

شناسایی توسعه‌یافتگی هلدینگ صنعت آب و فاضلاب شهری (رویکرد تحلیل عاملی و خوشه‌بندی)

مسعود خشایی^۱، غلامرضا ابراهیم آبادی^۲، سیدحسین سجادی فر^۳، محمد داودآبادی^{۴*}

۱. معاون برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

khashaeim@yahoo.com

۲. مدیر کل امور مجامع و نظارت مالی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

ebrahimabadir@yahoo.com

۳. مشاور اقتصادی، شرکت آب و فاضلاب منطقه ۲ شهر تهران، h.sajadifar@gmail.com

۴*. کارشناس مالی و بودجه، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، نویسنده‌ی مسؤل،

davoodabadi@nww.ir

چکیده

صنعت آب و فاضلاب با توجه به شرایط محیطی حاکم بر آنها، انتظارات ذی‌نفعان و رسالت سازمانی در راستای تامین و توزیع آب و دفع بهداشتی فاضلاب، نیازمند رشد و توسعه‌ی متوازن با تغییرات شرایط محیطی است. از این روی شناسایی وضعیت توسعه‌ی صنعت آب و فاضلاب یک الزام در راستای هدف‌گذاری برنامه‌ها و راهبردها از منظر مدیریت بخشی است. این پژوهش در راستای شناسایی میزان توسعه‌یافتگی شرکت‌های آب و فاضلاب (۳۵ شرکت) از منظر مولفه‌های گوناگون خاص صنعت آب و فاضلاب در راستای تبیین برنامه‌ریزی‌های اقتصادی برای ارتقا و بهبود فعالیت‌های عملیاتی است. در این پژوهش پس از استخراج ۱۸ شاخص، با شیوه‌ی تحلیل عاملی اکتشافی شاخص‌ها به ۵ عامل تقلیل یافت و شاخص ترکیبی با توجه به بار عامل‌ها محاسبه و رتبه‌بندی مجموعه‌ی صنعت انجام شد. در ادامه با رویکرد شیوه‌ی خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی سطح توسعه‌یافتگی شرکت‌های آب و فاضلاب بر پایه‌ی ۵ عامل در ۳ گروه همگن از منظر گروه‌بندی شدند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد میزان توسعه‌یافتگی صنعت متعادل و همگن نیست. برخی شرکت‌ها از توسعه‌یافتگی مطلوبی برخوردار نیستند (ایلام و سمنان) و نیازمند توجه بیشتر و برنامه‌ریزی برای بهبود وضعیت توسعه‌ی آنها ضروری است.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی اقتصادی، توسعه‌یافتگی، تحلیل عاملی اکتشافی، خوشه‌بندی، صنعت آب و فاضلاب.

۱- مقدمه

صنعت آب و فاضلاب به عنوان نخستین طرح برون سپاری دولت در راستای کوچک‌سازی و استفاده از ظرفیت‌های بالقوه بخش غیردولتی در چارچوب قانون با ساختاری نوین در قالب شرکت‌های استانی و تبصره‌ی سازمان‌دهی شده است. استقلال مالی و اقتصادی و برون رفت از بودجه‌ی عمومی دولت فلسفه‌ی وجودی تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب کشور است. از سویی با توجه به اهمیت و نقش آب و فاضلاب با حیات جوامع بشری و پارامترهایی هم چون رشد جمعیت، افزایش سطح رفاه، بحران‌های خشکسالی، آلودگی و تخریب منابع آبی و... شناسایی توسعه‌ی همگن شرکت‌های آب و فاضلاب در راستای رسالت سازمانی و برنامه‌ریزی برای بهبود و ارتقای سطح توسعه‌یافتگی آنها یک الزام است. در این راستا شناسایی و سطح بندی میزان توسعه‌ی شرکت‌های آب و فاضلاب با رویکردهای علمی و فارغ از نظرات شخصی و سلیقه‌ی با لحاظ کردن محدودیت‌ها و مشکلات پیش روی و برای تصمیم گیرندگان نهایی به خصوص در سطح کلان (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور - هلدنر) برای برنامه‌ریزی و کاهش نابرابری در استفاده از منابع، امکانات و تسهیلات یک ضرورت است.

مطالعه و شناسایی سطح توسعه یافتگی یکی از فعالیت‌های ضروری برای برنامه‌ریزی اقتصادی است. شناسایی سطح توسعه یافتگی بر پایه‌ی شاخص‌های عملکردی در بستر مدل‌های کمی ابزاری قدرتمند برای بهبود و افزایش سطح توسعه یافتگی با توجه به نقاط ضعف و قوت است. در این راستا، پژوهش پیش‌روی از شیوه‌ی آماری تحلیل عاملی به دلیل تبدیل شاخص‌های توسعه یافتگی به عامل‌های محدود بدون از دست دادن اطلاعات و صرفه‌جویی در هزینه و زمان انجام شده است. شیوه‌های گوناگونی برای تعیین درجه‌ی توسعه یافتگی مانند اسکالوگرام کاتمن، تاکسونومی عددی، تاپسیس، تحلیل عاملی، تحلیل خوشه‌ی، فاکتور آنالیز، تحلیل مولفه‌های اصلی، موریس، پتانسیلی و... وجود دارد. تحلیل عاملی از بین شیوه‌های فوق، پیچیده‌ترین و بهترین شیوه به دلیل طبقه‌بندی شاخص‌ها با ویژگی‌های متعدد قابل استفاده است. این پژوهش در محدوده‌ی مکانی هلدینگ صنعت آب و فاضلاب شهری (۳۵ شرکت مستقل) و محدوده‌ی زمانی سال ۱۳۹۵ انجام شده و به منظور کسب نتایج دقیق و تجزیه و تحلیل داده‌ها از بسته نرم‌افزار آماری SPSS²³ استفاده شده است. بر اساس جست و جوی انجام شده و تا جایی که نویسندگان می‌دانند تا کنون در سطح داخلی و خارجی مطالعه‌ی در زمینه‌ی شاخص‌های توسعه یافتگی بخش آب و فاضلاب شهری با شیوه‌ی تحلیل عاملی انجام نشده است و این مطالعه در این خصوص پیش رو می‌باشد. برخی از مطالعات انجام شده با شیوه‌ی تحلیل عاملی به شرح موارد زیر است:

- لی ژنگ و لی جین (۲۰۱۷) با استفاده از روش تحلیل عاملی نشان دادند که توسعه‌ی زیرساخت‌های شهری در شهرهای چین از الگوهای منطقه‌ی پیروی می‌کند و تولید ناخالص داخلی، شاخص صنعتی بودن و میزان سرمایه‌گذاری بر توسعه‌ی زیرساخت‌های شهری تاثیرگذار است.
- ران لی و همکاران (۲۰۱۸) با به کارگیری روش تحلیل عاملی کیفیت آب رودخانه‌های تیانجین در سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۸۶ را ارزیابی کرده‌اند. نتایج نشان داد که مصرف آب، تخلیه‌ی فاضلاب و منابع آب، عامل‌های اصلی آلودگی رودخانه‌های تیانجین بوده است. بنابراین، بهینه‌سازی استفاده از منابع آب، بهبود بهره‌وری و کاهش میزان تخلیه‌ی پساب اقدامات مهم برای کاهش آلودگی محیط زیست محسوب می‌شوند.
- زارع و همکاران (۱۹۹۴) با بهره‌گیری از روش تحلیل عاملی نشان دادند که بین شاخص‌های انتخابی توسعه‌ی پایدار در ۲۷ شهرستان استان خراسان رضوی، تفاوت و نابرابری وجود دارد و مولفه‌های پیش‌بینی توسعه‌ی پایدار نیز به ترتیب عبارتند از: عامل اجتماعی - زیستی، اقتصادی - اجتماعی، اقتصادی - نهادی، زیستی کالبدی، و زیستی اجتماعی - اقتصادی.

۲- الزامات و ضرورت

توسعه: این واژه در فرهنگنامه‌ی معین به معنای وسعت دادن و فراخ تعریف شده است. توسعه برای نخستین مرتبه در ادبیات انگلیسی در سال ۱۷۵۲ به معنای رسیدن به هدف‌ها یا ایده‌هایی طبق یک طرح یا برنامه تعریف شده است. این واژه به علت گستردگی و تنوع عامل‌های موثر بر آن و تأثیری که بر جنبه‌های گوناگون زندگی جوامع بشری داشته، کاربردهای متنوعی مانند توسعه‌ی اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، فرهنگی، شهری و روستایی، پایدار و... دارد. با این حال، توسعه فرآیندی است زمان‌مند شامل تغییرات اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، زیربنایی، رفاهی و... به منظور بهبود وضعیت موجود جوامع بشری، خوشبختی، ارتقای بهداشت، تحصیلات و... توسعه یک مقوله‌ی ارزشی، جریان‌ی چند بعدی و ارتباط نزدیکی با بهبود دارد و یکی از اصلی‌ترین مولفه‌های علم اقتصاد می‌باشد. هدف توسعه، رفع نیازهای جوامع بشری است که به طور کلی طیف نیازهای زیستی، فیزیولوژیکی و اجتماعی را شامل می‌شود.

برنامه‌ریزی: عبارت از تهیه، توزیع و تخصیص امکانات محدود برای رسیدن به هدف‌های مطلوب، در حداقل زمان و با حداقل هزینه‌ی ممکن است.

اهمیت توجه به توسعه و شناسایی سطح توسعه یافتگی صنعت آب و فاضلاب از دیدگاه‌های اقتصادی بودن تامین و توزیع آب و فاضلاب، مدیریت ارشد و عدالت توزیعی حایز اهمیت است:

۳- معرفی شاخص‌ها

به منظور شناسایی سطح توسعه یافتگی شرکت‌های صنعت آب و فاضلاب با توجه به شرایط محیطی (اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، فرهنگی) با مصاحبه از خبرگان صنعت و هم چنین شاخص‌های بین‌المللی منتشره از سوی برنامه‌ی محیط زیست سازمان ملل متحد^۱ (۲۰۱۷)، تعداد ۱۸ شاخص انتخاب شد (جدول ۱).

جدول ۱- شاخص‌های انتخابی برای شناسایی توسعه یافتگی شرکت‌های آب و فاضلاب

ردیف	شاخص	مقیاس	ردیف	شاخص	مقیاس
In.01	جمعیت تحت پوشش آب	درصد	In.10	گردش عملیات مالی (فروش+حق انشعاب+تبصره‌ها)	میلیارد ریال
In.02	جمعیت تحت پوشش فاضلاب	درصد	In.11	اعتبارات دریافتی استانی و ملی	میلیارد ریال
In.03	پوشش مشتریان	درصد	In.12	نسبت پوشش هزینه‌ها	درصد
In.04	آب بدون درآمد	درصد	In.13	نسبت وصول مطالبات	درصد
In.05	نسبت کارکنان حرفه‌یی به کل کارکنان	درصد	In.14	سرمایه‌گذاری برای هر مشترک	میلیون ریال
In.06	حداکثر ظرفیت تامین آب	هزار مترمکعب	In.15	ارزش افزوده‌ی خالص	میلیارد ریال
In.07	حجم فروش آب	هزار مترمکعب	In.16	بازدهی سود و زیان	درصد
In.08	حجم دفع فاضلاب	هزار مترمکعب	In.17	مطلوبیت کلر باقی مانده	درصد
In.09	لگاریتم موجودی سرمایه (دارایی‌ها)	میلیارد ریال	In.18	مطلوبیت میکروبی	درصد

(ماخذ: گزارش ارزیابی عملکرد "ابجد-۱۳۹۵"، روایت ۲۳، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و (UNEP))

۴- روش تحقیق

روش پژوهش کمی تحلیلی است که با استفاده از مدل‌های تحلیل عاملی و خوشه‌بندی انجام شده است. پژوهش‌های کمی، توسعه و استفاده از مدل‌های ریاضی، کمی، نظریه‌ها یا فرضیه مربوط به پدیده‌ها است. شیوه‌ی جمع‌آوری داده‌ها و مبانی نظری کتابخانه‌یی است. در این پژوهش پس از جمع‌آوری شاخص‌های مورد نظر در زمینه‌های گوناگون، با استفاده از شیوه‌ی آماری تحلیل عاملی، ۱۸ شاخص به ۵ عامل معنی‌دار کاهش یافته است.

