Journal of Financial Management Strategy
Vol. 8, No. 31
Winter 2020

Alzahra University- Faculty of Social Sciences and Economics
Received: 2018/11/01
Revised: 2019/02/11
Accepted: 2019/02/12

Research Paper

Developing a Model for Uncertainty Identification and Flexibility Enhancement in Capital Budgeting Decisions Based on Real Option Approach

Case Study: A Photovoltaic Plant in the South of Isfahan

Mohammad Mashhadizadeh[1], Mohsen Dastgir[2],Soheil Salahshour[3]

Abstract

Given the governing uncertainty on the financial conditions of investment projects, their economic appraisal requires a new insight like real option theory. This in turn can cover deficiencies of traditional methods of capital budgeting such as stationary and not considering uncertainty factors. Based on the mentioned theory, a model was proposed in the present study to identify and rank environmental uncertainties and effective managerial flexibilities or options on investment decisions in a photovoltaic plant in the south of Isfahan. In so doing, in a field study, uncertainty factors of this plant were identified through confirmatory factor analysis. The sample consisted of 36 experts. Then, impact factor of each factor on advantages and expenses of the above plant was evaluated using the fuzzy hierarchical analysis. In the next step, the effect of these options on the project value was tested by means of linear regression method. The research instruments were two researcher self-made questionnaires. Validity and reliability of each questionnaire were confirmed through Lawshe's content validity index and Cronbach's alpha coefficient. The results indicated the effect of uncertainty factors on investment environment of the plant. There was a significant relationship between the use of real option and flexibilities when the effect of investment in this plant increased. Meanwhile, the experts positively evaluated the effect of expansion, wait and abandonment options to increase the flexibility of investment decisions in this plant.

Keywords: Capital Budgeting, Real Option, Uncertainty, Fuzzy Logic.
JEL: G31, G11, C02

---

1 . Department of Management, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran, Email:moh.msh49@gmail.com
2 . Department of Accounting, Isfahan (Khorasgan) Branch ,Islamic Azad University, Isfahan, Iran,(Corresponding Author), Email:dastmw@yahoo.com
3 . Department of Mathematics, Mobarakeh Branch Islamic Azad University, Mobarakeh, Iran, Email:soheilsalahshour@mau.ac.ir

راهبرد مدیریت مالی
سال هشتم، شماره سی و یکم
زمستان ۱۳۹۹
صص ۱۸۶-۱۵۷

دانشگاه الزهرا (س)
دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۰
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۱/۲۲
تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳

مقاله پژوهشی

الگویی برای شناسایی عدم اطمینان و افزایش انعطاف در تصمیمات بودجه‌بندی سرمایه‌ای با رویکرد اختیار سرمایه‌گذاری (مطالعه موردی: نیروگاه برق فتوولتاییک جنوب اصفهان)[1]

محمد مشهدی زاده[2]، محسن دستگیر[3]، سهیل سلحشور[4]

چکیده

ارزیابی اقتصادی پروژه‌های سرمایه‌گذاری با توجه به عدم اطمینان حاکم بر شرایط مالی آن‌ها نیازمند تفکر جدیدی تحت عنوان نظریه اختیار سرمایه‌گذاری است تا نقایص روش‌های سنتی بودجه‌بندی سرمایه‌ای، ازجمله ایستا بودن و در نظر نگرفتن عدم اطمینان را پوشش دهد. بر اساس نظریه مذکور، در این پژوهش الگویی جهت شناسایی و رتبه‌بندی عدم اطمینان‌های محیطی و انعطاف‌ها یا اختیارات مدیریتی مؤثر بر تصمیمات سرمایه‌گذاری، در یک نیروگاه برق فتوولتاییک در اصفهان، ارائه گردید. برای این منظور ابتدا به روش پیمایشی عوامل عدم اطمینان این نیروگاه از دیدگاه یک نمونه ۳۶ نفره از خبرگان، به روش تحلیل عاملی اکتشافی شناسایی و ضریب اهمیت هر یک بر منافع و مخارج نیروگاه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی مشخص شد. سپس نقش این اختیارات بر ارزش پروژه به روش رگرسیون خطی مورد آزمون قرار گرفت. ابزار جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش دو پرسشنامه محقق‌ساز بود که روایی و پایایی هرکدام با استفاده از شاخص لاوشه و ضریب آلفای کرونباخ تائید گردید. نتایج حاکی از تأثیر عوامل عدم اطمینان بر محیط سرمایه‌گذاری و وجود رابطه معنی‌دار بین به‌کارگیری انعطاف‌ها و اختیارات سرمایه‌گذاری با افزایش ارزش سرمایه‌گذاری در این نیروگاه است. ضمن آنکه خبرگان، تأثیر به‌کارگیری اختیارات گسترش، صبر و واگذاری را جهت افزایش انعطاف‌پذیری تصمیمات سرمایه‌گذاری در این نیروگاه مثبت ارزیابی نمودند.

واژه های کلیدی: بودجه‌بندی سرمایه‌ای، اختیار سرمایه‌گذاری، عدم اطمینان، منطق فازی.
طبقه‌بندی موضوعی: C02, G11,G31

---

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/jfm.2019.22744.1827

۲. دانشجوی دکتری مدیریت دولتی- مالی، واحد اصفهان(خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. Email:moh.msh49@gmail.com

۳. استاد گروه حسابداری، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. نویسنده مسئول، Email:Dastmw@yahoo.com

٤. استادیار گروه ریاضی، واحد مبارکه، دانشگاه آزاد اسلامی، مبارکه، ایران. Email:soheilsalahshour@mau.ac.ir

مقدمه

در عصر حاضر، افزایش پیچیدگی و همچنین پویایی شرایط حاکم بر فعالیت‌های اقتصادی و مالی و به دنبال آن افزایش ریسک تصمیم‌گیری در سرمایه‌گذاری و یا تأمین مالی پروژه‌ها در شرایط عدم اطمینان و نوسان پارامترهای اقتصادی، لزوم بازنگری در روش‌های ارزیابی اقتصادی را ضروری ساخته است. به‌طورکلی روش‌های ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها به دودسته‌ی روش‌های سنتی و جدید تقسیم می‌شوند. روش‌های سنتی بودجه‌بندی سرمایه‌ای[1] شامل شاخص‌های مبتنی بر تنزیل جریان‌های نقدی[2] (DCF) نظیر خالص ارزش فعلی[3] (NPV)، نرخ بازده داخلی[4] (IRR) و شاخص سودآوری[5] (PI) و روش‌های مبتنی بر عدم تنزیل جریان‌های نقدی، مانند دوره بازگشت سرمایه[6] و میانگین نرخ بازده حسابداری، به هنگام رویارویی با عدم اطمینان و نوسان محیط اقتصادی، کفایت خود را از دست می‌دهند؛ بنابراین به‌عنوان شاخص‌های مالی مشترک بین شرکت‌ها و علیرغم سادگی محاسباتی، بدون توجه به عدم اطمینان حاکم بر محیط پروژه و انعطاف‌پذیری مدیریت در تصمیم‌گیری‌ها و درنهایت ارزش اضافی حاصل از اختیارات مدیریتی، تصویر ثابتی از وقایع آینده ارائه و در برخورد با عدم اطمینان بالا و پیچیدگی‌های زیاد محیط، از دقت و کفایت لازم برخوردار نیستند (فانی و همکاران،۱۳۹۱).

براین اساس و در پاسخ به نیازهای جدید، حدود سه دهه است که بودجه‌بندی سرمایه‌ای پروژه‌ها از دیدگاه نظریه جدید اختیارات سرمایه‌گذاری[7] (ROT) موردتوجه قرارگرفته تا نقایص روش‌های تنزیل جریان‌های نقدی را برطرف نماید.

در رویکرد اختیار سرمایه‌گذاری[8]، مسیرهای مختلفی برای تصمیم‌گیری در نظر گرفته می‌شود تا انعطاف‌پذیری کافی را برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در محیط‌های نامطمئن فراهم آورد (دستگیر،۱۳۸۷). این رویکرد به علت در نظر گرفتن انعطاف بیشتر در تصمیمات راهبردی بودجه‌بندی سرمایه‌ای، باعث بالا بردن ارزش سرمایه‌گذاری می‌شود (مایرز[9]،۱۹۷۷؛ دیویس و

---

1 . Capital Budgeting
2 . Discounted Cash Flows (DCF)
3 . Net Present Value (NPV)
4 . Internal Rate of Return (IRR)
5 . Profitability Index (PI)
6 . Payback Period (PP)
7 . Real Options Theory (ROT)
8 . Real Option Approach
9 . Myers

اون[1]،۲۰۰۳). به‌طورکلی مزیت این رویکرد نسبت به روش‌های سنتی به هنگام تحلیل تصمیمات استراتژیک سرمایه‌گذاری در شرایط عدم اطمینان، خود را نشان می‌دهد.

بدین ترتیب عدم اطمینان و انعطاف اصل و اساس رویکرد اختیار سرمایه‌گذاری در تصمیمات بودجه‌بندی سرمایه‌ای پروژه‌ها است؛ بنابراین یکی از ملزومات مهم این روش شناسایی عوامل عدم اطمینان حاکم بر محیط سرمایه‌گذاری و همچنین شناسایی انعطاف‌ها و اختیارات متناسب با ماهیت پروژه‌های سرمایه‌گذاری است که با اظهار تأسف از سوی پژوهشگران به دست فراموشی سپرده می‌شود. این پژوهش به دنبال پاسخ به این سؤال است که چگونه این عوامل عدم اطمینان و نوع اختیارات مناسب با هر پروژه سرمایه‌گذاری را باید شناسایی و جهت استفاده برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌های سرمایه‌گذاری با رویکرد نوین اختیار سرمایه‌گذاری بکار برد؟

مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

اختیار سرمایه‌گذاری

اختیار سرمایه‌گذاری، رویکردی نظام‌مند است که در آن با استفاده از نظریه مالی، تحلیل اقتصادی، تحقیق در عملیات، علم آمار، مدل‌سازی اقتصادسنجی و همچنین نظریه اختیار، در فضای تصمیم‌گیری پویا و همچنین محیط‌های تجاری نامطمئن، ارزش‌گذاری دارایی‌ها اعم از فیزیکی و مالی و هزینه‌یابی پروژه‌های اقتصادی، کاربرد می‌یابد (مان[2]، ۲۰۰۶؛ ذکاوت، ۱۳۸۸).

وجود اختیارات سرمایه‌گذاری در شرایط عدم اطمینان توجیه داشته و هر چه عدم اطمینان بیشتر باشد، ارزش اختیارات و یا انعطاف‌پذیری نیز بیشتر است. به بیان دقیق‌تر، ارزش ناشی از انعطاف‌پذیری با میزان عدم اطمینان متغیرهای تابع ارزش پروژه، رابطه مستقیم دارد. این امر باعث بروز تفاوت میان دیدگاه اختیار سرمایه‌گذاری و دیدگاه سنتی در مواجه با عدم اطمینان می‌شود. انواع انعطاف‌پذیری رایج در پروژه‌های سرمایه‌گذاری عبارت‌اند از: اختیار درنگ در سرمایه-گذاری یا اختیار صبر[3]، اختیار خروج از پروژه و رها کردن[4] آن، اختیار توسعه[5] و اختیار مرکب[6] که ترکیبی از انواع دیگر اختیار است (فانی و همکاران،۱۳۹۱).

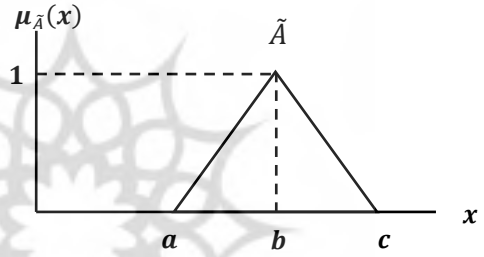
---

1 . Davis and Owens
2 . Mun
3 . Option to Defer
4 . Abandonment Option
5 . Expansion Option
6 . Compound Option

منطق فازی

منطق فازی[1]، یک منطق چند ارزشی در ریاضیات است که در مقابل منطق ارسطویی صفر- یک قرار داشته و به‌عنوان یک جهان‌بینی جدید با نیازهای دنیای پیچیده و سرشار از عدم اطمینان امروز سازگارتر از منطق ارسطویی است. زمانی که پیچیدگی سیستمی زیاد و داده‌ها ناکافی یا مبهم و غیرصریح باشند، منطق فازی بهترین ابزار برای مدل‌سازی و به تصویر کشیدن ابهام و عدم اطمینان، خواهد بود. (عطایی،۱۳۸۹). اعداد فازی مجموعه‌هایی هستند که برای توصیف مفاهیمی نظیر « تقریباً» و «در حدود» و «نزدیک به هم» استفاده می‌شوند. مهم‌ترین این اعداد، اعداد فازی مثلثی[2] است که با ۳ عنصر به‌صورت $\tilde{A} = (a, b, c)$ معرفی می‌شوند، نمایش هندسی و تابع عضویت چنین عددی عبارت است از: (آذر و رجب‌زاده،۱۳۹۱)

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & a \le x \le b \\ \dfrac{c-x}{c-b} & b \le x \le c \\ 0 & x > c \end{cases}$$



داده‌های مالی به طرق مختلف در زمان‌های مختلف توسط افراد مختلف با معیارهای متفاوتی گردآوری می‌شوند، لذا برخورد قطعی با چنین داده‌هایی منطقی به نظر نمی‌رسد. پس نوعی عدم اطمینان در بیان این داده‌ها وجود دارد. یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای بیان داده‌های واقعی بر اساس عدم اطمینان، استفاده از مفهوم داده‌های فازی مثلثی است که با ساختار واقعی انطباق بیشتری دارد. با انتخاب چنین داده‌هایی در محاسبات فازی، با خطای کمتری مواجه خواهیم شد. در ادبیات بودجه‌بندی سرمایه‌ای، هدف منطق فازی مواجهه با عدم اطمینان داده‌های مالی در آینده پروژه‌های سرمایه‌گذاری است.

