

گروه‌بندی معیارهای تصمیم‌گیری در صورت وجود همبستگی با به کارگیری رویکرد پوشش مجموعه

مقصود امیری^۱، مجتبی آقایی^{۲*}

۱- استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
۲- دانشجوی دکتری، مدیریت تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۶

دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۱۸

چکیده

تصمیم‌گیرندگان در انتخاب یک گزینه از میان گزینه‌های متعدد اغلب چندین معیار را هم‌زمان در تصمیم‌گیری مورد نظر قراز می‌دهند. معیارها گاه هم‌راستا و گاه متقابل و متضاد است. هنگامی که بین معیارها وابستگی وجود دارد می‌توان برخی تکنیک‌های تصمیم‌گیری مانند ANP، AHP و یا دیمتل را به کار برد. رویکرد دیگر گروه‌بندی معیارهایی است که با یکدیگر همبستگی دارند. بدین منظور در این تحقیق با به کارگیری رویکردی جدید گروه‌بندی معیارها را بر مبنای همبستگی بین آن‌ها انجام می‌دهیم. روش پیشنهادی به منظور حل مسأله پوشش مجموعه است. در این مسأله هدف عبارت از طبقه‌بندی کردن معیارها در گروه‌هایی که همبستگی بین معیارها در درون هر گروه بیشینه و همبستگی بین معیارهای هر گروه با گروه دیگر کمینه شود. مورد مطالعه برای این تحقیق ۹ صنعت مربوط به ۲۶ کشور اروپایی است. روش تحلیل عاملی به منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی نیز استفاده می‌شود. نتایج حاکی از آن است که روش پیشنهادی (پوشش مجموعه) به منظور گروه‌بندی متغیرها از کارایی قابل قبولی برخوردار است و می‌توان از این روش نیز در تحقیقات آتی برای گروه‌بندی متغیرها (زمانی که بین متغیرها همبستگی وجود دارد) استفاده کرد.

کلیدواژگان

پوشش مجموعه، همبستگی، تحلیل عاملی، گروه‌بندی



۱- مقدمه

تصمیم‌گیری در دنیای پیچیده امروز به چالشی برای مدیران و سازمان‌ها تبدیل شده است. تعداد شاخص‌های تصمیم‌گیری، تنوع معیارهای کمی و کیفی و لزوم در نظر گرفتن هم‌زمان آن‌ها، اهمیت آثار و پیامدهای تصمیم و عواملی نظیر آن بر پیچیدگی تصمیم‌ها می‌افزاید. تصمیم‌گیرندگان در انتخاب یک گزینه از میان گزینه‌های متعدد اغلب چندین معیار را هم‌زمان در تصمیم‌گیری در نظر قرار می‌دهند. معیارها گاه هم‌راستا و گاه متقابل و متضاد است. در بسیاری از موارد نتایج حاصل از تصمیم‌گیری تنها زمانی مطلوب است و موجب رضایت‌مندی تصمیم‌گیرنده می‌شود که تصمیم‌گیری براساس چند ضابطه صورت گرفته باشد. در مدل‌هایی مانند برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی عدد صحیح، تخصیص و تعداد زیادی از مدل‌های کلاسیک تحقیق در عملیات، فقط یک ضابطه مانند سود، زیان، هزینه، زمان و غیره مورد توجه قرار می‌گیرد. حال آن‌که در مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و چندشاخصه برای تعیین بهترین گزینه چند معیار به طور هم‌زمان استفاده می‌شوند [۱].

مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مدل‌هایی هستند که در دو دهه اخیر مورد توجه محققان موضوع تصمیم‌گیری قرار گرفته است. قدرت بسیار بالای این تکنیک‌ها در کاهش پیچیدگی تصمیم‌گیری، استفاده هم‌زمان از معیارهای کمی و کیفی، اعطای چارچوب ساختارمند به مسائل تصمیم‌گیری و در پایان کاربرد آسان آن‌ها سبب شده است تا به عنوان یک ابزار کاربردی در اختیار مدیران و محققان قرار گیرد [۲]. در این تحقیق در پی آن هستیم تا با استفاده از رویکردی جدید طبقه‌بندی معیارها را با استفاده از همبستگی بین آن‌ها انجام دهیم. مسأله پوشش مجموعه^۱ روش مورد استفاده است. مسأله پوشش مجموعه یکی از مسائل تعریف‌شده در حوزه مسائل مکان‌یابی- تخصیص است. مسأله پوشش مجموعه از مسائل مشهور بهینه‌سازی ترکیبی بوده که دارای کاربرد وسیع در زمینه‌های مختلف از جمله زمان‌بندی، تولید، برنامه‌ریزی خدمات و مسائل مکان‌یابی است [۳]. به طور کلی می‌توان این مسأله را به صورت زیر تعریف کرد:

«تعدادی مجموعه وجود دارد که اجتماع آن‌ها برابر با مجموعه جهانی^۲ است. هدف مسأله پوشش مجموعه یافتن کم‌ترین تعداد مجموعه‌ای است که اجتماع آن‌ها همچنان برابر با مجموعه جهانی باشد. به عبارت دیگر هدف مسأله یافتن کم‌ترین تعداد مجموعه از بین

مجموعه‌های داده شده است، به گونه‌ای که همه عناصر تمام مجموعه‌ها را شامل شوند [۴]. در مسأله پوشش مجموعه، مجموعه‌ای از نقاط در اختیار داریم و به دنبال آن هستیم که از بین این نقاط چند نقطه براساس تابع هدف (حداقل هزینه، حداقل فاصله، حداکثر پوشش و...) انتخاب کرده و نقاط باقی‌مانده را تحت پوشش این نقاط قرار دهیم [۵]. از جمله کاربرد این مسائل در زمینه مکان‌یابی تسهیلات است که در آن تعدادی تسهیل در اختیار داریم و با محدودیت تعداد تسهیلات مواجه هستیم؛ بنابراین باید آن‌ها را به گونه‌ای به مجموعه محل‌های تقاضا اختصاص دهیم تا سایر نقاطی که تسهیل به آن‌ها تخصیص داده نشده نیز تحت پوشش محل‌هایی قرار گیرند که تسهیل به آن‌ها اختصاص داده شده است. از جمله دیگر موارد کاربرد این مدل می‌توان به مسأله پوشش مجموعه برای هاب‌ها با شعاع انعطاف‌پذیر [۶]، مسأله پوشش مجموعه در مسیریابی وسایل نقلیه [۷؛ ۸]، به کارگیری رویکرد مبتنی بر پوشش مجموعه جهت کوچک‌سازی مجموعه‌های خاکستری متغیر [۹]، کاربرد پوشش مجموعه در مسأله فروشنده دوره گرد چند هدفه [۱۰] و مکان‌یابی آمبولانس در مسیره‌های بین شهری [۱۱] اشاره کرد. در این تحقیق به منظور طبقه‌بندی متغیرها ابتدا در بخش دوم مدل توسعه‌یافته پوشش مجموعه و متغیرها و پارامترهای به کار رفته در آن توضیح داده می‌شود. به منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی در بخش سوم روش تحلیل عاملی مورد استفاده قرار گرفته است. بخش چهارم اطلاعات مربوط به مطالعه موردی و بخش پنجم نیز مرتبط با نتایج و یافته‌های تحقیق است.

