فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال بیست‌ویکم / شماره ۸۵/ تابستان ۱۴۰۴/ صفحات ۳۱-۱

# شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر در صنعت استان یزد

**آفرین اخوان**[۱]
**دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و هنر یزد، ایران، (akhavan@sau.ac.ir)**

**ابراهیم ذاکری زارچ**
**کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه علم و هنر یزد، ایران، (e.zakeri.z@gmail.com)**

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳**

## چکیده

امروزه مسائل زیست محیطی و افزایش قیمت جهانی نفت بسیاری از کشورها را به سرمایه‌گذاری در منابع جدیدی از انرژی سوق داده است. از این‌رو دولت‌ها در صدد تشویق سرمایه‌گذاران در انرژی‌های تجدیدپذیر هستند. در این پژوهش به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر در صنعت استان یزد پرداخته شده است. پژوهش حاضر از نظر نوع روش‌شناسی، کاربردی- پیمایشی است. استراتژی پژوهش از نوع آمیخته اکتشافی است. به‌طوری که در مرحله اول روش کیفی با تکنیک تحلیل محتوای کیفی و در مرحله دوم روش کمی و تکنیک تصمیم‌گیری بهترین- بدترین (BWM) مورد استفاده قرار گرفته است. ابزار مورد استفاده در پژوهش مصاحبه و پرسشنامه می‌باشد. نمونه آماری به روش هدفمند قضاوتی و با روش گلوله برفی انتخاب شده است. جامعه خبرگان این تحقیق در بخش کیفی و تکنیک دلفی ۱۴ نفر از مدیران بخش پژوهش‌های راهبردی وزارت نیرو که فعالیت‌های امکانسنجی سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر بخش صنعت را عهده دار بودند و همچنین کارشناسان و مدیران شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت استان یزد می‌باشد. در بخش کمی و تکنیک بهترین- بدترین از نظران سه نفر از خبرگان استفاده شد. پس از حل ۲۲ مدل ریاضی، نتایج پژوهش نشان داد که عوامل اصلی موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر در صنعت استان یزد را می‌توان به‌ترتیب اولویت در شش دسته شامل: قابلیت اعتماد، پذیرش اجتماعی، منابع انسانی، فنی، زیست محیطی و اقتصادی دسته‌بندی نمود. براساس ارزیابی انجام شده ۱۵ مولفه کلیدی و ۴۱ شاخص در این ۶ بعد معرفی شدند.

**طبقه‌بندی JEL**: Q2, G11, C58, R11
**کلیدواژه‌ها:** انرژی‌های تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری، عوامل موثر، بخش صنعت، یزد، روش بهترین- بدترین.

---

۱. نویسنده مسئول

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

**۱- مقدمه**

مدیریت سرمایه‌گذاری در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، یکی از مهم‌ترین راه‌های ذخیره انرژی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی در سیستم‌های اقتصادی مبتنی بر کاهش آلاینده‌های زیست محیطی است و سرمایه‌گذاران به دلایل فراوانی از جمله کم بودن هزینه‌های عملیاتی و عدم آلودگی محیط‌زیست جذب این حوزه می‌شوند. بسیاری از کشورها نیروگاههای خورشیدی را از طریق قانونی حمایت کرده‌اند که سبب رشد بازار برق خورشیدی شده است. این وضعیت موجب شد تا صنعت انرژی خورشیدی به سرعت رشد کند (Augustin & Werz, 2021). افزایش روز افزون مصرف انرژی، ضرورت شناسایی منابع پاک‌تر و تجدیدپذیر را افزایش داده است. انرژی نه تنها به عنوان جزئی مهم در توسعه جوامع بلکه به عنوان یک رکن اساسی برای دستیابی به توسعه و شکوفایی اقتصادی یک کشور مطرح است، به گونه ای که انرژی یکی از داده‌های مهم و حیاتی در زندگی افراد و تقریبا در تمامی فعالیت‌های تولیدی و مصرفی در بخش‌های گوناگون اقتصادی می‌باشد (نیکویی و همکاران، ۱۴۰۰). از آن جایی که مناطق مختلف ایران دارای اقلیم‌های گوناگونی است، بنابراین تنوع بخشی به منابع انرژی موجود در کشور و عدم وابستگی به منابع انرژی صرفا فسیلی، می‌تواند یکی از راهبردهای اصلی در این زمینه باشد که متاسفانه در کشور ما همچنان وابستگی شدیدی به سوخت‌های فسیلی در تامین برق مصرفی مردم وجود دارد که بایستی مورد بازنگری قرار گیرد. مساله اساسی دیگر جنبه مالی و اقتصادی انرژی‌های تجدید پذیر است. گذر از سیستم انرژی سنتی به سیستم انرژی تجدیدپذیر و بهره‌گیری موثر از آن، وابستگی زیادی به تجاری سازی انرژی تجدید پذیر دارد (ظریفی و همکاران، ۱۳۹۷).

رشد اقتصادی و کاهش روزافزون مصرف انرژی و آلودگی شدید محیط زیست دو مسئله اصلی است که به شدت بر توسعه پایدار در جامعه تأثیر می‌گذارد. به عبارت دیگر، حالت توسعه فعلی با مفهوم پایداری مطابقت ندارد. لذا در راستای توسعه اقتصادی، علاوه بر رشد اقتصادی، بایستی صرفه‌جویی انرژی، بهبود کارایی انرژی و زیست‌محیطی مورد توجه قرار گیرد (محمدپرست و همکاران، ۱۴۰۲). با توجه به پتانسیل بالای کشور در داشتن منابع انرژی خدادادی، جمعیت فراوان و افزایش مصرف انرژی در کشور، نیاز به توسعه پایدار در بخش صنایع و وجود بازار جذاب تامین انرژی و

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

منافع مالی آن در منطقه خاورمیانه و سهم ایران از این بازار، دولت در تلاش است تا بتواند سبد مصرف انرژی را در کشور متنوع نماید و سهم تجدیدپذیرها در تامین انرژی مصرفی افراد جامعه را افزایش دهد (شوقی و همکاران، ۱۴۰۲).

کشور ایران در به کارگیری از انرژی‌های تجدیدپذیر با مشکلات و چالشهای فراوانی روبرو است. شناخت ناکافی مردم و برخی از مسئولین از مسئله حیاتی انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر و مزایای آن و همچنین نبود توجیه اقتصادی را می‌توان از مهم‌ترین موانع دستیابی به انرژی‌های نو در این برهه‌ی زمانی دانست و وجود منابع غنی فسیلی در کشور دلیل عدم توفیق در توسعه تجدیدپذیرها است، اما تخصیص بهینه این مشوق‌های مالی برای دولت کاری دشوار است؛ چراکه در صورت عدم تخصیص مناسب این منابع، نتایج حاصله مطلوب نبوده و عملا دولت بخشی از سرمایه خود را هرچند موقتی از دست خواهد داد (آشفته، ۱۳۹۸). استقبال بخش خصوصی از سرمایه گذاری در پروژه های توسعه انرژی باعث شده است که اکنون دولت‌ها برای مدیریت بهتر این سرمایه‌ها برنامه‌ریزی کنند. در حال حاضر اکثر پروژه‌های توسعه انرژی مستقیما توسط دولت‌ها مدیریت می‌شود و این فرصتی برای استفاده از حداکثری از منابع بخش خصوصی جهت رسیدن به اهداف توسعه اقتصاد مبتنی بر کاهش آلاینده‌های زیست محیطی است (Sun et al, 2013). اما مشکل اساسی موجود، ایجاد تمایل در سرمایه‌گذاران بخش خصوصی به منظور حرکت در مسیر طرح‌ریزی شده توسط دولت‌ها است. باید به این موضوع توجه داشت که دولت‌ها همواره به دنبال ایجاد زیرساخت‌های لازم جهت تامین انرژی از منابع تجدیدپذیر بوده و توجه به سودآوری بخش خصوصی در اولویت بعدی قرار دارد (Ming et al, 2014). به عبارت دیگر، برای مدیران بخش دولتی، رسیدن به اهداف مدنظر دولت‌ها نسبت به ریسک‌های موجود برای سرمایه گذاران بخش خصوصی در ورود به بخش‌های مختلف توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر دارای اهمیت بیشتری است. این موضوع باعث شده کشورهایی که دارای زیرساخت‌های اقتصادی مناسبی نیستند و بخش خصوصی اطمینانی از سودآوری خود در آینده ندارد، مقدار سرمایه گذاری‌ها کاهش داشته باشد. برای مثال در کشور ایران، سرمایه گذاری بخش خصوصی در سال ۲۰۱۹ نسبت سال ۲۰۱۶ در بخش انرژی خورشیدی که به عنوان یک فرصت سرمایه گذاری پایدار شناخته می‌شود، افزایش یابد اما در بخش انرژی زیست توده و زمین

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

گرمایی کاهش ۱۷ درصدی داشته که دلیل آن وجود بحران اقتصادی در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ است (Shimbar & Ebrahimi, 2020).

در حقیقت سرمایه گذاران بخش خصوصی تمایلی به قبول ریسک سرمایه گذاری در بخش‌های دیگر توسعه انرژی را ندارند، حال آن که دولت به دنبال استفاده از تمامی ظرفیت‌های ممکن است. بنابراین دولت جهت افزایش سهم بخش خصوصی در سرمایه گذاری توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش‌های مورد نظر خود، باید راهکارهایی را ارائه دهد تا سرمایه گذاران بخش خصوصی را راغب به سرمایه‌گذاری در آن بخش‌ها نماید. بنابراین اجرای تحقیقات گسترده به منظور ارائه راه‌کارهای مدیریتی جهت حل مساله در بخش‌های مختلف از جمله مدیریت سرمایه‌گذاری دارای ضرورت قابل‌توجه است. علاوه بر این سرمایه‌گذاری در انرژی تجدیدپذیر بخش صنعت که یکی از بخش های مهم حوزه‌های اقتصادی است، نیاز به بررسی و تدوین استراتژی‌هایی جهت کاهش هزینه‌ها در سایر بخش‌ها است. استان یزد جزء شهرهای صنعتی کشور است که می تواند سرمایه‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر مقرون به صرفه داشته باشد. از طرفی دسترسی به انرژی یکی از اصلی‌ترین مولفه‌های امنیت ملی در هر کشور است و هرگونه اخلال در آن آسیب‌های پردامنه‌ای به بخش‌های مختلف کشور وارد می‌کند. یکی از راهبردهای اصلی تنوع بخشی به منابع و عدم وابستگی به یک یا دو نوع سوخت است که با استفاده از انرژی حاصل از نیروگاه‌های تجدیدپذیر امکان صرفه‌جویی در منابع فسیلی و صیانت از آن برای نسل‌های بعدی فراهم می‌آید و بسیاری از تکنولوژی‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر در مراحل ابتدایی توسعه‌ی فناوری خود قرار دارند. از این‌رو کشور ایران به ویژه استان یزد می‌تواند با استفاده از پتانسیل داخلی ضمن تهیه قسمتی از نیازهای انرژی خود به عنوان یکی از تولیدکنندگان اصلی در منطقه ایفای نقش کند. عدم استقبال از انرژی‌های تجدیدپذیر علی‌رغم داشتن پتانسیل بالای کشور و دستاوردهای مالی و اقتصادی و زیست محیطی که به همراه خواهد داشت، موضوعی است که نیاز به تحقیق و بررسی بیشتر را می‌طلبد. شکاف زیاد بین ظرفیت‌های موجود در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور و نحوه سرمایه‌گذاری و استفاده از این ظرفیت‌ها در تامین انرژی مصرفی، ضرورت و اهمیت شناسایی عوامل موثر را نشان می دهد. در ارتباط با سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، تحقیقات متعددی انجام شده

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

است؛ اما مسئله اولویت‌بندی روش‌های سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، در حد مطلوب مورد توجه قرار نگرفته است. تحقیق حاضر با ارائه یک چارچوب تصمیم گیری مبتنی بر روش دلفی فازی و رویکرد بهترین - بدترین به این شکاف تحقیقاتی می‌پردازد.