۵- تحلیل عاملی

تحلیل عاملی، کشف و شناسایی ساختار بنیادی مجموعه‌یی از متغیرها یا الگوهای احتمالی در داده‌ها است. در این روش، پیش فرض اولیه آن است که هر متغیری ممکن است با هر عاملی ارتباط داشته باشد، به تعبیری، محقق هیچ پیش فرض اولیه‌یی ندارد. هدف تحلیل عاملی این است که یک عامل (متغیر غیرقابل مشاهده) از ترکیب چند متغیر (شاخص) مشاهده شده ساخته شود. در شیوه‌ی آماری تحلیل عاملی فرض می‌شود متغیرهای لحاظ شده ترکیبی خطی از متغیرهای فرضی یا ساختگی می‌باشند. هر متغیر فرضی که یک عامل نامیده می‌شود از ترکیب چند متغیر که دارای وجوه مشترکی هستند ساخته می‌شود. مدل تحلیل عاملی برای p و m متغیر مطابق رابطه‌ی ۲ است.

$$Y_i = \mu_i + \sum_j \lambda_{ij} + f_i + e_i \quad (i=1,2,3,\dots,m, j=1,2,3,\dots,p) \quad (1)$$

در رابطه‌ی فوق:

μ_i : میانگین μ تمام مشاهدات.

λ_{ij} : ضرایب عامل λ در ارتباط با متغیر λ (کواریانس متغیر λ و عامل λ).

f_j : تعداد m عامل موثر.

e_i : خطاهای مدل.

چنان چه λ_{ij} با استفاده از ماتریس ضرایب همبستگی بین متغیرها (ماتریس واریانس - کواریانس متغیرهای استاندارد شده) به دست آیند، آن گاه λ_{ij} ها ضریب همبستگی بین متغیر λ و عامل λ خواهند بود. نکته این که در شیوه‌ی تحلیل عاملی فرض می‌شود که تمام متغیرها منتصب به عامل p با یک دیگر همبستگی دارند، در حالی که متغیرهای هر عامل نسبت به متغیرهای عامل‌های دیگر هیچ همبستگی ندارند. تحلیل عاملی شامل تحلیل عاملی اکتشافی^۲ و تاییدی^۳ است. در تحلیل عاملی اکتشافی (موضوع پژوهش حاضر)، هدف کشف ساختار زیر بنایی مجموعه‌ی بزرگ از متغیرها است و پیش فرض اولیه آن است که هر متغیری ممکن است با هر عامل دیگری ارتباط داشته باشد. در تحلیل عاملی تاییدی، پیش فرض اساسی آن است که هر عاملی با زیر مجموعه‌ی خاصی از متغیرها ارتباط دارد. در حل مسایل تحلیل آماری مراحل زیر باید انجام شود.

۱. تشکیل ماتریس اولیه: این ماتریس شامل ۳۵ ردیف (شرکت‌های مستقل آب و فاضلاب) و ۱۸ ستون (شاخص) می‌باشد.
۲. محاسبه‌ی ماتریس همبستگی: ماتریس همبستگی ماتریسی مثلث بالایی از ضرایب همبستگی متغیرها با یک دیگر به دست می‌آید. این ماتریس که سطر و ستون‌های آن با یک دیگر برابر است، ماتریسی متقارن بوده که قطر اصلی آن یک است. با محاسبه‌ی این ماتریس و مقایسه کردن ضرایب آن، متغیری که با سایر متغیرها همبستگی کمی دارد باید حذف شد و در ساختار شاخص‌ها تجدید نظر شود. در واقع از این ماتریس برای تایید مناسب بودن شاخص‌ها برای انجام نهایی تحلیل عاملی است.

۳. انتخاب مدل تحلیل: مدل‌های متنوعی برای تحلیل عاملی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها تحلیل مولفه‌های اصلی (موضوع پژوهش حاضر)، و تحلیل عاملی مشترک است. تحلیل مولفه‌های اصلی زمانی استفاده می‌شود که هدف تلخیص متغیرها و دستیابی به تعداد محدودی عامل باشد. هدف مدل تحلیل عاملی مشترک، شناسایی عامل‌هایی است که به سادگی قابل شناسایی نیستند.

۴. استخراج عامل‌ها: برای استخراج عامل‌ها دو روش عامل‌های متعامد (موضوع پژوهش حاضر) و عامل‌های متمایل وجود دارد. در روش متعامد، عامل‌ها به شیوه‌ی استخراج می‌شوند که محورهای عاملی در حالت ۹۰ درجه قرار گیرند، به تعبیری، هر عامل مستقل از سایر عامل‌ها می‌باشد (همبستگی بین عامل‌ها به طور قراردادی صفر می‌شوند). مدل عاملی متمایل، همبستگی بین عامل‌ها صفر نیست و عامل‌ها دارای همبستگی می‌باشند. اگر هدف تحقیق، تلخیص تعداد متغیرهای اصلی بدون توجه به نتایج عامل‌های استخراج شده تا چه حد معنی‌دار خواهد بود انجام گیرد در این صورت روش متعامد روش مناسبی خواهد بود.

