Journal of Water & Wastewater
Science & Engineering (jwwse)
Vol. 3, No. 1., PP. 35-46, Spring 2018
DOI: 10.22112/jwwse.2018.129412.1084

نشریه علوم و مهندسی
آب و فاضلاب
سال سوم، شماره ۱، صفحات ۳۵-۴۶، بهار ۱۳۹۷

Ranking the Costs Efficiency of Rural Water and Wastewater Using Fuzzy Analytical Hierarchy Approach

Khosro Alinejad[1] and Rahim Dabbagh[2*]
1- M.Sc. Student, Faculty of Industrial Engineering, Urmia University of Technology, Urmia, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Urmia University of Technology, Urmia, Iran.
* Corresponding Author, Email: r.dabbagh@yahoo.com

Received: 10/5/2018
Revised: 20/7/2018
Accepted: 21/7/2018

Abstract

Supply of safe water as well as sanitation services are, as economic activities, the main purpose of the water and wastewater Company. To meet these goals there is a need to great financial supply as well as justified planning and optimized use of all facilities and talents available. One of the main challenges in this regard is the cost management which leads to increase in efficiency. This is why monitoring of efficiency in Water and Wastewater companies is vital. In this study group decision-making method is implemented using paired comparisons questionnaire to rank the costs of activities in West Azerbaijan Rural Water and Wastewater Company by fuzzy AHP approach. Then by applying the obtained weights typical model of measuring efficiency is provided. Result show that water costs with weight of 0.1458 and equipment costs with weight of 0.1446 are in priority. Total efficiency factor has a large fluctuation, which in this company with an average of 0.37 units. This is mainly due to reduced efficiencies in energy section and in human resources section. Applying the results of ranking and prioritizing the performance of the various types of company costs leads to more concerns on the necessary and unnecessary costs, without mistreating its core or basic functions.

Keywords: AHP, Efficiency Measurement, Fuzzy, Ranking Costs.

رتبه‌بندی کارایی انواع هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

خسرو علی‌نژاد[1] و رحیم دباغ[2*]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران.
* نویسنده مسئول، ایمیل: r.dabbagh@uut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۰
تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۴/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

تامین آب سالم یک فعالیت اقتصادی است که هدف اصلی شرکت‌های صنعت آب و فاضلاب، تامین آب و خدمات دفع بهداشتی فاضلاب است که برای رسیدن به این اهداف مستلزم هزینه‌های زیادی بوده و لازمه آن برنامه‌ریزی دقیق و هدفمند برای بهره‌گیری بهینه از تمام امکانات و استعدادها موجود است. یکی از چالش‌های اساسی در این زمینه مدیریت هزینه‌ها و در نتیجه افزایش کارایی است. بنابراین توجه به کارایی و اندازه‌گیری آن در سطح این شرکت‌ها ضرورت پیدا می‌کند. پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های کاربردی و پیمایشی است. در این تحقیق با روش تصمیم‌گیری گروهی و با استفاده از پرسش‌نامه مقایسات زوجی، رتبه‌بندی هزینه‌های شرکت آب و فاضلاب روستایی استان آذربایجان غربی با روش AHP فازی انجام شده است. سپس با استفاده از وزن‌های به‌دست آمده مدلی برای سنجش کارایی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که هزینه‌های آب با وزن (۰/۱۴۵۸) و تجهیزات با (۰/۱۴۴۶) در اولویت قرار گرفته‌اند. کارایی کل عوامل در حال نوسان بوده، به‌طوری‌که متوسط آن برابر با ۰/۳۷ واحد است. از دلایل اصلی این امر کاهش کارایی بخش‌های انرژی و نیروی انسانی است. به‌کارگیری نتایج حاصل از رتبه‌بندی و اولویت‌بندی کارایی انواع هزینه‌های شرکت مورد مطالعه باعث توجه بیشتری به هزینه‌های ضروری و غیرضروری آن می‌شود، بدون آن‌که آسیبی به کارکردهای اصلی آن‌ها برساند.

کلمات کلیدی: سنجش کارایی، رتبه‌بندی هزینه‌ها، AHP، فازی.

۱- مقدمه

فعالیت‌های هر سازمانی تحت تاثیر مجموعه‌ای از شرایط و عواملی قرار دارد که شناخت، بررسی و اندازه‌گیری آن‌ها برای تحقق اهداف و بهبود کارها لازم و موثر است. سازمان‌ها برای فعالیت‌های خود با محدودیت‌هایی از جمله کمبود امکانات و منابع روبه‌رو هستند. آن‌ها باید از منابع محدود خود به بهترین شکل ممکن استفاده نمایند تا بتوانند میزان خدمات خود را به بهترین شکل و با کیفیت مناسب تولید و برای مشتریان خود ارائه کنند و بتوانند در عرصه رقابت با رقیبان خود تحمل‌پذیر باشند. از آنجایی که منابع سازمان‌ها محدود بوده و فراهم آوردن این منابع هزینه‌های زیادی به‌همراه دارد، لازم است برای بازدهی بیشتر از منابع موجود، حداکثر استفاده را بنمایند. این امر با کارایی[۱] و بهره‌وری[۲] سازمانی تحقق می‌یابد، چرا که هدف اصلی بهره‌وری و کارایی، استفاده بهینه از امکانات و منابع موجود است. تلاش برای بهبود و استفاده بهینه از منابع (نیروی کار، سرمایه، انرژی و ...) با اندازه‌گیری شاخص‌های کارایی و بهره‌وری و ارزیابی آن برای برنامه‌ریزی مدیران موثر است. بهره‌وری، چگونگی میزان کارایی نیروی کار، سرمایه، انرژی و دیگر منابع یک سازمان را اندازه‌گیری می‌کند و حاصل کارایی و اثربخشی[۳] است (صدرایی جواهری و مهبودی، ۱۳۹۵). اثربخشی به‌عنوان سطح بازده، تعریف شده و کارایی، نسبت بازده یا ستانده به داده‌ها است (APO, 2016). کارایی مفهوم درست انجام دادن کار است و انتخاب راه مناسب فعالیت‌ها و هدف آن، استفاده بهینه سازمان‌ها از منابع خود است (دباغ، ۱۳۹۰).

امروزه روش‌ها و تکنیک‌های زیادی در زمینه محاسبه کارایی ارائه شده است که برحسب هدف و شرایط سیستم‌ها این روش‌ها نیز متفاوت انتخاب می‌شوند. استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[۴] این امکان را می‌دهد که نتیجه شناسایی کارایی، علمی‌تر شده و فرآیند برنامه‌ریزی و اقدامات اصلاحی در بستری از داده‌های منطقی قرار گیرد. استفاده از نظرات چندین تصمیم گیرنده به‌جای یک تصمیم‌گیرنده، مسلماً موجب پیچیدگی‌های زیادی در تجزیه و تحلیل یک تصمیم خواهد شد که نه تنها به‌دلیل دسترسی به توافق جمعی در اولویت گزینه‌ها خواهد بود، بلکه دلایلی دیگر همچون تعارضات ممکن در بین اعضای گروه تصمیم‌گیرندگان و برخوردار بودن احتمالی آن‌ها از اهداف و معیارهای مختلف، موجبات این پیچیدگی‌ها را میسر می‌سازد (موسی‌کاظمی و همکاران،۱۳۹۱؛ Buckley, 1985).