۲- روش‌شناسی پژوهش

با توجه به مطالبی که در مورد مسأله پوشش مجموعه ارائه شد می‌خواهیم این مسأله را برای طبقه‌بندی متغیرها مورد استفاده قرار دهیم. در اینجا مفهومی جدید برای تابع هدف به جای استفاده از تابع هدف حداکثر پوشش و یا حداقل هزینه جایگزین می‌نماییم. بدین منظور از معیار همبستگی استفاده می‌نیم. به عبارت دیگر هدف، حداکثر کردن میزان همبستگی بین نقاط (متغیرها) با در دست داشتن ماتریس همبستگی بین این نقاط است. یکی از پارامترهای مدل، ρ_{ij} (ضریب همبستگی بین متغیر i و j) است. منظور از اندیس i مجموعه متغیرهای مورد نظر برای طبقه‌بندی است. اندیس j نشان‌دهنده تعداد نقاطی است که از آن‌ها به عنوان



مرکز گروه برای تخصیص سایر نقاط به آنها استفاده می‌شود. از آنجا که مسأله پوشش مجموعه یک مسأله برنامه‌ریزی ترکیبی صفر و یک است، متغیر تصمیم نیز از نوع دوتایی صفر و یک است. دو متغیر تصمیم که در این مدل استفاده می‌شوند عبارت از موارد زیر است.

X_{ij} : اگر متغیر i به گروه j تخصیص یابد برابر با یک و در غیر این صورت برابر با صفر است.

Y_j : اگر به نقطه j یک گروه تخصیص داده شود برابر با یک و در غیر این صورت برابر با صفر است.

پارامترهای مورداستفاده در این مدل نیز به شرح زیر است:

ρ_{ij} : ضریب همبستگی بین نقطه (متغیر) i و j ؛

K : تعداد گروه‌هایی که قصد داریم نقاط (متغیرها) را به آنها تخصیص دهیم؛

e_{ij} : ضریب پوششی نقطه (متغیر) i توسط گروه j (اگر نقطه i توسط گروه مستقر در

محل j پوشش داده شود برابر با یک و در غیر این صورت برابر با صفر است).

۲-۱- مدل ریاضی

تابع هدف (۱) برابر است با بیشینه‌سازی همبستگی بین نقاط i - m که تحت پوشش گروه j - m قرار می‌گیرد. محدودیت اول (رابطه (۲)) نشان‌دهنده این است که صرفاً زمانی یک نقطه i به یک گروه j اختصاص می‌یابد که در آن محل واقعاً یک گروه قرار گرفته باشد. محدودیت دوم (رابطه (۳)) بیانگر تعداد گروه‌هایی است که در اختیار داریم. در این مسأله تعداد گروه‌های مورد استفاده برای طبقه‌بندی متغیرها را با استفاده از روش تحلیل عاملی (تعداد گروه‌ها برابر با تعداد عامل‌هایی که بیشترین مقدار واریانس را تبیین می‌کنند) مشخص شده است. محدودیت سوم (رابطه (۴)) تضمین می‌کند که هر نقطه فقط تحت پوشش یک گروه قرار گیرد. رابطه (۵) نیز در ارتباط با دوتایی بودن متغیرهای تصمیم است.

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^9 \rho_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

$$X_{ij} \leq Y_j \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^9 Y_j = k \quad (۳)$$

$$\sum_{j=1}^9 e_{ij} Y_j = 1 \quad (۴)$$

$$X_{ij}, Y_j = \{0,1\} \quad (۵)$$

۳- اعتبارسنجی مدل

به منظور اعتبارسنجی مدل ارائه شده در مسأله پوشش مجموعه از روش تحلیل عاملی^۲ استفاده می‌کنیم. از آنجا که در مسأله پوشش مجموعه از همبستگی به عنوان معیاری برای عضویت متغیرها به هر گروه استفاده نمودیم، از تحلیل عاملی برای بررسی نتایج استفاده می‌شود، چرا که مبنای محاسبات در این روش همبستگی بین متغیرهاست. در ادامه توضیحات مربوط به این روش مورد بررسی قرار می‌گیرد و پس از آن به مقایسه نتایج و یافته‌های حاصل از این روش‌ها با یکدیگر می‌پردازیم.

۳-۱- تحلیل عاملی

روش تجزیه عامل‌ها یا تحلیل عاملی یکی از روش‌های آماری برای تجزیه اطلاعات موجود در مجموعه داده‌هاست. این روش توسط کارل پیرسون و چارلز اسپیرمن برای نخستین بار هنگام اندازه‌گیری هوش مطرح شد که برای تعیین تأثیرگذارترین متغیرها زمانی که تعداد متغیرهای مورد بررسی زیاد و روابط بین آن‌ها ناشناخته باشد، استفاده می‌شود. در این روش متغیرها در عامل‌هایی قرار می‌گیرند، به طوری که از عامل اول به عامل‌های بعدی درصد واریانس که توسط آن عامل تبیین می‌شود کاهش می‌یابد. از این‌رو متغیرهایی که در عامل‌های اولی قرار می‌گیرند تأثیرگذارترین است.

در واقع تجزیه عاملی گسترش تجزیه مؤلفه‌های اصلی^۴ است. در هر دو روش تلاش بر آن است که ماتریس کوواریانس تقریب زده شود، اما این تقریب در مدل تحلیل عاملی از دقت و ظرافت بیشتری برخوردار است. به طور کلی هدف از تجزیه عامل‌ها به شرح زیر خلاصه



می‌شود:

- تفسیر وجود همبستگی درونی بین تعدادی صفت قابل مشاهده از طریق عواملی که قابل مشاهده نیستند و آن‌ها را عامل گویند. در حقیقت این عوامل غیرقابل مشاهده دلیل مشترک همبستگی بین متغیرهای اصلی است؛

- ارائه روش ترکیب و خلاصه کردن تعداد زیادی از متغیرها در تعدادی گروه متمایز؛
- تأثیرگذارترین آن‌ها از بین متغیرهای مختلف تعیین شده و در پژوهش‌های بعدی متغیرهای تأثیرگذار را به صورت جزئی‌تر با تکرار بیشتری بررسی می‌کنند.
با توجه به موارد بالا اصلی‌ترین هدف استفاده از تحلیل عاملی، کاهش حجم داده‌ها (حذف متغیرهایی که واریانس بالایی با عامل‌های شناسایی شده ندارند) و تعیین مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌هاست.

تحلیل عاملی بر دو نوع تحلیل عاملی اکتشافی^۵ و تحلیل عاملی تأییدی^۶ است. در تحلیل عاملی اکتشافی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است، پژوهشگر درصد کشف ساختار زیربنایی مجموعه به نسبت بزرگی از متغیرهاست. پیش‌فرض اولیه آن است که هر متغیری ممکن است با هر عاملی ارتباط داشته باشد. به عبارت دیگر پژوهشگر در این روش هیچ نظریه اولیه‌ای ندارد. برخی از مفاهیم کلیدی در این روش به شرح زیر است.
- **اشتراک:** عبارت از میزان واریانس مشترک بین یک متغیر با دیگر متغیرهای به کار گرفته شده در تحلیل است.