۵. چرخش عامل‌ها: یکی از مفاهیم مهم در تحلیل عاملی، چرخش عامل‌ها است و دلیل اصلی آن دستیابی به ماتریس عاملی ساده و از نظر تئوریک معنی‌دار و قابل تفسیرتر است. دو نوع چرخش متعامد و متمایل وجود دارد. در چرخش متعامد، زاویه‌ی محورهای عمودی و افقی در حالت ۹۰ درجه باقی می‌ماند. اما اگر در چرخش عامل‌ها، زاویه بین محورها در حالت ۹۰ درجه باقی نماند این نوع چرخش، چرخش متمایل است. از آن جا که در روش چرخش متمایل ضرورتی ندارد که محورهای عامل‌ها به صورت قائم باقی بمانند بنابر این شیوه‌ی از انعطاف‌پذیری بیش‌تری برخوردار است.

روش‌های چرخش عامل‌ها کوارتیماکس، وارتیماکس و اکوایمکس است. در این پژوهش از شیوه‌ی واریمکس استفاده شده است. روش واریمکس به دنبال مختصر کردن و ساده سازی ستون‌های ماتریس عاملی است.
۶. استخراج تعداد عامل‌ها: به طور کلی به تعداد متغیرهایی که در تحلیل عاملی استفاده می‌شود می‌توان عامل استخراج کرد. اگر چه مبنای کمی دقیقی برای تصمیم‌گیری در مورد تعداد عامل‌های استخراجی ارایه نشده، اما ضوابطی وجود دارد که از آن‌ها در تصمیم‌گیری برای تعیین تعداد عامل‌های استخراجی استفاده می‌شود. این معیارها از تنوع بسیاری برخوردارند که مهم‌ترین آن‌ها معیار مقدار ویژه است. این معیار ساده‌ترین روش برای تعیین تعداد عامل‌ها است. در تحلیل مولفه‌های اصلی تنها عامل‌هایی که مقدار ویژه آن‌ها بیش‌تر از یک باشد به عنوان عامل‌های معنی‌دار در نظر گرفته می‌شود و تمام عامل‌هایی که مقدار ویژه آن‌ها کم‌تر از یک است از تحلیل کنار گذاشته می‌شوند.

۶- ضریب کیسر - میرالکین (KMO^۲)

همان طوری که پیش‌تر عنوان شد، ماتریس مثلث بالای همبستگی پیرسن معیار مناسبی برای اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی است. برای اطمینان از مطلوبیت مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی از ضریب KMO نیز استفاده می‌شود (رابطه‌ی ۲).

$$KMO = \frac{\sum_{j \neq k} \sum r_{jk}^2}{\sum_{j \neq k} \sum r_{jk}^2 + \sum_{j \neq k} \sum p_{jk}^2} \quad (۲)$$

در رابطه‌ی فوق:

r_{ij}: ضریب همبستگی پیرسن بین متغیرهای i و j.
p_{ij}: ضریب همبستگی جزئی بین متغیرهای i و j.

مقادیر کوچک ضریب KMO نشان می‌دهد همبستگی بین روج متغیرها نمی‌تواند توسط متغیرها دیگر تبیین شوند، بنابر این کاربرد تحلیل عاملی متغیرها قابل توجیه نیست. ضریب KMO همواره بین بازه‌ی مقداری ۰ الی ۱ است و قاعده‌ی کلی برای تفسیر آن به شرح زیر است:

- مقادیر بین ۰.۸ الی ۱ نشان از نمونه‌گیری کافی جامعه‌ی آماری است و همبستگی بین داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب است.
- مقادیر کم‌تر از ۰.۶ نشان می‌دهد نمونه برداری کافی نیست و اقدامات اصلاحی در انتخاب شاخص‌ها باید انجام شود.

۷- آزمون کرویت بارنلت^۵

برای اطمینان بیش‌تر از مناسب بودن داده‌ها، برای تحلیل عاملی به جزء ماتریس ضریب همبستگی باید از آزمون بارنلت استفاده کرد. معنی داری آزمون کرویت بارنلت نشان می‌دهد در ماتریس اولیه، بین داده‌ها به اندازه‌ی کافی همبستگی وجود دارد که بتوان تحلیل عاملی را ادامه داد. در آزمون بارنلت فرض صفر این است که متغیرها فقط با خودشان همبستگی دارند. عدم پذیرش فرض صفر نشان می‌دهد ماتریس همبستگی اطلاعات معنی‌داری دارد و حداقل شرایط لازم برای تحلیل عاملی وجود دارد.

معنی داری اطلاعات موجود در یک ماتریس از طریق آزمون مربع کای دو با درجه‌ی آزادی 0.5p(p-1) انجام می‌شود (رابطه‌ی ۳). معنی دار بودن آماره‌ی کای دو و آزمون بارنلت حداقل شرط لازم برای تحلیل عاملی است.

$$\chi^2 = -\left(n - 1 - \frac{2p + 5}{6}\right) \ln |R|$$

(۳)

در رابطه‌ی فوق:

n: تعداد آزمودنی‌ها.

p: تعداد متغیرها (شاخص‌ها).

|R|: مقدار مطلق دترمینان ماتریس همبستگی.

۸- شاخص ترکیبی^۶

بعد از انجام تحلیل عاملی و شناسایی تعداد و بار عاملی، شاخص ترکیبی (امتیاز عامل) هر شرکت (گزینه) از طریق رابطه‌ی محاسبه شود تا پس از رتبه‌بندی سطح توسعه یافتگی آن تعیین شود (رابطه‌ی ۴).

$$f_{jk} = \sum_{i=1}^m l_{ik} Z_{ij} \quad (4)$$

در رابطه‌ی فوق:

f_{jk} : ارزش عامل kام در شرکت (گزینه‌ی).

\bar{I} : متغیرهای لحاظ شده (شاخص‌ها).

L_{ik} : بار عاملی بر متغیر.

Z_{ij} : داده‌های استاندارد شده‌ی ماتریس اولیه‌ی متغیر I در شرکت j (رابطه‌ی ۵).

$$Z = \frac{K_{ij} - \mu}{\sigma} \quad (5)$$

در رابطه‌ی فوق، K_{ij} داده‌های ماتریس اولیه، μ میانگین و σ انحراف استاندارد است.