مایرز نخستین کسی بود که بین اختیار مالی و سرمایه‌گذاری‌های واقعی مقایسه به عمل آورد. وی به این نتیجه رسید که نظریه قیمت‌گذاری اختیار، برای سرمایه‌گذاری‌های غیرمالی و دارایی‌های واقعی نیز کاربرد دارد و برای تمییز اختیارهای روی دارایی‌های واقعی از اختیارهای

---

1 . Fuzzy Logic
2 . Triangular

مالی قابل معامله در بازار، از اصطلاح اختیار سرمایه‌گذاری استفاده کرد که در محافل دانشگاهی و بازار نیز موردپذیرش قرار گرفت (مایرز،۱۹۷۷).

تریجورجیس[1] (۱۹۹۶) تحقیقات پراکنده قبل از خود در ارتباط با اختیار سرمایه‌گذاری را جمع‌آوری و تکنیک‌های بودجه‌بندی سرمایه‌ای را بازبینی و روشی را برای ارزشیابی این اختیار به‌منظور اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری در تصمیمات سرمایه‌گذاری بنا نهاد. به اعتقاد وی عدم اطمینان ناشی از منابع داخلی و خارجی پروژه و انعطاف‌پذیری در تصمیم، مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده ارزش اختیار سرمایه‌گذاری به شمار می‌روند (سینایی و هاشمی،۱۳۹۲).

از ابتدای قرن حاضر پژوهش‌های زیادی در ارتباط با کاربرد نظریه اختیار در بودجه‌بندی سرمایه‌ای به‌ویژه در شرایط عدم اطمینان به کمک منطق فازی به‌عنوان یک رویکرد ریاضی نیرومند جهت پوشش بهتر پویایی‌ها و عدم اطمینان‌های محیط سرمایه‌گذاری در پروژه‌های بزرگ صنعتی انجام پذیرفت که به برخی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

کارلسون و فولر[2] (۲۰۰۵) برای اولین بار با استفاده از منطق فازی در فرم بسته بلک شولز، پروژه‌های سرمایه‌گذاری شرکت مخابرات[3] NTI را پس از شناخت عدم اطمینان‌های حاکم بر محیط این پروژه‌ها، ارزیابی و به تعیین زمان بهینه اعمال اختیار سرمایه‌گذاری پرداختند و نتیجه گرفتند که پیاده‌سازی مدل آن‌ها به درک بهتر تصمیمات استراتژیک نزد مدیران، انعطاف بیشتر در تصمیم‌گیری‌ها و کنترل دقیق‌تر عدم اطمینان‌های حاکم بر محیط سرمایه‌گذاری پروژه‌های مخابراتی در کشورهای اروپایی، منجر خواهد شد.

لازو[4] و همکارانش (۲۰۰۷) از روش شبیه‌سازی مونت کارلو[5] به کمک اعداد فازی مثلثی برای ارزش‌گذاری اختیار گسترش یک میدان نفتی در کشور برزیل استفاده نمودند. نتایج برجسته مدل آن‌ها نسبت به ارزش‌گذاری غیر فازی اختیار گسترش باعث شد که این پژوهشگران مدل پیشنهادی خود را علیرغم پیچیدگی محاسباتی آن، به‌عنوان رویکردی مناسب در برخورد با عدم اطمینان‌های حاکم بر محیط سرمایه‌گذاری پروژه‌های نفتی برزیل، معرفی نمایند.

---

1 . Trigeorgis
2 . Carlsson and Fuller
3 . Nordic Telecom Inc
4 . Lazo
5 . Monte-Carlo Simulation

کولان[1] و همکارانش (۲۰۰۹) از دانشگاه فنلاند ضمن تمایز بین عوامل ریسک و عدم اطمینان و طبقه‌بندی هرکدام، یک مدل فازی برای ارزشیابی اختیار سرمایه‌گذاری ارائه نمودند. بر اساس این مدل استفاده از اعداد فازی می‌تواند به ارزشیابی اختیار در صنایع، کنترل عدم اطمینان‌های بازار و انعطاف‌پذیری مدیران، کمک زیادی بنماید.

لوئیز[2] و همکاران (۲۰۱۲) از رویکرد اختیار سرمایه‌گذاری برای ارزیابی اقتصادی مزارع بادی در اسپانیا استفاده کردند. قیمت برق و یارانه‌های دولتی را تابع یک فرآیند تصادفی در نظر گرفته و به کمک روش شبیه‌سازی مونت کارلو اختیار را ارزش‌گذاری و عوامل عدم اطمینانی چون یارانه‌های دولتی، نوسان قیمت برق و زمان انقضا اختیارات را جزو مهم‌ترین پارامترهای غیرقطعی مؤثر بر اختیار سرمایه‌گذاری در مزارع بادی اسپانیا، شناسایی کردند.

شین[3] (۲۰۱۴) از منطق اعداد فازی برای ارزش‌گذاری اختیار سرمایه‌گذاری در شرایط عدم اطمینان برای نیروگاه‌های برق بادی تایوان استفاده کرد. وی متغیرهای عدم اطمینان را به‌صورت فازی وارد مدل بلک شولز نمود و ضمن ارزیابی اختیار سرمایه‌گذاری نتیجه گرفت که منطق فازی به‌خوبی می‌تواند عدم اطمینان محیط سرمایه‌گذاری این پروژه‌ها را پوشش داده و ارزش بیشتری را نسبت به ارزش‌گذاری در حالت غیر فازی، فراهم سازد.

کروک و نیکولینا[4] (۲۰۱۶) ارزیابی اقتصادی پروژه‌های پر ریسک نفت و گاز در دریای آرکتیک روسیه را با روش اختیار سرمایه‌گذاری موردبررسی قراردادند. ابتدا عوامل حساس عدم اطمینان این پروژه‌ها نظیر پتانسیل رشد تقاضای بازار، قیمت محصولات، نرخ تورم، حجم سرمایه موردنیاز، هزینه‌های متغیر، هزینه‌های احداث و نرخ بهره بانکی را شناسایی و سپس به روش درخت دوجمله‌ای و تحلیل سناریو اختیارات سرمایه‌گذاری این پروژه‌ها را ارزش‌گذاری نموده و نتیجه گرفتند که استفاده از این مدل الگوی مناسبی جهت مدیریت ریسک این قبیل پروژه‌ها و افزایش انعطاف‌پذیری در تصمیمات بودجه‌بندی سرمایه‌ای (ارزیابی اقتصادی) پروژه‌های پر ریسک نفتی در شرایط عدم اطمینان است.

کنجاتاران[5] (۲۰۱۷) در پژوهشی تحت عنوان تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری در شرایط عدم اطمینان برای ۱۸۶ شرکت سریلانکایی ابتدا مؤلفه‌ها و عوامل عدم اطمینان مالی، اقتصادی، عملیاتی

---

1 . Collan
2 . Luiz
3 . Sheen
4 . Kruk and Nikulina
5 . Kengatharan

و اجتماعی حاکم بر محیط سرمایه‌گذاری این شرکت‌ها را با روش تحلیل عاملی شناسایی و با روش تحلیل رگرسیون چندگانه سلسله مراتبی[1]، ضریب اهمیت این عوامل را بر تصمیمات سرمایه‌گذاری تعیین نمود. نتایج پژوهش وی حاکی از تأثیر معنادار عدم اطمینان‌های مالی به‌ویژه عامل تورم بر تصمیمات بودجه‌بندی سرمایه‌ای پیشرفته (تلفیقی از روش‌های تنزیل جریان‌های نقدی (DCF) با نظریه اختیار و ابزارهایی مانند شبیه‌سازی مونت کارلو) بود.

در ایران تقریباً از سال ۱۳۸۸ موضوع اختیار سرمایه‌گذاری جدی‌تر از قبل در بخش نفت و گاز، پتروشیمی، معدن و نیروگاه‌های برق فسیلی موردتوجه قرار گرفت که همگی بر نقش بارز این اختیارات در سرمایه‌گذاری‌های پرخطر در حوزه‌های مذکور در شرایط عدم اطمینان و افزایش انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری‌ها، تأکید داشته‌اند. به‌عنوان نمونه دین‌محمدی و باقری (۱۳۹۰) اثر عدم اطمینان بر توجیه‌پذیری پروژه‌های سرمایه‌گذاری با روش اختیار سرمایه‌گذاری در صنعت پتروشیمی ایران را به کمک فرم بسته بلک شولز مورد تحلیل قرارداده و از این روش به‌عنوان یک رویکرد کاربردی و مؤثر جهت ارزیابی اقتصادی پروژه‌های سرمایه‌گذاری و تصمیم‌گیری‌های استراتژیک سازمانی یادکرده و دلایل این نتیجه‌گیری را ویژگی‌های این رویکرد همچون پویایی، سیستمی بودن، انعطاف‌پذیری و قابلیت استفاده در محیط‌های نامطمئن برشمردند.

سینایی و هاشمی (۱۳۹۲) در پژوهشی تحت عنوان بررسی میزان استفاده مدیران شرکت‌ها از نظریه اختیارات سرمایه‌گذاری با نظرسنجی از ۱۱۷ مدیر شرکت‌های سهامی بورس اوراق بهادار تهران، نگاه مدیران این شرکت‌ها به نظریه مذکور را به روش رگرسیون خطی مورد تحلیل قرارداده و نتیجه گرفتند که از دید این مدیران متغیرهایی نظیر هزینه سرمایه‌گذاری، نرخ بهره بدون ریسک، عدم اطمینان‌های محیطی و هزینه‌های پژوهش و توسعه در کاربرد اختیارات سرمایه‌گذاری تأثیرگذارند.

پورحیدری و احمدی (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان اختیارات سرمایه‌گذاری و افزایش تعهدات در تصمیمات بودجه‌بندی سرمایه‌ای، با نظرسنجی از دو گروه از کارشناسان مالی و حسابداری (تحت عنوان دو گروه آزمون و کنترل) به این نتیجه رسیدند که روش اختیارات سرمایه‌گذاری در بودجه‌بندی سرمایه‌ای ضمن تأثیر بر رفتار تصمیم‌گیرنده، منجر به انعطاف بیشتر در تصمیم‌گیری برای پروژه‌های بلندمدت (در شرایط عدم اطمینان) می‌گردد.

---

1 . Hierarchical Multiple Regression Analysis

در سال‌های اخیر عدم اطمینان و نقش آن در تصمیم‌گیری‌های مدیران مالی به‌ویژه در حوزه بودجه‌بندی سرمایه‌ای در پژوهش‌های داخلی چندی موردتوجه قرارگرفته است. از آن جمله جعفری اسکندری و همکارانش (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای تحت عنوان ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها در شرایط عدم قطعیت با استفاده از منطق فازی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی صفر و یک، جهت رفع کمبودهای ناشی از بی‌توجهی به عدم قطعیت پارامترها و نقش آن در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها، با در نظر گرفتن اهداف کمی و کیفی این ارزیابی‌ها، جهت لحاظ کردن عدم قطعیت در تصمیمات بودجه‌بندی سرمایه‌ای از منطق فازی استفاده نموده و نتیجه گرفتند که استفاده از مدل فازی ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها منجر به (افزایش انعطاف‌پذیری در) انتخاب بهترین پروژه‌ها در شرایط دنیای واقعی تحت شرایط عدم اطمینان خواهد شد. همچنین حیدری هراتمه (۱۳۹۶) در پژوهشی تحت عنوان بررسی تأثیر اختیار واقعی ناشی از فرصت‌های سرمایه‌گذاری بر بازده سهام شرکت‌های بازار بورس اوراق بهادار تهران در تأکید بر نقش بارز اختیار واقعی سرمایه‌گذاری بر انعطاف‌پذیری تصمیمات، نتیجه می‌گیرد که رابطه‌ی مثبت نوسان- بازدهی در سطح شرکت، برای شرکت‌هایی که دارای اختیارات واقعی بیشتری هستند، بسیار قوی‌تر بوده و از میزان حساسیت بازدهی سهام نسبت به نوسانات بازده، بعد از به‌کارگیری اختیارات واقعی توسط شرکت‌ها به طرز چشمگیری کاسته می‌شود؛ بنابراین رابطه‌ی نوسان - بازدهی برای شرکت‌هایی که دارای محدودیت‌های عملیاتی کمتر و قابلیت‌های بیشتر جهت پاسخگویی بهتر به درخواست‌های نامعین (انعطاف‌پذیری بیشتر) می‌باشند، بسیار قوی‌تر است.