صنعت آب و فاضلاب به‌دلیل تاثیراتی که در بهبود سطح رفاه اجتماعی و تامین آب سالم برای مصرف‌کنندگان دارد بسیار حائز اهمیت است. اما این عمل نیازمند هزینه‌های زیادی خواهد بود که برای حفظ بقا باید به کاهش هزینه‌ها و کنترل کردن آن‌ها توجه خاصی نماید. از طرفی برای تحقق اهداف این شرکت‌ها از جمله: ارائه خدمات به مشتریان و شهروندان، تامین آب آشامیدنی سالم، برطرف کردن خواسته‌های ذی‌نفعان، کاهش هدر رفت آب، باید برنامه‌هایی برای کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی و در نهایت افزایش بهره‌وری داشته باشند. مدیریت هزینه‌ها و در نهایت افزایش کارایی، موضوعاتی هستند که در مورد آن‌ها تحقیقاتی درخور در این شرکت‌ها انجام نشده است. بنابراین در این تحقیق پس از شناسایی عوامل موثر بر کارایی و با توجه به میزان تاثیرگذاری هر کدام از این عوامل، میزان کارایی کل عوامل محاسبه خواهد شد.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۲-۱- کارایی

کارایی مفهوم درست انجام دادن کار است و به افزایش کمی کالاها «کالاهای قابل لمس» توجه دارد و به‌عبارت دیگر براساس توانایی به‌دست آوردن ستانده بیشتر از داده‌های کمتر تعریف می‌شود (Fullard, 2007). همچنین کارایی به‌صورت استفاده بهینه از منابع (نیروی کار، ماشین آلات، ظرفیت و انرژی) تعریف شده است (Chan, 2003). شاخص‌های کارایی، با الهام از مفاهیم اقتصاد تعریف و به دو دسته جزء و کل عوامل تولید دسته‌بندی می‌شوند. ویژگی این شاخص‌ها به‌گونه‌ای است که با محاسبه آن‌ها می‌توان بررسی‌های تطبیقی در واحدهای اقتصادی را انجام داد. به‌منظور اندازه‌گیری کارایی در سازمان‌ها، شاخص‌هایی کارایی با توجه به نوع صنعت و سازمان‌ها تعریف می‌شوند، اما در حالت کلی مناسب‌ترین شاخص کارایی براساس رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$Efficiency = \frac{Out\ put}{In\ put} \qquad (۱)$$

۲-۲- مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)

امروزه روش‌ها و تکنیک‌های زیادی در زمینه محاسبه کارایی ارائه شده است که برحسب هدف و شرایط سیستم‌ها، این روش‌ها

نیز متفاوت انتخاب می‌شوند. استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره این امکان را می‌دهد که نتیجه شناسایی کارایی علمی‌تر شده و فرایند برنامه‌ریزی و اقدامات اصلاحی در بستری از داده‌های منطقی قرار گیرد. در تصمیم‌گیری چندمعیاره، به‌جای استفاده از یک روش سنجش معیار بهینگی، از چند معیار استفاده می‌شود و ساختار آن براساس ریاضی بنا شده که شباهت و سازگاری زیادی با تفکر و فرایندهای ذهنی انسان دارد. در این نوع مدل‌ها برای تصمیم‌گیری می‌توان از نظرات کارشناسان و مدیران استفاده کرد. زیرا توضیحات زبانی و لحاظ کردن شرایط واقعی در مدل، نتایج را دقیق‌تر و از کارایی بیشتر برخوردار می‌کند (Buckley, 1985). مهم‌ترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره عبارتند از: SAW[5]، ELECTRE[6]، TOPSIS [7] و AHP[8]. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که امکان فرموله کردن مساله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و این قابلیت را که معیارهای کمی و کیفی را در تصمیم‌گیری دخالت دهد، دارا است و براساس انتخاب اهداف و گزینه‌ها و مقایسات زوجی نهفته است (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۱؛ اصغرپور، ۱۳۸۷). در واقع روش AHP مانند تفکر انسان بوده و تصمیم‌های سخت و پیچیده را آسان‌تر می‌کند (Wang et al., 2008).

$$M_1 \oplus M_2 = (l_1 + l_2 . m_1 + m_2 . u_1 + u_2),$$

$$M_1 \ominus M_2 = (l_1 - l_2 . m_1 - m_2 . u_1 - u_2)$$

$$M_1 \otimes M_2 = (l_1 . l_2 . m_1 . m_2 . u_1 . u_2), \quad (۲)$$

$$M_1^{-1} = (\frac{1}{u_1} . \frac{1}{m_1} . \frac{1}{l_1}), \quad \frac{M_1}{M_2} = (\frac{l_1}{u_2} . \frac{m_1}{m_2} . \frac{u_1}{l_2})$$

منطق فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پرفسور لطفی‌زاده، به‌عنوان یک تئوری ریاضی برای مدل کردن ابهام و عدم قطعیت موجود در ادراک و افکار انسان ارائه شده است. ویژگی فازی در بسیاری از حوزه‌های زندگی که در آن‌ها قضاوت، ارزیابی و تصمیم‌گیری افراد اهمیت دارد، وارد می‌شود. یکی از دلایل فازی بودن، زبان طبیعی انسان است. در این زبان طبیعی، معنای کلمات معمولاً با ابهام همراه است. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک باینری تبعیت می‌کند، اما تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را بسط می‌دهد و عضویت درجه‌بندی را مطرح می‌کند (Zadeh, 1994). به‌این صورت یک عنصر می‌تواند تا درجاتی، نه کاملاً، تقریباً عضو یک مجموعه باشد. با استفاده از دو عدد فازی و قوانین عملیاتی ریاضی بر روی اعداد فازی به‌صورت رابطه (۲) تعریف می‌شوند.

۲-۳- پیشینه تحقیق

خشائی و داودآبادی (۱۳۸۸) در تحقیقی رتبه‌بندی بهره‌وری عوامل تولید شرکت‌های آب و فاضلاب کشور را به‌منظور کاهش هزینه‌ها و با رویکرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام دادند. نتایج نشان داد که روش AHP یک ابزار کارآمد برای ارزیابی بهره‌وری و مدیریت هزینه‌ها است. در تحقیقی دیگر امیدی و همکاران (۱۳۹۲) ارزیابی بهره‌وری و کارایی آب را با استفاده از روش‌های AHP, ANP, FAHP, FANP انجام دادند. نتایج آن‌ها کاربردی و قدرتمند بودن روش‌های AHP و ANP را نشان داد. همچنین بهره‌وری فیزیکی-اقتصادی آب و بهره‌وری کل، به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌های ارزیابی بهره‌وری شناسایی شدند. محمدی و نادری (۱۳۹۳) عوامل هزینه‌ای تاثیرگذار در قیمت‌گذاری دانش فنی با روش AHP را شناسایی و وزن‌دهی کردند. هزینه اولیه، هزینه تولید مجدد و هزینه‌های انتقال و جذب در این رتبه‌بندی در اولویت قرار گرفتند. همچنین سحری‌مقیم و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از منطق فازی هزینه‌های ناشی از عدم پیاده‌سازی مدیریت ریسک در پروژه‌های عمرانی را شناسایی و رتبه‌بندی کردند. در این پژوهش ابتدا هزینه‌های ناشی از عدم پیاده‌سازی مدیریت ریسک شناسایی شدند. داده‌های این تحقیق با استفاده از پرسش‌نامه با سوالات پنج گزینه‌ای به‌صورت طیف لیکرت (سلیمی و همکاران، ۱۳۸۷) جمع‌آوری شدند. سپس این هزینه‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی رتبه‌بندی شدند.