- **مقدار ویژه:** میزان واریانس تبیین شده به وسیله هر عامل را بیان می‌کند.
- **عامل:** عبارت است از ترکیب خطی متغیرهای اصلی که نشان‌دهنده جنبه‌های خلاصه‌شده‌ای از متغیرهای مشاهده شده است. به عامل «متغیر پنهان» نیز گفته می‌شود.
- **عامل مشترک:** عاملی که دو یا چند متغیر بر آن بار می‌شوند. عامل مشترک عاملی است که دست‌کم بین دو متغیر مشاهده شده مشترک است؛ بنابراین عامل مشترک در تعیین دو یا چند متغیر دخالت مستقیم دارد. به فرآیند تعیین عامل مشترک و تفسیر آن تحلیل عاملی مشترک می‌گویند که نوعی روش آماری است که از همبستگی‌های بین متغیرهای مشاهده شده برای برآورد عامل‌های مشترک و روابط ساختاری استفاده می‌کند.
- **بار عاملی:** عبارت از همبستگی بین متغیرهای اصلی و عوامل است. اگر مقادیر بار

عاملی مجذور شوند، نشان می‌دهند که چند درصد از واریانس در یک متغیر توسط آن عامل تبیین می‌شود.

- **ماتریس عاملی:** جدولی است که بارهای عاملی کلیه متغیرها را در هر عامل نشان می‌دهد.

- **چرخش عاملی:** فرآیندی برای تعدیل محور عاملی به منظور دستیابی به عامل‌های معنی‌دار و ساده است.

- **نمره عاملی:** یک مقدار ویژه برای یک عامل است که برای یک واحد نمونه‌گیری خاص محاسبه می‌شود. نمره عامل‌ها از حاصل جمع وزنی مقدار متغیرها برای آن واحد نمونه‌گیری به خصوص به دست می‌آید [۱۲].

۳-۱-۱- مراحل اجرای تحلیل عاملی

۳-۱-۱-۱- انتخاب متغیرهای مناسب

متغیرهایی برای تحلیل عاملی مناسب‌تر است که در سطح سنجش فاصله‌ای باشند، هر چند در برخی موارد از متغیرهای رتبه‌ای و اسمی نیز استفاده می‌شود. در مورد اندازه حجم نمونه نیز به طور کلی انبوهی از داده‌ها در تحلیل عاملی به کار برده می‌شود. حداقل حجم نمونه نباید کمتر از ۵۰ باشد. هر چه حجم اندازه نمونه زیادتر شود، صحت و دقت تحلیل عاملی بیشتر است. به عنوان یک قاعده کلی تعداد نمونه باید در حدود ۴ یا ۵ برابر تعداد متغیرهای مورد استفاده باشد. این نسبت تا حدودی محافظه‌کارانه است. پژوهشگر در بسیاری از موارد مجبور است تا با نسبت ۲ به ۱ نیز به تحلیل عاملی بپردازد. هنگامی که این نسبت پایین و حجم نمونه نیز کم باشد، تفسیر نتایج باید با احتیاط بیشتری انجام شود.

یکی از روش‌های انتخاب متغیرهای مناسب برای تحلیل عاملی استفاده از ماتریس همبستگی است. به طور معمول این‌گونه ماتریس‌های همبستگی وجود رابطه بین برخی متغیرها و عدم ارتباط آن با برخی دیگر را نشان می‌دهند. این الگو در تحلیل عاملی موجب شکل‌گیری خوشه‌هایی می‌شود که متغیرهای درون خوشه با یکدیگر همبستگی و با متغیرهای خوشه‌های دیگر همبستگی نداشته باشند. توصیه می‌شود متغیرهایی که با هیچ متغیری همبستگی معنی‌دار نداشته باشند از تحلیل حذف شوند.

آماره‌های دیگری نیز وجود دارند که پژوهشگر از طریق آن‌ها نیز قادر به تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی است. از جمله این روش‌ها استفاده از آزمون کایزر- مایر- اولکین^۷ است که مقدار آن همواره بین مقدار عددی ۰ و ۱ در نوسان است. این آزمون کفایت نمونه‌گیری و میزان همبستگی متغیرها به یکدیگر را بررسی می‌کند. در صورتی که مقدار این آماره کمتر از مقدار عددی ۰/۵ باشد داده‌ها برای تحلیل مناسب نخواهد بود، اگر این مقدار بین دو مقدار عددی ۰/۵ و ۰/۶۹ باشد باید در انجام تحلیل محتاطانه عمل کرد. در صورتی که مقدار آماره بزرگتر از مقدار عددی ۰/۷ باشد، همبستگی‌های موجود بین داده‌ها برای تحلیل مناسب خواهد بود. اگر میزان آماره کایزر- مایر- اولکین کم باشد، با مراجعه به معیار کفایت اندازه نمونه^۸ می‌توان متغیرهای نامناسب را از تحلیل خارج کرد. دو نوع ماتریس ضد تصویر وجود دارد: ماتریس کوواریانس ضد تصویر و ماتریس همبستگی ضد تصویر. ما معمولاً از ماتریس مربوط به همبستگی استفاده می‌کنیم. روی قطر اصلی این ماتریس مقادیر معیار کفایت اندازه نمونه قرار دارد که مقدار بیشتر از ۰/۵ اندازه خوبی برای مجموعه‌ی داده‌هاست. این آماره کفایت اندازه نمونه برای هر متغیر را بررسی می‌کند.

آماره دیگر مربوط به آزمون بارتلت^۹ است که به آزمون فرضیه صفر بودن همبستگی متغیرها می‌پردازد. در این آزمون فرضیه صفر، ماتریس همبستگی را ماتریس واحد می‌داند که قطر اصلی آن یک و سایر خانه‌های آن صفر است، یعنی هیچ همبستگی میان متغیرها وجود ندارد. خروجی این آزمون براساس آماره کی دو (χ^2) است که در صورت معناداری فرض عدم همبستگی متغیرها رد می‌شود. مقادیر مربوط به این دو آزمون در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. آزمون کایزر- مایر و بارتلت برای داده‌های پژوهش

مقدار سنجه کایزر- مایر برای کفایت داده‌ها		۰/۵۳۶
آزمون بارتلت	حدود تقریبی کای اسکونر	۲۷۱/۱۹۱
	درجه آزادی	۳۶
	معنی‌داری	۰/۰۰۰

۳-۱-۱-۲- استخراج عامل‌ها

همان طور که پیشتر بیان شد هدف تحلیل عاملی خلاصه کردن متغیرها در تعدادی عامل است. پس برای انجام تحلیل عاملی باید روش استخراج عامل‌ها و معیار تعیین آن‌ها مشخص شود.