## ۲- مبانی نظری پژوهش

### دلفی فازی

روش دلفی ابزاری برای تصمیم‌گیری و پیش‌بینی کیفی توسط گروه متنوعی از متخصصین است. دالکی و همکاران در شرکت رند در دهه ۱۹۵۰ پروژه‌ای را برای ارتش امریکا به عهده گرفته بودند که بر اساس آن باید دیدگاه‌های گروهی از متخصصان را توسط یک پرسشنامه به دست می‌آوردند، لذا برای اولین بار روش دلفی را ابداع نمودند (Sitlington & Coetzer, 2015). روش دلفی فازی از روش دلفی سنتی و تئوری مجموعه فازی منتج شده است. روش دلفی فازی، در طول سه دهه گذشته، با نگاه به اهمیت برطرف کردن ابهام خبرگان بارها توسط پژوهشگران مورد بازنگری قرار گرفته است. در این روش از مجموعه اعداد فازی یا نظریه مجموعه فازی استفاده می‌شود که به موجب آن هر مجموعه دارای ارزشی از صفر تا یک می‌باشد. این روش باعث کاهش هزینه و زمان ارزیابی‌ها، کاهش دفعات تحقیق و افزایش نرخ بازیافت آیتم‌ها می‌شود و به متخصصین اجازه می‌دهد که نظرات خود را بدون هیچ انحراف مبهمی ابراز نمایند و در نهایت بدون به خطرافتادن نظرات واقعی و اصلی خود به جماع و توافق‌نظر برسند (Manakandan et al, 2017). در این مطالعه الگوریتم جهت غربال عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، از تکنیک دلفی فازی بهره برده شده است. مراحل دلفی فازی به‌طور خلاصه عبارتند از شناسایی طیف مطلوب برای فازی‌سازی عبارات کلامی مطابق جدول (۱)، میانگین مقادیر فازی شده، فازی‌زدایی مقادیر طبق رابطه (۱)، انتخاب شدت آستانه و غربال معیارها.

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

**جدول ۱. اعداد فازی مثلثی متناظر عبارت‌های کلامی (آذر و فرجی، ۱۳۹۵)**

| عبارت کلامی | عدد فازی مثلثی متناظر |
|---|---|
| خیلی زیاد | (۰/۷۵ ، ۱ ، ۱) |
| زیاد | (۰/۵ ، ۰/۷۵ ، ۱) |
| متوسط | (۰/۲۵ ، ۰/۵ ، ۰/۷۵) |
| کم | (۰ ، ۰/۲۵ ، ۰/۵) |
| خیلی کم | (۰ ، ۰ ، ۰/۲۵) |

اگر $\tilde{N}$=(l,m,u) یک عدد فازی باشد، فازی زدایی شده این عدد از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

رابطه (۱)

$$\text{Crisp (N=(} \frac{۲m+l+u}{4}$$

**روش بهترین-بدترین (BWM[1])**

روش بهترین-بدترین یکی از کاراترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر پایه مقایسه‌های زوجی است. روش بهترین-بدترین با نیاز به تعداد مقایسه‌های زوجی کمتر نسبت به سایر تکنیک‌های مشابه تکنیک کاراتر است و نتایج با قابلیت اطمینان بالاتری را به‌دست می‌دهد. مراحل روش بهترین-بدترین به‌طور خلاصه عبارتند از (Rezaei, 2015):

گام ۱- مشخص کردن مجموعه معیارها $C = \{c_1. c_2 \dots c_n\}$

گام ۲– مشخص کردن بهترین (به عبارت دیگر مطلوب‌ترین یا مهم‌ترین) معیار با اندیس B و بدترین (نامطلوب‌ترین یا بی اهمیت‌ترین) معیار با اندیس W

گام ۳- مشخص کردن میزان ارجحیت بهترین معیار Bدر مقایسه با سایر معیارها. $a_{Bj}$ نشان‌دهنده عمکرد بهترین معیار (B) نسبت به معیار j میباشد. این مقیاس بین ۱ تا ۹ است. بدیهی است که $a_{BB} = ۱$ می‌باشد.

1. Best-Worst Method

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

رابطه (۲) $A_B = (a_{B1} \dots . a_{Bn})$

گام ۴- مشخص کردن عملکرد همه معیارها نسبت به بدترین معیار W. $a_{jW}$ نشان‌دهنده عمکرد معیار j نسبت به بدترین معیار (W) می‌باشد. بدیهی است که مقدار $a_{WW} = ۱$ می‌باشد.

رابطه (۳) $A_W = (a_{1w} \dots . a_{nw})^T$

گام ۵- یافتن وزن‌های بهینه $(w_1^* \dots . w_n^*)$

مقادیر بهینه وزن برای معیارها منحصر به فرد هستند و به ازای هر جفت، شروط زیر برای آنها برقرار است:

رابطه (۴) $w_B/w_j = a_{Bj}$

رابطه (۵) $w_j/w_B = a_{jW}$

برای ارضای این شروط برای همهj ها، باید مقادیری را یافت، که مقدار قدرمطلق حداکثر اختلاف $\left|w_j/w_B - a_{jW}\right|$ و $\left|w_B/w_j - a_{Bj}\right|$ حداقل گردد. با توجه به این که وزن‌ها غیرمنفی و جمع‌پذیر هستند، مدل خطی و نهایی به شرح زیر می‌باشد (صادقی،۲۰۱۶):

رابطه (۶) $\min \xi^L$

s.t.

رابطه (۷) $\left|w_B - w_j a_{Bj}\right| \le \xi^L$

رابطه (۸) $\left|w_j - w_W a_{jW}\right| \le \xi^L$

رابطه (۹) $\sum_j w_j = 1$

رابطه (۱۰) $w_j \ge 0 \; for \; all \; w_j$

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

با حل مدل بالا مقادیر بهینه وزن‌های $(w_1^* \dots . w_n^*)$ بهینه هر معیار و مقدار $\xi^{L*}$ به‌دست خواهد آمد. از $\xi^{L*}$، برای به دست آوردن رابطه‌ای برای شاخص نرخ سازگاری استفاده می‌شود. مقادیر بزرگتر $\xi^{L*}$، منجر به نرخ ناسازگاری بالاتر و قابلیت اطمینان کمتر مقایسات خواهد شد.

## ۳- پیشینه پژوهش

وجود منابع بزرگ نفت و گاز و ارزان بودن قیمت انرژی از طریق پرداخت یارانه در ایران، سبب شده تا ایران در مقایسه با کشورهای پیشرفته صنعتی از قافله انرژی‌های نو، عقب بماند. در ایران طی سال‌های اخیر به دلیل عدم تخصیص اعتبارات کافی، نیروگاه‌های بزرگ احداث نشده و این در حالی است که به اعتقاد صاحبنظران این حوزه، تمام نیاز برق ایران از طریق انرژی خورشیدی قابل تامین است. چنین ظرفیت بلا استفاده کشور موجب شده است که تولید برق در ایران، اعم از احداث و نگهداری نیروگاه‌ها، سالانه ده‌ها میلیارد دلار سوخت و درآمد ارزی کشور را ببلعد. سرمایه‌گذاری در صنعت انرژی نو، سرمایه‌گذاری برای استقلال انرژی است و کشورهایی که بتوانند زیرساخت‌های انرژی نو و شبکه برق خود را سریع تر گسترش دهند، در رقابت برای تولید برق و توسعه اقتصادی، یک گام جلوتر از رقیبان خود خواهند بود (پوردربانی، ۱۳۹۹). در ادامه به بررسی مطالعات و تحقیقات، پژوهشگران و محققین در راستای موضوع پژوهش پرداخته می‌شود. قادرتوتونچی و درخشان محبوب (۱۴۰۱) در مطالعه ای به بررسی پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر برای تامین برق استان قزوین در افق ۱۴۱۰ پرداختند. نتایج گرفته شده حاکی از این امر است که هزینه کربن زدایی از ۱۰ درصد بخش برق استان قزوین در افق ۱۴۱۰، در بازه ۰/۴۴ (خوش‌بینانه) تا ۰/۵۸ (بدبینانه) میلیارد دلار قرار دارد. در تحقیق ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) بر اساس آمار و اطلاعات مربوط به طرح‌های سرمایه‌ای بالادستی نفت و شاخص‌هایی که منعکس‌کننده اهمیت پروژه‌های بخش سرمایه‌ای نفت می‌باشند، اولویت‌بندی آن‌ها صورت گرفته‌است. براساس تجربیات کارشناسان و خبرگان نفت و انرژی و همچنین محاسبات کمی شاخص‌های مورد نظر براساس اطلاعات موجود، بیست معیار و شاخص مناسب برای اولویت‌بندی طرح‌های سرمایه‌ای بخش بالادستی نفت ذیل پنج شرکت تولیدی اصلی نفت و گاز شناسایی شد و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

چندمعیاره، طرح‌های مورد نظر اولویت‌بندی شد. زمان‌پور و همکاران (۱۴۰۱) در مقاله ای به ضرورت جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر با سوخت‌های فسیلی در ایران پرداختند. این مقاله جنبه توصیفی- تحلیلی داشته و نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدیدپذیر و تقریبا بدون آلودگی محیط زیست در صورت بهره‌برداری صحیح با توجه به کاربردهای متنوع آن، می‌تواند نقش مهمی را در موازنه انرژی کشور ایفا کند. آشفته (۱۳۹۸) در پژوهشی به بررسی پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر در شهرستان همدان پرداخت. در این مقاله با استفاده از نرم افزار RETscreen امکان‌سنجی احداث نیروگاه های زیست‌توده، خورشیدی و بادی در شهرستان همدان مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از نرم افزار pvsyst احداث نیروگاه خورشیدی در همدان به‌طور دقیق تری بررسی شد. با توجه به نرخ تورم و نرخ بهره وام، سرمایه‌ی اولیه‌ی احداث و دوره بازگشت سرمایه نیروگاه‌های بادی ۶۶۰ کیلوواتی، ۳۰ مگاواتی فتوولتاییک، ۵۵۰ کیلوواتی زیست‌توده پیش‌بینی گردید. نتیجه آن بود که احداث نیروگاه خورشیدی در شهرستان همدان باید در اولویت قرارگیرد. همچنین با توجه به نتایج حاصل از نرم‌افزار pvsyst و میزان تابش افقی در همدان، متراژ زمین مورد نیاز و میزان برق تولیدی توسط نیروگاه برآورد شد. نتایج حاکی از آن بود همدان در زمینه‌ی انرژی بادی و بیومس پتانسیل بالایی ندارد و احداث این نیروگاه‌ها در این شهرستان صرفه اقتصادی ندارد. قناعت‌پیشه (۱۳۹۷) در پژوهش خود بیان داشت تغییر رویکرد در برنامه‌ریزی‌های مربوط به توسعه تولید و بهره‌برداری از شبکه‌هایی شامل نیروگاه‌های بادی پیش‌آمده است. تکسیبی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی میزان تقاضای انرژی در بخش نیروگاهی و پالایشگاهی و تقاضای زیربخش‌های حمل و نقل، صنعت، کشاورزی، خانگی و تجاری و عمومی در شهر تهران مورد بررسی و برآورد قرار دادند. این تقاضا به کمک مدل اقتصاد سنجی Eviews براساس میزان رشد جمعیت، خانوار و ارزش افزوده تا سال ۱۴۱۰ تخمین زده شد. مطابق با این تخمین بیشترین تقاضای انرژی در شهر تهران مربوط به بخش خانگی بوده و بیشترین افزایش مصرف تا ۱۴۱۰ در بخش حمل و نقل رخ خواهدداد. همچنین میزان تقاضای حامل‌های انرژی در شهر تهران تا سال ۱۴۱۰ پیش‌بینی شد.Qolipour و همکاران (۲۰۱۷) مطالعه‌ای با هدف امکان‌سنجی فنی و اقتصادی تأسیس نیروگاه بادی فتوولتائیک ترکیبی برای تولید برق و هیدروژن با

