (V LT 1)V = 1.
IF(V GT 5)V = 5.
COMMENT These lines constrain the random numbers to the appropriate
response range.
COMMENT Change the 5s above to the maximum response value.
END REPEAT.
END CASE.
END LOOP#1.
END FILE.
END INPUT PROGRAM.
COMMENT After creating the random data it must be factored.
COMMENT Change the number of variables in the variable and analysis
section to the
number of variables in the analysis.
FACTOR
/VARIABLES v1 v2 v3 v4 v5 v6 v7 v8 v9 v10 v11 v12 v13 v14 v15 v16
v17 v18
v19 v20 v21 v22 v23 v24 v25 v26 v27 v28 v29 v30 v31 v32 v33 v34 v35
v36 v37
v38 v39 v40 /MISSING LISTWISE
/ANALYSIS v1 v2 v3 v4 v5 v6 v7 v8 v9 v10 v11 v12 v13 v14 v15 v16 v17
v18 v19
v20 v21 v22 v23 v24 v25 v26 v27 v28 v29 v30 v31 v32 v33 v34 v35 v36
v37 v38
v39 v40

```

```
/PRINT INITIAL EXTRACTION
/CRITERIA MINEIGEN(0) ITERATE(25)
/EXTRACTION PC
/ROTATION NOROTATE
/METHOD=CORRELATION.
COMMENT Repeat the entire program 50 times and average the resulting
eigenvalues.
```