الف- روش استخراج عامل‌ها: برای استخراج عامل‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد که برحسب مقدار و نوع واریانس‌ها که توسط متغیرهای هر عامل در مدل توجیه می‌شود، متفاوت است. اساسی‌ترین این روش‌ها تجزیه مؤلفه‌های اصلی است. بیان این نکته ضروری است که در تحلیل عاملی سه واریانس وجود دارد؛ «واریانس مشترک» که به نسبتی از واریانس گفته می‌شود که به وسیله عامل‌های مشترک تبیین می‌شود. «واریانس خاص» که به یک متغیر خاص مربوط می‌شود. «واریانس خطا» ناشی از بی‌اعتباری و ناپایی داده‌های گردآوری شده است. عامل‌ها همه واریانس هر متغیر از جمله واریانس مشترک با سایر متغیرهای مجموعه و نیز واریانس خاص متغیر را در روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی توجیه می‌کنند. پس تعداد عامل‌ها در این روش از نظر تئوری باید با تعداد متغیرها برابر باشد، زیرا همه واریانس هر متغیر باید توسط عامل‌ها تبیین شود. به عبارت دیگر در تجزیه مؤلفه‌های اصلی به تعداد متغیرها مؤلفه وجود دارد، ولی عامل‌هایی استخراج می‌شوند که بیشترین مقدار واریانس را تبیین کنند.

ب- معیار تعیین عامل‌ها: استخراج عامل‌ها با توجه به معیارهای زیر انجام می‌شود.

- **معیار مقدار ویژه:** هر عامل شامل یک یا چند متغیر است. مجذورات بارهای یک عامل نشان‌دهنده درصدی از واریانس ماتریس همبستگی است که به وسیله آن عامل تبیین می‌شود، این مقدار را مقدار ویژه می‌نامند. برای محاسبه آن کافی است ضریب همبستگی متغیرها را با یک عامل به توان برسانیم و با هم جمع کنیم تا مقدار ویژه آن عامل به دست آید. هر چه مقدار ویژه یک عامل بیشتر باشد آن عامل واریانس بیشتری را تبیین می‌کند. بر این اساس تعداد عامل‌ها با توجه به مقدار ویژه هر عامل مشخص می‌شود و به طور قراردادی عامل‌هایی که مقدار ویژه آن‌ها بیش از یک باشد به عنوان عامل‌هایی معنی‌دار در نظر گرفته می‌شوند.

- **معیار درصد واریانس تجمعی:** در این حالت درصد واریانس تبیین‌شده مبنای



تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد و عامل‌هایی استخراج می‌شوند که درصد واریانس بالایی را دربر داشته باشند. چنانچه مقدار واریانس کم‌تر از ۵۰٪ باشد باید متغیرهایی را حذف کرد که میزان اشتراک آن‌ها کم است.

با توجه به آنچه در بالا به آن اشاره شد در ادامه به شناسایی و استخراج عامل‌ها می‌پردازیم. بدین منظور از جدول واریانس کل تبیین شده (جدول ۲) استفاده می‌کنیم. در جدول ۲ مقادیر ویژه و میزان واریانس تبیین شده هر یک از عامل‌ها استخراج شده است. براساس دو معیار عنوان شده برای تعیین عامل‌ها، عامل‌های اول تا سوم این هر دو شرط را رعایت می‌کنند. مقدار ویژه برای این عوامل بیشتر از یک بوده و نیز درصد واریانس تجمعی تبیین شده توسط این سه عامل بیش از ۷۰٪ یعنی ۷۴/۷۷۵ درصد است.

پس از انتخاب عامل‌ها با استفاده از ماتریس مؤلفه^{۱۰} مشخص می‌شود که هر متغیر بر کدام عامل بار می‌شود. این جدول بارهای عاملی متغیرها بر عامل (مؤلفه) را پیش از چرخش نمایش می‌دهد. بارهای عاملی را می‌توان به عنوان ضرایب استاندارد رگرسیون میان عامل و متغیر تفسیر کرد. بارهای عاملی کم‌تر از ۰/۳ ضعیف، بارهای عاملی بین ۰/۳ و ۰/۶ مناسب و بار بیشتر از ۰/۶ بسیار خوب است. جدول ۳ ماتریس مؤلفه را نشان می‌دهد.

پس از انتخاب عامل‌ها چرخش آن‌ها ضرورت دارد. هدف از چرخش عامل‌ها رسیدن به یک ساختار عاملی ساده است. در تحلیل عاملی ساختارهای عاملی متعددی برای یک ماتریس همبستگی وجود دارد. نخستین عامل اغلب یک عامل کلی است که تمام یا بیشتر متغیرها بار عاملی بالایی روی این عامل دارد. عامل‌های بعدی معمولاً دوقطبی است و بارهای عاملی مثبت و منفی داشته و قابل تفسیر نیستند. با چرخش ساختار عاملی روشن‌تر می‌شود. هر متغیر باید روی یک عامل بار عاملی بالا داشته باشد. اغلب شیوه‌های چرخش با توجه به این ملاک‌ها طرح‌ریزی شده است. چرخش عامل‌ها به دو صورت متعامد (ناهمبسته) و مایل (همبسته) صورت می‌گیرد. در چرخش متعامد عامل‌های به‌دست آمده با هم همبستگی ندارند، در حالی که در چرخش مایل عامل‌ها با هم همبستگی دارند. روش‌های متعددی برای چرخش متعامد و مایل وجود دارد. از جمله چرخش‌های متعامد که اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد چرخش واریماکس است. با استفاده از ماتریس مؤلفه مشخص می‌شود که بیشتر متغیرها بار عاملی بالایی روی این عامل اول دارند، همچنین متغیر هفتم دوقطبی است و بارهای عاملی

مثبت و منفی داشته و قابل تفسیر نیست؛ بنابراین برای رفع این موارد از چرخش واریماکس بهره می‌بریم. جدول ۴ ماتریس مؤلفه چرخش یافته^{۱۱} را نشان می‌دهد، اما مهم‌ترین مرحله تحلیل عاملی تفسیر نتایج به دست آمده است.

جدول ۲ واریانس کل تبیین شده^{۱۲}

اجزا	مقادیر ویژه اولیه			مجموع مربعات بارهای عاملی			مجموع چرخش یافته بارهای عاملی		
	کل	درصد از واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد از واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد از واریانس	درصد تجمعی
۱	۳/۴۸۷	۳۸/۷۴۶	۳۸/۷۴۶	۳/۴۸۷	۳۸/۷۴۶	۳۸/۷۴۶	۳/۰۵۷	۳۳/۹۷۰	۳۳/۹۷۰
۲	۲/۱۴۰	۲۳/۷۷۸	۶۲/۵۲۵	۲/۱۴۰	۲۳/۷۷۸	۶۲/۵۲۵	۱/۹۲۸	۲۱/۴۲۵	۵۵/۳۹۵
۳	۱/۱۰۳	۱۲/۲۵۱	۷۴/۷۷۵	۱/۱۰۳	۱۲/۲۵۱	۷۴/۷۷۵	۱/۷۴۴	۱۹/۳۸۱	۷۴/۷۷۵
۴	۰/۹۹۲	۱۱/۰۱۸	۸۵/۷۹۳						
۵	۰/۵۴۳	۶/۰۳۸	۹۱/۸۳۱						
۶	۰/۳۸۲	۴/۲۴۴	۹۶/۰۷۶						
۷	۰/۲۱۵	۲/۳۹۴	۹۸/۴۷۰						
۸	۰/۱۳۸	۱/۵۳	۹۹/۹۹۹						
۹	۰/۰۰۰۰۵۴	۰/۰۰۱	۱۰۰/۰۰۰						