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

استفاده از نرم افزار هومر برای منطقه هندیجان در جنوب غربی ایران انجام دادند. یافته‌های مطالعه امکان سنجی فنی و اقتصادی نشان داد که در منطقه مورد مطالعه تأسیس نیروگاه ترکیبی تایید شد. Mostafaeipour و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود به بررسی امکان‌سنجی فنی و اقتصادی پتانسیل‌های انرژی بادی برای یک منطقه واقع در گچساران پرداختند. هزینه اولیه احداث و درآمد خالص نیروگاه بادی پیش‌بینی گردید.Rezaei و همکاران (۲۰۲۰) جنبه‌های اقتصادی استفاده از انرژی بادی در افغانستان برای تولید هیدروژن را بررسی نمودند. Nematollahi و همکاران (۲۰۱۹) تحقیقی برای استفاده از انرژی‌های بادی و خورشیدی، تجزیه و تحلیل فنی و اقتصادی آن ارائه دادند. Jahangiri و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به امکان‌سنجی تأمین برق و هیدروژن با شبکه‌های تجدیدپذیر متصل و سیستم‌های خارج از شبکه برای شهر بندرعباس با استفاده از نرم افزار HOMER Pro پرداختند. مطالعه He و همکاران (۲۰۲۳) اثربخشی سرمایه‌گذاری عمومی در تحقیق و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای پیشرو در این زمینه را بررسی نمودند. به‌طور کلی، یافته‌ها تأثیر بازدارنده تغییرات آب و هوایی، مصرف منابع طبیعی، شهرنشینی را تأیید نمود. هدف مقاله Graczyk و همکاران (۲۰۲۳) تقسیم‌بندی مصرف‌کنندگان انرژی و تعیین اینکه تا چه حد مصرف‌کنندگان هنگام تصمیم‌گیری در مورد مدیریت منابع انرژی تجدیدپذیر قبل از همه‌گیری و شیوع بحران انرژی در اروپا، طرفدار محیط زیست بودند. Selim & Alshareef (۲۰۲۵) بررسی نمودند که با وجود پیشرفت قابل توجه در انرژی‌های تجدیدپذیر در عربستان، سرمایه‌گذاران اغلب بر بازده مالی تاکید دارند و مایل به سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر نیستند. چالش‌های تکنولوژیکی و نوسان قیمت انرژی نیز از موانع دیگر بودند. Zhang و همکاران (۲۰۲۴) در تحقیقی که در چین انجام گرفت، نشان دادند عوامل تعهد دولت، محیط زیست، فناوری، میزان سرمایه‌گذاری و عوامل تکنولوژیکی بر تقاضا برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر نقش دارند.

همان‌طور که اشاره شد پژوهش‌های پیشین به برخی از عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته‌اند. نکته حائز اهمیت این است که مجموعه معیارها و زیرمعیارها مدنظر در حل مساله تحقیق نیز دارای محدودیت‌های ذاتی در ادبیات پژوهش

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

بوده که خود می‌تواند قابلیت اطمینان نتایج حاصله را کاهش دهد. بنابراین واضح است که گسترش مجموعه معیارها و زیرمعیارهای لازم جهت تصمیم‌گیری، به عنوان نوآوری عملیاتی می‌تواند مدنظر قرار گیرد. همچنین اولویت‌بندی عوامل مؤثر در سرمایه‌گذاری انرژی تجدیدپذیر در بین مطالعات مورد بررسی قرار نگرفته است. ضمن آن‌که کمتر تحقیقاتی به استفاده از روش‌های جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند روش بهترین-بدترین پرداخته است. این در حالی است که روش‌های جدید این حوزه دارای کارایی به مراتب بالاتری بوده و باعث کاهش چشمگیر محاسبات عددی می‌شوند. لذا در این مقاله به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر بخش صنعت استان یزد، پرداخته شده است.

## ۴- روش شناسی

پژوهش حاضر از نوع هدف کاربردی است. از طرف دیگر، به دلیل آنکه پژوهش حاضر در هر دو مرحله به گردآوری داده‌ها به صورت کاملاً طبیعی و بدون دست‌کاری پرداخته‌است، در زمره پژوهش‌های توصیفی-تحلیلی محسوب می‌شود. از آنجا که در مرحله اول پژوهش حاضر از روش تحلیل محتوای کیفی برای جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل آن‌ها استفاده می‌شود و در مرحله دوم از روش کمی، لذا روش مورد استفاده در این پژوهش آمیخته (ترکیبی) است. از طرفی به‌دلیل آنکه مرحله اول پژوهش نیازمند تدوین و اجرای یک ابزار کمی می‌باشد، لذا طرح پژوهش حاضر از نوع اکتشافی متوالی است. در هر دو مرحله پژوهش افق زمانی مقطعی و در مرحله اول از تکنیک دلفی فازی و ابزار مصاحبه و در مرحله دوم از تکنیک بهترین-بدترین و ابزار پرسشنامه استفاده شده است.

جامعه خبرگان این تحقیق در بخش کیفی و تکنیک دلفی ۱۴ نفر از مدیران بخش پژوهش‌های راهبردی وزارت نیرو که فعالیت‌های امکان‌سنجی سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر بخش صنعت را عهده دار بودند و همچنین کارشناسان و مدیران شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت استان یزد می‌باشد. در بخش کمی و تکنیک بهترین-بدترین از نظران سه نفر از خبرگان استفاده شد. برای انتخاب نمونه از ترکیب روش‌های هدفمند قضاوتی استفاده شده است. در مرحله اول پژوهش حاضر جهت شناسایی عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر از تکنیک دلفی فازی

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

استفاده شده‌است. در مرحله دوم پژوهش حاضر جهت اولویت‌بندی عوامل موثر از ابزار تکنیک بهترین-بدترین استفاده شده‌است که با توجه به نتایج مرحله اول چارچوب، طراحی و تدوین گردیده است. جهت تجزیه وتحلیل داده‌ها نیز با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای Lingo, Excel استفاده شده است. از آنجا که نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، سازگاری ماتریس مقایسات مورد تایید بوده و قابل قبول می‌باشد، لذا می‌توان پایایی این ابزار را تضمین نمود.

## ۵- تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

### شناسایی عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری

در این پژوهش، پس از مرور پیشینه تحقیق و اخذ نظرات خبرگان، عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش صنعت استان یزد به روش تحلیل محتوای کیفی شناسایی شد و در ۶ بعد اقتصادی، فنی، قابلیت اعتماد، زیست‌محیطی، پذیرش اجتماعی و منابع انسانی دسته‌بندی گردید. به طریق مشابه مولفه‌ها و شاخص‌های هر بعد به شرح جدول (۲) شناسایی و دسته بندی شد.

**جدول ۲. عوامل، مولفه‌ها و شاخص‌های مدل تحقیق**

| ابعاد | مولفه‌ها | شاخص‌ها | منابع |
|---|---|---|---|
| اقتصادی | اثر بخشی هزینه‌ها(C1) | قابلیت تأمین | Jahangiri et al (2019)، آشفته (۱۳۹۸)، Qolipour et al (2017)، Rezaei et al (2020)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲)، Selim & Alshareef (2025)، Zhang et al (2024) |
| | | نصب و راه‌اندازی | خبرگان، تکسیبی و همکاران (۱۳۹۷)، Qolipour et al (۲۰۱۷)، Rezaei et al (۲۰۲۰) |
| | | تعمیر و نگهداری | Jahangiri et al (2019)، خبرگان، تکسیبی و همکاران (۱۳۹۷)، Qolipour et al (۲۰۱۷)، Rezaei et al (۲۰۲۰) |
| | | وارهائی | خبرگان، تکسیبی و همکاران (۱۳۹۷)، Qolipour et al (۲۰۱۷) |
| | هزینه‌های اداری (C2) | استخدام | Mustafaeipour et al (2020) تکسیبی و همکاران (۱۳۹۷)، Qolipour et al (۲۰۱۷) |
| | | آموزش | Mustafaeipour et al (2020)، Qolipour et al (۲۰۱۷) |

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

| ابعاد | مولفه‌ها | شاخص‌ها | منابع |
|---|---|---|---|
| | | هزینه‌های سربار | Mustafaeipour et al (2020) Qolipour et al (۲۰۱۷)، تکسیبی و همکاران (۱۳۹۷) |
| فنی | سطح تکنولوژی (C3) | توان نامی | آشفته (۱۳۹۸)، Qolipour et al (۲۰۱۷)، Nematollahi و همکاران (۲۰۱۹) |
| | | سرعت نامی | Jahangiri et al (2019)، آشفته (۱۳۹۸)، Qolipour et al (۲۰۱۷)، Nematollahi و همکاران (۲۰۱۹) |
| | | عمر مفید | آشفته (۱۳۹۸)، Qolipour et al (۲۰۱۷)، Nematollahi و همکاران (۲۰۱۹) |
| | | بازده | آشفته (۱۳۹۸)، Qolipour et al (۲۰۱۷) |
| | دسترسی به تکنولوژی (C4) | وجود زیر ساخت دانشی | خبرگان، Qolipour et al (۲۰۱۷)، Selim & Alshareef (2025)، Zhang et al (2024) |
| | | تحریم و موانع سیاسی | خبرگان |
| | | هزینه تکنولوژی | خبرگان، تکسیبی و همکاران (۱۳۹۷)، Qolipour et al (۲۰۱۷)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲)، Selim & Alshareef (2025) |
| | میزان پیچیدگی (C5) | تعداد المان‌ها | Mustafaeipour et al (2020) |
| | | میزان ارتباطات | Mustafaeipour et al (2020) |
| زیست محیطی | تولید سبز (C6) | میزان تأثیر روی اکوسیستم | خبرگان، Graczyk et al (2023)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) |
| | | میزان کاهش تولید گاز $CO_2$ | Mustafaeipour et al (2020), Graczyk et al (2023)، قادرتوتونچی و درخشان محبوب (۱۴۰۱)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲)، Zhang et al (۲۰۲۴) |
| | سازگاری با محیط زیست (C7) | مناسب بودن شرایط محیطی منطقه | Mustafaeipour et al (2020), He et al (2023)، زمان‌پور و همکاران (۱۴۰۱)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲)، Nematollahi و همکاران (۲۰۱۹) |
| | | زمین مورد نیاز | خبرگان، He et al (2023) |
| قابلیت اعتماد | قابلیت اطمینان (C8) | شدت خرابی | آشفته (۱۳۹۸) |
| | | نرخ خرابی | آشفته (۱۳۹۸) |
| | | قابلیت کشف | آشفته (۱۳۹۸) |
| | تعمیرپذیری (C9) | سطح مهارت تعمیرکار | Mustafaeipour et al (2020)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) |
| | | وجود رویه‌های | Mustafaeipour et al (2020)، ریحانی‌نیا و همکاران |