۹- خوشه‌بندی

تحلیل خوشه‌ی برای گروه‌بندی اشیایی که شبیه یک دیگرند استفاده می‌شود. تجزیه و تحلیل خوشه‌ی ابزار میان‌بر تحلیل داده‌ها است که هدف آن نظم دادن به اشیای مختلف به گروه‌هایی که درجه‌ی ارتباط بین دو شی اگر آن‌ها به یک گروه تعلق داشته باشند حداکثر و در غیر این صورت حداقل است. هدف خوشه بندی داده‌ها آن است که مشاهدات به گروه‌های متجانس تقسیم شوند، به طوری که مشاهدات هر گروه بیش‌ترین شباهت و مشاهدات گروه‌های مختلف کم‌ترین شباهت را با یک دیگر داشته باشند.

۱۰- تصریح مدل

در ادامه مراحل اجرای مدل به اختصار ارایه شده است:

۱. محاسبه‌ی ماتریس همبستگی: پس از تشکیل ماتریس اولیه و محاسبه‌ی ماتریس مثلثی همبستگی در بستر نرم‌افزار SPSS²³ ضریب همبستگی بین شاخص‌ها در سطح مطلوبی بود، بنابراین این شاخص‌ها برای تحلیل عاملی مناسب‌اند و نیازی به حذف متغیر (شاخص) خاصی نیست.

۲. محاسبه‌ی ضریب KMO و آزمون بارتلت: برای بررسی بیش‌تر مناسب بودن شاخص‌ها برای تحلیل عاملی از ضریب KMO و آزمون آماری بارتلت استفاده شد (جدول ۲).

جدول ۲- ضریب KMO و نتایج آزمون کرویت بارتلت

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	.725
Approx. Chi-Square	1038.38
Bartlett's Test of Sphericity	df
	153
Sig.	.000

(ماخذ: محاسبات محققان)

بر پایه‌ی جدول ۲ مقدار ضریب KMO معادل ۰.۷۲۵ است، در نتیجه داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی مناسب‌اند. سطح معنی‌داری آزمون بارتلت نیز معنی‌دار است، به تعبیری فرض مقابل قابل قبول است، یعنی بین متغیرها (شاخص‌ها) همبستگی معنی‌داری وجود دارد.

۳. محاسبه‌ی همبستگی اشتراک استخراجی: جدول ۳ میزان همبستگی اشتراک استخراجی شاخص‌ها را نشان می‌دهد و در صورتی که ارزش همبستگی مقادیر اشتراک استخراجی بزرگ‌تر از ۰.۵۰ باشد، عامل‌های استخراج شده، شاخص‌های را بهتر نمایش می‌دهند.

جدول ۳- ضریب همبستگی بین شاخص‌ها

شاخص	ضریب	شاخص	ضریب
In.01	0.987	In.10	0.985
In.02	0.677	In.11	0.841
In.03	0.814	In.12	0.765
In.04	0.779	In.13	0.606
In.05	0.697	In.14	0.733
In.06	0.982	In.15	0.990
In.07	0.986	In.16	0.724
In.08	0.926	In.17	0.868
In.09	0.982	In.18	0.696

(ماخذ: محاسبات محققان)

۴. شناسایی مقدار ویژه عامل‌ها: شناسایی متغیرها و نقش آن‌ها در عامل‌ها از طریق مقدار کل واریانس تبیین شده‌ی متغیرهای مورد بررسی توسط عامل‌ها، مطابق اطلاعات جدول ۴ است (جدول ۴).

جدول ۴- مقدار ویژه و درصد واریانس توزیع شده در عامل‌ها

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.93	44.08	44.08	7.93	44.08	44.08	7.71	42.85	42.85
2	3.16	17.58	61.66	3.16	17.58	61.66	2.15	11.988	54.83
3	1.67	9.28	70.95	1.67	9.28	70.95	2.11	11.76	66.60
4	1.25	6.99	77.95	1.25	6.99	77.95	1.81	10.07	76.68
5	1.00	5.60	83.55	1.00	5.60	83.55	1.23	6.87	83.55
6	.918	5.10	88.65						
7	.745	4.13	92.79						
8	.484	2.68	95.48						
9	.317	1.76	97.24						
10	.222	1.23	98.47						
11	.160	.892	99.37						
12	.067	.372	99.74						
13	.023	.129	99.87						
14	.011	.061	99.93						
15	.006	.036	99.96						
16	.004	.022	99.98						
17	.002	.010	99.99						
18	.000	.001	100						

(ماخذ: محاسبات محققان)

مولفه‌های بارگذاری شده (استخراجی) جدول ۴ آماره‌های مربوط به مولفه‌های استخراج شده که شامل سه بلوک مجزا است را نشان می‌دهد. بلوک اول (مقادیر اولیه) مربوط به مقادیر ویژه ماتریس همبستگی است. مقدار ویژه، مقداری از واریانس آزمون کل است که توسط یک عامل خاص برآورد می‌شود. این درصد در تحلیل عاملی نیز قابل قبول بوده و به واسطه‌ی آن می‌توان نسبت مناسب بودن متغیرهای انتخاب شده برای تحلیل عاملی نیز اطمینان حاصل کرد. هم چنین عامل‌هایی که مقدار ویژه‌ی آن‌ها کم‌تر از یک هستند، به دلیل این که سبب تعیین واریانس نمی‌شوند، از تحلیل حذف می‌شوند. در جدول ۴ مولفه‌هایی که مقادیر بالای ۱ دارند ۸۳.۵۵ درصد از واریانس را برآورد می‌کنند. اطلاعات بلوک ۲ (مقدار استخراج بارهای مربعی) مجموع ضرایب قبل از چرخش است. بلوک سوم (مقدار چرخش بارهای مربعی) مربوط به حل عامل چرخیده است و واریانس را میان عامل‌ها به صورت یکنواخت توزیع می‌کند.