جدول ۳ ماتریس مؤلفه^{۱۳}

متغیرها	عوامل		
	۱	۲	۳
x_1	-۰/۹۷۸	.	.
x_8	۰/۷۲۳	-۰/۳۳۶	-۰/۳۴۱
x_6	۰/۷۰۸	-۰/۵۰۶	-۰/۱۲۹
x_9	۰/۶۸۵	۰/۲۸۸	-۰/۴۰۸
x_3	۰/۶۴۹	۰/۵۲۷	-۰/۱۶۷



ادامه جدول ۳

متغیرها	عوامل		
	۱	۲	۳
x_5	۰/۶۰۷	۰	-۰/۱۳۶
x_2	۰	۰/۹۰۶	-۰/۲۰۹
x_7	۰/۱۳۹	-۰/۶۵۸	-۰/۶۲۲
x_4	۰/۴۷۷	۰/۳۸۰	-۰/۵۶۸

جدول ۴ ماتریس مؤلفه چرخش یافته

متغیرها	عوامل		
	۱	۲	۳
x_1	-۰/۸۷۰	-۰/۳۴۸	-۰/۲۹۷
x_8	۰/۸۳۴	-۰/۱۷۰	-۰/۱۶۸
x_9	۰/۷۵۲	۰/۲۰۱	-۰/۳۲۳
x_6	۰/۶۴۵		۰/۵۹۸
x_5	۰/۵۹۴	۰/۲۰۲	
x_4	۰/۱۵۰	۰/۷۹۵	-۰/۲۰۴
x_2	-۰/۱۹۷	۰/۷۵۰	-۰/۵۱۳
x_3	۰/۴۵۴	۰/۷۰۹	-۰/۱۳۱
x_7			۰/۹۱۵

۳-۱-۱-۳- تفسیر ماتریس عاملی

در ماتریس عاملی هر ستون معرف یک عامل است. مقادیر هر ستون نشان‌دهنده بارهای عاملی هر متغیر با یک عامل است. در خروجی نرم‌افزار عامل‌ها به ترتیب از چپ به راست با شماره‌های ۱، ۲، ۳ و... تا آخر قرار می‌گیرند. متغیرها نیز در ستون نخست از بالا به پایین فهرست می‌شوند. پژوهشگر برای آغاز تفسیر باید از نخستین متغیر شروع و مقادیر مربوط به آن را در عامل‌های مختلف بررسی کند. هر جا که بیشترین مقدار مطلق بار عاملی وجود داشته باشد و از نظر آماری نیز معنی‌دار باشد، زیر آن خط بکشد. به همین ترتیب مراحل

باید برای متغیرهای دیگر نیز انجام شود. هنگامی که بارهای عاملی معنی‌دار با بررسی ماتریس عاملی مشخص شدند باید متغیرهایی که بر هیچ یک از عامل‌ها بار عاملی معنادار ندارند نیز مشخص شوند. پژوهشگر می‌تواند به دو شیوه با متغیرهایی که با هیچ کدام از عامل‌ها همبستگی معنی‌دار ندارند برخورد کند. شیوه نخست آن است که این متغیرها را به فراموشی سپرده و تنها متغیرهای معنی‌دار را تفسیر کند. شیوه دوم آن‌که پژوهشگر با این استدلال که همه متغیرها سهمی حتی کوچک در نتایج داشته‌اند؛ بنابراین برای رفع اثرات متغیرهایی که بار عاملی معنادار نداشته‌اند، آن‌ها را از تحلیل حذف و سپس تحلیل عاملی را براساس متغیرهای معنی‌دار تکرار کرده و نتایج را تفسیر کند.

۴- مطالعه موردی (اشتغال در کشورهای اروپایی)

جهت مقایسه روش‌های یاد شده از جدول ۵ استفاده می‌کنیم که درصد افراد مشغول به کار در ۹ بخش صنعتی در ۲۶ کشور اروپایی را نشان می‌دهد [۱۳].

جدول ۵ درصد افراد اشتغال یافته در ۹ گروه صنعتی مختلف در اروپا

کشور	AGR(۱)	MIN(۲)	MAN(۳)	PS(۴)	CON(۵)	SER(۶)	FIN(۷)	SPS(۸)	TC(۹)
۱	۳/۳۰	۰/۹۰	۲۷/۶۰	۰/۹۰	۸/۲۰	۱۹/۱۰	۶/۲۰	۲۶/۶۰	۷/۲۰
۲	۹/۲۰	۰/۱۰	۲۱/۸۰	۰/۶۰	۸/۳۰	۱۴/۶۰	۶/۵۰	۳۲/۲۰	۷/۱۰
۳	۱۰/۸۰	۰/۸۰	۲۷/۵۰	۰/۹۰	۸/۹۰	۱۶/۸۰	۶/۰۰	۲۲/۶۰	۵/۷۰
۴	۶/۷۰	۱/۳۰	۳۵/۸۰	۰/۹۰	۷/۳۰	۱۴/۴۰	۵/۰۰	۲۲/۳۰	۶/۱۰
۵	۲۳/۲۰	۱/۰۰	۲۰/۷۰	۱/۳۰	۷/۵۰	۱۶/۸۰	۲/۸۰	۲۰/۸۰	۶/۱۰
۶	۱۵/۹۰	۰/۶۰	۲۷/۶۰	۰/۵۰	۱۰/۰۰	۱۸/۱۰	۱/۶۰	۲۰/۱۰	۵/۷۰
۷	۷/۷۰	۳/۱۰	۳۰/۸۰	۰/۸۰	۹/۲۰	۱۸/۵۰	۴/۶۰	۱۹/۲۰	۶/۲۰
۸	۶/۳۰	۰/۱۰	۲۲/۵۰	۱/۰۰	۹/۹۰	۱۸/۰۰	۶/۸۰	۲۸/۵۰	۶/۸۰
۹	۲/۷۰	۱/۴۰	۳۰/۲۰	۱/۴۰	۶/۹۰	۱۶/۹۰	۵/۷۰	۲۸/۳۰	۶/۴۰