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

| ابعاد | مولفه‌ها | شاخص‌ها | منابع |
|---|---|---|---|
| | | نگهداری | (۱۴۰۲) |
| | | سطح دشواری تعمیر | Mustafaeipour et al (2020)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) |
| | دسترس‌پذیری (C10) | ذاتی | خبرگان |
| | | عملیاتی | خبرگان |
| پذیرش اجتماعی | سیاسی (C11) | تایید منبع انرژی تجدیدپذیر توسط دولت | خبرگان، قناعت‌پیشه (۱۳۹۷)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲)، Zhang et al (2024) |
| | | سیاست‌گذاری‌های دولت جهت پذیرش تجاری | خبرگان، قناعت‌پیشه (۱۳۹۷)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) |
| | | اجرای سیاست‌های تشویقی | آشفته (۱۳۹۸)، قناعت‌پیشه (۱۳۹۷)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) |
| | منافع اجتماعی (C12) | صرفه‌جویی اقتصادی | آشفته (۱۳۹۸)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) |
| | | زندگی در محیطی سالم‌تر | آشفته (۱۳۹۸)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) |
| | | ایجاد اشتغال برای افراد بومی | آشفته (۱۳۹۸)، قناعت‌پیشه (۱۳۹۷)، ریحانی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) |
| منابع انسانی | طراح (C13) | وجود متخصص طراحی | خبرگان |
| | | وجود دانش طراحی | خبرگان |
| | راهبر (C14) | بهره‌مندی از متخصصان راهبری | خبرگان، قناعت‌پیشه (۱۳۹۷) |
| | | بهره‌مندی از متخصصان برنامه‌ریزی | خبرگان، قناعت‌پیشه (۱۳۹۷) |
| | | وجود تعمیرکاران مناسب | خبرگان، قناعت‌پیشه (۱۳۹۷) |
| | کاربر (C15) | کاربر پسند بودن | آشفته (۱۳۹۸) |
| | | سهولت آموزش به کاربر | خبرگان |

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

**انتخاب نهایی عوامل**

پس از شناسایی و دسته‌بندی مولفه‌های‌های سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش صنعت استان یزد، به منظور تایید و نهایی نمودن مولفه‌های هر بعد، با استفاده از روش دلفی فازی در جلسه طوفان فکری تشکیل‌شده میان اعضای خبرگان پژوهش، اقدام به جمع‌آوری دیدگاه‌ها و نظرات خبرگان شد. خبرگان پژوهش ۱۴ نفر بودند که بر اساس مصاحبه انجام شده، ۴ مصاحبه بدلیل عدم سازگاری نظرات از فهرست ارزیابی حذف شد. سپس دیدگاه ۱۰ خبره برای سنجش میزان اهمیت مولفه‌های شناسایی شده (جدول ۳) مورد تحلیل قرارگرفت. شایان ذکر است در دو مرحله ارزیابی نظرات خبرگان، انحراف نظرات کمتر از ۰/۱ بدست آمد.خبرگان پژوهش ۱۴ نفر بوده است که بر اساس مصاحبه انجام شده، ۴ مصاحبه بدلیل عدم سازگاری نظرات از فهرست ارزیابی حذف شده و دیدگاه ۱۰ خبره برای سنجش میزان اهمیت مولفه‌های شناسایی شده به شرح جدول (۳) است (شایان ذکر است در دو مرحله ارزیابی نظرات با توجه به انحراف کم زیر ۰,۱ نظرات بدست آمده است).

**جدول ۳. دیدگاه خبرگان برای هریک از مولفه‌ها**

| نماد | کارشناس ۱ | کارشناس ۲ | کارشناس ۳ | کارشناس ٤ | کارشناس ٥ | کارشناس ٦ | کارشناس ۷ | کارشناس ۸ | کارشناس ۹ | کارشناس ۱۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | خیلی زیاد | زیاد | زیاد | خیلی زیاد | زیاد | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | خیلی زیاد |
| C2 | زیاد | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد |
| C3 | زیاد | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | متوسط | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | زیاد |
| C4 | خیلی زیاد | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | زیاد |
| C5 | زیاد | متوسط | زیاد | خیلی کم | متوسط | زیاد | خیلی زیاد | متوسط | کم | زیاد |
| C6 | خیلی زیاد | کم | زیاد | خیلی زیاد | زیاد | زیاد | خیلی زیاد | متوسط | کم | زیاد |
| C7 | زیاد | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | متوسط | زیاد |
| C8 | زیاد | متوسط | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | خیلی زیاد |
| C9 | خیلی زیاد | متوسط | خیلی زیاد | خیلی زیاد | متوسط | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | متوسط | خیلی زیاد |
| C 10 | متوسط | متوسط | متوسط | خیلی زیاد | کم | متوسط | زیاد | متوسط | کم | خیلی زیاد |
| C 11 | متوسط | متوسط | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | زیاد | خیلی زیاد |
| C 12 | خیلی زیاد | متوسط | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | زیاد | خیلی زیاد |
| C 13 | خیلی زیاد | متوسط | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد |
| C 14 | خیلی زیاد | متوسط | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد |
| C 15 | خیلی زیاد | متوسط | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد |

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

در گام بعد اعداد فازی مثلثی متناظر عبارت‌های کلامی نظرات خبرگان بر اساس جدول (۱) در جدول (۳) جایگزین شدند. سپس به‌منظور تعیین اهمیت هر مولفه، برای هر مولفه ($c_i$) میانگین فازی نظرات ۱۰ خبره محاسبه شد و این میانگین فازی از طریق رابطه (۱) به عدد قطعی تبدیل شد (جدول۴). جهت افزایش دقت ارزیابی، مولفه‌هایی تایید شدند که مقدار قطعی نظرات آن‌ها بیش از میانگین مقدار فازی (۰/۵) بود. در این قسمت کلیه مولفه‌های موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر بخش صنعت استان یزد تایید شدند.

**جدول ۴. فازی زدایی و انتخاب مولفه‌ها**

| نماد | میانگین فازی | | | مقدار قطعی |
|---|---|---|---|---|
| C1 | ۱/۰۰ | ۰/۸۸ | ۰/۶۳ | ۰/۹۰ |
| C2 | ۱/۰۰ | ۰/۹۳ | ۰/۶۸ | ۰/۸۳ |
| C3 | ۰/۹۸ | ۰/۸۵ | ۰/۶۰ | ۰/۸۸ |
| C4 | ۱/۰۰ | ۰/۹۰ | ۰/۶۵ | ۰/۵۸ |
| C5 | ۰/۸۰ | ۰/۵۸ | ۰/۳۵ | ۰/۶۰ |
| C6 | ۰/۸۰ | ۰/۶۰ | ۰/۳۸ | ۰/۸۵ |
| C7 | ۰/۹۸ | ۰/۸۸ | ۰/۶۳ | ۰/۸۳ |
| C8 | ۰/۹۸ | ۰/۸۵ | ۰/۶۰ | ۰/۷۸ |
| C9 | ۰/۹۰ | ۰/۸۰ | ۰/۵۵ | ۰/۵۷ |
| C10 | ۰/۷۸ | ۰/۵۸ | ۰/۳۳ | ۰/۸۰ |
| C11 | ۰/۹۵ | ۰/۸۳ | ۰/۵۸ | ۰/۸۵ |
| C12 | ۰/۹۸ | ۰/۸۸ | ۰/۶۳ | ۰/۹۱ |
| C13 | ۰/۹۸ | ۰/۹۵ | ۰/۷۰ | ۰/۹۱ |
| C14 | ۰/۹۸ | ۰/۹۵ | ۰/۷۰ | ۰/۸۹ |
| C15 | ۰/۹۸ | ۰/۹۳ | ۰/۶۸ | ۰/۸۸ |

**اولویت بندی عوامل**

به‌منظور اولویت‌بندی عوامل هر ستون (سطح) مندرج در جدول (۲) از روش BWM استفاده شده‌است. در ابتدا ۳ ارزیاب خبره در هر سطح مهم‌ترین و بی‌اهمیت‌ترین عامل را مشخص نمودند. سپس با استفاده از رابطه (۲) میزان ارجحیت بهترین معیار B در

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

مقایسه با سایر معیارها (BO) و با استفاده از رابطه (۳) عملکرد همه معیارها نسبت به بدترین معیار W، (OW) را مشخص نمودند. به طور نمونه ارزیابی ابعاد مدل تحقیق از منظر ارزیاب اول در جدول (۵) آورده شده است. مطابق نتایج مشخص شد که کم‌اهمیت‌ترین بعد فنی و مهم‌ترین بعد زیست محیطی است.

**جدول ۵. ارزیابی ابعاد مدل تحقیق از منظر ارزیاب اول**

| معیارها | اقتصادی | فنی | زیست محیطی | قابلیت اعتماد | پذیرش اجتماعی | منابع انسانی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BO | ۴ | ۵ | ۱ | ۳ | ۳ | ۲ |
| OW | ۳ | ۱ | ۵ | ۱ | ۳ | ۲ |
| بهترین (مهم‌ترین) بعد: زیست محیطی بدترین (کم‌اهمیت‌ترین) بعد: فنی | | | | | | |

در ادامه روش BWM به منظور محاسبه وزن‌های بهینه هر کدام از ابعاد، مدل برنامه‌ریزی خطی مربوطه طبق روابط (۶) تا (۱۰) برای هر ارزیاب تشکیل گردید و در نرم‌افزار Lingo اجرا شد. مدل مربوط به ارزیاب اول در خصوص ابعاد مدل در ادامه آورده شده است.

```
Min=e1;
Wc1+Wf1+We1+Wr1+Ws1+Wh1=1;
We1-4*Wc1<=e1;
We1-5*Wf1<=e1;
We1-1*We1<=e1;
We1-3*Wr1<=e1;
We1-3*Ws1<=e1;
We1-2*Wh1<=e1;
Wc1-3*Wf1<=e1;
Wf1-1*Wf1<=e1;
We1-5*Wf1<=e1;
Wr1-1*Wf1<=e1;
Ws1-3*Wf1<=e1;
Wh1-2*Wf1<=e1;
We1-4*Wc1>=-e1;
We1-5*Wf1>=-e1;
```

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

We1-1*We1>=-e1;
We1-3*Wr1>=-e1;
We1-3*Ws1>=-e1;
We1-2*Wh1>=-e1;
Wc1-3*Wf1>=-e1;
Wf1-1*Wf1>=-e1;
We1-5*Wf1>=-e1;
Wr1-1*Wf1>=-e1;
Ws1-3*Wf1>=-e1;
Wh1-2*Wf1>=-e1 ;

پس از حل مقدار e1، ۰/۰۷ بدست آمد. فرایند فوق برای دو ارزیاب دیگر انجام شد و مقادیر e2 و e3 به ترتیب ۰/۱۱۷ و ۰/۰۸۵ حاصل شدند. سپس میانگین نظرات سه ارزیاب محاسبه شد و به عنوان وزن نهایی در نظر گرفته شد. نتایج در (۱۲) آورده شده است.