پرسش‌های پژوهش

بر اساس آنچه گفته شد هدف این پژوهش ارائه الگویی برای شناسایی عوامل عدم اطمینان، انعطاف‌ها و اختیارات مدیریتی نهفته در دل پروژه‌های سرمایه‌گذاری است که در بودجه‌بندی سرمایه‌ای طبق رویکرد نوین اختیارات سرمایه‌گذاری مدنظر قرار می‌گیرند.

بر این اساس پرسش‌های پژوهش حاضر عبارت‌اند از:

۱- عدم اطمینان‌های حاکم بر محیط سرمایه‌گذاری پروژه‌ها با توجه به محیط ایران چگونه باید شناسایی شوند؟ رتبه‌بندی این عوامل چگونه باید باشد؟ آیا این عوامل بر کاربرد نظریه اختیار سرمایه‌گذاری تأثیرگذارند؟

۲- آیا به‌کارگیری اختیارات و انعطاف‌های مدیریتی نهفته در دل پروژه‌های سرمایه‌گذاری بر بهبود ارزش‌ها، سودآوری و استفاده از فرصت‌های مطلوب آینده، تأثیر معنی‌داری دارد؟ اختیارات و انعطاف‌های مدیریتی مناسب با هر پروژه از چه نوعی باید باشند؟

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از لحاظ گردآوری داده‌ها از نوع پیمایشی و از نظر ماهیت توصیفی-تحلیلی است. ازآنجاکه پژوهش‌های مربوط به بودجه‌بندی سرمایه‌ای یا ارزیابی اقتصادی مستلزم بررسی یک پروژه سرمایه‌گذاری واقعی است، لذا به‌عنوان مطالعه موردی یک نیروگاه برق فتوولتاییک ۲ مگاواتی در جنوب استان اصفهان (به‌عنوان یکی از مناطق فوق‌العاده مستعد در تولید برق خورشیدی در ایران) را موردبررسی قرار می‌دهیم.

جامعه آماری این پژوهش، خبرگان یا کارشناسان انرژی‌های خورشیدی (در دسترس) با حداقل دو ویژگی بودند: ۱) آشنایی با مسائل فنی و محیطی مؤثر بر تولید برق در نیروگاه‌های فتوولتاییک ۲) آشنایی با روش‌های ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها یا بودجه‌بندی سرمایه‌ای.

بدین ترتیب انتخاب نمونه آماری، از نوع هدفمند غیر احتمالی بر اساس (الف) در دسترس بودن، (ب) وجود یک تناسب منطقی بین نمونه و نیازهای پژوهش و (ج) تناسب علمی و تخصصی افراد حاضر در نمونه با موضوع پژوهش، مدنظر قرار گرفت. علت این انتخاب را می‌توان سه دلیل مهم (۱) تخصصی بودن موضوع پژوهش؛ (۲) منحصربه‌فرد بودن موضوع و وابستگی به افرادی که فقط آنان دراین‌ارتباط با پیچیدگی‌های موضوع پژوهش، از آگاهی متناسب بهره‌مند هستند؛ (۳) ضرورت وجود سازگاری نظری با موضوع پژوهش در نزد اعضای نمونه آماری، دانست (بیی[1]، ۱۳۸۱).

ازآنجایی‌که در پژوهش‌های تجربی حداقل حجم نمونه باید ۱۵ نفر باشد (حافظ نیا،۱۳۸۸)، در این پژوهش نیز به پیروی از قاعده مذکور و به دلیل تعداد محدود کارشناسان با ویژگی‌های گفته‌شده جهت جمع‌آوری داده‌ها و تکمیل پرسشنامه‌های مقدماتی ۱۲ کارشناس و برای تکمیل پرسشنامه‌های نهایی، به روش تصادفی تعداد ۳۶ کارشناس انتخاب شدند.

ابزار جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش دو پرسشنامه محقق ساز است. پرسشنامه اول شامل ۱۳ متغیر یا گویه در ارتباط با مؤلفه‌ها یا عوامل عدم اطمینان (اقتصادی، محیطی، فنی و زیربنایی)

---

1 . Babbie

حاکم بر محیط سرمایه‌گذاری نیروگاه‌های فتوولتاییک برای اخذ نظرات خبرگان بر اساس معیارهای عددی ساعتی[1] (۱۹۸۰) و در مقایسه با طیف لیکرت مطابق جدول (۱) طراحی گردید.

جدول ۱. متغیرهای کلامی و امتیازدهی پرسشنامه اول

متغیر کلامی	بسیار با اهمیت	با اهمیت	اهمیت متوسط	کم اهمیت	بدون اهمیت
امتیاز روش ساعتی	۹	۷	۵	۳	۱
امتیاز طیف لیکرت	۵	٤	۳	۲	۱

پرسشنامه دوم نیز شامل ۹ گویه حاکی از شرایط به‌کارگیری اختیارات و انعطاف‌های مدیریتی در پروژه‌های فتوولتاییک و نوع اختیارات موردنظر در این پروژه‌ها که همگی بر اساس مصاحبه‌های مقدماتی و بررسی ادبیات موضوع به‌دست‌آمده بودند، برای اخذ نظرات خبرگان بر اساس طیف ۵ سطحی لیکرت تنظیم گردید. به‌منظور حفظ روایی ظاهری و روایی محتوایی، پرسشنامه‌های مقدماتی در اختیار ۱۲ نفر از خبرگان در حوزه‌های برق و انرژی‌های خورشیدی و حسابداری و مالی قرار گرفت و سپس با توضیح اهداف آزمون برای آن‌ها و ارائه تعاریف عملیاتی مربوط به محتوای سؤالات، از آن‌ها خواسته شد تا هریک از سؤالات را بر اساس طیف سه‌بخشی لیکرت «گویه ضروری است»، «گویه مفید است ولی ضروری نیست» و «گویه غیرضروری است» طبقه‌بندی کنند. سپس شاخص نسبت روایی محتوایی لاوشه[2] (CVR) محاسبه گردید. بر اساس جدول مخصوص این شاخص و با توجه به ۱۲ نفر کارشناس نمره گذار، باید حداقل مقدار این شاخص ۰/۵۶ باشد تا روایی محتوا تائید گردد. شاخص نسبت روایی محتوایی لاوشه برای گویه‌های دو پرسشنامه بزرگ‌تر از حداقل مقدار ۰/۵۶ محاسبه و روایی محتوایی و ظاهری گویه‌ها تائید گردید. همچنین ضریب آلفای کرونباخ پرسشنامه مقدماتی برابر ۰/۶۹۱ نشان از پایایی قابل‌قبول آن بود. پس از تائید روایی و پایایی مطالعه مقدماتی، پرسشنامه‌ها برای اعضا نمونه ارسال و با پیگیری‌های مکرر ۳۰ پرسشنامه (با نرخ بازگشت ۸۳٪) عودت داده شد.

بدین ترتیب در این پژوهش منظور از شناسایی عدم اطمینان‌های حاکم بر محیط سرمایه‌گذاری در نیروگاه فتوولتاییک عبارت است از انجام هرگونه پرس‌وجو و مصاحبه با کارشناسان خبره جهت شناخت رخدادهایی که سرمایه‌گذاری در این حوزه را تحت تأثیر قرارداده، به‌نحوی‌که برآورد احتمال وقوع آن‌ها مشکل باشد. این اطلاعات از طریق نمرات به‌دست‌آمده از بررسی گویه‌های ۱ تا ۱۳ پرسشنامه به شرح جدول (۲) به روش تحلیل

1 . Saaty
2 . Lawshe

عاملی اکتشافی کشف و سنجیده شده و سپس با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی[1] رتبه‌بندی می‌شوند. همچنین منظور از شناسایی اختیارات سرمایه‌گذاری یا انعطاف‌های نهفته در پروژه سرمایه‌گذاری فتوولتاییک اصفهان، عبارت است از انجام هرگونه پرس‌وجو و مصاحبه با کارشناسان خبره در این حوزه به‌منظور دستیابی به یک توافق گروهی بین ایشان، در ارتباط با پذیرش مفهوم اختیارات سرمایه‌گذاری، نقش آن در وضعیت نقدینگی، سود و زیان آتی پروژه می‌باشد و تأثیر معنادار به‌کارگیری این اختیارات بر بهبود ارزش‌ها، سودآوری و استفاده از فرصت‌های مطلوب آینده، است. این توافق از طریق نمرات به‌دست‌آمده از بررسی گویه‌های ۱ تا ۹ پرسشنامه دوم به روش رگرسیون خطی مورد تحلیل قرارگرفته است.

جدول ۲. عدم اطمینان‌های مؤثر بر محیط سرمایه‌گذاری در نیروگاه فتوولتاییک

گویه	متغیر	نماد
۱	متوسط تابش خورشید بر پانل‌های مسطح و ثابت در هر روز[2]	***ASR***
۲	میزان تابش سالانه خورشید (میزان دریافت اشعه) در منطقه[3] محل احداث	***SRD***
۳	تعداد روزهای آفتابی در سال[4] در منطقه موردمطالعه	***NSD***
٤	شفافیت هوا (آلودگی هوا)[5] در منطقه موردمطالعه	***TA***
٥	پاکیزگی سطوح[6] پنل‌های فتوولتاییک	***CS***
٦	دمای هوا و دیگر شرایط آب و هوایی[7] مثل میزان بارش، وزش باد، گرد و غبار و...	***AC***
۷	کارایی مدول های فتوولتاییک[8]	***EPM***
۸	نرخ بهره[9] بازار برای سرمایه‌گذاری در حوزه برق خورشیدی	***r***
۹	نرخ تورم[10] بازار	***F***
۱۰	تعرفه[11] خرید تضمینی برق خورشیدی توسط شبکه دولتی	***t***
۱۱	هزینه‌های عملیاتی، نگهداری و تعمیرات دوره‌ای[12]	***OMC***
۱۲	نوسان نرخ ارز[13] (مؤثر بر مخارج خرید تجهیزات از خارج کشور)	***V***
۱۳	مشوق‌ها، حمایت‌ها و سیاست‌های دولتی (یارانه‌ها و معافیت‌های مالیاتی[14])	***S***

1 . Fuzzy Delphi Analytical Hierarchy Process (FDAHP)
2 . Sun Radiation Daily (SRD)
3 . Annual Solar Radiation in area (ASR)
4 . Number of Sunny Days per year (NSD)
5 . Transparency of Air (TA)
6 . Clean The Surface (CS)
7 . Atmospheric Conditions (AC)
8 . Efficiency of Photovoltaic Modules (EPM)
9 . Interest Rate (r)
00 . Inflation Rate (f)
11 . Tariffs (t)
22 . Operational & periodic Maintenance Costs (OMC)
33 . Exchange Rate Volatility (V)
44 . Subsidies and Tax Exemptions (S)

تجزیه‌وتحلیل داده‌های پژوهش

جدول (۳) مقادیر آماره‌های توصیفی متغیرهای پرسشنامه اول را نشان می‌دهد. بر این اساس بیشترین مقدار میانگین برای متغیرهای متوسط تابشASR و میزان تابش سالانه نور خورشید SRD و حاکی از توجه ویژه کارشناسان بر عوامل محیطی است. همچنین از دیدگاه کارشناسان کمترین انحراف معیار متعلق به متغیر نوسان نرخ ارز بوده که نشان از پراکندگی کمتر این متغیر نسبت به سایر متغیرها است.