دهقانی و علی اکبری نوری (۱۳۹۵) نیز با استفاده از روش‌های فازی صنایع تولیدی کشور را براساس شاخص‌های منتخب اقتصادی رتبه‌بندی کردند. براساس نتایج، صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی در رتبه اول قرار گرفتند. Fraquelli and Moiso (2005) هزینه‌های کارایی و مقیاس اقتصادی در صنعت آب ایتالیا را بررسی کردند. نتایج نشان داد

که برای اقتصادی کردن این صنعت باید مقیاس و اندازه این صنعت بزرگ‌تر از وضعیت فعلی و برای بهینه کردن وضعیت، باید هزینه‌ها مدیریت بیشتری شوند. از طرفی Srdjevic et al. (2012) با استفاده از روش AHP چهار روش درمان شیمیایی، تبخیر، جدایی با استفاده از پوسته و درمان بیولوژیکی را برای تصفیه فاضلاب کشور صربستان مورد بررسی قرار دادند. Guerrini et al. (2015) کارایی شرکت آب و فاضلاب در بخش فاضلاب کشور دانمارک را با استفاده از روش DEA اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که بازده متغیر به مقیاس برابر با ۰/۴۸ و بازده ثابت به مقیاس برابر با ۰/۳۶ بودند. Rajasulochan and Preethy (2016) نیز تکنیک‌های مختلف بهره‌وری و کارایی در بهبود و کاهش ضایعات آب و فاضلاب در کشور هند را مقایسه کردند. Molinos-Senante et al. (2016) روش DEA را برای شرکت آب و فاضلاب کشور شیلی به‌کار گرفتند و سپس براساس نمرات کارایی، عوامل رتبه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که خروجی‌ها عدم قطعیت بیشتری نسبت به ورودی‌ها دارند. Büyüközkan and Karabulut (2017) کارایی انرژی کشور ترکیه را بررسی کردند که از روش AHP برای تعیین وزن‌ها و از روش VIKOR برای رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده شد.

با وجود تمام تلاش‌ها و مطالعات انجام گرفته در سال‌های اخیر، تحقیقاتی در زمینه عوامل موثر بر شاخص کارایی و نحوه تاثیرگذاری آن‌ها بر کارایی انجام نشده است. همچنین رتبه‌بندی هزینه‌های شرکت موضوعی بسیار با اهمیت است که در راستای ایفای نقش پیش‌برنده در افزایش کارایی نقش موثر و تعیین‌کننده‌ای را ایفا می‌کند. با توجه به محدودیت‌های مالی شرکت‌ها، با تخصیص دادن هزینه‌ها و میزان اهمیت و رتبه‌بندی آن‌ها، می‌توان ابزاری برای کنترل هزینه‌ها ایجاد و توجه بیشتری به هزینه‌های ضروری و غیرضروری شرکت‌ها نمود، بدون آن‌که آسیبی به کارکردهای اصلی و اساسی شرکت برساند. بنابراین با توجه به عوامل فوق، در این تحقیق پس از شناسایی عوامل موثر بر کارایی و رتبه‌بندی آن‌ها، مدلی برای محاسبه کارایی کل ارائه خواهد شد.

۳- روش تحقیق

با توجه به هدف، این تحقیق از نوع کاربردی و از نظر روش، پیمایشی است. به‌علت کثرت‌گرایی، هم از رویکرد کیفی و هم از رویکرد کمی استفاده شده است. جامعه آماری، شرکت آب و فاضلاب روستایی (آبفار) استان آذربایجان غربی است. برای تعیین ماتریس مقایسات زوجی، هزینه‌های مناسب با موضوع و شرکت‌ها با استفاده از تجمیع نظر خبرگان انجام شد. برای تعیین درجه اهمیت هر یک از گزینه‌ها، پرسش‌نامه‌ای مناسب تهیه و برای تعریف اعداد فازی به‌منظور انجام مقایسات زوجی، از طیف ۵ گزینه‌ای فازی جدول ۱ استفاده شد. همچنین برای تحلیل کارایی و رتبه‌بندی عوامل موثر بر کارایی، روش تصمیم‌گیری چند معیاره و روش AHP فازی انتخاب شد.

۳-۱- فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

فرایند سلسله‌مراتبی فازی یک روش سیستماتیک است که از مفاهیم مجموعه‌های فازی، تصمیم‌گیری چندمعیاره و ساختار تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است (Chang, 1996). میزان اهمیت و تاثیرگذاری فاکتورها یا گزینه‌های مختلف را در قالب پرسش‌نامه مقایسات زوجی توسط افراد خبره یا تصمیم‌گیرندگان مورد مقایسه قرار می‌دهند که گزینه‌های مختلف ماتریس قضاوت‌های انجام شده به صورت فازی و در قالب یک ماتریس به صورت زیر تشکیل می‌شوند (Wang et al., 2008).

$$\tilde{A}=\{\tilde{a}_{ij}\}=\begin{bmatrix} (1.1.1) & (l_{12}.m_{12}.u_{12}) & \cdots & (l_{1n}.m_{1n}.u_{1n}) \\ (l_{21}.m_{21}.u_{21}) & (1.1.1) & \cdots & (l_{2n}.m_{2n}.u_{2n}) \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ (l_{n1}.m_{n1}.u_{n1}) & (l_{n2}.m_{n2}.u_{n2}) & \cdots & (1.1.1) \end{bmatrix} \quad (۳)$$

به‌طوری که $\tilde{a}_{ij}=(l_{ij}.m_{ij}.u_{ij})$ و $a_{ji}^{-1}=(\frac{1}{u_{ji}}.\frac{1}{m_{ji}}.\frac{1}{l_{ji}})$

$i,j: 1,\ldots n, i\neq j$

حال اگر k خبره وجود داشته باشد ماتریس ادغام نظرات خبرگان از رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$\tilde{x}_{ij}=(a_{ij}.b_{ij}.c_{ij}),\quad l_{ij}=\min\{a_{ijk}\},$$
$$m_{ij}=\frac{1}{k}\{\sum_k a_{ijk}\},\quad u_{ij}=\max\{c_{ijk}\} \quad (۴)$$

از نتیجه این ادغام، یک ماتریس فازی حاصل می‌شود که عناصر آن اعداد فازی مثلثی به‌ترتیب دارای کمترین مقدار، میانگین و بیشترین مقدار درایه متناظر آن در ماتریس مقایسات زوجی

جدول ۱- اعداد فازی متناظر با ارجحیت ها در مقایسات زوجی (سیف برق و ضیایی نقش‌بندی، ۱۳۹۱)

اولویت‌ها	متغیر زبانی	معادل فازی	عکس فازی
۰	ترجیح یکسان	(1,1,1)	(1,1,1)
۱	کمی مرجع	(1,3.2,2)	(1.2,2.3,1)
۲	مرجع	(3.2,2,5.2)	(2.5,1.2,2.3)
۳	خیلی مرجع	(2,5.2,3)	(1.3,2.5,1.2)
۴	کاملاًمرجع	(5.2,3,7.2)	(2.7,1.3,2.5)

افراد خبرگان هستند (Khoram et al., 2007). حال برای به‌دست آوردن وزن‌ها و اولویت‌بندی گزینه‌ها مراحل زیر انجام می‌شوند:

- جمع کردن درایه‌های هر سطر ماتریس A با استفاده از قواعد جمع اعداد فازی مثلثی و تشکیل یک ماتریس ستونی فازی:

$$RS_i = \sum a_{ij} = (\sum l_{ij} . \sum m_{ij} . \sum u_{ij}) \qquad (۵)$$

- جمع کردن درایه‌های ماتریس ستونی مذکور و به‌دست آوردن یک عدد فازی مثلثی و معکوس کردن آن، سپس ضرب کردن درایه‌های ماتریس ستونی برای نرمال‌سازی ماتریس ستونی.

$$\tilde{S}_i = \frac{RS_i}{\sum_j RS_j} = \left(\frac{\sum l_{ij}}{\sum_k \sum_j u_{ki}} . \frac{\sum m_{ij}}{\sum_k \sum_j m_{ki}} . \frac{\sum u_{ij}}{\sum_k \sum_j l_{ki}}\right) \qquad (۶)$$

محاسبه درجه امکان بزرگی اعداد فازی $(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j)$ با استفاده از معادله زیر:

$$V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j) = \begin{cases} 1 & m_i \geq m_j \\ \frac{u_i - l_j}{(u_i - m_i) + (m_j - l_j)} & l_j \leq u_i \quad i \neq j \\ 0 & others \end{cases} \qquad (۷)$$

در نهایت برای محاسبه‌ی وزن گزینه‌ها به صورت رابطه (۷) عمل می‌شود که مقدار این متغیر معادل با کمترین مقدار درجه امکان بزرگ‌تر بودن اندازه ترکیبی متناظر با هر کدام از گزینه‌ها نسبت به اندازه ترکیبی متناظر با سایر گزینه‌ها است (Wang et al., 2008).

$$W = V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j | i \neq j) = \min(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j) \qquad (۷)$$

بنابراین $W=(W_1.W_2.W_3....W_n)$ حاصل می‌شود که وزن‌های گزینه‌ها بوده و اعداد غیرفازی هستند. برای نرمال‌سازی وزن‌های به‌دست آمده با روش نرمال‌سازی ساعتی با تقسیم کردن هر وزن بر مجموع وزن‌های بردار W، وزن نهایی گزینه‌ها حاصل می‌شوند.