پس از آن با روش BWM و طی مراحل مشابه مولفه‌های هر بعد توسط سه ارزیاب اولویت‌بندی شدند. به طور نمونه ارزیابی مولفه‌های وابسته به بعد اقتصادی از منظر ارزیاب اول در جداول (۶) نشان داده شده است.

**جدول ۶. ارزیابی مؤلفه‌های بعد اقتصادی از منظر ارزیاب اول**

| هزینه‌های اداری | اثربخشی هزینه‌ها | اقتصادی |
|---|---|---|
| ۲ | ۱ | BO |
| ۱ | ۴ | OW |
| بهترین مولفه: اثربخشی هزینه‌ها بدترین مولفه: هزینه‌های اداری | | |

به منظور محاسبه وزن‌های بهینه مولفه‌های بعد اقتصادی، مدل برنامه‌ریزی خطی مربوط به ارزیاب اول به شرح زیر تشکیل گردید و در نرم‌افزار Lingo اجرا شد که در نتیجه آن ec1 با مقدار ۰/۲۵۰ مشخص گردید (جدول۱۲).

Min=ec1؛

Wc11+Wc21=1؛

Wc11-1*Wc11<=ec1؛

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

Wc11-2*Wc21<=ec1؛

Wc11-4*Wc21<=ec1؛

Wc21-1*Wc21<=ec1؛

Wc11-1*Wc11>=-ec1؛

Wc11-2*Wc21>=-ec1؛

Wc11-4*Wc21>=-ec1؛

Wc21-1*Wc21>=-ec1؛

برای دو ارزیاب دیگر نیز فرایند مشابه تکرار گردید و ec2 و ec3 به ترتیب صفر بدست آمدند.

ارزیابی مولفه‌های وابسته به بعد فنی از منظر ارزیاب اول در جداول (۷) نشان داده شده است.

**جدول ۷. ارزیابی مؤلفه‌های بعد فنی از منظر ارزیاب اول**

| دسترسی به تکنولوژی | میزان پیچیدگی | سطح تکنولوژی | فنی |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۲ | ۳ | BO |
| ۱ | ۳ | ۱ | OW |
| بهترین مولفه: دسترسی به تکنولوژی | | بدترین مولفه: سطح تکنولوژی | |

پس از اجرای مدل‌های برنامه‌ریزی خطی مربوط به سه ارزیاب در بعد فنی در نرم‌افزار Lingo مقادیر ef1، ef2 و ef3 به ترتیب ۰/۲۵۰ ، ۰/۱۰۷ و ۰/۲۲۲ بدست آمدند (جدول۱۲).

ارزیابی مولفه‌های وابسته به بعد زیست محیطی از منظر ارزیاب اول در جداول (۸) نشان داده شده است.

**جدول ۸. ارزیابی مؤلفه‌های بعد زیست محیطی از منظر ارزیاب اول**

| سازگاری با محیط زیست | تولید سبز | زیست محیطی |
|---|---|---|
| ۱ | ۴ | BO |
| ۴ | ۱ | OW |
| بهترین مولفه: سازگاری با محیط زیست | بدترین مولفه: تولید سبز | |

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

مدل برنامه‌ریزی خطی مربوط به سه ارزیاب در بعد زیست محیطی در نرم‌افزار Lingo اجرا شد که در نتیجه آن ee1، ee2 و ee3 هر سه صفر بدست آمدند (جدول۱۲).

ارزیابی مولفه‌های وابسته به بعد قابلیت اعتماد از منظر ارزیاب اول در جداول (۹) نشان داده شده است.

**جدول ۹. ارزیابی مؤلفه‌های بعد قابلیت اعتماد از منظر ارزیاب اول**

| دسترس پذیری | تعمیر پذیری | قابلیت اطمینان | قابلیت اعتماد |
|---|---|---|---|
| ۲ | ۴ | ۱ | BO |
| ۴ | ۱ | ۴ | OW |
| بهترین مولفه: قابلیت اطمینان بدترین مولفه: تعمیر پذیری | | | |

مدل برنامه‌ریزی خطی مربوط به سه ارزیاب در بعد قابلیت اعتماد در نرم‌افزار Lingo اجرا شد که در نتیجه آن er1، er2 و er3 به ترتیب با مقدار ۰/۱۱۱، ۰/۱۵۰ و ۰/۲۲۲ مشخص گردیدند (جدول۱۲).

ارزیابی مولفه‌های وابسته به بعد پذیرش اجتماعی از منظر ارزیاب اول در جداول (۱۰) نشان داده شده است.

**جدول ۱۰. ارزیابی مؤلفه‌های بعد پذیرش اجتماعی از منظر ارزیاب اول**

| منافع اجتماعی | سیاسی | پذیرش اجتماعی |
|---|---|---|
| ۱ | ۳ | BO |
| ۳ | ۱ | OW |
| بهترین مولفه: منافع اجتماعی بدترین مولفه: سیاسی | | |

پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی مربوط به سه ارزیاب در بعد پذیرش اجتماعی، هر سه مقدار es1، es2 و es3 صفر بدست آمدند (جدول۱۲).

ارزیابی مولفه‌های وابسته به بعد منابع انسانی از منظر ارزیاب اول در جداول (۱۱) نشان داده شده است.

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

**جدول ۱۱- ارزیابی مؤلفه‌های بعد منابع انسانی از منظر ارزیاب اول**

| منابع انسانی | طراح | راهبر | کاربر |
|---|---|---|---|
| BO | ۱ | ۳ | ۳ |
| OW | ۳ | ۲ | ۱ |
| بهترین مولفه: طراح بدترین مولفه: کاربر | | | |

در نتیجه حل مدل برنامه‌ریزی خطی مربوط به سه ارزیاب در بعد منابع انسانی، مقادیر eh1، eh2 و eh3 به ترتیب ۰/۱۵۰، ۰/۱۱۱ و ۰/۰۴۲ بدست آمدند (جدول۱۲). شبیه فرایند فوق، تکنیک BWM برای همه پانزده مولفه $C_i$ توسط سه ارزیاب ارزیابی شد و مدل‌های آنها حل گردید. نتایج در سطرهای ۸ تا ۲۲ جدول (۱۲) آورده شده است. در نتیجه حل ۲۲ مدل BWM، علاوه بر مقادیر تابع هدف، وزن هر یک از ابعاد، مولفه‌ها و شاخص‌ها نیز بدست آمد که در سطرهای ۲۳ تا ۸۴ جدول (۱۲) نشان داده شده است.

**جدول ۱۲. مقدار توابع هدف و وزن نهایی عوامل، مولفه‌ها و شاخص‌ها**

| ردیف | عنوان | ارزیابی خبره ۱ | | ارزیابی خبره ۲ | | ارزیابی خبره ۳ | | وزن نهایی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نماد | مقدار | نماد | مقدار | نماد | مقدار | |
| ۱ | تابع هدف کلی | e1 | ۰/۰۷۰ | e2 | ۰/۱۱۷ | e3 | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۹۱ |
| ۲ | تابع هدف وزن بعد اقتصادی | ec1 | ۰/۲۵۰ | ec2 | ۰/۰۰۰ | ec3 | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۸۳ |
| ۳ | تابع هدف وزن بعد فنی | ef1 | ۰/۲۵۰ | ef2 | ۰/۱۰۷ | ef3 | ۰/۲۲۲ | ۰/۱۹۳ |
| ۴ | تابع هدف وزن بعد زیست محیطی | ee1 | ۰/۰۰۰ | ee2 | ۰/۰۰۰ | ee3 | ۰/۰۰۰ | ۰ |
| ۵ | تابع هدف وزن بعد قابلیت اعتماد | er1 | ۰/۱۱۱ | er2 | ۰/۱۵۰ | er3 | ۰/۲۲۲ | ۰/۱۶۱ |
| ۶ | تابع هدف وزن بعد پذیرش اجتماعی | es1 | ۰/۰۰۰ | es2 | ۰/۰۰۰ | es3 | ۰/۰۰۰ | ۰ |
| ۷ | تابع هدف وزن بعد منابع انسانی | eh1 | ۰/۱۵۰ | eh2 | ۰/۱۱۱ | eh3 | ۰/۰۴۲ | ۰/۱۰۱ |
| ۸ | تابع هدف وزن مولفه اثربخشی هزینه‌ها | ec11 | ۰/۱۰۰ | ec12 | ۰/۸۱۱ | ec13 | ۰/۰۲۵ | ۰/۳۱۲ |
| ۹ | تابع هدف وزن مولفه هزینه‌های اداری | ec21 | ۰/۰۴۲ | ec22 | ۰/۷۵۰ | ec23 | ۰/۰۰۰ | ۰/۲۶۴ |
| ۱۰ | تابع هدف وزن مولفه سطح تکنولوژی | ef11 | ۰/۱۵۴ | ef12 | ۰/۸۱۱ | ef13 | ۰/۰۳۲ | ۰/۳۳۲ |
| ۱۱ | تابع هدف وزن مولفه دسترسی به تکنولوژی | ef21 | ۰/۰۴۲ | ef22 | ۰/۱۰۰ | ef23 | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۶۱ |