جدول ۳. آمار توصیفی داده‌ها

گویه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
۱	٤/٥٠٠٠	۰/۸٦۱۰۳	−۱/۹۱۰	۳/۲۱۳
۲	٤/٥٠٠٠	۰/۸۲۰۰۱	−۱/٦۰۸	۱/۹۰٥
۳	٤/۳۳۳۳	۰/۸۰۲۳۰	−۱/٥٥۸	۳/۰۳۳
٤	۳/۹٦٦۷	۰/۸۸۹۹۲	−۰/٥٦۱	−۰/۲٦٥
٥	۳/۷۳۳۳	۰/۷۳۹٦۸	−۰/٦۱٥	۰/٦۱٥
٦	۳/٥٦٦۷	۰/۸٥۸۳٦	−۱/۰۹۷	۱/۷٦٦
۷	۳/۸۰۰۰	۰/۸۸٦٦۸	−۰/۲۱٦	−۰/٦٤٦
۸	۳/۸۰۰۰	۰/۹۹٦٥٥	−۰/٤٦٦	−۰/۷۱۱
۹	۳/۷٦٦۷	۱/۱۰٤۳	−۰/٦٥٥	−۰/۱٦۹
۱۰	۳/۹٦٦۷	۰/۹۲۷۸٦	−۰/٤۸٦	−۰/٦۲۳
۱۱	۳/٦۳۳۳	۰/۸٥۰۲۹	۰/۰۹۳	−۰/٥۹٤
۱۲	۳/٦۰۰۰	۰/۷۲۳۹۷	−۰/۹٥۸	۰/٥۰۷
۱۳	٤/۰۳۳۳	۰/۹٦٤۳۱	−۰/٥٦٤	−۰/۷٥٥

مأخذ: یافته‌های پژوهش

برای پاسخ به سؤال اول پژوهش، داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS و با روش تحلیل عاملی اکتشافی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرند. برای انجام تحلیل عاملی باید اطمینان حاصل کرد که آیا می‌توان داده‌های موجود را برای تحلیل مورداستفاده قرار داد؟ برای این منظور از شاخص KMO و آزمون کرویت بارتلت برای کفایت نمونه‌گیری و مناسب بودن همبستگی داده‌های گردآوری‌شده، استفاده می‌شود. جدول (۴) اطلاعات ارائه‌شده را بر اساس محاسبات نرم‌افزار SPSS به تصویر می‌کشد. نتایج نشان می‌دهد که شاخص KMO با مقدار ۰/۶۱۶ که

بزرگ‌تر از ۰/۶ است، در سطح قابل‌قبولی قرار داشته و نشانگر کفایت داده‌ها و نمونه برای تحلیل عاملی اکتشافی است. لازمه ادامه تحلیل عاملی، معناداری آزمون بارتلت است. نتایج این آزمون با سطح معنی‌داری کوچک‌تر از ۰/۰۵ حاکی از مناسب بودن مدل برای شناسایی ساختار عاملی و قبول فرض وجود همبستگی بین گویه‌ها (عوامل عدم اطمینان مورد شناسایی) است.

جدول ٤. نتایج آزمون KMO و بارتلت

مقدار آزمون KMO	۰/٦١٦			
آزمون کرویت بارتلت	۱۷٤/۰۹۹=آماره χ^2	۷۸=درجه آزادی	۰/۰۰= سطح معناداری	

مأخذ: یافته‌های پژوهش

روایی محتوایی پرسشنامه اول با استفاده از بارهای عاملی، بر اساس جدول (۵) تائید می‌گردد.

جدول ۵. نتایج بررسی روایی محتوایی پرسشنامه اول

گویه	بار عاملی (میزان اشتراک هر گویه در عامل)	نتیجه روایی محتوایی
۱	۰/۷٤۷	مطلوب
۲	۰/٦۲٥	مطلوب
۳	۰/۸۰۷	مطلوب
٤	۰/۸۳٥	مطلوب
٥	۰/۸۰۰	مطلوب
٦	۰/٦۸۱	مطلوب
۷	۰/۷٦۸	مطلوب
۸	۰/۸۰۳	مطلوب
۹	۰/۷٦۹	مطلوب
۱۰	۰/٥۷۱	قابل‌قبول
۱۱	۰/٤٥٦	قابل‌قبول
۱۲	۰/٥۷۹	قابل‌قبول
۱۳	۰/٥٤٤	قابل‌قبول

مأخذ: یافته‌های پژوهش

روایی همگرا بدان معناست که آیا هرگویه فقط مؤلفه خود را اندازه‌گیری می‌کند؟ برای پاسخ به این سؤال از میانگین واریانس استخراج‌شده یعنی مجموع مربعات بارهای عاملی گویه های یک مؤلفه تقسیم‌بر تعداد گویه های آن مؤلفه استفاده‌شده که باید عددی بزرگ‌تر از ۰/۵ باشد (هومن،۱۳۸۹). جدول (۶) نتایج برقراری روایی همگرا را نشان می‌دهد.

جدول ٦. بررسی مقادیر میانگین واریانس استخراج‌شده و روایی همگرایی مؤلفه‌ها

مؤلفه	تعداد گویه‌ها	مجموع مربعات بارهای عاملی	میانگین واریانس استخراج‌شده	نتیجه
اول	۳	۲/٤٤۰	۰/۸۱۳	برقراری روایی همگرا
دوم	٤	۲/۳۲۸	۰/٥۸۲	برقراری روایی همگرا
سوم	۳	۲/۲۷٦	۰/۷٥۹	برقراری روایی همگرا
چهارم	۳	۱/۹٤۰	۰/٦٤۷	برقراری روایی همگرا

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۷. نتایج تحلیل عاملی اکتشافی

مؤلفه‌ها	ضرایب عاملی دوران یافته				بار عاملی
گویه‌ها	اقتصادی	فنی	محیطی	ساختاری	(میزان اشتراک هر گویه در عامل)
۸	۰/۸۸۳				۰/۸۰۳
۹	۰/۷۲۷				۰/۷٦۹
۱۳	۰/٥۹٦				۰/٥٤٤
٦		۰/۷۹۷			۰/٦۸۱
٥		۰/٦۹٤			۰/۸۰۰
۷		*۰/٦٤۲		۰/٥۹۲	۰/۷٦۸
۱۱		۰/٥۳۰			۰/٤٥٦
٤			۰/۸۹۸		۰/۸۳٥
۳			۰/۷۳۱		۰/۸۰۷
۱			۰/٦٥۸		۰/۷٤۷
۱۲				۰/۷۲۱	۰/٥۷۹
۲				۰/٦۷٥	۰/٦۲٥
۱۰	۰/٥۲۰			*۰/٥٤۰	۰/٥۷۱
واریانس توجیه شده	۱۸/۷۷۳	۱۷/۹۰۸	۱۷/٥۰٥	۱٤/۹۲٥	
واریانس تجمعی	۱۸/۷۷۳	۳٦/٦۸۱	٥٤/۱۸٦	٦۹/۱۱۱	
مقدار ویژه	۲/٤٤۰	۲/۳۲۸	۲/۲۷٦	۱/۹٤۰	

* انتخاب با توجه به بار عاملی بزرگ‌تر برای گویه های ۷ و۱۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در جدول (۷) جدول تحلیل عاملی اکتشافی پرسشنامه، بارهای عاملی کمتر از ۰/۵ در نظر گرفته نشده است. بارهای عاملی بیشتر از ۰/۵ معنادار بوده، بنابراین هیچ‌یک از گویه‌ها نباید حذف شوند.

مجموع واریانس استخراج‌شده برای ۴ عامل (مؤلفه) ۶۹/۱۱۱ درصد می‌باشد که مقدار قابل‌توجهی است، یعنی این چهار عامل حدود ۶۹٪ از واریانس را توجیه می‌کنند.

جهت بررسی پایایی پرسشنامه اول از آزمون آلفای کرونباخ استفاده‌شده است. ضریب آلفای کمتر از ۰/۶ ضعیف، ۰/۷ قابل‌قبول و بیش از ۰/۸ خوب خواهد بود. جدول (۸) نتایج ضریب آلفا و تائید پایایی مؤلفه‌های پرسشنامه را نشان می‌دهد.

جدول ۸. محاسبه آلفای کرونباخ و پایایی مؤلفه‌های پرسشنامه

مؤلفه	تعداد گویه‌ها	آلفای کرونباخ	نتیجه برقراری پایایی
کل	۱۳	۰/۸۱٦	خوب
اقتصادی	۳	۰/۷٥٤	قابل‌قبول
فنی	٤	۰/۷۱۹	قابل‌قبول
محیطی	۳	۰/۸۳۷	خوب
ساختاری	۳	۰/٦۷٦	قابل‌قبول

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتیجه تحلیل عاملی اکتشافی، یعنی شناسایی عوامل عدم اطمینان مؤثر بر سرمایه‌گذاری در نیروگاه فتوولتاییک و پارامترهای دخیل در این عوامل، به شرح جدول (۹) ارائه می‌گردد.

جدول ۹. شناسایی عوامل عدم اطمینان و متغیرهای دخیل در هر عامل

عوامل/ مؤلفه‌ها	گویه	متغیرهای نظرسنجی شده	بار عاملی
اقتصادی	۸	نرخ بهره بازار برای سرمایه‌گذاری در حوزه برق خورشیدی	۰/۸۰۳
	۹	نرخ تورم بازار	۰/۷٦۹
	۱۳	مشوق‌ها و حمایت‌های دولتی (یارانه‌ها و معافیت‌های مالیاتی)	۰/٥٤٤
فنی	٥	پاکیزگی سطوح پنل‌های فتوولتاییک	۰/۸۰۰
	٦	دمای هوا و دیگر شرایط آب و هوایی مثل میزان بارش و ...	۰/٦۸۱
	۷	کارایی مدول‌های فتوولتاییک	۰/۷٦۸
	۱۱	هزینه‌های مدول‌ها، نصب و راه‌اندازی سیستم‌های الکتریکی	۰/٤٥٦
محیطی	۱	متوسط تابش خورشید بر پانل‌های مسطح و ثابت در هر روز	۰/۷٤۷
	۳	تعداد روزهای آفتابی در سال	۰/۸۰۷
	٤	شفافیت هوا (آلودگی هوا)	۰/۸۳٥
	۲	میزان تابش سالانه (میزان دریافت اشعه خورشید) در منطقه	۰/٦۲٥
ساختاری	۱۰	تعرفه خرید تضمینی برق خورشیدی توسط شبکه دولتی	۰/٥۷۱
	۱۲	نوسان نرخ ارز (مؤثر بر مخارج خرید تجهیزات از خارج کشور)	۰/٥۷۹

اکنون برای پاسخ به این سؤال که آیا این عوامل شناسایی‌شده بر سرمایه‌گذاری در این نیروگاه تأثیر می‌گذارند، ابتدا باید مشخص گردد که عوامل شناسایی‌شده دارای توزیع نرمال هستند یا خیر؟ برای پاسخ به سؤال نرمال بودن متغیرها از آزمون کلموگروف- اسمیرنوف استفاده و باید آزمون فرض زیر انجام شود:

$$\begin{cases} \boldsymbol{H_0}: \text{توزیع داده ها نرمال است} \\ \boldsymbol{H_1}: \text{توزیع داده ها نرمال نیست} \end{cases}$$

جدول (۱۰) نرمال بودن مؤلفه‌ها و گویه های شناسایی‌شده در پرسشنامه اول را تائید می‌کند.

جدول ۱۰. نتایج آزمون کلموگروف- اسمیرنوف برای عوامل شناسایی‌شده

مؤلفه یا عامل	میانگین	انحراف استاندارد	P-Value	فرض صفر	نتیجه
اقتصادی	۳/۸٦۷۵	۰/۸۳۷۵۰	۰/۵۹٦	تائید	نرمال
فنی	۳/٦۸۳۳	۰/٦۱۵٦۵	۰/۳۰۸	تائید	نرمال
محیطی	٤/۲٦٦۷	۰/۷۳۹٦۸	۰/۰۷۵	تائید	نرمال
زیربنایی	۳/۸٦۷۰	۰/۸۳۷۵۰	۰/۵۹٦	تائید	نرمال

مأخذ: یافته‌های پژوهش

سپس از آزمون t تک نمونه‌ای (پارامتریک) استفاده و آزمون زیر انجام می‌گردد.

آزمون پارامتری t تک نمونه‌ای زمانی که قصد مقایسه میانگین یک (نمونه) متغیر با یک میانگین تعیین‌شده یا مفروض و نظری باشد، بکار می‌رود. این میانگین مفروض یا نظری می‌تواند یک مقدار معمول و رایج، یک مقدار استاندارد یا مورد انتظار یا یک مقدار متوسط باشد(کریمی،۱۳۹۴).