ادامه جدول ۵

کشور	AGR(۱)	MIN(۲)	MAN(۳)	PS(۴)	CON(۵)	SER(۶)	FIN(۷)	SPS(۸)	TC(۹)
۱۰	۱۲/۷۰	۱/۱۰	۳۰/۲۰	۱/۴۰	۹/۰۰	۱۶/۸۰	۴/۹۰	۱۶/۸۰	۷/۰۰
۱۱	۱۳/۰۰	۰/۴۰	۲۵/۹۰	۱/۳۰	۷/۴۰	۱۴/۷۰	۵/۵۰	۲۴/۳۰	۷/۶۰
۱۲	۴۱/۴۰	۰/۶۰	۱۷/۶۰	۰/۶۰	۸/۱۰	۱۱/۵۰	۲/۴۰	۱۱/۰۰	۶/۷۰
۱۳	۹/۰۰	۰/۵۰	۲۲/۴۰	۰/۸۰	۸/۶۰	۱۶/۹۰	۴/۷۰	۲۷/۶۰	۹/۴۰
۱۴	۲۷/۸۰	۰/۳۰	۲۴/۵۰	۰/۶۰	۸/۴۰	۱۳/۳۰	۲/۷۰	۱۶/۷۰	۵/۷۰
۱۵	۲۲/۹۰	۰/۸۰	۲۸/۵۰	۰/۷۰	۱۱/۵۰	۹/۷۰	۸/۵۰	۱۱/۸۰	۵/۵۰
۱۶	۶/۱۰	۰/۲۰	۲۵/۹۰	۰/۸۰	۷/۲۰	۱۴/۴۰	۶/۰۰	۳۲/۴۰	۶/۸۰
۱۷	۷/۷۰	۰/۴۰	۳۷/۸۰	۰/۸۰	۹/۵۰	۱۷/۵۰	۵/۳۰	۱۵/۴۰	۵/۷۰
۱۸	۶۶/۸۰	۰/۷۰	۷/۹۰	۰/۱۰	۲/۸۰	۵/۲۰	۱/۱۰	۱۱/۹۰	۳/۲۰
۱۹	۲۳/۶۰	۱/۹۰	۳۲/۳۰	۰/۶۰	۷/۹۰	۸/۰۰	۰/۷۰	۱۸/۲۰	۶/۷۰
۲۰	۱۶/۵۰	۲/۹۰	۳۵/۵۰	۱/۲۰	۸/۷۰	۹/۲۰	۰/۹۰	۱۷/۹۰	۷/۰۰
۲۱	۴/۲۰	۲/۹۰	۴۱/۲۰	۱/۳۰	۷/۶۰	۱۱/۲۰	۱/۲۰	۲۲/۱۰	۸/۴۰
۲۲	۲۱/۷۰	۳/۱۰	۲۹/۶۰	۱/۹۰	۸/۲۰	۹/۴۰	۰/۹۰	۱۷/۲۰	۸/۰۰
۲۳	۳۱/۱۰	۲/۵۰	۲۵/۷۰	۰/۹۰	۸/۴۰	۷/۵۰	۰/۹۰	۱۶/۱۰	۶/۹۰
۲۴	۳۴/۷۰	۲/۱۰	۳۰/۱۰	۰/۶۰	۸/۷۰	۵/۹۰	۱/۳۰	۱۱/۷۰	۵/۰۰
۲۵	۲۳/۷۰	۱/۴۰	۲۵/۸۰	۰/۶۰	۹/۲۰	۶/۱۰	۰/۵۰	۲۳/۶۰	۹/۳۰
۲۶	۴۸/۷۰	۱/۵۰	۱۶/۸۰	۱/۱۰	۴/۹۰	۶/۴۰	۱۱/۳۰	۵/۳۰	۴/۰۰

در این مثال معیارهای ما ۹ بخش مربوط به صنعت است. با توجه به این که این صنایع می توانند با هم همبستگی داشته باشند، برای رتبه بندی کردن این ۲۶ کشور براساس این صنایع ابتدا صناعی که باهم همبستگی دارند را در گروه های مجزا طبقه بندی می کنیم. جهت گروه بندی معیارها نیاز به ماتریس همبستگی بین آنهاست. جدول ۶ ماتریس همبستگی برای درصد اشتغال به کار در این ۹ گروه صنعتی را نشان می دهد. متغیرهای به کار رفته X_i ($\forall i = 1, \dots, 9$) به ترتیب عبارت از کشاورزی، معدن، صنعت، تأمین نیرو، ساختمان، صنایع خدماتی، امور مالی، خدمات عمومی و خصوصی، ترابری و ارتباطات است.

جدول ۶ ماتریس همبستگی برای درصد اشتغال به کار در ۹ گروه صنعتی در ۲۶ کشور اروپایی

متغیرها	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	۱/۰۰۰	۰/۰۳۷	-۰/۶۷۱	-۰/۴۰۰	-۰/۵۳۸	-۰/۷۳۷	-۰/۲۲۰	-۰/۷۴۷	-۰/۵۶۵
x_2	-	۱/۰۰۰	۰/۴۵۹	۰/۴۰۵	-۰/۰۱۴	-۰/۳۹۱	-۰/۴۴۵	-۰/۳۰۲	-۰/۱۵۰
x_3	-	-	۱/۰۰۰	۰/۳۸۵	۰/۴۹۴	۰/۲۰۴	-۰/۱۵۶	۰/۱۵۴	۰/۳۵۱
x_4	-	-	-	۱/۰۰۰	۰/۰۶۰	۰/۲۰۲	۰/۱۱۰	۰/۱۳۲	-۰/۳۷۵
x_5	-	-	-	-	۱/۰۰۰	۰/۳۵۶	۰/۰۱۶	۰/۱۵۸	-۰/۳۸۸
x_6	-	-	-	-	-	۱/۰۰۰	۰/۳۶۶	۰/۵۷۲	-۰/۱۸۸
x_7	-	-	-	-	-	-	۱/۰۰۰	-۰/۱۰۸	-۰/۲۴۶
x_8	-	-	-	-	-	-	-	۱/۰۰۰	-۰/۵۶۸
x_9	-	-	-	-	-	-	-	-	۱/۰۰۰

۵- نتایج و یافته‌های تحقیق

۵-۱- نتایج حاصل از روش اول (تحلیل عاملی)

پس از واردکردن داده‌ها در نرم‌افزار اسپاس‌اس ۱۹ و طی کردن مراحل تحلیل عاملی مانند آنچه در بخش مربوط به پیاده‌سازی روش تحلیل عاملی توضیح داده شد، نتایج به دست آمده در جدول ۷ نشان داده شده است. شکل ۱ شمای نماتیک از گروه‌های به دست آمده را نشان می‌دهد.

۵-۲- نتایج حاصل از روش دوم (پوشش مجموعه)

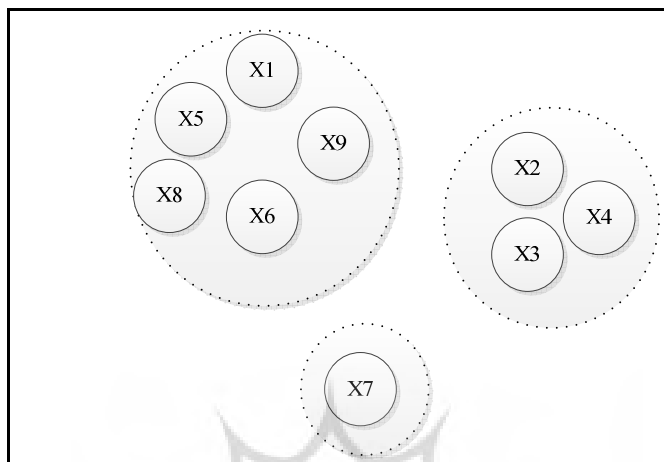
در جدول ۸ نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل پوشش مجموعه با استفاده از زبان برنامه‌نویسی C در نرم‌افزار visual studio آورده شده است. در شکل ۲ نیز در یک نمای شماتیک، متغیرهای مربوط به هر گروه نشان داده شده است.