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

| ردیف | عنوان | ارزیابی خبره ۱ | | ارزیابی خبره ۲ | | ارزیابی خبره ۳ | | وزن نهایی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نماد | مقدار | نماد | مقدار | نماد | مقدار | |
| ۱۲ | تابع هدف وزن مولفه میزان پیچیدگی | ef31 | ۰/۰۰۰ | ef32 | ۰/۰۰۰ | ef33 | ۰/۰۰۰ | ۰ |
| ۱۳ | تابع هدف وزن مولفه تولید سبز | ee11 | ۰/۰۰۰ | ee12 | ۰/۰۰۰ | ee13 | ۰/۰۰۰ | ۰ |
| ۱۴ | تابع هدف وزن مولفه سازگاری با محیط‌زیست | ee21 | ۰/۰۰۰ | ee22 | ۰/۰۰۰ | ee23 | ۰/۰۰۰ | ۰ |
| ۱۵ | تابع هدف وزن مولفه قابلیت اطمینان | er11 | ۰/۰۵۰ | er12 | ۰/۱۶۷ | er13 | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۸۶ |
| ۱۶ | تابع هدف وزن مولفه تعمیرپذیری | er21 | ۰/۱۱۱ | er22 | ۰/۲۱۴ | er23 | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۶۴ |
| ۱۷ | تابع هدف وزن مولفه دسترس‌پذیری | er31 | ۰/۰۰۰ | er32 | ۰/۰۰۰ | er33 | ۰/۰۰۰ | ۰ |
| ۱۸ | تابع هدف وزن مولفه سیاسی | es11 | ۰/۲۴۰ | es12 | ۰/۰۵۷ | es13 | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۵۵ |
| ۱۹ | تابع هدف وزن مولفه منافع اجتماعی | es21 | ۰/۰۰۰ | es22 | ۰/۱۲۵ | es23 | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۵۶ |
| ۲۰ | تابع هدف وزن مولفه طراح | eh11 | ۰/۰۰۰ | eh12 | ۰/۰۰۰ | eh13 | ۰/۰۰۰ | ۰ |
| ۲۱ | تابع هدف وزن مولفه راهبر | eh21 | ۰/۱۹۶ | eh22 | ۰/۱۰۰ | eh23 | ۰/۰۴۲ | ۰/۱۱۳ |
| ۲۲ | تابع هدف وزن مولفه کاربر | eh31 | ۰/۰۰۰ | eh32 | ۰/۰۰۰ | eh33 | ۰/۰۰۰ | ۰ |
| ۲۳ | وزن بعد اقتصادی | WC1 | ۰/۱۰۹ | WC2 | ۰/۱۰۴ | WC3 | ۰/۱۱۸ | ۰/۱۱۰ |
| ۲۴ | وزن بعد فنی | WF1 | ۰/۰۶۰ | WF2 | ۰/۱۹۵ | WF3 | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۳۸ |
| ۲۵ | وزن بعد قابلیت اعتماد | WE1 | ۰/۳۶۸ | WE2 | ۰/۱۵۶ | WE3 | ۰/۳۸۸ | ۰/۳۰۴ |
| ۲۶ | وزن بعد زیست محیطی | WR1 | ۰/۱۲۹ | WR2 | ۰/۱۵۶ | WR3 | ۰/۰۶۱ | ۰/۱۱۵ |
| ۲۷ | وزن بعد پذیرش اجتماعی | WS1 | ۰/۱۴۶ | WS2 | ۰/۳۱۲ | WS3 | ۰/۱۵۸ | ۰/۲۰۵ |
| ۲۸ | وزن بعد منابع انسانی | WH1 | ۰/۱۸۹ | WH2 | ۰/۰۷۸ | WH3 | ۰/۱۱۸ | ۰/۱۲۸ |
| ۲۹ | وزن مولفه اثر بخشی هزینه‌ها | WC11 | ۰/۷۵۰ | WC12 | ۰/۸۰۰ | WC13 | ۰/۸۰۰ | ۰/۷۸۳ |
| ۳۰ | وزن مولفه هزینه‌های اداری | WC21 | ۰/۲۵۰ | WC22 | ۰/۲۰۰ | WC23 | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۱۷ |
| ۳۱ | وزن مولفه سطح تکنولوژی | WF11 | ۰/۲۰۰ | WF12 | ۰/۱۴۳ | WF13 | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۵۱ |
| ۳۲ | وزن مولفه دسترسی به تکنولوژی | WF21 | ۰/۳۵۰ | WF22 | ۰/۳۲۱ | WF23 | ۰/۲۲۲ | ۰/۲۹۸ |
| ۳۳ | وزن مولفه میزان پیچیدگی | WF31 | ۰/۴۵۰ | WF32 | ۰/۵۳۶ | WF33 | ۰/۶۶۷ | ۰/۵۵۱ |
| ۳۴ | وزن مولفه تولید سبز | WE11 | ۰/۲۰۰ | WE12 | ۰/۳۳۳ | WE13 | ۰/۷۵۰ | ۰/۴۲۸ |

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

| ردیف | عنوان | ارزیابی خبره ۱ | | ارزیابی خبره ۲ | | ارزیابی خبره ۳ | | وزن نهایی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نماد | مقدار | نماد | مقدار | نماد | مقدار | |
| ۳۵ | وزن مولفه سازگاری با محیط زیست | WE21 | ۰/۸۰۰ | WE22 | ۰/۶۶۷ | WE23 | ۰/۲۵۰ | ۰/۵۷۲ |
| ۳۶ | وزن مولفه قابلیت اطمینان | WR11 | ۰/۵۵۶ | WR12 | ۰/۱۵۰ | WR13 | ۰/۱۱۱ | ۰/۲۷۲ |
| ۳۷ | وزن مولفه تعمیرپذیری | WR21 | ۰/۱۱۱ | WR22 | ۰/۶۰۰ | WR23 | ۰/۶۶۷ | ۰/۴۵۹ |
| ۳۸ | وزن مولفه دسترس‌پذیری | WR31 | ۰/۳۳۳ | WR32 | ۰/۲۵۰ | WR33 | ۰/۲۲۲ | ۰/۲۶۸ |
| ۳۹ | وزن مولفه سیاسی | WS11 | ۰/۲۵۰ | WS12 | ۰/۱۶۷ | WS13 | ۰/۲۵۰ | ۰/۲۲۲ |
| ۴۰ | وزن مولفه منافع اجتماعی | WS21 | ۰/۷۵۰ | WS22 | ۰/۸۳۳ | WS23 | ۰/۷۵۰ | ۰/۷۷۸ |
| ۴۱ | وزن مولفه طراح | WH11 | ۰/۶۰۰ | WH12 | ۰/۱۱۱ | WH13 | ۰/۵۴۲ | ۰/۴۱۸ |
| ۴۲ | وزن مولفه راهبر | WH21 | ۰/۱۵۰ | WH22 | ۰/۳۳۳ | WH23 | ۰/۲۹۲ | ۰/۲۵۸ |
| ۴۳ | وزن مولفه کاربر | WH31 | ۰/۲۵۰ | WH32 | ۰,۵۵٦ | WH33 | ۰,۱٦۷ | ۰/۳۲۴ |
| ۴۴ | وزن شاخص قابلیت تأمین | WC111 | ۰/۵۰۰ | WC112 | ۰/۲۴۳ | WC113 | ۰/۴۷۵ | ۰/۴۰۶ |
| ۴۵ | وزن شاخص نصب و راه‌اندازی | WC121 | ۰/۲۰۰ | WC122 | ۰/۴۰۵ | WC123 | ۰/۲۵۰ | ۰/۲۸۵ |
| ۴۶ | وزن شاخص تعمیر و نگهداری | WC131 | ۰/۲۰۰ | WC132 | ۰/۱۰۸ | WC133 | ۰/۱۵۰ | ۰/۱۵۳ |
| ۴۷ | وزن شاخص وارهائی | WC141 | ۰/۱۰۰ | WC142 | ۰/۲۴۳ | WC143 | ۰/۱۲۵ | ۰/۱۵۶ |
| ۴۸ | وزن شاخص استخدام | WC211 | ۰/۵۴۲ | WC212 | ۰/۳۲۵ | WC213 | ۰/۵۷۱ | ۰/۴۷۹ |
| ۴۹ | وزن شاخص آموزش | WC221 | ۰/۲۹۲ | WC222 | ۰/۵۷۵ | WC223 | ۰/۲۸۶ | ۰/۳۸۴ |
| ۵۰ | وزن شاخص هزینه‌های سربار | WC231 | ۰/۱۶۷ | WC232 | ۰/۱۰۰ | WC233 | ۰/۱۴۳ | ۰/۱۳۷ |
| ۵۱ | وزن شاخص توان نامی | WF111 | ۰/۴۶۲ | WF112 | ۰/۲۴۳ | WF113 | ۰/۴۱۹ | ۰/۳۷۵ |
| ۵۲ | وزن شاخص سرعت نامی | WF121 | ۰/۰۷۷ | WF122 | ۰/۲۴۳ | WF123 | ۰/۱۲۹ | ۰/۱۵۰ |
| ۵۳ | وزن شاخص عمر مفید | WF131 | ۰/۲۳۱ | WF132 | ۰/۴۰۵ | WF133 | ۰/۲۲۶ | ۰/۲۸۷ |
| ۵۴ | وزن شاخص بازده | WF141 | ۰/۲۳۱ | WF142 | ۰/۱۰۸ | WF143 | ۰/۲۲۶ | ۰/۱۸۸ |
| ۵۵ | وزن شاخص وجود زیر ساخت دانشی | WF211 | ۰/۵۴۲ | WF212 | ۰/۵۰۰ | WF213 | ۰/۵۴۲ | ۰/۵۲۸ |
| ۵۶ | وزن شاخص تحریم و موانع سیاسی | WF221 | ۰/۲۹۲ | WF222 | ۰/۲۰۰ | WF223 | ۰/۱۶۷ | ۰/۲۲۰ |
| ۵۷ | وزن شاخص هزینه تکنولوژی | WF231 | ۰/۱۶۷ | WF232 | ۰/۳۰۰ | WF233 | ۰/۲۹۲ | ۰/۲۵۳ |
| ۵۸ | وزن شاخص تعداد المان‌ها | WF311 | ۰/۶۶۷ | WF312 | ۰/۲۵۰ | WF313 | ۰/۷۵۰ | ۰/۵۵۶ |
| ۵۹ | وزن شاخص میزان ارتباطات | WF321 | ۰/۳۳۳ | WF322 | ۰/۷۵۰ | WF323 | ۰/۲۵۰ | ۰/۴۴۴ |
| ۶۰ | وزن شاخص میزان تأثیر روی اکوسیستم | WE111 | ۰/۷۵۰ | WE112 | ۰/۷۵۰ | WE113 | ۰/۷۵۰ | ۰/۷۵ |