۳-۲- محاسبهٔ میزان ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی فازی

در بخش قبل روش محاسبه وزن نسبی گزینه‌های ماتریس مقایسات زوجی ارائه شد، اما آیا ماتریس مقایسات زوجیِ به‌دست آمده از فرد خبره، دارای سازگاری قابل‌قبولی است یا خیر. به‌عبارت دیگر با کمک شاخص نرخ ناسازگاری می‌توان پی‌برد که بین مقایسه‌های دوبه‌دو و زوجی در پرسش‌نامه‌ها سازگاری وجود دارد یا خیر. الگوریتم محاسبه‌ی میزان ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی برای اعداد فازی به‌صورت زیر است (آرمان و همکاران، ۱۳۹۱). وزن نسبی گزینه‌های ماتریس به‌دست آمده برای بردار فازی را RW بنامید. سپس اندازه تقریبی بزرگترین مقدار ویژه فازی ماتریس فازی A$(\tilde{\lambda}_{max})$ به‌صورت زیر تخمین زده می‌شود. با ضرب بردار RWi در ماتریس $\tilde{A}$ تخمین مناسبی از $\tilde{\lambda}_{max(i)}$ RW̃i به‌دست آورید، از تقسیم RW̃i بر $\tilde{\lambda}_{max(i)}$ RW̃i مربوطه، تخمین‌هایی از $\tilde{\lambda}_{max(i)}$ را محاسبه نمایید. سپس میانگین $\tilde{\lambda}_{max(i)}$ را پیدا کرده و آن را $(\tilde{\lambda}_{max})$ بنامید. حال مقدار شاخص ناسازگاری فازی[۱۷] $(\tilde{I.I})$ از رابطه (۸) محاسبه می‌شود که در آن n بعد ماتریس است.

$$\tilde{I.I} = \frac{\tilde{\lambda}_{max} - n}{n - 1} \qquad (۸)$$

در نهایت نیز میزان نرخ ناسازگاری[۱۸] $(\tilde{I.R})$ فازی ماتریس A از فرمول زیر به‌دست می‌آید.

$$\tilde{I.R} = \frac{\tilde{I.I}}{I.I.R} \qquad (۹)$$

که *I.I.R* شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی[19] بوده و مقادیر آن برای ماتریس n بعدی به‌صورت جدول ۲ است.

به‌عبارتی دیگر در هر ماتریس حاصل تقسیم شاخص ناسازگاری بر شاخص ماتریس تصادفی آن، معیار مناسبی برای قضاوت میزان ناسازگاری است. حال اگر این مقدار کمتر از ۰/۱ باشد ماتریس از سازگاری تقریبی برخوردار است (آرمان و همکاران، ۱۳۹۱).

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

اتخاذ تصمیم‌های درست و راهبردی در انتخاب یک شرکت موفق برای سرمایه‌گذاری، نیازمند شناسایی و داشتن معیارهایی است که این شاخص‌ها بتوانند وجه تمیز مناسبی در این امر داشته باشند. از این‌رو، باید مدیران شرکت‌ها با شناخت درست از وضعیت شرکت خود و عوامل اثرگذار بر فرایند تصمیم‌گیری اقدام به برنامه‌ریزی کنند. رتبه‌بندی هزینه‌های شرکت موضوعی بسیار با اهمیت است که در راستای ایفای نقش پیش‌برنده در افزایش کارایی و بهره‌وری نقش موثر و تعیین‌کننده‌ای را ایفا می‌کند. در این تحقیق نتایج قضاوت ۲۰ خبره از کارشناسان و مدیران بخش مالی شرکت آب و فاضلاب روستایی استان آذربایجان غربی برای هفت متغیر (هزینه‌های سرمایه‌ای I، هزینه‌های نیروی انسانی L، هزینه‌های انرژی E، هزینه‌های تجهیزات EQ، هزینه‌های مواد اولیه M، هزینه‌های بخش آب W و هزینه‌های بخش فاضلاب S) برای اولویت‌بندی این هزینه‌ها آورده شده است. در شرکت آبفار مجموع مبالغ پرداخت شده برای خرید و تهیه حامل‌های انرژی مصرف شده (برق، گاز و ...) برحسب واحد پولی محاسبه هزینه‌های انرژی تعریف می‌شوند. همچنین هزینه‌های سرمایه نیز هزینه‌های هستند که برای ایجاد سود در آینده صرف می‌شوند و ایجاد درآمد می‌کنند. خرید زمین، ساختمان، دارایی‌های ثابت و درازمدت از نمونه‌های هزینه‌های سرمایه هستند که ارزش موجودی سرمایه به قیمت ثابت و براساس ارزش روز آن منظور شده است. هزینه‌های نیروی کار نیز به مجموع پرداختی‌های نقدی و غیرنقدی به‌صورت مستمر و غیرمستمر که برای جبران خدمات انجام شده نیروی کار پرداخت می‌شود و شامل حقوق و مزایای مختلف از جمله اضافه‌کاری، حق ماموریت، حق مسکن و ... هستند. ارزش ستانده نیز کالاها و خدماتی است که در یک واحد تولیدی، تولید شده و برای استفاده در خارج از آن واحد در دسترس قرار می‌گیرد که در شرکت آبفار حاصل جمع درآمد فروش آب و درآمد خدمات تعریف می‌شود. همچنین هزینه‌های بخش آب نیز به منظور تامین هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری تاسیسات در شرکت آبفار صرف می‌شود.

از کارشناسان خواسته شد که برای افزایش کارایی و درجه اهمیت هزینه‌های شرکت، اهمیت هرکدام از هزینه‌ها را با توجه به نظر خود اولویت‌بندی نمایند که به‌عنوان نمونه قضاوت یکی از کارشناسان شرکت آبفار در ماتریس A1 آورده شده است. به‌عنوان مثال، نحوه تکمیل این ماتریس به‌این صورت است که برای مقایسه هزینه‌های نیروی انسانی با هزینه‌های تجهیزات، این کارشناس با توجه به جدول ۱ اولویت هزینه‌های نیروی انسانی را با گزینه خیلی مرجع (3، 2.5، 2) به هزینه‌های تجهیزات ترجیح داده است. سپس برای مقایسه اولویت هزینه‌های تجهیزات با هزینه‌های نیروی انسانی عکس فازی گزینه خیلی مرجع و به‌صورت (0.34, 0.4, 0.5) در ماتریس A1 جایگذاری شده است.