در این پژوهش ازآنجاکه میانگین به‌دست‌آمده از مطالعه مقدماتی با ۱۲ نفر کارشناس، عددی نزدیک به ۳ به‌دست‌آمده بود و از طرف دیگر مقدار متوسط (میانه و میانگین امتیازات طیف لیکرت) عدد ۳ می‌باشد، لذا در طرح آزمون فرض مقایسه میانگین از عدد ۳ استفاده‌شده است.

$$\begin{cases} \boldsymbol{H_0}: \boldsymbol{\mu \leq 3} \rightarrow \text{عوامل و متغیر های نظر سنجی و شناسایی شده بر سرمایه گذاری در این حوزه تأثیر ندارند .} \\ \boldsymbol{H_1}: \boldsymbol{\mu > 3} \rightarrow \text{عوامل و متغیر های نظر سنجی و شناسایی شده بر سرمایه گذاری در این حوزه تأثیر دارند .} \end{cases}$$

جدول ۱۱. نتایج حاصل از آزمون عوامل عدم اطمینان شناسایی و نظرسنجی شده

عوامل	آماره آزمون	سطح معنی‌دار Sig	فرض صفر $t_{0.05}$ =۱/۶۹۹ / df =۲۹	فاصله اطمینان ۹۵٪	
عوامل اقتصادی	۵/۶۷۰	۰/۰۰۰	رد	۰/۵۵۴۳	۱/۱۷۹۷
عوامل فنی	۵/۶۷۰	۰/۰۰۰	رد	۰/۴۵۳۴	۰/۹۱۳۲
عوامل محیطی	۹/۳۷۹	۰/۰۰۰	رد	۰/۹۹۰۵	۱/۵۴۲۹
عوامل زیربنایی	۵/۶۷۰	۰/۰۰۰	رد	۰/۵۵۴۳	۱/۱۷۹۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول (۱۱) نشان می‌دهد که با توجه به سطح معنی‌داری یا مقدار خطای محاسبه‌شده (Sig) کمتر از ۵٪، فرض صفر برای تمام متغیرها با توجه به مقدار بحرانی (۱/۶۹۹) رد شده و بدین ترتیب میانگین هر یک از متغیرهای دخیل بر عوامل عدم اطمینان، اختلاف معنی‌داری با عدد ۳ دارد. همچنین در فاصله اطمینان ۹۵٪ برای میانگین عدد ۳ در حد بالا و پایین قرار نداشته، پس می‌توان نتیجه گرفت که میانگین این متغیرها برابر ۳ نیز نمی‌باشد. به عبارت بهتر، عوامل اقتصادی، فنی، محیطی و ساختاری شناسایی‌شده و متغیرهای نظرسنجی شده آن‌ها همگی بر محیط سرمایه‌گذاری نیروگاه فتوولتاییک تأثیر دارند. اکنون برای رتبه‌بندی عوامل عدم اطمینان شناسایی‌شده، نتایج خروجی تحلیل عاملی اکتشافی برای رتبه‌بندی و تعیین ضریب اهمیت هر یک از عوامل و گویه های شناسایی‌شده به‌عنوان ورودی روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی تلقی شده و ضریب اهمیت عوامل (یعنی میزان چگونگی اثرگذاری این عوامل بر سرمایه‌گذاری در این حوزه) تعیین می‌گردد. در این روش ابتدا باید ماتریس مقایسه زوجی متناظر با هر یک از گویه‌ها از نظر کارشناس اول تا کارشناس سی‌ام به‌صورت جداگانه برای هر یک و بر اساس نظرات حاصل از نظرسنجی به‌طور مستقیم، تشکیل گردد. برای تهیه ماتریس مقایسه زوجی فازی برای تمام گویه‌ها نیز نظرات حاصل از نظرسنجی به‌طور مستقیم مدنظر قرار می‌گیرد. (عطایی، ۱۳۸۹).

جدول (۱۲) ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی گویه های نظرسنجی شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱۲. ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی عوامل عدم اطمینان

ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی گویه های نظر سنجی شده	گویه	۱			۲			۳			۴			۵			۶		
	۱	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۶	۰/۹۹	۱/۸۰	۰/۵۶	۱/۰۴	۱/۲۹	۰/۷۱	۱/۱۶	۱/۸۰	۰/۷۸	۱/۲۳	۱/۸۰	۰/۶۰	۱/۳۴	۳/۰۰
	۲	۰/۵۶	۱/۰۱	۱/۸۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۶	۱/۰۵	۱/۶۷	۰/۷۱	۱/۱۷	۱/۸۰	۰/۵۶	۱/۲۴	۱/۸۰	۰/۷۱	۱/۲۳	۱/۸۰
	۳	۰/۷۸	۰/۹۶	۱/۸۰	۰/۶۰	۰/۹۶	۱/۸۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۸	۱/۱۲	۱/۸۰	۰/۷۸	۱/۱۹	۱/۸۰	۰/۶۰	۱/۲۹	۳/۰۰
	۴	۰/۵۶	۰/۸۶	۱/۴۰	۰/۵۶	۰/۸۶	۱/۴۰	۰/۵۶	۰/۹۰	۱/۲۹	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۱	۱/۰۶	۱/۸۰	۰/۵۶	۱/۱۶	۳/۰۰
	۵	۰/۵۶	۰/۸۱	۱/۲۹	۰/۵۶	۰/۸۱	۱/۸۰	۰/۵۶	۰/۸۴	۱/۲۹	۰/۵۶	۰/۹۴	۱/۴۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۶	۱/۰۹	۳/۰۰
	۶	۰/۳۳	۰/۷۵	۱/۶۷	۰/۵۶	۰/۸۲	۱/۴۰	۰/۳۳	۰/۷۷	۱/۶۷	۰/۳۳	۰/۸۶	۱/۸۰	۰/۳۳	۰/۹۲	۱/۸۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۷	۰/۵۶	۰/۸۲	۱/۲۹	۰/۵۶	۰/۸۲	۱/۴۰	۰/۵۶	۰/۸۵	۱/۲۹	۰/۵۶	۰/۹۵	۱/۸۰	۰/۵۶	۱/۰۱	۱/۸۰	۰/۶۰	۱/۱۰	۳/۰۰
	۸	۰/۳۳	۰/۸۱	۱/۶۷	۰/۳۳	۰/۷۷	۱/۴۰	۰/۳۳	۰/۸۴	۱/۶۷	۰/۳۳	۰/۹۴	۱/۸۰	۰/۴۳	۱/۰۰	۱/۸۰	۰/۴۳	۱/۰۸	۳/۰۰
	۹	۰/۳۳	۰/۷۸	۱/۲۹	۰/۳۳	۰/۷۷	۱/۴۰	۰/۳۳	۰/۸۱	۱/۲۹	۰/۳۳	۰/۹۰	۱/۸۰	۰/۳۳	۰/۹۶	۱/۸۰	۰/۴۳	۱/۰۴	۲/۳۳
	۱۰	۰/۳۳	۰/۸۶	۱/۸۰	۰/۳۳	۰/۸۵	۱/۴۰	۰/۴۳	۰/۸۹	۱/۶۷	۰/۳۳	۱/۰۰	۱/۸۰	۰/۴۳	۱/۰۶	۱/۸۰	۰/۶۰	۱/۱۵	۳/۰۰
	۱۱	۰/۴۳	۰/۷۸	۱/۶۷	۰/۳۳	۰/۷۸	۱/۴۰	۰/۳۳	۰/۸۱	۱/۶۷	۰/۳۳	۰/۹۰	۱/۸۰	۰/۵۶	۰/۹۶	۱/۸۰	۰/۶۰	۱/۰۵	۳/۰۰
	۱۲	۰/۳۳	۰/۷۸	۱/۸۰	۰/۳۳	۰/۷۷	۱/۶۷	۰/۳۳	۰/۸۱	۱/۶۷	۰/۴۳	۰/۹۰	۱/۶۷	۰/۳۳	۰/۹۶	۱/۸۰	۰/۴۳	۱/۰۴	۵/۰۰
	۱۳	۰/۵۶	۰/۸۷	۱/۸۰	۰/۵۶	۰/۸۷	۱/۴۰	۰/۵۶	۰/۹۱	۱/۲۹	۰/۵۶	۱/۰۱	۱/۸۰	۰/۷۱	۱/۰۸	۱/۸۰	۰/۶۰	۱/۱۷	۳/۰۰

۷			۸			۹			۱۰			۱۱			۱۲			۱۳		
۰/۷۸	۱/۲۲	۱/۸۰	۰/۶۰	۱/۲۴	۳/۰۰	۰/۷۸	۱/۲۹	۳/۰۰	۰/۵۶	۱/۱۶	۳/۰۰	۰/۶۰	۱/۲۸	۲/۳۳	۰/۵۶	۱/۲۹	۳/۰۰	۰/۵۶	۱/۱۴	۱/۸۰
۰/۷۱	۱/۲۳	۱/۸۰	۰/۷۱	۱/۲۴	۳/۰۰	۰/۷۱	۱/۲۹	۳/۰۰	۰/۷۱	۱/۱۷	۳/۰۰	۰/۷۱	۱/۲۹	۳/۰۰	۰/۶۰	۱/۳۰	۳/۰۰	۰/۷۱	۱/۱۵	۱/۸۰
۰/۷۸	۱/۱۷	۱/۸۰	۰/۶۰	۱/۱۹	۳/۰۰	۰/۷۸	۱/۲۴	۳/۰۰	۰/۶۰	۱/۱۲	۲/۳۳	۰/۶۰	۱/۲۳	۳/۰۰	۰/۶۰	۱/۲۴	۳/۰۰	۰/۷۸	۱/۱۰	۱/۸۰
۰/۵۶	۱/۰۵	۱/۸۰	۰/۵۶	۱/۰۷	۳/۰۰	۰/۵۶	۱/۱۱	۳/۰۰	۰/۵۶	۱/۰۰	۳/۰۰	۰/۵۶	۱/۱۱	۳/۰۰	۰/۶۰	۱/۱۱	۲/۳۳	۰/۵۶	۰/۹۹	۱/۸۰
۰/۵۶	۰/۹۹	۱/۸۰	۰/۵۶	۱/۰۰	۲/۳۳	۰/۵۶	۱/۰۴	۳/۰۰	۰/۵۶	۰/۹۴	۲/۳۳	۰/۵۶	۱/۰۴	۱/۸۰	۰/۵۶	۱/۰۵	۳/۰۰	۰/۵۶	۰/۹۳	۱/۴۰
۰/۳۳	۰/۹۱	۱/۶۷	۰/۳۳	۰/۹۲	۲/۳۳	۰/۴۳	۰/۹۶	۲/۳۳	۰/۳۳	۰/۸۷	۱/۶۷	۰/۳۳	۰/۹۶	۱/۶۷	۰/۲۰	۰/۹۶	۲/۳۳	۰/۳۳	۰/۸۵	۱/۶۷
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۶	۱/۰۱	۳/۰۰	۰/۵۶	۱/۰۶	۳/۰۰	۰/۵۶	۰/۹۵	۱/۸۰	۰/۵۶	۱/۰۵	۳/۰۰	۰/۵۶	۱/۰۶	۱/۸۰	۰/۵۶	۰/۹۴	۱/۸۰
۰/۳۳	۰/۹۹	۱/۸۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۶	۱/۰۴	۳/۰۰	۰/۳۳	۰/۹۴	۲/۳۳	۰/۵۶	۱/۰۴	۱/۸۰	۰/۳۳	۱/۰۴	۳/۰۰	۰/۳۳	۰/۹۲	۱/۸۰
۰/۳۳	۰/۹۵	۱/۸۰	۰/۳۳	۰/۹۶	۱/۸۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۳۳	۰/۹۰	۲/۳۳	۰/۳۳	۱/۰۰	۱/۸۰	۰/۲۰	۱/۰۰	۳/۰۰	۰/۳۳	۰/۸۹	۱/۸۰
۰/۵۶	۱/۰۵	۱/۸۰	۰/۴۳	۱/۰۶	۳/۰۰	۰/۴۳	۱/۱۱	۳/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۴۳	۱/۱۰	۳/۰۰	۰/۴۳	۱/۱۱	۲/۳۳	۰/۵۶	۰/۹۸	۱/۸۰
۰/۳۳	۰/۹۵	۱/۸۰	۰/۵۶	۰/۹۶	۱/۸۰	۰/۵۶	۱/۰۰	۳/۰۰	۰/۳۳	۰/۹۱	۲/۳۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۶	۱/۰۱	۲/۳۳	۰/۵۶	۰/۸۹	۱/۸۰
۰/۵۶	۰/۹۵	۱/۸۰	۰/۳۳	۰/۹۶	۳/۰۰	۰/۳۳	۱/۰۰	۵/۰۰	۰/۴۳	۰/۹۰	۲/۳۳	۰/۴۳	۰/۹۹	۱/۸۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۳۳	۰/۸۹	۱/۶۷
۰/۵۶	۱/۰۷	۱/۸۰	۰/۵۶	۱/۰۸	۳/۰۰	۰/۵۶	۱/۱۳	۳/۰۰	۰/۵۶	۱/۰۲	۱/۸۰	۰/۵۶	۱/۱۲	۱/۸۰	۰/۶۰	۱/۱۳	۳/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در اجرای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تعیین سازگاری ماتریس مقایسات زوجی از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا ماتریس‌های ناسازگار، نتایج مطلوبی به دنبال نخواهند داشت. برای محاسبه نرخ ناسازگاری ابتدا باید ماتریس مقایسه زوجی فازی به دو ماتریس، یکی ماتریس حد میانی اعداد فازی (m) و دیگری ماتریس میانگین هندسی حد بالا و حد پایین اعداد فازی (g) افراز شده و سپس نرخ سازگاری با توجه به روش گاگوس و بوچر[1] (۱۹۹۷) محاسبه می‌گردد(آذر و رجب‌زاده،۱۳۹۱). با توجه به نرخ ناسازگاری محاسبه‌شده در جدول (۱۳)، کلیه ماتریس‌ها از سازگاری خوبی برخوردارند زیرا میزان ناسازگاری آن‌ها کمتر از ۱۰٪ محاسبه‌شده، پس ماتریس‌ها برای ارزیابی و ادامه اجرای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی مناسب هستند.