جدول ۷ گروه بندی متغیرها با استفاده از تحلیل عاملی

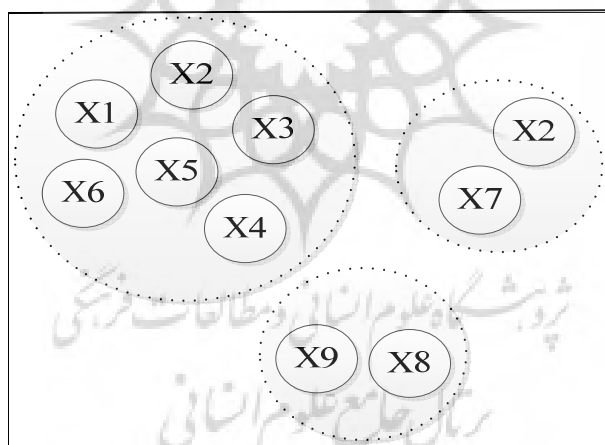
ماتریس مؤلفه چرخش یافته				متغیرهای هر گروه	عامل
	مؤلفه ها				
	۱	۲	۳		
x_1	-۰/۸۷۰	-۰/۳۴۸	-۰/۳۹۷	x_5, x_6, x_8, x_9, x_1	عامل اول
x_2	-۰/۱۹۷	۰/۷۵۰	-۰/۵۱۳		
x_3	۰/۴۵۴	۰/۷۰۹	-۰/۱۳۱		
x_4	-۰/۱۵۰	-۰/۷۹۵	۰/۲۰۴	x_2, x_3, x_4	عامل دوم
x_5	-۰/۵۹۴	۰/۲۰۲	-۰/۰۲۳		
x_6	-۰/۶۴۵	-۰/۰۰۱	۰/۵۹۸		
x_7	-۰/۰۵۵	-۰/۰۱۱	۰/۹۱۵	x_7	عامل سوم
x_8	-۰/۸۳۴	-۰/۱۷۰	-۰/۱۶۸		
x_9	-۰/۷۵۳	۰/۲۰۱	-۰/۳۳۳		

جدول ۸ گروه بندی متغیرها با استفاده از پوشش مجموعه

متغیرهای هر گروه	عامل (گروه)
x_1, x_3, x_4, x_5, x_6	گروه اول
x_2, x_7	گروه دوم
x_8, x_9	گروه سوم



شکل ۱ گروه‌های به‌دست‌آمده از روش تحلیل عاملی و متغیرهای هر گروه



شکل ۲ گروه‌های به‌دست‌آمده با روش پوشش مجموعه و متغیرهای هر گروه

۵-۳- مقایسه نتایج دو روش

دو معیار پایه اندازه‌گیری پیشنهادشده برای ارزیابی و انتخاب گروه‌های بهینه عبارت از موارد زیر است:

- تراکم^۱: داده‌های متعلق به یک گروه باید تا حد ممکن به یکدیگر نزدیک باشند. معیار رایج برای تعیین میزان تراکم داده‌ها واریانس داده‌هاست.

- جدایی^۲: گروه‌ها خود باید به اندازه کافی از یکدیگر جدا باشند.

برای مقایسه روش‌ها با استفاده از این دو معیار نیاز به محاسبه همبستگی درون‌گروهی و همبستگی بین گروهی است. روشی مناسب‌تر است که همبستگی درون‌گروهی بیشتر و همبستگی بین گروهی کم‌تری را نشان دهد؛ به عبارت دیگر روشی کاراتر است که به طور متوسط میزان تعلق متغیرها به گروهی که به آن اختصاص یافته‌اند بیشترین مقدار و به طور متوسط میزان تعلق همین متغیرها به دیگر گروه‌ها کم‌ترین مقدار باشد. در جدول‌های ۹ و ۱۰ میزان متوسط همبستگی درون‌گروهی و بین گروهی برای این دو روش محاسبه شده است.

جدول ۹ مجموع همبستگی درون‌گروهی به صورت متوسط

همبستگی درون‌گروهی بین متغیرها در روش تحلیل عاملی		همبستگی درون‌گروهی بین متغیرها در روش پوشش مجموعه	
گروه اول	همبستگی	گروه اول	همبستگی
ρ_{15}	۰/۵۴	ρ_{13}	۰/۶۷
ρ_{16}	۰/۷۳	ρ_{14}	۰/۴
ρ_{18}	۰/۷۵	ρ_{15}	۰/۵۳
ρ_{19}	۰/۵۶	ρ_{16}	۰/۷۴
ρ_{56}	۰/۳۶	ρ_{34}	۰/۳۹
ρ_{58}	۰/۱۵	ρ_{15}	۰/۵
ρ_{59}	۰/۳۹	ρ_{36}	۰/۲
ρ_{68}	۰/۵۷	ρ_{45}	۰/۰۶
ρ_{69}	۰/۱۹	ρ_{46}	۰/۲
ρ_{89}	۰/۵۷	ρ_{56}	۰/۳۶

ادامه جدول ۹

همبستگی درون‌گروهی بین متغیرها در روش تحلیل عاملی		همبستگی درون‌گروهی بین متغیرها در روش پوشش مجموعه	
گروه دوم	همبستگی	گروه دوم	همبستگی
ρ_{23}	۰/۴۶	ρ_{27}	۰/۴۴
ρ_{24}	۰/۴۱		
ρ_{34}	۰/۳۹		
گروه سوم	همبستگی	گروه سوم	همبستگی
-	-	ρ_{89}	۰/۵۷
مجموع همبستگی درون‌گروهی به صورت متوسط	۰/۴۶۲	مجموع همبستگی درون‌گروهی به صورت متوسط	۰/۴۳۲

جدول ۱۰ مجموع همبستگی درون‌گروهی به صورت متوسط

همبستگی بین گروهی در روش تحلیل عاملی		همبستگی بین گروهی در روش پوشش مجموعه	
گروه اول و دوم	همبستگی بین متغیرها	گروه اول و دوم	همبستگی بین متغیرها
ρ_{12}	۰/۰۳	ρ_{12}	۰/۰۴
ρ_{13}	۰/۶۷	ρ_{17}	۰/۲۱
ρ_{14}	۰/۴	ρ_{32}	۰/۴۵
ρ_{52}	۰/۰۱	ρ_{37}	۰/۱۵
ρ_{53}	۰/۴۹	ρ_{42}	۰/۴
ρ_{54}	۰/۰۶	ρ_{47}	۰/۱
ρ_{62}	۰/۳۹	ρ_{52}	۰/۰۱
ρ_{63}	۰/۲	ρ_{57}	۰/۰۲
ρ_{64}	۰/۲	ρ_{62}	۰/۴
ρ_{82}	۰/۳	ρ_{62}	۰/۳۶
ρ_{83}	۰/۱۵	گروه اول و سوم	همبستگی بین متغیرها