۵. محاسبه‌ی ماتریس دوران یافته: این ماتریس بارهای عاملی هر یک از متغیرها در عامل‌ها پس از چرخش با شیوه‌ی واریماکس نشان می‌دهد. هر چه مقدار قدر مطلق ضرایب شاخص‌ها (متغیرها) بیش‌تر باشد، عامل مربوطه نقش بیش‌تری در (واریانس) متغیر مورد مطالعه دارد (جدول ۵).

جدول ۵- ماتریس دوران یافته برای تعیین شاخص‌ها به عامل‌ها

	5	4	3	2	1	In	5	4	3	2	1	In
	0.00	0.05	0.02	0.03	0.99	I.10	-0.00	0.01	0.09	0.03	0.98	I.01
	0.03	0.03	-0.13	0.00	0.90	I.11	0.02	0.39	0.72	-0.04	0.03	I.02
	-0.13	0.72	0.20	0.33	0.25	I.12	0.14	0.28	0.60	0.55	0.19	I.03
	-0.02	-0.02	0.16	0.75	-0.08	I.13	0.07	-0.04	0.06	-0.87	-0.05	I.04
	0.19	0.08	-0.82	-0.10	-0.01	I.14	-0.72	0.07	-0.11	0.37	-0.12	I.05
	0.00	0.03	0.07	0.01	0.99	I.15	0.00	0.02	0.05	-0.03	0.98	I.06
	-0.10	0.59	0.42	0.37	0.20	I.16	0.00	0.02	0.04	-0.00	0.99	I.07
	0.78	-0.03	-0.42	0.25	-0.06	I.17	0.04	0.14	0.27	0.04	0.90	I.08
	-0.03	-0.80	0.01	0.19	0.10	I.18	0.01	0.03	-0.00	0.03	0.99	I.09

(ماخذ: محاسبات محققان)

با توجه به جدول ۵ میزان همبستگی و مشارکت شاخص‌ها در هر یک از عامل‌ها را می‌توان به شرح جدول ۶ خلاصه کرد. برای نمونه عامل اول با مقدار ویژه 42.85 درصد به تنهایی درصد از واریانس را به خود اختصاص داده است.

جدول ۶- تفکیک شاخص‌های بارگذاری شده در عامل‌ها

عامل	شاخص‌های بارگذاری شده	درصد واریانس	فراوانی
		توزیع شده	تجمعی
Fa-.01	جمعیت تحت پوشش آب، حداکثر ظرفیت تامین آب، حجم فروش آب، حجم دفع فاضلاب، لگاریتم موجودی سرمایه (دارایی‌ها)، گردش عملیات مالی (فروش + حق انشعاب + تبصره‌ها)، اعتبارات دریافتی استانی و ملی، ارزش افزوده‌ی خالص.	42.85	42.85
Fa-.02	آب بدون درآمد و نسبت وصول مطالبات.	11.98	54.83
Fa-.03	جمعیت تحت پوشش فاضلاب، پوشش مشترکان، و سرمایه‌گذاری به ازای هر مشترک.	11.76	66.60
Fa-.04	نسبت پوشش هزینه‌ها، بازده سود (زیان) و مطلوبیت میکروبی.	10.07	76.68
Fa-.05	نسبت کارکنان حرفه‌یی به مجموع کارکنان و مطلوبیت کلر باقی‌مانده.	6.87	83.55

(ماخذ: محاسبات محققان)

جدول ۶ اطلاعات با ارزشی را در خصوص برنامه‌ریزی برای بهبود و ارتقای توسعه در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد. برای نمونه توجه با شاخص‌های عامل اول با مقدار ویژه 42.85 درصد بیش‌ترین تاثیر را در بهبود و ارتقای سطح توسعه یافتگی دارند و شاخص‌های عامل پنجم (نسبت کارکنان حرفه‌یی به مجموع کارکنان و مطلوبیت کلر باقی‌مانده) کم‌ترین تاثیر را دارند.

در ادامه با ضرب ماتریس بردار جدول ۶ با ماتریس داده‌های اولیه و جمع سطری عناصر ماتریس (رابطه ۵) امتیاز نهایی شاخص ترکیبی حاصل می‌شود که رتبه و جایگاه هر شرکت آب و فاضلاب را از منظر توسعه یافتگی را نشان می‌دهد (جدول ۷).

جدول ۷- رتبه‌بندی نهایی توسعه یافتگی شرکت‌های آب و فاضلاب بر اساس شاخص ترکیبی

رتبه	شرکت	ارزش	رتبه	شرکت	ارزش	رتبه	شرکت	ارزش
۱	تهران	۱۸.۲۹	۱۳	شیراز	-۰.۲۱	۲۵	قزوین	-۱.۲۴
۲	اصفهان	۳.۶۷	۱۴	کردستان	-۰.۲۴	۲۶	بوشهر	-۱.۴۹
۳	مشهد	۲.۵۷	۱۵	قم	-۰.۳۹	۲۷	اردبیل	-۱.۵۰
۴	آذربایجان شرقی	۱.۷۰	۱۶	مرکزی	-۰.۴۷	۲۸	خراسان جنوبی	-۱.۵۳
۵	خوزستان	۰.۷۵	۱۷	خراسان رضوی	-۰.۵۲	۲۹	زنجان	-۱.۸۱
۶	آذربایجان غربی	۰.۷۳	۱۸	کرمان	-۰.۵۷	۳۰	چهارمحال	-۱.۸۷
۷	البرز	۰.۱۷	۱۹	سیستان	-۰.۶۸	۳۱	خراسان شمالی	-۱.۸۷
۸	کرمانشاه	۰.۱۶	۲۰	همدان	-۰.۷۳	۳۲	سمنان	-۲.۰۰
۹	هرمزگان	۰.۰۸	۲۱	لرستان	-۰.۸۷	۳۳	گلستان	-۲.۰۱
۱۰	اهواز	-۰.۰۸	۲۲	فارس	-۱.۰۳	۳۴	ایلام	-۲.۰۸
۱۱	گیلان	-۰.۱۴	۲۳	کاشان	-۱.۲۲	۳۵	کهگیلویه	-۲.۲۰
۱۸	کرمان	-۰.۵۷	۲۴	یزد	-۱.۲۳	۲۴		