جدول ۲- مقدار شاخص‌های ناسازگاری با ابعاد مختلف

n	۱	۲	۳	۴	۵
I.I.R	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲

$$A1=\begin{array}{c} \\ I \\ L \\ E \\ EQ \\ M \\ W \\ S \end{array}\begin{pmatrix} I & L & E & EQ & M & W & S \\ (1,1,1) & (0.34,.4,.5) & (1.5,2,2.5) & (0.4,0.5,0.67) & (0.28,0.34,0.4) & (0.28,0.34,0.4) & (0.28,0.34,0.4) \\ (2,2.5,3) & (1,1,1) & (2,2.5,3) & (2,2.5,3) & (1,1.5,2) & (1.5,2,2.5) & (1.5,2,2.5) \\ (0.4,0.5,0.67) & (0.34,0.4,0.5) & (1,1,1) & (1,1,1) & (0.4,0.5,0.67) & (0.5,0.67,1) & (1,1,1) \\ (1.5,2,2.5) & (0.34,0.4,0.5) & (1,1,1) & (1,1,1) & (0.4,0.5,0.67) & (0.4,0.5,0.67) & (0.4,0.5,0.67) \\ (2.5,3,3.5) & (0.5,0.67,1) & (0.4,0.5,0.67) & (1.5,2,2.5) & (1,1,1) & (1,1.5,2) & (1,1.5,2) \\ (2.5,3,3.5) & (0.4,0.5,0.67) & (0.5,0.67,1) & (1.5,2,2.5) & (0.5,0.67,1) & (1,1,1) & (1,1.5,2) \\ (2.5,3,3.5) & (0.4,0.5,0.67) & (1,1,1) & (1.5,2,2.5) & (0.5,0.67,1) & (0.5,0.67,1) & (1,1,1) \end{pmatrix}$$

حال با استفاده از رابطه‌های (۳) نظرات تمام خبرگان (k=20) با هم ادغام شده است تا ماتریس نهایی A برای محاسبات به‌دست آید.

در ادامه با توجه به رابطه (۸) بردار اهمیت گزینه‌ها مشخص می‌شوند. با توجه به مقادیر به‌دست آمده در مرحله قبل، معادل کمترین مقدار درجه امکان بزرگ‌تر بودن اندازه ترکیبی متناظر

$$A=\begin{array}{c} \begin{matrix} I & L & E & EQ & M & W & S \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} (1,1,1) & (0.28,0.83,2.5) & (0.28,1.10,3) & (0.28,0.96,2/5) & (0.28,\ 1.38,3.5) & (0.28,0.89,2.5) & (0.28,1.05,3.5) \\ (0.4,\ 1.47,\ 3.5) & (1,1,1) & (0.28,1.20,3) & (0.28,0.99,3) & (0.28,1.26,3.5) & (0.28,0.87,2.5) & (0.28,1.3,3.5) \\ (0.28,\ 1.14,\ 3.5) & (0.34,\ 0.97,\ 2.5) & (1,1,1) & (0.28,1.14,3) & (0.34,1.09,3) & (0.34,0.98,3) & (0.28,1.13,3.5) \\ (0.34,1.47,3.5) & (0.34,1.42,3.5) & (0.34,1.2,3.5) & (1,1,1) & (0.28,1.22,3.5) & (0.28,1.17,3.5) & (0.28,1.28,3.5) \\ (0.28,\ 1.27,\ 3.5) & (0.28,\ 1.06,\ 3.5) & (0.34,\ 1.41,\ 3) & (0.28,\ 1.19,\ 3.5) & (1,\ 1,\ 1) & (0.34,\ 1.1,\ 3) & (0.34,\ 1.25,\ 3) \\ (0.4,\ 1.6,\ 3.5) & (0.4,\ 1.61,\ 3.5) & (0.4,\ 1.26,\ 3) & (0.28,\ 1.22,\ 3.5) & (0.28,\ 1.21,\ 3) & (1,\ 1,\ 1) & (0.4,\ 1.34,\ 3.5) \\ (0.28,\ 1.42,\ 3.5) & (0.28,\ 1.06,\ 3.5) & (0.28,\ 1.42,\ 3.5) & (0.28,\ 1.12,\ 3.5) & (0.28,\ 0.97,\ 2.5) & (0.28,\ 0.83,\ 2.5) & (1,\ 1,\ 1) \end{pmatrix} \end{array}$$

به‌منظور محاسبه اوزان برای هر کدام از گزینه‌ها، اندازه‌های ترکیبی مربوط به هر کدام از گزینه‌ها محاسبه می‌شوند. برای این‌کار در ابتدا درایه‌های هر سطر ماتریس A را با استفاده از قاعده جمع اعداد فازی مثلثی طبق رابطه (۵) محاسبه کرده تا یک ماتریس فازی ستونی تشکیل شود (ستون x_1). سپس مجموع درایه‌های ماتریس ستونی را با هم جمع زده تا یک عدد فازی به‌دست آید (سطر x_3). این عدد را معکوس نموده (سطر x_4) و آنگاه درایه‌های ماتریس ستونی (x_1) را در معکوس عدد فازی (x_4) ضرب کرده تا وزن نسبی هزینه‌ها به‌دست آید (ستون x_2). نتایج این محاسبات در جدول ۳ ارائه شده است.

حال با استفاده از رابطه (۶) اعداد فازی جدول ۳ با یکدیگر مقایسه می‌شوند، بنابراین:

$V = (S_I \geq S_L, S_E . S_{EQ}, S_M . S_W . S_S) = (0.978, 0.987, 0.966, 0.975, 0.957, 0.983)$
$V = (S_L \geq S_I, S_E . S_{EQ}, S_M . S_W . S_S) = (1, 0.991, 0.980, 0.988, 0.972, 0.996)$
$V = (S_E \geq S_I, S_L . S_{EQ}, S_M . S_W . S_S) = (1, 0.991, 0.980, 0.988, 0.972, 0.996)$
$V = (S_{EQ} \geq S_I, S_L . S_E, S_M . S_W . S_S) = (1, 1, 1, 1, 0.992, 1)$
$V = (S_M \geq S_I, S_L . S_E, S_{EQ} . S_W . S_S) = (1, 1, 1, 0.991, 0.983, 1)$
$V = (S_W \geq S_I, S_L . S_E, S_{EQ} . S_M . S_S) = (1, 1, 1, 1, 1, 1)$
$V = (S_S \geq S_I, S_L . S_E, S_{EQ} . S_M . S_W) = (1, 0.995, 1, 0.983, 0.992, 0.975)$

با هرکدام از گزینه‌ها نسبت به اندازه ترکیبی متناظر با سایر گزینه‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شوند (با مقایسه مقادیر به‌دست آمده هر هزینه نسبت به دیگر هزینه‌ها، معادل کمترین مقدار انتخاب می‌شود) بنابراین:

Min V($S_I \geq S_j | j \neq I$) = ۰/۹۵۷ Min V($S_L \geq S_j | j \neq L$) = ۰/۹۸
Min V($S_E \geq S_j | j \neq E$) = ۰/۹۷۲ Min V($S_{EQ} \geq S_j | j \neq EQ$) = ۰/۹۹۲
= 0/983 Min V($S_M \geq S_j | j \neq M$) = 1 Min V($S_W \geq S_j | j \neq W$)
Min V($S_S \geq S_j | j \neq S$) =۰/۹۷۵ j= I, L, E, EQ, M, W, S.

که مقادیر به‌دست آمده وزن هزینه‌ها هستند:

W= (0.957, 0.98, 0.972, 0.992, 0.983, 1, 0.975)

با نرمالیزه کردن این بردار داریم:

W=(0.1395, 0.1429, 0.1417, 0.1446, 0.1433, 0.1458, 0.1421)

مطابق نتایج حاصل از رتبه‌بندی هزینه‌های شرکت در جدول ۴ با توجه به محدودیت‌های مالی شرکت و با تخصیص دادن هزینه‌ها با توجه به رتبه‌بندی انجام شده، می‌تواند به ابزاری برای کنترل هزینه‌ها تبدیل شود و توجه بیشتری به هزینه‌های ضروری و غیرضروری شرکت شده بدون آن‌که آسیبی به کارکردهای اصلی و اساسی شرکت برساند.