1 . Gogus & Boucher

جدول ۱۳. نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسه زوجی گویه های نظرسنجی شده

شاخص ناسازگاری	$CI^m =$	۰/۰۱۰۸	$CI^g =$	۰/۰۲٤۰۸	
شاخص ناسازگاری تصادفی	$RI^m =$	۱/٤٥٥٥٥	$RI^g =$	۰/٤٦۹۱	
نرخ ناسازگاری	$CR^m =$	۰/۰۰۷٤۲	$CR^g =$	۰/۰٥۱۳۳	

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با طی مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی، وزن فازی و غیر فازی، ضریب اهمیت و اولویت متغیرهای مربوط به عوامل یا مؤلفه‌های شناسایی‌شده، طبق جدول (۱۴) مشخص می‌شود.

جدول ۱٤. ضریب اهمیت گویه های مربوط به عوامل و مؤلفه‌های شناسایی‌شده

گویه	نماد	$\tilde{Z}_i$			$\widetilde{W}_i$ وزن فازی عوامل			ضریب W_i	اولویت
۱	ASR	۰/٦٥	۱/۱۸	۲/۰۸	۰/۰۲٥۷۸	۰/۰۹۰۲۹	۰/۳۰۲۸۹	٪ ۸/۹۰	۳
۲	SRD	۰/٦۸	۱/۱۸	۲/۰۸	۰/۰۲٦۹۹	۰/۰۹۰۱٥	۰/۳۰۲۸۹	٪ ۹/۰۳	۲
۳	NSD	۰/۷۰	۱/۱۳	۲/۱٤	۰/۰۲۷۸۲	۰/۰۸٦۸۳	۰/۳۱۰۸۳	٪ ۹/۰۹	۱
٤	TA	۰/٦۰	۱/۰۲	۲/۰۰	۰/۰۲۳٥۷	۰/۰۷۷۸٥	۰/۲۹۱٤۰	٪ ۸/۱۲	٤
٥	CS	۰/٥۸	۰/۹٦	۱/۸٤	۰/۰۲۲۹۸	۰/۰۷۳۲۱	۰/۲٦۷۷۹	٪ ۷/٦۷	۷
٦	AC	۰/۳۷	۰/۸۸	۱/۷۳	۰/۰۱٤٦۲	۰/۰٦۷۷۷	۰/۲٥۱٦۰	٪ ٦/۲۸	۱۳
۷	EPM	۰/٥۸	۰/۹۷	۱/۸۸	۰/۰۲۳۱۲	۰/۰۷٤۰۲	۰/۲۷۲۸٤	٪ ۷/۷٦	٦
۸	r	۰/٤۱	۰/۹٥	۱/۹۱	۰/۰۱٦۱۳	۰/۰۷۲۷٤	۰/۲۷۸٥۲	٪ ٦/۸۹	۱۱
۹	f	۰/۳٦	۰/۹۲	۱/۷۳	۰/۰۱٤۰٦	۰/۰۷۰۱٤	۰/۲٥۲۳۸	٪ ٦/۲۹	۱۲
۱۰	t	۰/٤٦	۱/۰۱	۲/۰۰	۰/۰۱۸۲۳	۰/۰۷۷٦۳	۰/۲۹۱٤۰	٪ ۷/٤٤	۸
۱۱	OMC	۰/٤۷	۰/۹۲	۱/۸۸	۰/۰۱۸٦۲	۰/۰۷۰۳۸	۰/۲۷۳۱۸	٪ ۷/۱۰	۹
۱۲	V	۰/٤۱	۰/۹۱	۲/۰۹	۰/۰۱٦۱۲	۰/۰٦۹۹۹	۰/۳۰۳٥٥	٪ ۷/۰۰	۱۰
۱۳	S	۰/٦۰	۱/۰۳	۱/۹۲	۰/۰۲۳۷۱	۰/۰۷۸۹٤	۰/۲۷۹۹۹	٪ ۸/۰٦	٥
جمع		٦/۸۷	۱۳/۰٦	۲٥/۲۹		–		۱/۰۰	–

مأخذ: یافته‌های پژوهش

ازآنجایی‌که کلیه عوامل عدم اطمینان شناسایی‌شده درنهایت یا بر درآمدهای حاصل از تولید برق و یا بر هزینه‌های تولید برق و در کل بر خالص ارزش فعلی نیروگاه (به‌عنوان معیاری برای قبول یا رد سرمایه‌گذاری در نیروگاه) اثر می‌گذارند لذا در زمان ارزش‌گذاری

اختیارات سرمایه‌گذاری این نیروگاه، عوامل مزبور باید با استفاده از منطق فازی وارد مدل ارزش‌گذاری گردد.

متناسب با سؤال دوم پژوهش یعنی چگونگی تأثیر اختیارات و انعطاف‌های مدیریتی بر تصمیمات سرمایه‌گذاری در نیروگاه فتوولتاییک موردمطالعه، در این مرحله وجود یا عدم وجود رابطه معنادار بین استفاده از اختیارات سرمایه‌گذاری و ارزش سرمایه‌گذاری در نیروگاه فتوولتاییک و سپس نوع اختیار موردنظر خبرگان در این حوزه، مدنظر قرارگرفته شده است.

جهت بررسی پایایی پرسشنامه دوم نیز از آزمون ضریب آلفای کرونباخ استفاده گردید. جدول (۱۵) نتایج آزمون پایایی را نشان می‌دهد. نتایج این جدول گویای آن است که ضریب آلفای کرونباخ برای هر یک از ابعاد متغیرها و نیز برای کل گویه های پرسشنامه بالاتر از ۷۰٪ قرار داشته و بنابراین پایایی و قابلیت اعتماد پرسشنامه، بر اساس محاسبات نرم‌افزار SPSS تائید می‌گردد.

جدول ۱۵. بررسی پایایی پرسشنامه دوم پژوهش با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ

متغیر	نوع	نماد	شماره گویه	آلفای کرونباخ
سودآوری و استفاده از فرصت‌های مطلوب آینده و چالش‌های فرارو در حوزه انرژی خورشیدی	وابسته	Profitability	۱-۵	۰/۷۸۵
به‌کارگیری اختیارات مدیریتی در تصمیمات سرمایه‌گذاری برای نیروگاه فتوولتاییک	مستقل	Options	۶-۹	۰/۷۰۸
اختیار گسترش	-	Q6	۶	-
اختیار زمان‌بندی	-	Q7	۷	-
اختیار واگذاری	-	Q8	۸	-
اختیار (صبر) درنگ در سرمایه‌گذاری	-	Q9	۹	-
کل پرسشنامه	-	total	۱-۹	۰/۷۱۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول (۱۶) نیز نرمال بودن متغیرهای پرسشنامه دوم را تائید می‌کند.

جدول۱٦. نتایج آزمون کلموگروف- اسمیرنوف برای متغیرهای پرسشنامه دوم

متغیر	میانگین	انحراف استاندارد	P-Value	فرض صفر	توزیع متغیر
Profitability	٤/٥٠٦٧	۰/۳٦٦٦٦	۰/۱۷۹	تائید	نرمال
Options	٤/۱۳۳۳	۰/۷۷٦۰۸	۰/۰۷٤	تائید	نرمال
Q6	۳/۹۳۳۳	۰/۹٤٤٤۳	۰/۱٦٥	تائید	نرمال
Q7	۲/۳۰۰۰	۰/۹۱٥۳۹	۰/۰۸۷	تائید	نرمال
Q8	۳/۹۰۰۰	۰/۹۹٤۸۱	۰/۱٥٤	تائید	نرمال
Q9	۳/۹٦٦۷	۰/۸٥۰۲۹	۰/۱۲۳	تائید	نرمال
total	٤/۰۷۰٤	۰/۳۷٤۲۳	۰/۳۰٦	تائید	نرمال

مأخذ: یافته‌های پژوهش

پس از اطمینان از نرمال بودن همه متغیرها، برای پاسخ به سؤال دوم پژوهش این سؤال را به دو سؤال فرعی به شرح زیر تقسیم می‌نماییم:

سؤال (۱-۲): آیا به‌کارگیری اختیارات و انعطاف‌های مدیریتی بر بهبود ارزش‌ها، سودآوری و استفاده از فرصت‌های مطلوب آینده در نیروگاه فتوولتاییک، تأثیر معنی‌داری دارد؟

سؤال (۲-۲): خبرگان حوزه انرژی خورشیدی، کدام نوع از اختیارات سرمایه‌گذاری را مناسب با نیروگاه فتوولتاییک تشخیص می‌دهند؟

برای پاسخ به سؤال فرعی (۱-۲) از روش تحلیل رگرسیون خطی ساده استفاده می‌شود. پس باید این سؤال را به‌صورت وجود یا عدم وجود (تأثیر) رابطه معنی‌دار بین متغیرهای مستقل و وابسته و به فرم دو فرض زیر تصور و آن را آزمون نمود:

H_0 : به‌کارگیری اختیارات و انعطاف‌های مدیریتی بر بهبود ارزش‌ها، سودآوری و استفاده از فرصت‌های مطلوب آینده در نیروگاه فتوولتاییک، تأثیر معنی‌داری ندارد.

H_1 : به‌کارگیری اختیارات و انعطاف‌های مدیریتی بر بهبود ارزش‌ها، سودآوری و استفاده از فرصت‌های مطلوب آینده در نیروگاه فتوولتاییک، تأثیر معنی‌داری دارد.

قبل از به‌کارگیری رگرسیون خطی باید شرایط زیر محقق گردد (بایزیدی و همکاران،۱۳۹۱)

(۱) عدم وجود وابستگی خطی بین متغیرهای مستقل (تحلیل به روش عامل تورم واریانس)

(۲) وجود رابطه خطی بین متغیرهای وابسته و مستقل (تشخیص از طریق آزمون F)

(۳) عدم وجود خودهمبستگی یا استقلال بین خطاها (تعیین به کمک آزمون دوربین واتسون)

(۴) نرمال یا تقریباً نرمال بودن توزیع (خطاها) متغیرها.

به‌منظور بررسی استقلال خطاها از یکدیگر با استفاده از آزمون دوربین واتسون، اگر آماره DW در بازه ۱/۵ تا ۲/۵ قرار گیرد، فرض عدم همبستگی بین خطاها پذیرفته در غیر این صورت رد می‌شود. جدول (۱۷) نتیجه این آزمون را برای سؤال دوم پژوهش نشان می‌دهد.

جدول۱۷. آزمون دوربین واتسون برای سؤال فرعی(۱-۲)

مدل	ضریب همبستگی R	ضریب تعیین R2	ضریب تعیین تعدیل‌شده Adj-R2	خطای استاندارد برآورد	آماره DW
۱	۰/۸۰۷	۰/٦٥٢	۰/٦٣٩	۰/٢٢٠٢	۱/۸۹٤

مأخذ: یافته‌های پژوهش

ازآنجایی‌که مقدار آمارهDW (۱/۸۹۴) در دامنه ۱/۵ تا ۲/۵ قرار دارد، لذا فرض عدم همبستگی بین خطاها رد نشده یعنی همبستگی بین خطاها وجود دارد. ضریب تعیین نیز نشان می‌دهد که ۶۵/۲٪ از تغییرات متغیر وابسته(ارزش و سودآوری) توسط متغیر مستقل(به‌کارگیری اختیارات) تبیین شده، که این نسبت، نسبت خوبی است.

به‌منظور بررسی عدم وجود وابستگی خطی بین متغیرهای مستقل، از آماره VIF استفاده می‌شود. اگر مقدار این آماره کمتر از ۵ باشد، شواهدی از وجود هم خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل مدل وجود ندارد. همچنین شاخص ویژه کمتر از ۱۵ نیز تائید کننده عدم وجود وابستگی خطی است. نتایج جدول (۱۸) فرض عدم وجود وابستگی خطی بین متغیرهای مستقل را تائید می نماید.