(ماخذ: محاسبات محققان)

بر پایه‌ی اطلاعات جدول ۷، شرکت آب و فاضلاب تهران با مقدار شاخص ترکیبی ۱۸.۲۹ در رتبه‌ی نخست و شرکت آب و فاضلاب کهگیلویه و بویر احمد با مقدار شاخص ترکیبی ۰.۰۸ در رتبه‌ی آخر قرار دارد. چنان چه مشاهده می‌شود دامنه‌ی تغییرات شاخص ترکیبی که معیار ارزشیابی رتبه‌ی توسعه یافتگی است بسیار زیاد است. بعد از محاسبات تحلیل عاملی و تعیین شاخص ترکیبی (جدول ۷)، در این مرحله بر پایه‌ی ارزش شاخص ترکیبی، خوشه‌بندی شرکت‌های آب و فاضلاب با رویکرد شیوه‌ی خوشه‌بندی سلسله‌بی، وضعیت نوع توسعه یافتگی شرکت‌های آب و فاضلاب مشخص شد (جدول ۸).

جدول ۸- گروه‌بندی سطح توسعه یافتگی شرکت‌های آب و فاضلاب در سال ۱۳۹۵

عنوان	شرکت	تعداد
توسعه یافته	تهران، اصفهان، مشهد و آذربایجان شرقی.	۴
در حال توسعه	خوزستان، آذربایجان غربی، البرز، کرمانشاه، هرمزگان، اهواز، گیلان، مازندران، شیراز، کردستان، قم، مرکزی، خراسان رضوی، کرمان، سیستان و بلوچستان، همدان، لرستان، فارس و کاشان.	۱۹
توسعه نیافته	یزد، قزوین، بوشهر، اردبیل، خراسان جنوبی، زنجان، چهارمحال و بختیاری، خراسان شمالی، سمنان، گلستان، ایلام و کهگیلویه و بویراحمد.	۱۲

(ماخذ: محاسبات محققان)

اطلاعات جدول ۸ نشان می‌دهد که سطح توسعه یافتگی شرکت‌های صنعت آب و فاضلاب همگن نبوده، به طوری که ۴ شرکت توسعه یافته، ۱۹ شرکت در حال توسعه و ۱۲ شرکت کم توسعه یافته‌اند.

برای ارزیابی اعتبار خوشه‌بندی پس از تشکیل ماتریس بالا مثلثی کوفنتیک (۱۷۱ عنصر) (تحت عنوان متغیر ۷) و ماتریس متناظر غیر صفر مجاورت (تحت عنوان متغیر X) از ضریب و آزمون همبستگی پیرسن استفاده شد (جدول ۹). ضریب همبستگی ۸۵.۶۱ محاسبه شده که نشان از هماهنگی و اعتبار خوشه‌بندی دارد. هم چنین سطح معنی‌داری

آزمون (Sig) کم تر از مقدار α (۱ درصد) است، بنابر این در سطح اطمینان ۹۹ درصد، فرض H_0 مردود و فرض H_1 پذیرفته می شود و نتیجه این که ارتباط مقادیر ماتریس کوفنتیک و متناظر غیر صفر مجاورت تصادفی یا اتفاقی نیست.

جدول ۹- ضریب کوفنتیک اعتبار خوشه بندی بر اساس همبستگی و آزمون پیرسن

Account	Proximity	Cophenetic
	Pearson Correlation	1
		.856
Proximity	Sig	.000
	N	171
		171
	Pearson Correlation	.856
		1
Cophenetic	Sig	.000
	N	171
		171

(ماخذ: محاسبات محققان)

۱۱- نتیجه و رهیافتها

هدف اصلی پژوهش شناسایی سطح توسعه یافتگی مجموعه هلدینگ صنعت آب و فاضلاب با رویکرد مدل های علمی از جمله تحلیل عاملی بود و همان طور که مشاهده شد سطح توسعه یافتگی بدون دخالت و اظهار نظر شخصی تصمیم گیرندگان با قطعیت کامل انجام شد و سطح بندی توسعه یافتگی مجموعه شرکت های آب و فاضلاب مشخص شد. نتایج پژوهش در راستای برنامه ریزی اقتصادی (در سطح مدیریت ارشد و بخشی صنعت) برای افزایش توسعه یافتگی شرکت های زیر مجموعه صنعت آب و فاضلاب در راستای رسالت سازمانی و چشم انداز برنامه های دولت در بستر برنامه های پنج ساله توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی بسیار کاربرد دارد.

منطبق بر مطالبی که پیرامون آن ها بحث شد و نتایج حاصل از توسعه یافتگی شرکت های آب و فاضلاب مطالب زیر قابل تامل است:

- اختلاف زیادی بین شرکت های استانی از منظر برخورداری از شاخص های توسعه ای وجود دارد (چولگی را ست)، به طوری که شرکت های آب و فاضلاب تهران و اصفهان در رتبه های نخست و شرکت های ایلام و کهگیلویه و بویر احمد در رتبه های آخر قرار دارد.
- هر یک از شرکت های آب و فاضلاب از منظر شاخص های توسعه ای دارای نقاط ضعف و قوتی برای رشد و توسعه هستند، نتایج تحقیق (بارهای عاملی) نقش هر یک از شاخص ها در توسعه یافتگی نشان می دهند. بارهای عاملی در اصل ضریب اهمیت شاخص های زیر مجموعه را به صراحت نشان می دهند، بنابر این در راستای برنامه ریزی های راهبردی در سطح مدیریت ارشد و بخشی توجه به شاخص هایی که از بار عاملی زیادی برخوردارند (مانند شاخص های عامل ۱) بایستی مد نظر قرار بگیرند.
- یکی از وظایف هدف گذاری شده برای مدیریت ارشد صنعت آب و فاضلاب تخصیص اعتبارات ملی و استانی یا اعتبارات دریافتی از موسسات مالی بین المللی (مانند بانک توسعه کشورهای اسلامی) است، اطلاعات عملکردی شاخص ترکیبی می تواند معیار مناسبی برای توزیع اعتبارات در راستای اجرای عدالت توزیعی باشد.
- در سطح کلان، مطابق توصیه های سازمان برنامه و حفاظت از محیط زیست، کاهش نابرابری در استفاده از منابع و امکانات موجود در راستای توسعه مناطق مختلف هر کشوری بایستی متوازن باشد. در این خصوص شناسایی سطح توسعه یافتگی و نقاط قوت و ضعف مناطق مختلف با رویکرد مدل های ابزار مناسبی در راستای برنامه ریزی برای بهبود و ارتقای توسعه است.