جدول۳- محاسبه وزن نسبی هزینه‌ها ماتریس A

گزینه‌ها		جمع سطری عناصر ماتریس A (x1)	وزن نسبی هزینه‌ها (x_2)
هزینه‌های سرمایه‌ای	S_I	(2.68, 6.98, 18.5)	(0.0188, 0.1227, 0.9325)
هزینه‌های نیروی انسانی	S_L	(2.8, 8.11, 20)	(0.0196, 0.1426, 1.0081)
هزینه‌های انرژی	S_E	(2.8, 7.62, 20.5)	(0.0196, 0.1339, 1.0333)
هزینه‌های تجهیزات	S_{EQ}	(2.86, 8.79, 22)	(0.0201, 0.1544, 1.1089)
هزینه‌های مواد اولیه	S_M	(2.86, 8.30, 20.5)	(0.0201, 0.1458, 1.0333)
هزینه‌های بخش آب	S_W	(3.16, 9.26, 21)	(0.0222, 0.1627, 1.0585)
هزینه‌های بخش فاضلاب	S_S	(2.68, 7.85, 20)	(0.0188, 0.1379, 1.0081)
مجموع درایه‌های ماتریس ستونی (x_3)		(19.84, 56.914, 142.5)	
معکوس مجموع درایه‌های ماتریس ستونی (x_4)		(0.007, 0.0175, 0.0504)	

جدول۴- اولویت‌بندی و وزن نهایی هزینه‌ها با روش فازی

هزینه‌ها	اولویت	وزن نهایی
بخش آب	۱	۰/۱۴۵۸
تجهیزات	۲	۰/۱۴۴۶
مواد اولیه	۳	۰/۱۴۳۳
نیروی انسانی	۴	۰/۱۴۲۹
بخش فاضلاب	۵	۰/۱۴۲۱
انرژی	۶	۰/۱۴۱۷
سرمایه	۷	۰/۱۳۹۵

۴-۱- محاسبه میزان ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی فازی

در این بخش میزان ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی محاسبه می‌شود. برای نمونه با توجه به جدول ۳ که وزن‌های نسبی ماتریس نهایی A محاسبه شده، به‌طور مشابه برای ماتریس A1 جدول ۵ به‌دست می‌آید.

حال با حاصل‌ضرب بردار RW در ماتریس A1 تخمین مناسبی از $\tilde{\lambda}_{max(i)}$ RWi به‌دست می‌آید، سپس با تقسیم RWi بر $\tilde{\lambda}_{max(i)}$ مربوطه، تخمین‌هایی از $\tilde{\lambda}_{max(i)}$ به‌دست می‌آید که در جدول ۶ ارائه شده است.

در نتیجه با میانگین‌گیری از $\tilde{\lambda}_{max(i)}$ مقدار $\tilde{\lambda}_{max}$ محاسبه می‌شود: $\tilde{\lambda}_{max}$ =(5.85, 6.96, 8.61). حال با توجه به رابطه‌های (۸) و (۹) که در آن n = ۷ و $\tilde{I.I.R}$=۱/۳۲ آن‌گاه: $\tilde{I.R}$ (-0.192, -0.007, 0.203) =(-0.146, -0.005, 0.203) , $\tilde{I.I}$ = (0.268).

برای مقایسه مقدار با مقدار ۰/۱ برای مقایسه سازگاری یا غیرسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی، با توجه به رابطه (۱۰) اعداد فازی به اعداد قطعی تبدیل می‌شوند که در آن a یک عدد فازی و X عدد قطعی هستند.

$$\tilde{a} = (l.m.u)\ .\ X = L + \frac{u-m}{4} \qquad (۱۰)$$

جدول ۵- محاسبه وزن نسبی هزینه‌های ماتریس A1

هزینه‌ها	وزن نسبی هزینه‌ها (RW)
S_I	(0.019, 0.086, 0.296)
Z	(0.052, 0.089, 0.294)
S_E	(0.022, 0.089, 0.294)
S_{EQ}	(0.019, 0.077, 0.26)
S_M	(0.038, 0.164, 0.59)
S_W	(0.035, 0.164, 0.59)
S_S	(0.033, 0.15, 0.54)

جدول ۶- محاسبه‌ی شاخص

هزینه‌ها	$\widetilde{\lambda_{max(i)}RW_i}$	$\tilde{\lambda}_{max(i)}$
S_I	(0.019, 0.086, 0.296)	(5.53, 6.58, 7.72)
S_L	(0.052, 0.089, 0.294)	(5.97, 7.20, 9.94)
S_E	(0.022, 0.089, 0.294)	(5.96,7.37, 9.10)
S_{EQ}	(0.019, 0.077, 0.26)	(7.04, 7.16, 8.84)
S_M	(0.038, 0.164, 0.59)	(5.78, 7.15, 8.64)
S_W	(0.035, 0.164, 0.59)	(5.56, 6.73, 8.13)
S_S	(0.033, 0.15, 0.54)	(5.07, 6.52, 7.89)

به همین طریق می‌توان میزان ناسازگاری سایر ماتریس‌های مقایسات زوجی را به‌دست آورد که نتایج آن در جدول ۷ ذکر شده است.

جدول ۷- تعیین سازگار یا ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی

شماره ماتریس	$\tilde{I.R}$	نتایج	شماره ماتریس	$\tilde{I.R}$	نتایج
A1	-۰/۰۹۴	سازگار	A11	۰/۰۲۲	سازگار
A2	۰/۰۶۰	سازگار	A12	-۰/۰۶۸	سازگار
A3	۰/۰۴۱	سازگار	A13	۰/۰۳۵	سازگار
A4	۰/۰۷۵	سازگار	A14	۰/۰۸۱	سازگار
A5	۰/۰۴۵	سازگار	A15	-۰/۰۸۳	سازگار
A6	۰/۰۴۳	سازگار	A16	۰/۰۰۸	سازگار
A7	۰/۰۲۹	سازگار	A17	-۰/۰۳۴	سازگار
A8	۰/۰۴۰	سازگار	A18	-۰/۰۲۶	سازگار
A9	۰/۰۶۶	سازگار	A19	-۰/۰۷۴	سازگار
A10	-۰/۰۴۹	سازگار	A20	-۰/۰۹۳	سازگار

با توجه به جدول ۷ تمامی ماتریس‌ها از سازگاری مطلوبی برخوردارند.

۴-۲- کارایی‌های جزئی و کارایی کل عوامل

در بخش قبل وزن‌های هر کدام از هزینه‌ها با روش فازی با توجه به نظرات کارشناسان و مدیران شرکت آب و فاضلاب محاسبه شد. حال با توجه به این اوزان، این ضرایب را می‌توان در مشخص کردن میزان شدت و سهم آنها در شاخص کارایی کل عوامل به‌کار برد، بنابراین با توجه به عوامل فوق رابطه (۱۱) به‌دست می‌آید.

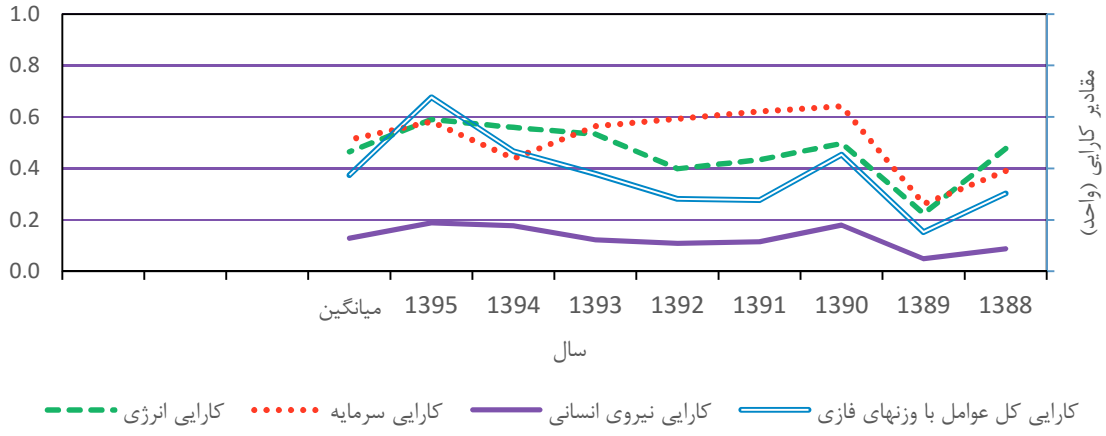
$$TFE=\frac{Q}{(W_I*I)+(W_L*L)+(W_E*E)+(W_{EQ}*EQ)+(W_M*M)+(W_W*W)+(W_S*S)} \quad (11)$$

که TFE: کارایی کل عوامل[۲۰]، Q: ارزش افزوده یا ستانده، I: هزینه‌های سرمایه‌ای، w_I : وزن هزینه‌های سرمایه، L: هزینه‌های نیروی انسانی، w_L : وزن هزینه‌های نیروی انسانی، E: هزینه‌های انرژی، w_E : وزن هزینه‌های انرژی، EQ: هزینه‌های تجهیزات، w_{EQ}: وزن هزینه‌های تجهیزات، M: هزینه‌های مواد اولیه، w_M: وزن هزینه‌های مواد اولیه، W: هزینه‌های بخش آب، w_W: وزن هزینه‌های بخش آب، S: هزینه‌های بخش فاضلاب و w_S : وزن هزینه‌های بخش فاضلاب هستند.