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

| ردیف | عنوان | ارزیابی خبره ۱ | | ارزیابی خبره ۲ | | ارزیابی خبره ۳ | | وزن نهایی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نماد | مقدار | نماد | مقدار | نماد | مقدار | |
| ۶۱ | وزن شاخص میزان کاهش تولید گاز CO2 | WE121 | ۰/۲۵۰ | WE122 | ۰/۲۵۰ | WE123 | ۰/۲۵۰ | ۰/۲۵۰ |
| ۶۲ | وزن شاخص مناسب‌بودن شرایط محیطی منطقه | WE211 | ۰/۳۳۳ | WE212 | ۰/۲۰۰ | WE213 | ۰/۷۵۰ | ۰/۴۲۸ |
| ۶۳ | وزن شاخص زمین مورد نیاز | WE221 | ۰/۶۶۷ | WE222 | ۰/۸۰۰ | WE223 | ۰/۲۵۰ | ۰/۵۷۲ |
| ۶۴ | وزن شاخص شدت خرابی | WR111 | ۰/۲۵۰ | WR112 | ۰/۱۲۵ | WR113 | ۰/۲۹۲ | ۰/۲۲۲ |
| ۶۵ | وزن شاخص نرخ خرابی | WR121 | ۰/۲۰۰ | WR122 | ۰/۲۰۸ | WR123 | ۰/۵۴۲ | ۰/۳۱۷ |
| ۶۶ | وزن شاخص قابلیت کشف | WR131 | ۰/۵۵۰ | WR132 | ۰/۶۶۷ | WR133 | ۰/۱۶۷ | ۰/۴۶۱ |
| ۶۷ | وزن شاخص سطح مهارت تعمیرکار | WR211 | ۰/۲۲۲ | WR212 | ۰/۱۴۳ | WR213 | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۷۷ |
| ۶۸ | وزن شاخص وجود رویه‌های نگهداری | WR221 | ۰/۳۳۳ | WR222 | ۰/۵۰۰ | WR223 | ۰/۵۰۰ | ۰/۴۴۴ |
| ۶۹ | وزن شاخص سطح دشواری تعمیر | WR231 | ۰/۴۴۴ | WR232 | ۰/۳۵۷ | WR233 | ۰/۳۳۳ | ۰/۳۷۸ |
| ۷۰ | وزن شاخص ذاتی | WR311 | ۰/۶۶۷ | WR312 | ۰/۶۶۷ | WR313 | ۰/۶۶۷ | ۰/۶۶۷ |
| ۷۱ | وزن شاخص عملیاتی | WR321 | ۰/۳۳۳ | WR322 | ۰/۳۳۳ | WR323 | ۰/۳۳۳ | ۰/۳۳۳ |
| ۷۲ | وزن شاخص تایید منبع انرژی تجدیدپذیر توسط دولت | WS111 | ۰/۱۲۰ | WS112 | ۰/۲۲۹ | WS113 | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۷۲ |
| ۷۳ | وزن شاخص سیاست‌گذاری‌های دولت جهت پذیرش تجاری | WS121 | ۰/۶۰۰ | WS122 | ۰/۱۴۳ | WS123 | ۰/۵۰۰ | ۰/۴۱۴ |
| ۷۴ | وزن شاخص اجرای سیاست‌های تشویقی | WS131 | ۰/۲۸۰ | WS132 | ۰/۶۲۹ | WS133 | ۰/۳۳۳ | ۰/۴۱۴ |
| ۷۵ | وزن شاخص صرفه‌جویی اقتصادی | WS211 | ۰/۱۴۳ | WS212 | ۰/۱۲۵ | WS213 | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۴۵ |
| ۷۶ | وزن شاخص زندگی در محیطی سالم‌تر | WS221 | ۰/۵۷۱ | WS222 | ۰/۶۲۵ | WS223 | ۰/۵۴۲ | ۰/۵۷۹ |
| ۷۷ | وزن شاخص ایجاد اشتغال برای افراد بومی | WS231 | ۰/۲۸۶ | WS232 | ۰/۲۵۰ | WS233 | ۰/۲۹۲ | ۰/۲۷۶ |
| ۷۸ | وزن شاخص وجود متخصص طراحی | WH111 | ۰/۲۵۰ | WH112 | ۰/۶۶۷ | WH113 | ۰/۳۳۳ | ۰/۴۱۷ |
| ۷۹ | وزن شاخص وجود دانش طراحی | WH121 | ۰/۷۵۰ | WH122 | ۰/۳۳۳ | WH123 | ۰/۶۶۷ | ۰/۵۸۳ |
| ۸۰ | وزن شاخص بهره‌مندی از متخصصان راهبری | WH211 | ۰/۶۹۶ | WH212 | ۰/۲۰۰ | WH213 | ۰/۵۴۲ | ۰/۴۷۹ |

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

| ردیف | عنوان | ارزیابی خبره ۱ | | ارزیابی خبره ۲ | | ارزیابی خبره ۳ | | وزن نهایی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نماد | مقدار | نماد | مقدار | نماد | مقدار | |
| ۸۱ | وزن شاخص بهره‌مندی از متخصصان برنامه‌ریزی | WH221 | ۰/۱۲۵ | WH222 | ۰/۵۰۰ | WH223 | ۰/۲۹۲ | ۰/۳۰۶ |
| ۸۲ | وزن شاخص وجود تعمیرکاران مناسب | WH231 | ۰/۱۷۹ | WH232 | ۰/۳۰۰ | WH233 | ۰/۱۶۷ | ۰/۲۱۵ |
| ۸۳ | وزن شاخص کاربر پسند بودن | WH311 | ۰/۲۵۰ | WH312 | ۰/۲۵۰ | WH313 | ۰/۲۵۰ | ۰/۲۵۰ |
| ۸۴ | وزن شاخص سهولت آموزش به کاربر | WH321 | ۰/۷۵۰ | WH322 | ۰/۷۵۰ | WH323 | ۰/۷۵۰ | ۰/۷۵۰ |

نتایج نشان داد عوامل اصلی "قابلیت اعتماد" با وزن ۰/۳۰۴ در رتبه اول، "پذیرش اجتماعی" با وزن ۰/۲۰۵ در رتبه دوم و "فنی" با وزن ۰/۱۳۸ در رتبه سوم قرار گرفتند. در بخش شاخص‌ها، در بعد اقتصادی شاخص "استخدام" با وزن ۰/۴۷۹ در رتبه اول و شاخص "قابلیت تامین" با وزن ۰/۴۰۶ در رتبه دوم قرار گرفتند. در بعد فنی شاخص "تعداد المان‌ها" با وزن ۰/۵۵۶ در رتبه اول و شاخص "وجود زیرساخت دانشی" با وزن ۰/۵۲۸ در رتبه دوم مشخص شدند. در بعد زیست محیطی دو شاخص مهم به‌ترتیب "میزان تاثیر روی اکوسیستم" و "زمین مورد نیاز" با وزن‌های ۰/۷۵ و ۰/۵۷۲ بودند. در بعد قابلیت اعتماد شاخص‌های مهم عبارت بودند از "ذاتی" با وزن ۰/۶۶۷ و "قابلیت کشف" با وزن ۰/۴۶۱. در بعد پذیرش اجتماعی مهم‌ترین شاخص "زندگی در محیطی سالم‌تر" با وزن ۰/۵۷۹ بود و پس از آن دو شاخص "سیاست‌گذاری دولت جهت پذیرش تجاری" و "اجرای سیاست‌های تشویقی" با وزن یکسان ۰/۴۱۴ قرار گرفتند. در نهایت در بعد منابع انسانی شاخص‌های مهم به ترتیب "سهولت آموزش به کاربر" با وزن ۰/۷۵ و وجود "دانش طراحی" با وزن ۰/۵۸۳ بودند.

## ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

اهمیت انرژی در عرصه سیاسی به حدی است که الگویی از روابط کشمکش‌زا، درگیرانه، همگرایانه و واگرایانه را در عرصه روابط بین‌الملل شکل داده‌است. در نتیجه بخشی از تعاملات کشورها در عرصه بین‌المللی و به تعبیر دیگر بخشی از روابط بین‌الملل تحت تاثیر انرژی و به خصوص انرژی‌های نو قرار دارد. از این‌رو در این پژوهش بر اساس یافته های بدست‌آمده حاصل از تحلیل عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

در بخش صنعت استان یزد شناسایی شد و با تکیه بر رویکرد تصمیم‌گیری BWM اولویت‌بندی گردید. بر اساس ارزیابی انجام شده، مرور تحقیقات پیشین و نظر خبرگان، ۱۵ مولفه کلیدی در ۶ بعد شناسایی شد. سپس ۴۱ شاخص مرتبط با هر یک از مولفه‌ها معرفی شدند. پس از اجرای تکنیک BWM، شش بعد (عامل) اصلی شناسایی شده به‌ترتیب اهمیت عبارتند از "قابلیت اطمینان"، "پذیرش اجتماعی"، "فنی"، "منابع انسانی"، "زیست‌محیطی" و "اقتصادی". در میان پانزده مولفه (زیرعامل) خروجی تحقیق، مهم‌ترین مولفه‌ها "منافع اجتماعی"، "سازگاری با محیط زیست" و "میزان پیچیدگی فنی" بودند. از سوی دیگر، یافته‌های تحقیق نشان‌داد که شاخص‌های کلیدی موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر بخش صنعت استان یزد به‌ترتیب اهمیت "تاثیر روی اکوسیستم" و "سهولت آموزش به کاربر"، شاخص "ذاتی" از مولفه دسترس‌پذیری، "دانش طراحی" از مولفه طراح، "سهولت آموزش به کاربر" از مولفه کاربر، "زندگی در محیط سالم‌تر"، "زمین مورد نیاز"، "تعداد المان‌ها" و "وجود زیر ساخت دانشی" هستند. این تحقیق به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر به طور خاص در صنعت پرداخته است.

سلیمی و همکاران (۱۴۰۲) در تحقیق خود عنوان‌کردند که منابع انرژی تجدیدپذیر شامل بادی، خورشیدی، آبی، زیست‌توده‌ای، زمین گرمایی، دریایی و سایر انرژی‌های غیرفسیلی نقش بسیار مهمی در امنیت انرژی، توسعه اجتماعی و اقتصادی، دسترسی به انرژی، تضمین تأمین انرژی در طولانی مدت، کاهش تغییرات آب و هوایی و کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی دارند. با توجه به اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به‌جای انرژی‌های فسیلی، کشورهای زیادی با تصویب قوانین و مقررات و اتخاذ سیاست‌های تشویقی و حمایتی، در پی جایگزین‌سازی منابع انرژی خود هستند. شکیبایی و همکاران (۱۴۰۲) نشان‌دادند که مدیران برای رسیدن به توسعه اقتصادی پایدار باید به ابعاد تامین مالی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر توجه‌کنند. در تحقیقات پیشین برخی از این عوامل به صورت پراکنده مورد بررسی قرار گرفته است، ضمن آنکه در هیچ یک از تکنیک بهترین-بدترین استفاده نشده‌است. در حالی‌که در این تحقیق سعی شده‌است همه عوامل به طور کامل‌تر همراه با زیر مولفه‌ها و شاخص‌ها بررسی شوند و اولویت آنها در بخش صنعت مشخص‌گردد. علاوه بر این استفاده از تکنیک

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

بهترین-بدترین در این تحقیق دارای کارایی بالایی بود. به منظور اعتبارسنجی نتایج تحقیق در اختیار مرتبط قرار گرفت و مورد تایید قرار گرفت.