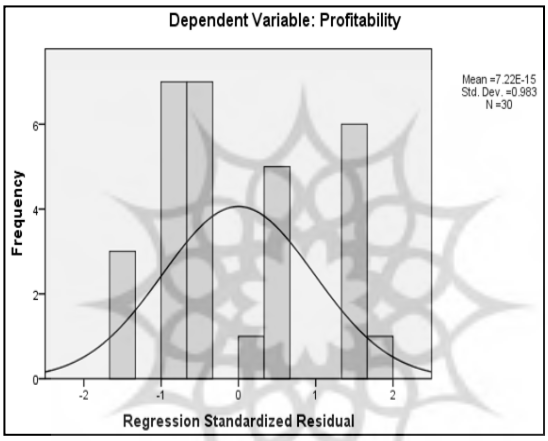
جدول ۱۸. بررسی عدم وجود وابستگی خطی

متغیر	آمار هم خطی		مدل	بعد	مقدار ویژه	شاخص وضعیت
	VIF	تلورانس				
به‌کارگیری اختیارات	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱	۱	۱/۹۸۳	۱/۰۰۰
				۲	۰/۰۱۷	۱۰/۹۲۵
متغیر وابسته: سودآوری و استفاده از فرصت‌های مطلوب آینده و چالش‌های فرارو در حوزه انرژی خورشیدی						

مأخذ: یافته‌های پژوهش

برای تائید وجود رابطه خطی بین متغیرهای وابسته و مستقل از آزمون F استفاده می‌شود. مقدار آماره F بیانگر معناداری کلی مدل رگرسیونی برازش شده در سطح خطای ۵٪ است. بر اساس محاسبات نرم‌افزار SPSS و با توجه به مقدار این آماره یعنی ۵۲/۴۰۷، فرض معناداری مدل رگرسیون در سطح معناداری (Sig= ۰/۰۰۰<۰/۰۵) پذیرفته می‌شود.

با مقایسه نمودار توزیع فراوانی خطاها و نمودار توزیع نرمال، وضعیت توزیع (خطاها) متغیرها مشخص می‌گردد. نمودار (۱) نشان می‌دهد که توزیع خطاها تقریباً نرمال و همچنین مقادیر میانگین و انحراف معیار نزدیک به صفر و یک است.



شکل ۱. آزمون نرمال بودن خطاها (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

جدول ۱۹. نتایج آزمون سؤال فرعی (۱-۲) با استفاده از روش رگرسیون خطی

مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استانداردشده	آماره t	سطح معنی‌داری Sig
	B	خطای استاندارد	بتا		
۱					
	۲/۰٤۰	۰/۳٤۳	–	۵/۹٤۷	۰/۰۰۰
به‌کارگیری اختیارات	۰/۵۳۲	۰/۰۷٤	۰/۸۰۷	۷/۲۳۹	۰/۰۰۰

متغیر وابسته: سودآوری و استفاده از فرصت‌های مطلوب آینده و چالش‌های فرارو در حوزه انرژی خورشیدی

معادله خط رگرسیون سؤال فرعی (۱-۲): $Y = B_0 + B_1X \Rightarrow Y = ۲/۰٤۰+۰/۵۳۲X$

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بدین ترتیب مفروضات و شرایط کلاسیک موردنیاز برای استفاده از مدل رگرسیون برقرار است. نتایج حاصل از آزمون رگرسیون خطی سؤال فرعی (۱-۲) پژوهش در جدول (۱۹) آمده است. این نتایج (با توجه به سطح معنی‌داری کوچک‌تر از ۵٪) حاکی از تأثیر معنادار به‌کارگیری اختیارات و انعطاف‌های مدیریتی بر بهبود ارزش‌ها، سودآوری و استفاده از فرصت‌های مطلوب آینده در نیروگاه فتوولتاییک، است. ضریب بتای به‌دست‌آمده (۰/۸۰۷) نیز نشان می‌دهد که با یک واحد تغییر در متغیر مستقل ۸۰/۷٪ تغییر در متغیر وابسته ایجاد می‌شود.

برای پاسخ به سؤال فرعی (۲-۲) نیز از آزمون t تک نمونه‌ای استفاده و فرضیه زیر را برای چهار متغیری که نماد انواع مختلف اختیارات سرمایه‌گذاری در نیروگاه فتوولتاییک بوده و در مصاحبه‌های مقدماتی به تائید خبرگان نیز رسیده بودند، مورد آزمایش قرار می‌دهیم:

$$\begin{cases} \boldsymbol{H_0}: \boldsymbol{\mu \leq 3} \rightarrow \text{عدم اتفاق نظر خبرگان بر به‌کارگیری اختیار } \boldsymbol{Q_i} \text{ در نیروگاه فتوولتاییک .} \\ \boldsymbol{H_1}: \boldsymbol{\mu > 3} \rightarrow \quad \text{اتفاق نظر خبرگان بر به‌کارگیری اختیار } \boldsymbol{Q_i} \text{ در نیروگاه فتوولتاییک .} \end{cases}$$

جدول(۲۰) نتایج حاصل از این آزمون را نشان می‌دهد.

جدول۲۰. نتایج حاصل از آزمون متغیرهای نشان‌دهنده نوع اختیارات سرمایه‌گذاری

متغیر	نوع اختیار	آماره آزمون	سطح معنی‌دار Sig	فرض صفر $t_{0.05}$ =۱/٦۹۹ df =۲۹	فاصله اطمینان ۹۵٪	
Q6	گسترش	۵/٤۱۳	۰/۰۰۰	رد	۰/۵۸۰۷	۱/۲۸٦۰
Q7	زمان‌بندی	-٤/۱۸۸	۰/۰۰۰	قبول	-۱/۰٤۱۸	-۰/۳۵۸۲
Q8	واگذاری	٤/۹۵۵	۰/۰۰۰	رد	۰/۵۲۸۵	۱/۲۷۱۵
Q9	صبر(درنگ)	٦/۲۲۷	۰/۰۰۰	رد	۰/٦٤۹۲	۱/۲۸٤۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

تحلیل نتایج جدول (۲۰) نشان می‌دهد که با توجه به سطح معنی‌داری (Sig) کمتر از ۵٪ فرض صفر با توجه به مقدار بحرانی (۱/۶۹۹) برای اختیار گسترش، واگذاری و صبر رد شده و میانگین پاسخ‌های خبرگان به این متغیرها، اختلاف معنی‌داری با عدد ۳ دارد. همچنین در فاصله اطمینان ۹۵٪ برای میانگین عدد ۳ در حد بالا و پایین قرار نداشته و میانگین این متغیرها برابر ۳ نیز نمی‌باشد. بدین ترتیب با ۹۵٪ اطمینان می‌توان ادعا کرد که خبرگان حوزه انرژی خورشیدی، با به‌کارگیری

اختیارات سرمایه‌گذاری از نوع گسترش، واگذاری و صبر موافق بوده و استفاده از این اختیارات را جهت انعطاف‌پذیری تصمیمات سرمایه‌گذاری در این نیروگاه مثبت ارزیابی می‌کنند؛ اما فرض صفر برای اختیار زمان‌بندی سرمایه‌گذاری در سطح معنی‌داری کمتر از ۵٪ قبول‌شده پس با میانگین کمتر از عدد ۳ و در سطح اطمینان ۹۵٪ ادعا می‌شود که خبرگان، با به‌کارگیری اختیار زمان‌بندی سرمایه-گذاری موافق نبوده و استفاده از آن را جهت انعطاف‌پذیری تصمیمات سرمایه‌گذاری در این نیروگاه مثبت ارزیابی نمی‌کنند.

درنهایت با توجه به یافته‌های پژوهش، الگوی پیشنهادی زیر جهت انعطاف‌پذیری بیشتر تصمیمات بودجه‌بندی سرمایه‌ای در ارزیابی اقتصادی پروژه‌های سرمایه‌گذاری در شرایط عدم اطمینان، با استفاده از رویکرد اختیار سرمایه‌گذاری به شرح نمودار (۲) ارائه می‌گردد.

نمودار ۲. الگوی پیشنهادی پژوهش

نتیجه‌گیری و بحث

در این پژوهش الگویی برای شناسایی و رتبه‌بندی عوامل عدم اطمینان و همچنین شناسایی نوع اختیارات مناسب با یک پروژه سرمایه‌گذاری در نیروگاه فتوولتاییک جنوب اصفهان ارائه گردید. برای این منظور و در پاسخ به سؤال اول این پژوهش، عوامل عدم اطمینان حاکم بر پروژه نیروگاه از دید خبرگان حوزه انرژی خورشیدی نظرسنجی و به کمک تحلیل عاملی اکتشافی مورد شناسایی و سپس با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی رتبه‌بندی و ضریب اهمیت آن‌ها مشخص و درنهایت تأثیر این عوامل بر محیط سرمایه‌گذاری پروژه موردمطالعه، تعیین و مشخص شد که عوامل

اقتصادی شناسایی‌شده و متغیرهای نظرسنجی شده آن نظیر نرخ بهره بازار، نرخ تورم و یارانه‌ها، مشوق‌ها و معافیت‌های مالیاتی در قالب حمایت‌های دولتی، عوامل فنی نظیر پاکیزگی سطح پنل‌های خورشیدی، شرایط آب و هوایی منطقه، کارایی مدول‌های فتوولتاییک و هزینه‌های نصب و راه-اندازی این سیستم‌ها، عوامل محیطی چون متوسط تابش خورشید بر پنل‌های ثابت و مسطح در هر روز، تعداد روزهای آفتابی در سال و شفافیت یا آلودگی هوا و عوامل زیربنایی یا ساختاری میزان تابش سالانه خورشید (میزان دریافت اشعه خورشید) در منطقه، تعرفه خرید تضمینی برق خورشیدی توسط شبکه دولتی و نوسان نرخ ارز مؤثر بر مخارج خرید تجهیزات از خارج کشور، همگی بر محیط سرمایه‌گذاری در نیروگاه فتوولتاییک تأثیر دارند. نتایج به‌دست‌آمده در این بخش، صرف‌نظر از روش بررسی، منطبق با یافته‌های پژوهش کارلسون و فولر (۲۰۰۵)، کولان و همکاران (۲۰۰۹)، کروک و نیکولینا (۲۰۱۶) است.

همچنین در پاسخ به سؤال دوم پژوهش مشخص شد که خبرگان حوزه انرژی خورشیدی، به‌کارگیری اختیارات سرمایه‌گذاری را جهت انعطاف‌پذیری تصمیمات سرمایه‌گذاری در نیروگاه فتوولتاییک، توصیه می‌کنند. به اعتقاد آنان به‌کارگیری اختیارات و انعطاف‌های مدیریتی بر بهبود ارزش‌ها، سودآوری و استفاده از فرصت‌های مطلوب آینده در این نیروگاه، تأثیر معنی‌داری دارد و این اختیارات را در قالب اختیار گسترش سرمایه‌گذاری در نیروگاه، اختیار واگذاری نیروگاه و اختیار درنگ برای سرمایه‌گذاری در آن، مناسب تشخیص می‌دهند. یافته‌های پژوهش حاضر در این بخش نیز با یافته‌های پژوهش‌های خارجی چون لازو و همکاران (۲۰۰۷)، شین (۲۰۱۴) وکنجاتاران (۲۰۱۷) و پژوهش‌های داخلی نظیر دین‌محمدی و باقری (۱۳۹۰) و سینایی و هاشمی (۱۳۹۲) از بسیاری لحاظ شباهت دارد.

محدودیت‌های پژوهش

در ارزیابی نتایج حاصل از این پژوهش، برخی از محدودیت‌ها باید در نظر گرفته شود که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(۱) محدودیت ذاتی پرسشنامه، ازاین‌جهت که ممکن است برخی از خبرگان، علیرغم داشتن تخصص‌های فنی، پیش‌بینی کنندگان توانمندی در مسائل اقتصادی و مالی نباشند.

(۲) به علت اجرای این پژوهش در استان اصفهان در سال ۹۶ و به دلیل تفاوت‌های اقلیمی و جغرافیایی استان‌های کشور، لذا تعمیم نتایج به سایر استان‌ها و به زمان‌های دیگر باید با احتیاط کافی صورت گیرد.