مدل ارائه شده برای محاسبه کارایی کل عوامل با نظرات کارشناسان و مدیران به‌خاطر اهمیت هزینه‌ها (عوامل تولید) شرکت آب و فاضلاب لحاظ شده است و با توجه به یکسان بودن اندازه‌گیری کارایی، مدل ارائه شده به‌عنوان یک فرمول کلی برای محاسبه کارایی در شرکت‌های آب و فاضلاب و دیگر سازمان‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. مهم‌ترین ویژگی و برتری این مدل در برابر دیگر شاخص‌های کارایی، وزن همه ورودی‌های شرکت را یکسان و با ضریب یک در نظر نمی‌گیرد، به‌طوری که در بسیاری از سازمان‌ها و شرکت‌ها میزان اهمیت عوامل متفاوت از هم هستند. بنابراین لحاظ کردن وزن‌های یکسان در محاسبه شاخص‌های کارایی ممکن است که نتایج حاصل شده از نظر کیفیت و مطلوبیت واقعی‌تر برخوردار نباشند. بنابراین این مدل قادر خواهد بود با محاسبه کارایی به‌صورت دقیق‌تر به تحلیل وضعیت شرکت برای مدیریت و شناسایی نقاط قوت، ضعف و تدوین برنامه‌های اصلاحی برای بهبود و افزایش فعالیت‌ها به‌خصوص نحوه تاثیر هزینه‌ها بر عملکرد شرکت و استفاده بهینه و موثر شرکت‌ها برای افزایش کارایی و در نتیجه بهره‌وری مورد استفاده قرار گیرد. به منظور تحلیل کارایی و ارزیابی آن در شرکت مورد مطالعه، شاخص‌های کارایی جزئی و میزان کارایی کل عوامل طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۸ محاسبه و تحلیل می‌شوند.

جدول ۸- مقادیر کارایی جزئی در شرکت آبفار براساس ستانده طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۵

عنوان شاخص	سال / شاخص‌های کارایی	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	میانگین
کارایی انرژی	ستانده / هزینه‌های انرژی	۰/۴۷	۰/۲۰	۰/۵۰	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۵۰	۰/۵۶	۰/۵۹	۰/۴۶
کارایی سرمایه	ستانده / هزینه‌های سرمایه‌ای	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۴۴	۰/۵۸	۰/۵۱
کارایی نیروی انسانی	ستانده / هزینه‌های نیروی انسانی	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۳
کارایی کل عوامل	TFE	۰/۳۰۲	۰/۱۵۳	۰/۴۵۴	۰/۲۷۶	۰/۲۸۲	۰/۳۷۸	۰/۴۶۷	۰/۶۵	۰/۳۷



شکل ۱- مقایسه کارایی‌های جزیی و کارایی کل عوامل

کارایی کل عوامل طی دوره مورد مطالعه نوسانات زیادی (از ۰/۳۰۲ در سال ۱۳۸۸ به ۰/۶۵ واحد در سال ۱۳۹۵) داشته است که شاخص‌های انرژی و نیروی کار در مقایسه با شاخص سرمایه از عاملان نوسانات هستند، اما تاثیر شاخص‌های سرمایه خیلی کم‌تر از دو شاخص انرژی و نیروی کار در کاهش آن است. نتایج نشان داد که تغییرات کارایی انرژی نوسانات زیادی داشته که از دلایل اصلی آن، تغییرات زیاد در هزینه‌های انرژی به‌دلیل افزایش قیمت‌های انرژی در طی سال‌ها بوده است. در این شرکت میزان متوسط کارایی انرژی برابر با ۰/۴۶ واحد بوده و به‌این معنی که کارایی انرژی در شرایط فعلی تاثیر معناداری در کالا و خدمات ارایه شده شرکت داشته، اما تاثیر آن بر روی کارایی کل پایین است. برای بهبود این شاخص، درنظر گرفتن موضوع صرفه‌جویی انرژی در تجهیزات جدید و به‌روز، انتخاب تجهیزات بهینه و کم‌مصرف و مناسب به لحاظ فنی در طرح‌ها و پروژه‌های آتی، بهینه‌سازی وسایل و تجهیزات شرکت در مصرف انرژی برای کاهش هزینه‌ها باید مدنظر قرار گیرند. کارایی نیروی کار نیز با متوسط ۰/۱۳ واحد از سطح مطلوبی برخوردار نبوده و یکی از موارد موثر تغییرات در تعداد کارکنان شرکت بوده که یکی از راه‌حل‌ها به‌کارگیری کارکنان بر اساس تخصص آن‌ها است. همچنین توجه به عواملی از جمله انگیزش بین کارکنان، ایجاد زمینه‌های مناسب برای ابتکار و خلاقیت کارکنان، به‌کارگیری نیروهای متناسب با توان و استعداد شغلی، مشارکت گروهی، پرداخت پاداش و تشویقی در قبال انجام کارها، آموزش شغلی مستمر کارکنان می‌توانند این شاخص را بهبود دهند. اما شاخص‌های کارایی سرمایه نسبت به دو شاخص انرژی و نیروی کار از شرایط مطلوب‌تری بهره‌مند بوده و بهبود یافته هستند. البته در مجموع، یافته‌ها نشان داد که برای بهبود کارایی کل شرکت، توجه به افزایش کارایی سرمایه نسبت به سایر عوامل تولید باید در اولویت قرار گیرد.

۵- نتایج و پیشنهادها

فعالیت‌های هر صنعتی شامل مجموعه‌ای از امور است که هریک دارای هزینه‌های مربوط به خود است و هر صنعتی می‌تواند بنابر موقعیت شرایط خویش، روشی برای کاهش هزینه‌ها انتخاب کند و با اجرای آن هزینه‌های خود را کنترل و کاهش دهد. نتیجه این کاهش‌ها می‌تواند افزایش کارایی و در نهایت بهره‌وری شرکت را به همراه داشته باشد. با توجه به آثار مثبت و تاثیرگذار سنجش کارایی در صنعت، ضرورت وجود یک سیستم اندازه‌گیری کارایی و امکان ارزیابی عملکرد شرکت‌ها لازم است. در این خصوص مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، از مطمئن‌ترین روش‌های علمی و مدیریتی هستند که با درنظر گرفتن تمامی جوانب از جمله اولویت‌بندی گزینه‌ها و مقایسه با یکدیگر و رتبه‌بندی آن‌ها، شیوه علمی‌تری در تصمیم‌گیری‌ها ایجاد می‌کنند. در این تحقیق برای محاسبه کارایی ابتدا هزینه‌های موثر بر کارایی شناسایی شده و سپس با استفاده از روش AHP فازی اولویت‌بندی و وزن‌دهی شده‌اند. سپس با استفاده از وزن‌های به‌دست آمده برای محاسبه کارایی، مدلی ارائه شد که این مدل نسبت به دیگر مدل‌های کارایی از جامعیت و کیفیت بالاتری برخوردار است. در نهایت نیز با

استفاده از داده‌های موجود در طی دوره زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵ و مدل ارائه شده، میزان کارایی کل عوامل و کارایی‌های جزئی محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که هزینه‌های آب با وزن (۰/۱۴۵۸) و تجهیزات با (۰/۱۴۴۶) در اولویت قرار گرفته‌اند. کارایی کل عوامل در حال نوسان بوده به‌طوری‌که متوسط کارایی آن برابر با ۰/۳۷ واحد است که از دلایل اصلی آن، کاهش کارایی بخش‌های انرژی با متوسط (۰/۴۶ واحد) و نیروی انسانی با متوسط (۰/۱۳ واحد) است. به‌کارگیری نتایج حاصل از رتبه‌بندی و اولویت‌بندی انواع هزینه‌های شرکت مورد مطالعه با توجه محدودیت‌های مالی شرکت می‌تواند ابزاری برای کنترل و استفاده بهینه از هزینه‌ها تبدیل شود. مدل ارائه شده می‌تواند برای سایر استان‌ها به‌عنوان یک فرمول کلی برای محاسبه کارایی در آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته و نتایج آن در برنامه‌های استراتژی و بودجه‌بندی مورد توجه قرار گیرد.