در حوزه‌های کلان، حمایت‌های مستقیم و غیرمستقیم دولت از طریق اتخاذ قوانین صورت می‌گیرد تا بتوان بسترها را آماده‌کرد. سیاست‌های توسعه انرژی تجدیدپذیر نیز یکی دیگر از سیاست‌های دولت است که می‌تواند برنامه‌ریزی‌ها را به سوی اهداف توسعه اقتصادی پایدار سوق دهد. آینده‌نگری و برنامه‌ریزی دولت می‌تواند برنامه‌ریزی دقیق و معین برای رشد و توسعه نیروگاه‌ها را ایجاد کند. توانمندسازی شرکت‌های تامین مالی موجب می‌شود تا شرکت‌های تامین‌کننده متنوع‌تر و گسترش یابند. ابعاد فرهنگ سرمایه‌گذاری در انرژی تجدیدپذیر و مدیریت بهینه ریسک سرمایه‌گذاری موجب می‌شود تا سرمایه‌گذاران تامین مالی ترغیب شوند و محیط اقتصادی برای سرمایه‌گذاری قابلیت اطمینان داشته باشد. از طرفی دیگر سیاست‌های بازده سرمایه‌گذاری موجب می‌شود تا انتظارات شرکت‌های تامین مالی برآورده شود. ظرفیت‌های مالی هم موجب رشد و توسعه بازار انرژی‌های تجدیدپذیر می‌گردد و در نهایت برنامه‌ریزی و مدیریت تامین مالی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر از طریق ابعاد مطرح‌شده می‌تواند به توسعه اقتصادی پایدار، مسئولیت‌پذیری اجتماعی، توسعه اقتصادی پایدار و پایداری زیست‌محیطی منجر شود. Donastorg و همکاران (۲۰۲۱) عنوان نمودند دولت از طریق سیاست‌ها، مقررات و چارچوب‌های قانونی جامع و اختصاصی همراه با برنامه‌های آموزش عمیق و مدیریت دانش بر بهبود بسترهای سرمایه‌گذاری تاثیر می‌گذارد. از این‌رو در جهت بهبود عوامل شناسایی شده، پیشنهاد می‌شود شاخص‌های بهره‌وری انرژی نیز در ارزیابی و تحلیل در بخش صنعت استان یزد مورد تحلیل قرار گیرد. بهره‌وری از عوامل مهم و کلیدی در سنجش میزان به کارگیری مطلوب داده‌ها در تولیدات صنعتی می‌باشد، که با ارزیابی و مقایسه آن در سطح سازمان‌ها و صنایع مختلف، می‌توان برنامه‌ریزی مناسبی با هدف اصلاح و بهبود سازمان یا صنعت مربوط و در نهایت پیشرفت کشور ارائه کرد. همچنین پیشنهاد می‌گردد ستاد انرژی‌های نو و پاک در استان یزد تشکیل شده و مطابق با شاخص‌های جهانی ارزیابی و سرمایه‌گذاری، تحلیل جامعی انجام دهند. سیاست‌های انرژی، اهداف آینده انرژی کشور را تعیین می‌کند. آنها ثبات را در بازار ایجاد می‌کنند و اعتماد سرمایه‌گذاران را افزایش می‌دهند و از این طریق امکان حمایت از انرژی فراهم می‌شود.

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

## منابع


- آذر، عادل؛ فرجی، حجت (۱۳۹۵) علم مدیریت فازی، مرکز مطالعات مدیریت و بهره‌وری ایران، موسسه کتاب مهربان نشر، چاپ پنجم.
- آشفته، حسین. (۱۳۹۸). بررسی پتانسیل انرژی‌های تجدید پذیر؛ مطالعه موردی:شهرستان همدان،چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و مهندسی. https://civilica.com/doc/936423
- پوردربانی، راضیه. (۱۳۹۹). بررسی وضعیت فعلی و تقاضاهای آینده انرژی تجدیدپذیر در ایران و بازاریابی آن. انرژی‌های تجدید پذیر و نو، ۷(۱): ۱۱۸-۱۲۴. URL: http://iiesj.ir/article-1-1540-en.html
- تکسیبی, فرزانه؛ یداله سبوحی؛ حسین خواجه پور و حسام قدکساز، (۱۳۹۷). تخمین تقاضای انرژی شهر تهران تا سال ۱۴۱۰ به کمک روش اقتصادسنجی، پنجمین کنفرانس بین‌المللی فناوری و مدیریت انرژی با رویکرد پیوند انرژی، آب و محیط‌زیست، تهران، انجمن انرژی ایران. https://civilica.com/doc/855210
- ریحانی نیا، سید وحید؛ اسمعیل‌نیا کتابی، علی اصغر؛ دقیقی اصلی، علیرضا. (۱۴۰۲). اولویت‌بندی طرح‌های سرمایه‌ای نفت و گاز با استفاده از الگوهای تصمیم‌گیری چند معیاره(MCDM). فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۹ (۷۷): ۵۹-۹۶. URL: http://iiesj.ir/article-1-1540-en.html
- زمان‌پور، زینت؛ مژدکانلو، داوود؛ شریفی، حمید. (۱۴۰۱). ضرورت جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر با سوخت‌های فسیلی در ایران، نهمین همایش ملی مطالعات و تحقیقات نوین در حوزه علوم انسانی، مدیریت و کارافرینی ایران، تهران. https://civilica.com/doc/1562386
- سلیمی، وحید؛ پیری، مهدی. (۱۴۰۲). الزامات قانونی گذار از انرژی فسیلی به تجدیدپذیر با مقایسه نظام حقوقی اتحادیه اروپا، چین و ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۹ (۷۷): ۳۳-۵۷. URL: http://iiesj.ir/article-1-1573-en.html
- شکیبایی، سعید؛ مدیری، محمود؛ فتحی هفشجانی، کیومرث؛ والمحمدی امامچائی، چنگیز. (۱۴۰۲). طراحی مدل تامین مالی پروژههای انرژی تجدیدپذیر برای توسعه اقتصادی پایدار با رویکرد معادلات تفسیری-ساختاری جامع. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۹(۷۶): ۱۵۷-۱۹۷. URL: http://iiesj.ir/article-1-1538-fa.html


[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

- شوقی آغجه مشهد، فاطمه؛ فرخ بخت فومنی، علیرضا؛ قلی پور سلیمانی، علی. (۱۴۰۲). ارائه الگویی جهت پذیرش تکنولوژی و نوآوری‌های جدید در حوزه انرژی‌های تجدید پذیر توسط مصرف کنندگان ایرانی با رویکرد اقتصادی و مالی و اجتماعی مبتنی بر نظریه داده بنیاد. اقتصاد مالی, ۱۷(۶۲): ۱۲۳-۱۴۶. doi: 10.30495/fed.2023.700128
- ظریفی، سید فواد؛ موسی خانی، مرتضی؛ آذر، عادل؛ الوانی، سید مهدی. (۱۳۹۷). تجاری‌سازی ایده‌های کارآفرینانه در حوزه انرژی‌های تجدید پذیر، فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، ۴(۱۰): ۲۱۹-۱۹۳. URL: http://epprjournal.ir/article-1-284-fa.html
- قادرتوتونچی، علیرضا؛ درخشان محبوب، فاطمه. (۱۴۰۱). بررسی پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر برای تامین برق استان قزوین در افق ۱۴۱۰، هشتمین کنفرانس انرژی بادی ایران، تهران. https://civilica.com/doc/1560428
- قناعت پیشه، محمد. (۱۳۹۷). ارزیابی قابلیت اطمینان پتانسیل‌های نیروگاه بادی در رویکرد برنامه ریزی‌های توسعه تولید و بهره برداری از انرژی‌های تجدید پذیر کشور، دوازدهمین همایش بین المللی انرژی، تهران، کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران و دبیرخانه همایش بین المللی انرژی. https://civilica.com/doc/848591
- محمدپرست، حوا؛ شهرکی، جواد؛ مردانی نجف آبادی، مصطفی. (۱۴۰۲). تحلیل کارآیی انرژی و زیست محیطی بخش حمل و نقل تحت محدودیت‌های مصرف انرژی و آلودگی‌های زیست محیطی در ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۹ (۷۶): ۱۱۷-۱۵۶. URL: http://iiesj.ir/article-1-1543-en.html
- نیکویی، فاطمه؛ علوی راد، عباس؛ موسوی، سید نعمت اله. (۱۴۰۰). تاثیر گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش‌های اقتصادی ایران (صنعت, خدمات, کشاورزی). تحقیقات اقتصاد کشاورزی. ۲(۱۳): ۲۸۱-۲۹۴.
- Augustin, A. U., & Werz, D. B. (2021). Exploiting heavier organochalcogen compounds in donor–acceptor cyclopropane chemistry. Accounts of Chemical Research, 54 (6), 1528-1541.

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

- Donastorg, A.D., Renukappa, S. & Suresh, S. (2021). Financing renewable energy projects in the Dominican Republic: an empirical study. International Journal of Energy Sector Management, 16(1), 95-111.
- Graczyk A. M., Kusterka-Jefmańska, M., Jefmański, B., Graczyk, A. (2023). Pro-Ecological Energy Attitudes towards Renewable Energy Investments before the Pandemic and European Energy Crisis: A Segmentation-Based Approach. Energies, 16(2):707. https://doi.org/10.3390/en16020707
- He, X., Khan, S., Ozturk, I., Murshed, M. (2023). The role of renewable energy investment in tackling climate change concerns: Environmental policies for achieving SDG-13. Sustainable Development, 31(3): 1888-1901.
- Jahangiri, M., Haghani, A., Aliabadi Shamsabadi, A., Mostafaeipour, A., Pomares, L, M. (2019). Feasibility study on the provision of electricity and hydrogen for domestic purposes in the south of Iran using grid-connected renewable energy plants. Energy Strategy Reviews, 23:23-32 .
- Manakandan, S. K., Rosnah, I., Mohd, R. J., Priya ,R. (2017). Pesticide applicators questionnaire content validation: A fuzzy delphi method .Med J Malaysia, 72 (4), 228-235.
- Ming, Z., Ximei, L., Yulong, L., & Lilin, P. (2014). Review of renewable energy investment and financing in China: Status, mode, issues and countermeasures. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 31: 23-37.
- Mostafaeipour, A., Qolipour, M., Rezaei, M., Goudarzi, H. (2020). Techno-economic assessment of using wind power system for tribal region of Gachsaran in Iran. Journal of Engineering, Design and Technology, 18(2): 293-307.
- Mostafaeipour, A., Qolipour, M., Rezaei, M., Jahangiri, M., Sedaghat, A. (2020). A novel integrated approach for ranking solar energy location planning: a case study. Journal of Engineering, Design and Technology, 19(3): 698-720.
- Nematollahi, O., Alamdari, P., Jahangiri, M., Sedaghat, A., Alemrajabi, A, K. (2019). A techno-economical assessment of solar/wind resources and hydrogen production: A case study with GIS maps. Energy, 175: 914-930 .
- Qolipour, M., Mostafaeipour, A., Mohseni Tousi, O. (2017). Techno-economic feasibility of a photovoltaic-wind power plant construction for

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

electric and hydrogen production: A case study. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 78: 113-123.

- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega, 53: 49-57.
- Rezaei, M., Naghdi-Khozani, N., Jafari, N. (2020). Wind energy utilization for hydrogen production in an underdeveloped country: An economic investigation. Renewable Energy, 147 (1): 1044-1057 .
- Selim, M. M., & Alshareef, N. (2025). Trends and opportunities in renewable energy investment in Saudi Arabia: Insights for achieving vision 2030 and enhancing environmental sustainability. Alexandria Engineering Journal, 112, 224-234.
- Shimbar, A., & Ebrahimi, S. B. (2020). Political risk and valuation of renewable energy investments in developing countries. Renewable Energy. 145: 1325-1333.
- Sitlington, H. & Coetzer, A. (2015). Using the Delphi technique to support curriculum development. Education and Training, 57 (3): 306-321. https://doi.org/10.1108/ET-02-2014-0010
- Sun, Y.w., Hof, A., Wang, R., Liu, J., Lin, Y. j., Yang, D. w. (2013). GIS-based approach for potential analysis of solar PV generation at the regional scale: A case study of Fujian Province. Energy Policy, 58: 248-259.
- Zhang, X., Zhang, R., Feng, C., Wang, Y., Zhao, M., & Zhao, X. (2024). Decomposition analysis of renewable energy demand and coupling effect between renewable energy and energy demand: evidence from China. Renewable Energy, 121839.

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]

[ Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-26 ]