منابع

- آذر، ع. رجب‌زاده، ع. (۱۳۹۱). *تصمیم‌گیری با رویکرد MADM*، تهران، انتشارات نگاه.
- بایزیدی، ا، اولادی، ب؛ عباسی، ن. (۱۳۹۱). *تحلیل داده‌های پرسشنامه به کمک نرم‌افزار SPSS*، تهران، انتشارات عابد.
- ببی، ا. (۱۳۸۱). *روش‌های تحقیق در علوم اجتماعی*، ترجمه رضا فاضل، تهران، انتشارات سمت.
- پورحیدری، ا، احمدی فارسانی، ف. (۱۳۹۲). «اختیارات سرمایه‌گذاری و افزایش تعهدات در تصمیمات بودجه‌بندی سرمایه‌ای». *فصلنامه حسابداری مالی*، ۱۷، صص. ۸۴-۷۱.
- جعفری اسکندری، م؛ صابونیان، م و دری، م. (۱۳۹۶). ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها در شرایط عدم قطعیت با استفاده از منطق فازی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی صفر و یک. راهبرد مدیریت مالی. ۵(۳) ، صص.۱۸۴-۱۷۱.
- حافظ نیا، م. (۱۳۷۷). مقدمه‌ای بر روش تحقیق در علوم انسانی، تهران، انتشارات سمت.
- حیدری هراتمه، م. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر اختیار واقعی ناشی از فرصت‌های سرمایه‌گذاری بر بازده سهام. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۸(۳۰) ، صص. ۲۰۰-۱۸۵.
- دستگیر، م. (۱۳۸۷). *مبانی مدیریت مالی*، تهران، انتشارات نو پردازان.
- دین‌محمدی، م، باقری، م. (۱۳۹۲). «ارزیابی اقتصادی طرح‌های سرمایه‌گذاری با روش اختیار واقعی (مطالعه موردی: طرح پتروشیمی)». *مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۱۹، صص. ۱۷۷-۱۵۳.
- ذکاوت، م. (۱۳۸۸). «*تحلیل اختیار واقعی در بررسی طرح‌های سرمایه‌گذاری*». ششمین کنفرانس بین‌المللی توسعه نظام مالی ایران، تهران.۲، صص. ۵۲۳-۴۸۳.
- سینایی، ح، عیسی هاشمی، ق. (۱۳۸۸). «بررسی میزان استفاده مدیران شرکت‌ها از نظریه اختیارات سرمایه‌گذاری». *فصلنامه حسابداری مالی*، ۱، صص. ۹۲-۷۶.
- عطایی، م. (۱۳۸۹). *تصمیم‌گیری چند معیاره فازی*، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- فانی پاکدل، م و دیگران. (۱۳۹۱). «ارزشیابی پروژه‌های آماده‌سازی معدنی از دیدگاه نظریه اختیارات حقیقی: رویکرد مونت‌کارلو حداقل مربعات». *مجله علمی پژوهشی مهندسی معدن*.۱۲، صص. ۳۰-۱۵.
- کریمی، ر. (۱۳۹۴). *راهنمای آسان تحلیل آماری با SPSS*، تهران، نشر هنگام.
- هومن، ح. (۱۳۸۹). *مدل یابی معادلات ساختاری با لیزرل*، تهران، انتشارات سمت.
- Ataei, M. (1389). *Fuzzy multi-criteria decision making*. Publications of Shahrood University of Technology. (In Persian).
- Azar, A. Rajabzadeh, A. (1391). *Applied Decision Making (Multi-Attribute Decision Making)*. Tehran, Negah Publications, 2nd ed. (In Persian).
- Babbie, E. (1381). *The Practice of Social Research*. Tehran, SAMT Publications. (In Persian).
- Bayazidi, A. Oladi, B. Abasi, N. (1391). *Questionnaire analysis using SPSS software*. Tehran, Abed Publications. (In Persian).
- Carlsson, Ch. Fuller, R. (2005). "A fuzzy approach to real option valuation", *Fuzzy Sets & Systems*, 139: 297-312. Doi: 10.1016/S0165-0114(02)00591-2.
- Collan, M. Fuller, R. Mezei, J. (2009). "A Fuzzy Pay-Off Method for Real Option Valuation". *Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences*, Online at http://mpra.ub.uni-muenchen.de/13601/.
- Davis, G.A. Owens, B. (2003). "Optimizing the Level of Renewable Electric R&D Expenditures Using Real Options Analysis". *Journal of Energy Policy*, 589–608. Doi: 10.1016/S0301-4215(02)00225-2.

- Dastgir, M. (1387). *Fundamentals of financial management*. Tehran, Nopardazan Publications. (In Persian).
- Dinmohammadi, M. Bagheri, M. (1392). Economic appraisal of investment projects by real option (case study: petrochemical plan). *Financial engineering and portfolio management*, 19, pp. 153-177. (In Persian)
- FaniPakdel, M.R. et al. (1391). Valuation of Mining Development Projects by Real Options Approach: least squares Mont Carlo approach, *Iranian Journal of Mining Engineering*, 12, pp. 15-30. (In Persian).
- Gogus, O, Boucher, T. (1997). A consistency test for rational weights in multi criterion decision analysis with fuzzy pair wise comparisons, *Fuzzy Sets and Systems*, 86, P.129-138. Doi: 10.1016/0165-0114(95)00410-6.
- Hafeznia, M. (1388). An Introduction to the Research Method in Humanities. Tehran, SAMT Publications. (In Persian).
- Heydari Haratemeh, M. (2017). Investigating the Effect of Real Options Resulting from investment opportunities on Stock Return. *Financial Engineering and Portfolio Management*, 8(30), pp. 185-200. (In Persian)
- Homan, H. (1389). Structural Equation Modeling With LISREL Application. Tehran, SAMT Publications. (In Persian).
- Jafari Eskandari, M. Saboonian, M. Dory, M. (2017). Economic Evaluation of Projects under Uncertainty Using Fuzzy Logic, Analytical Hierarchy Process and Binary Integer Programming. *Financial Management Strategy*, 5(3), pp. 171-184. Doi: 10.22051/jfm.2017.14141.1290. (In Persian)
- Karimi. R. (1394). An Easy Guide to Statistical Analysis with SPSS. Tehran, Hengam publication. (In Persian).
- Kengatharan, L. (2017). Capital Investment Decision Making under uncertainty. *Asia-Pacific Management Accounting Journal*, 12(2), pp. 51-77.
- Available at: http://arionline.uitm.edu.my/ojs/index.php/APMAJ/article/view/632.
- Kruk.M.N, Nikulina.A.Y. (2016) Economic Estimation of Project Risks when Exploring Sea Gas and Oil Deposits in the Russian Arctic, *International Journal of Economics and Financial Issues*. 6(S2), pp. 138-150. Available at http: www.econjournals.com
- Lazoa, L. Marley, M. Vellascoa, B.R. (2007). "Real Options Value by Monte Carlo Simulation and Fuzzy Numbers", *International Journal of Business*, 12(2):181-189. Doi: 10.13140/RG.2.1.1387.8163.
- Luiz, A.M. Jose, M.C. (2012). *Valuation of Wind Energy Projects: A Real Option Approach*, 7(5):3218-3255. Doi: 10.3390/en7053218.
- Myers, S.C. (1977). "Determinants of Corporate Borrowing". *Journal of Financial Economics*, 5(2):147-175. Doi: 10.1016/0304-405X (77)90015-0.
- Mun.J, (2006). *Real Option Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investment and Decisions*, United States, John Wiley & sons Inc.
- Poorhaydari, O. Ahmadi, F. (1392). "Real Options Method and Escalation of Commitments in Capital Budgeting Decisions". *Financial Accounting Quarterly*. 17, pp. 71-84. (In Persian).
- Sinaee, H. Isa Hashemi, Gh.A. (1388). "Studying the implementation of Real Options by corporate Companies Managers". *Financial Accounting Quarterly*. 1, pp. 76-92. (In Persian).
- Sheen, J-N. (2014). *Real Option Analysis for Renewable Energy Investment under Uncertainty*, 2nd International Conference on Intelligent Technologies and Engineering Systems, Taiwan. 293, pp. 283-289. Doi: 10.1007/978-3-319-04573-3_35.
- Zekavat, S.M. (1388). *The Application of Real Option Analysis in Investigation of Investment Projects*. The 6th International Conference on Financing System Development in Iran, 2, pp. 483-523. (In Persian).

پیوست: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی

تحلیل سلسله مراتبی روشی است که در آن، وزن دهی پارامترها بر مبنای مقایسه دوبه‌دوی آن‌ها در قالب ماتریس مقایسه زوجی انجام می‌گیرد. این فرآیند توسط لیو و چن (۲۰۰۷) ارائه و شامل مراحل زیر است: (عطایی،۱۳۸۹)

مرحله یک) نظرسنجی از متخصصان

در مورد پارامترهای مؤثر بر یک پدیده یا تصمیم به‌صورت کیفی یا در صورت امکان کمی نظرسنجی به عمل می‌آید.

مرحله دو) محاسبه اعداد فازی

برای محاسبه اعداد فازی $\tilde{a}_{ij}$ نتایج حاصل از نظرسنجی به‌طور مستقیم با اعداد فازی بر اساس توابع عضویت مثلثی به دلیل سهولت محاسباتی و از رابطه(۱) محاسبه می‌گردد.

$$\tilde{a}_{ij} = (\alpha_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij}) \quad \text{و} \quad \alpha_{ij} \le \delta_{ij} \le \gamma_{ij} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه $\alpha_{ij} = Min(\beta_{ijk})$ ، $\delta_{ij} = (\prod_{k=1}^{n} \beta_{ijk})^{\frac{1}{n}}$ ، $\gamma_{ij} = Max(\beta_{ijk})$ ، $k = 1, 2, 3, \dots, n$ و β_{ijk} نشان‌دهنده اهمیت نسبی عامل i بر عامل j از دیدگاه کارشناس k ام است.

مرحله سه) تشکیل ماتریس معکوس فازی

در این مرحله با توجه به اعداد فازی، ماتریس مقایسه زوجی فازی بین پارامترهای مختلف به شرح رابطه (۲) تشکیل می‌شود:

$$\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}] \ , \ \tilde{a}_{ij} \times \tilde{a}_{ji} \approx 1 \quad \forall i, j = 1, 2, 3, \dots, n \qquad \text{رابطه (۲)}$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \cdots & (\alpha_{1j}, \delta_{1j}, \gamma_{1j}) & \cdots & (\alpha_{1n}, \delta_{1n}, \gamma_{1n}) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \left(\frac{1}{\gamma_{1j}}, \frac{1}{\delta_{1j}}, \frac{1}{\alpha_{1j}}\right) & \cdots & (1,1,1) & \cdots & (\alpha_{2n}, \delta_{2n}, \gamma_{2n}) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \left(\frac{1}{\gamma_{1n}}, \frac{1}{\delta_{1n}}, \frac{1}{\alpha_{1n}}\right) & \cdots & \left(\frac{1}{\gamma_{2n}}, \frac{1}{\delta_{2n}}, \frac{1}{\alpha_{2n}}\right) & \cdots & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

مرحله چهار) محاسبه وزن فازی نسبی پارامترها

وزن نسبی عوامل از روابط زیر محاسبه می‌گردد. $\widetilde{W}_i$ یک بردار سطری است که نشان‌دهنده وزن فازی عامل i ام است.

$$\widetilde{Z}_i = [\widetilde{a}_{ij} \otimes ... \otimes \widetilde{a}_{in}]$$ رابطه (۳)

$$\widetilde{W}_i = \widetilde{Z}_i \oslash (\widetilde{Z}_i \oplus ... \oplus \widetilde{Z}_n)$$ رابطه (۴)

مرحله پنج) غیرفازی کردن وزن پارامترها

در این مرحله به‌منظور غیر فازی کردن وزن پارامترها، طبق رابطه (۵) میانگین هندسی مؤلفه‌های عدد فازی وزن پارامترها محاسبه و بدین ترتیب وزن پارامترها به‌صورت یک عدد قطعی بیان می‌شوند:

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^{3} W_{ij}\right)^{\frac{1}{3}}$$ رابطه (۵)

سپس ماتریس معکوس فازی $\widetilde{A}$ به دو ماتریس یکی ماتریس حد میانی اعداد فازی (m) و دیگری ماتریس میانگین هندسی حد بالا و حد پایین اعداد فازی ماتریس معکوس فازی (g) افراز و نرخ سازگاری به روش گاگوس و بوچر محاسبه می‌گردد:

$$CI^m = \frac{\lambda_{max}^m - N}{N-1}, \quad CR^m = \frac{CI^m}{RI^m} \quad , \quad CI^g = \frac{\lambda_{max}^g - N}{N-1}, \quad CR^g = \frac{CI^g}{RI^g}$$ رابطه (۶)

در این رابطه $\lambda_{max}^m = \frac{m \times W_m}{W_m}$ بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس m و $\lambda_{max}^g = \frac{g \times W_g}{W_g}$ بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس g است. همچنین CI شاخص ناسازگاری، N تعداد عوامل، RI شاخص سازگاری تصادفی که مقدار آن از جدول شاخص ناسازگاری تصادفی انتخاب می‌گردد و CR نرخ سازگاری است که برای هر دو ماتریس m و g باید کوچک‌تر از ۱۰٪ باشد، در غیر این صورت(حتی برای یک ماتریس) باید پرسشنامه برای بازنگری به پاسخگویان ارجاع گردد(آذر و رجب‌زاده).