۶- پی‌نوشت‌ها

1- Efficiency
2- Productivity
3- Effectiveness
4- Multiple-Criteria Decision Making
5- Simpel Additire Weighting
6- Elimination Et Choice Translation Reality
7- Technique for Order Preferneces by Similarity to Ideal Solution
8- Analytical Hierarchy Process
9- Inconsistency Index (I.I)
10- Inconsistency Ratio (I.R)
11- Inconsistency Index of Random Matrix
12- Total Factor Efficiency

۷- مراجع

آرمان، م.ح.، صالحی صدقیانی، ج.، مژدهی، س.، و نظرلی، ع.، (۱۳۹۱)، «محاسبهٔ میزان ناسازگاری ساختار سلسله‌مراتبی و ماتریس‌های مقایسات زوجی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی»، *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۱۰(۲۷)، ۹۴-۱۱۷.

آذر، ع.، و رجب‌زاده، ع.، (۱۳۸۱)، *تصمیم‌گیری کاربردی با رویکرد MADM*، انتشارات نگاه دانش، تهران، ایران.

اصغرپور، م.ج.، (۱۳۸۷)، *تصمیم‌گیری چند معیاره*، انتشارات دانشگاه تهران، ایران.

امیدی، ف.، بابازاده، ح.، و سرایی تبریزی، م.، (۱۳۹۲)، «ارزیابی بهره‌وری آب با رویکرد استفاده از روش‌های AHP، ANP، FAHP و FANP»، *اولین همایش ملی بهینه‌سازی آب*، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران.

دباغ، ر.، (۱۳۹۰)، «مقایسه بهره‌وری پژوهشی با بهره‌وری کل در دانشگاه‌های منتخب دولتی ایران»، *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۱۶(۴۷)، ۷۵-۱۰۴.

دهقانی، ع.، و علی اکبری نوری، ف.، (۱۳۹۵)، «رتبه‌بندی صنایع تولیدی کشور بر اساس شاخص‌های منتخب اقتصادی در سال ۱۳۹۲ با تکنیک FANP-ARAS»، *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۵(۱۹)، ۱۰۹-۱۳۰.

خشائی، م.، و داودآبادی، م.، (۱۳۸۸)، «رتبه‌بندی بهره‌وری عوامل تولید شرکت‌های آب و فاضلاب به منظور کاهش هزینه‌ها با رویکرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره»، *سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری*، دانشگاه صنعت آب و برق، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.

سحری مقیم، پ.، تکین، ک.، و لرک، ع.، (۱۳۹۵)، «شناسایی و رتبه‌بندی هزینه‌های ناشی از عدم پیاده‌سازی مدیریت ریسک با استفاده از منطق فازی»، *اولین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران (مهندسی سازه و مدیریت ساخت)*، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ایران.

سلیمی، م.، شهبازمرادی، س.، و جهانیار بامدادصوفی، ج.، (۱۳۸۷)، «طراحی و ساخت مقیاس نمرات مجموع لیکرت با رویکرد پژوهشی در مدیریت»، *دانش مدیریت*، ۲۱(۸۰)، ۴۱-۶۰.

سیف برق، م.، و ضیایی نقش‌بندی، چ.، (۱۳۹۱)، «طراحی یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای ارزیابی مشتریان»، *فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، ۹(۲۴)، ۶۷-۸۴.

صدرایی جواهری و ا.، مهبودی، پ.، (۱۳۹۵)، «بررسی ارتباط میان اندازه‌گیری و رشد بهره‌وری در صنعت داروسازی ایران»، *پژوهش‌های اقتصاد صنعتی ایران*، ۱(۲)، ۲۵-۵۱.

محمدی، م.، و سالک نادری، م.، (۱۳۹۴)، «شناسایی و وزن‌دهی عوامل هزینه‌ای تاثیرگذار در قیمت‌گذاری دانش فنی به روش AHP»، *دو فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی*، ۲۴، ۶۰-۶۸.

موسی کاظمی، ج.، رکنی، م.، و اخروی، ا.ج.، (۱۳۹۱)، "اولویت‌بندی طرح‌های بهبود EFQM با استفاده از AHP گروهی-فازی و ماتریس تلاش-موفقیت، مطالعه موردی: یک صنعت تولیدی»، *مدیریت تولید و عملیات*، ۳(۱)، ۱۳۲-۱۱۷.

Asian Productivity Organization (APO), (2016), Databook, http://www.apo-tokyo.org/publications/ebooks/apo-productivity-databook-2016/

Buckley, J.J., (1985), "Fuzzy hierarchical analysis", *Fuzzy sets and Systems*, 17(3), 233-247.

Büyüközkan, G., and Karabulut, Y., (2017), "Energy

project performance evaluation with sustainability perspective", *Energy*, 119, 549-560.
Chan, F.T., (2003), "Performance measurement in a supply chain", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21(7), 534-548.
Chang, D., (1996), "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649-655.
Fullard, F., (2007), "A model to evaluate the effectiveness of enterprise training programs", *International Entrepreneurship and Management Journal*, 3(3), 263-276.
Fraquelli, G., and Moiso, V., (2005), "Cost efficiency and scale economies in the Italian water industry", *Higher Education and Research on Mobility Regulation and the Economics of Local Services (HERMES)*, Working Paper, 8, Torino, Italy.
Guerrini, A., Romano, G., Leardini, C., and Martini, M., (2015), "Measuring the efficiency of wastewater services through data envelopment analysis", *Water Science and Technology*, 71(12), 1845-1851.
Khoram, M.R., Shariat, M., Azar, A., Moharamnejad, N., and Mahjub, H., (2007), "Prioritizing the strategies and methods of treated wastewater reusing by fuzzy analytic hierarchy process (FAHP): A case study", *International Journal of Agriculture and Biology (Pakistan)*, 9(13), 2462-24676.
Molinos-Senante, M., Donoso, G., and Sala-Garrido, R., (2016), "Assessing the efficiency of Chilean water and sewerage companies accounting for uncertainty", *Environmental Science and Policy*, 61, 116-123.
Rajasulochana, P., and Preethy, V., (2016), "Comparison on efficiency of various techniques in treatment of waste and sewage water, A comprehensive review", *Resource-Efficient Technologies*, 2(4), 175-184.
Srdjevic, Z., Samardzic, M., and Srdjevic, B., (2012), "Robustness of AHP in selecting wastewater treatment method for the coloured metal industry: Serbian case study", *Civil Engineering and Environmental Systems*, 29(2), 147-161.
Wang, Y.M., Luo, Y., and Hua, Z., (2008), "On the extent analysis method for fuzzy AHP and its applications", *European Journal of Operational Research*, 186(2), 735-747.
Zadeh, L.A., (1965), "Fuzzy sets", *Information and Control*, 8, 338-353.
Zadeh, L.A., (1994), "The role of fuzzy logic in modeling", *Identification and Control*, 15(3), 191-203.