• شناسایی و گروه‌بندی شرکت‌های زیر مجموعه‌ی صنعت به سطح مختلف (جدول ۸) فرصت‌های مناسبی برای مقایسه‌ی عملکرد شرکت‌ها از منظر نقاط قوت و ضعف با یک دیگر در گروه‌های همسان و قابل مقایسه به وجود می‌آورد. شرکت‌های گروه‌های کم توسعه یافته می‌توانند از تجارب و آموزه‌های شرکت‌های در حال توسعه و توسعه یافته در بهبود و ارتقای عملکردی در حوزه‌های گوناگون استفاده کنند. کلام آخر، در این پژوهش برای تعیین سطح توسعه یافتگی از ۱۸ شاخص مطابق جدول ۱ استفاده شده و پرواضح است در صورت تغییر شاخص‌ها این سطح‌بندی نیز تغییر خواهد کرد. هم چنین شرکت‌هایی که از سطح توسعه یافتگی بالایی برخوردارند (جدول ۸ ردیف شرکت‌های توسعه یافته)، وضعیت توسعه یافتگی آن‌ها صد درصد مطلوب نبوده و فقط جایگاه آن‌ها را در مقایسه با سایر شرکت‌ها نشان می‌دهند (وضعیت نسبی).

۱۲- پی‌نوشت‌ها

1. United Nations Environment Programme (UNEP)
2. Exploratory Factor Analysis
3. Confinmatory Factor Analysis
4. Running the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Test
5. Bartlett's Test
6. Composite Indicators
7. Rotation Sums of Squared loadings

۱۳- مراجع

- دفتر امور مجامع و نظارت مالی، (۱۳۹۶)، "گزارش ارزیابی عملکرد (ابجد)- روایت ۲۳"، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.
- دفتر امور مجامع و نظارت مالی، (۱۳۹۶)، "نتایج عمل (تجمیع صورت‌های مالی صنعت آب و فاضلاب)، روایت ۱۷"، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.
- زارع چاهوکی، م، (۱۳۸۹)، "روش‌های تحلیل چند متغیره در نرم افزار SPSS"، انتشارات دانشگاه تهران.
- زارع، آ، همایونی فر، م، رزمی، م، (۱۳۹۴) "ارزیابی شهرستان‌های استان خراسان رضوی بر اساس شاخص‌های توسعه‌ی پایدار"، مجله‌ی اقتصاد و توسعه منطقه‌یی
- سامانه‌ی اطلاع‌رسانی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور به نشانی <http://www.nww.ir>
- Cerny, C.A., & Kaiser, H.F., (1977), "A study of a Measure of Sampling Adequacy for Factor-Analytic Correlation Matrices". *Multivariate Behavioral Research*, 12(1), 43-47.
- F., Gunst, Richard; L., Hess, James., (2003), "Statistical Design and Analysis of Experiments: with Applications to Engineering and Science". Wiley.
- Li Y, Zheng J, Li F, Jin X, Xu C., (2017), "Assessment of municipal infrastructure development and its critical influencing factors in urban China", A FA and STIRPAT approach. *PLOS ONE* 12(12): e0189530.
- Ran Li1, Jingling Bao, Di Zou and Fang Shi., (2018), "Influence factors analysis of water environmental quality of main rivers in Tianjin", *Earth and Environmental Science* **108** (2018) 042032.

Identifying the development of urban water and wastewater industry's holding (Factor analysis and clustering approaches)

Masoud Khashaeie¹, Gholamreza Ebrahimabadi², Seyed Hossein Sajjadifar³, Mohammad Davoodabadi⁴

- 1. Deputy, Planning and Economic Affairs, National Water & Wastewater Engineering Co, khashaeim@yahoo.com**
- 2. Director General, Assemblies' affairs and Financial Control, National Water & Wastewater Engineering Co, ebrahimabadi@yahoo.com**
- 3. Economic Advisor, Tehran Province Water & Wastewater Co, h.sajadifar@gmail.com**
- 4. Finance and Budget Specialist, National Water & Wastewater Engineering Co., Responsible author, davoodabadi@nww.ir**

Abstract

Given the environmental conditions governing it, its stakeholders' expectations and its organizational mission and in the context of supplying and distribution of water and safe disposal of wastewater, the water and wastewater sector needs to grow and develop in parallel to the changes in environmental conditions. For this reason identifying the development condition of the water and wastewater sector is a necessity in the context of targeting plans and strategies from the aspect of sectoral management (provincial and regional companies) and senior management (the National Water and Wastewater Engineering Company – Holder). This research was undertaken to identify the level of development of the water and wastewater companies (35 companies) from the aspect of the different indicators specific to the water and wastewater industry in the context of clarifying the economic plans and to enhance and improve operational activities. In the course of the study, after identifying 18 indicators, the exploratory factor analysis was undertaken and the number of indicators was reduced to 5 significant factors. Then the combined indicator was calculated according to the weight of factors and the entire sector was classified. In continuation and by applying the hierarchical clustering method the development levels of water and wastewater companies were categorized on the basis of 5 factors in three homogenized groups of development. The study's results indicate an unbalanced and non-homogenous level of development in the sector, with some companies failing to achieve the desirable level of development and needing greater attention and planning to improve the developmental conditions.

Keywords: economic planning, development, exploratory factor analysis, clustering, water and wastewater sector