ادامه جدول ۱۰

همبستگی بین گروهی در روش تحلیل عاملی		همبستگی بین گروهی در روش پوشش مجموعه	
گروه اول و دوم	همبستگی بین متغیرها	گروه اول و دوم	همبستگی بین متغیرها
ρ_{84}	۰/۱۳	ρ_{18}	۰/۷۴
ρ_{92}	۰/۱۵	ρ_{19}	۰/۵۶
ρ_{93}	۰/۳۵	ρ_{38}	۰/۱۵
ρ_{94}	۰/۳۷	ρ_{39}	۰/۳۵
گروه اول و سوم	همبستگی بین متغیرها	ρ_{48}	۰/۱۳
ρ_{17}	۰/۲۱	ρ_{49}	۰/۳۷
ρ_{57}	۰/۰۲	ρ_{58}	۰/۱۶
ρ_{67}	۰/۳۶	ρ_{59}	۰/۱۹
ρ_{87}	۰/۱۱	ρ_{68}	۰/۲۷
ρ_{24}	۰/۲۵	ρ_{69}	۰/۱۸
ρ_{97}	۰/۲۱	گروه دوم و سوم	همبستگی بین متغیرها
گروه دوم و سوم	همبستگی بین متغیرها	ρ_{28}	۰/۳
ρ_{27}	۰/۴۴	ρ_{29}	۰/۱۵
ρ_{37}	۰/۱۵	ρ_{78}	۰/۱
ρ_{47}	۰/۱۱	ρ_{79}	۰/۲۴
مجموع همبستگی بین گروهی به صورت متوسط	۰/۲۲۶	مجموع همبستگی بین گروهی به صورت متوسط	۰/۲۳۸

۶- نتیجه گیری

در این تحقیق سعی شد تا با استفاده از رویکردی جدید طبقه بندی معیارها (۹ صنعت در ۲۶ کشور اروپایی) را با استفاده از همبستگی بین آنها انجام دهیم. به عبارت دیگر به دنبال

طبقه‌بندی کردن معیارها در گروه‌هایی بودیم که همبستگی بین معیارها در درون هر گروه بیشینه و همبستگی بین معیارهای هر گروه با گروه دیگر کمینه شود.

روش پیشنهادی تحقیق استفاده از مسأله پوشش مجموعه بود که در آن تابع هدف را برابر با حداکثر همبستگی بین متغیرها قرار دادیم. پس از کدنویسی مدل مربوطه در نرم‌افزار C++ و اجرای آن متغیرها براساس حداکثر همبستگی به سه گروه تخصیص داده شدند. متغیرهای تأمین نیرو (X_1)، کشاورزی (X_3)، صنعت (X_4)، ساختمان (X_5)، صنایع خدماتی (X_6) در گروه اول؛ متغیرهای معدن (X_2)، امور مالی (X_7) در گروه دوم و متغیرهای خدمات عمومی و خصوصی (X_8)، ترابری و ارتباطات (X_9) نیز در گروه سوم طبقه‌بندی شدند.

جهت بررسی اعتبار مدل پیشنهادی از روش تحلیل عاملی استفاده شد. در روش تحلیل عاملی گروه اول شامل متغیرهای کشاورزی (X_1)، ساختمان (X_5)، صنایع خدماتی (X_6)، خدمات عمومی و خصوصی (X_8)، ترابری و ارتباطات (X_9)؛ گروه دوم شامل متغیرهای معدن (X_2)، صنعت (X_3)، تأمین نیرو (X_4) و گروه سوم نیز شامل متغیر امور مالی (X_7) شدند.

معیار تراکم (همبستگی درون‌گروهی بین متغیرها) و جدایی (همبستگی بین گروهی بین متغیرها) برای هر دو روش محاسبه شد. معیار اول در روش تحلیل عاملی و پوشش مجموعه به ترتیب عبارت از $0/46$ و $0/43$ ، در معیار دوم نیز به ترتیب $0/226$ و $0/238$ است. نتایج حاکی از آن است که روش پیشنهادی (پوشش مجموعه) برای گروه‌بندی متغیرها از کارایی قابل قبولی برخوردار است و می‌توان از این روش نیز در تحقیقات آتی جهت گروه‌بندی متغیرها (زمانی که بین متغیرها همبستگی وجود دارد) استفاده کرد.

۷- پی‌نوشت‌ها

1. Set Covering Problem
2. universal set
3. Factor Analysis
4. Principal component analysis
5. Exploratory factor analysis
6. confirmatory factor analysis
7. Kaiser-Meyer-Olkin Measure
8. Measure of Sampling Adequacy
9. Bartlett
10. component matrix



11. rotated component matrix
12. total variance explained
13. component matrix

۸- منابع

- [1] Ghorbani Z ; Tavakkoli-Moghaddam R ; vahdani B ; Minaee M ; Mousavi S.M . Solving an Analysis Network Process Model for Selection of the Dispatching Rules by an Interval-valued Intuitionistic Fuzzy Set. *Management Researches in Iran*. Volume 18, Issue 2, Summer 2014, Page 195-214.(In Persian)
- [2] Najafi Z., Hasangholi poor T., Golestan F. Positioning the Statistical Center of Iran as Customers Evaluate It Based on the AHP Model. *Management Researches in Iran*. Volume 18, Issue 3, Summer 2014, Page 205-225.(In Persian)
- [3] Bilal, N. Galinier, Ph and Guibault, F. (2013). A New Formulation of the Set Covering Problem for Metaheuristic Approaches. *SRN Operations research*. Volume Article ID 203032, 10 pages
- [4] Caprara, Alberto. Matteo Fischetti, and Paolo Toth,(2000). "Algorithms for the Set Covering Problem,". *Annals of Operations Research*, vol. 98, pp. 353-371.
- [5] Amiri M., Taghavi Fard M.T, Aghaei M. Development of Three-Objective Model for the Location – Allocation of Assistance Centers in a probabilistic Condition of availability to emergency Vehicles. *Modern Researches in Decision Making (Scientific Research Quarterly)*. Volume 1, Issue 2, Summer 2016, Page 1-215(In Persian)
- [6] Ebrahimi-zadea A , Hosseini-Nasabb H, zare-mehrjerdib Y , Zahmatkesh A(2016).Multi-period hub set covering problems with flexible radius:A modified genetic solution. *Applied Mathematical Modelling*. 40 ,2968–2982
- [7] Bai Ruibin, Xue N, Chen , Roberts(2015).A set-covering model for a bidirectional multi-shift full truckload vehicle routing problem.*Transportation Research Part B* 79 ,134–148
- [8] Songa L, Chena H, Gua H, Huanga H, Dua H (2015).Set covering in fuel-

- considered vehicle routing problems. *Theoretical Computer Science* 607 ,471–479
- [9] James N.K. Liu Yanxing Hu, Yulin He(2014).A set covering based approach to find the reduct of variable precision rough set. *Information Sciences* 275 ,83–100
- [10] Florios K, Mavrotas G (2014).Generation of the exact Pareto set in Multi-Objective Traveling Salesman and Set Covering Problems. *Applied Mathematics and Computation* 237 , 1–19
- [11] Shariat-Mohaymany, A. Babaei M. Moadi , S.Amiripour,SA(2012)Linear upper-bound unavailability set covering models for locating ambulances: Application to Tehran rural roads. *European Journal of Operational Research* 221 ,263–272
- [12] Zare Chahuki, M.A; Multivariate Analysis Methods in SPSS Software. Tehran University Press, Autumn,2010.(In Persian)
- [13] BFJ Manly. Introduction to Multivariate Statistical Methods. Moghadam M., Mohammadi S.A, ghaeserbarzah, M. (Translator). Parivar Publisher. 2010.(In Persian)

