فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال یازدهم / شماره‌ی ۴۵/تابستان ۱۳۹۴/ صفحات ۱۸۵-۱۶۱

ارزیابی اقتصادی راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی با منطق فازی (مطالعه موردی شهرک آتی ساز تهران)

غلامرضا عباسی[۱]
استادیار دانشکده اقتصاد و حسابداری دانشگاه آزاد واحد تهران مرکز

حسین میرزایی
استادیار دانشکده اقتصاد و حسابداری دانشگاه آزاد واحد تهران مرکز

محسن اصفهانی
mohsen.esfahani@gmail.com کارشناس ارشد اقتصاد انرژی،
تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۸

چکیده

یکی از بخش‌های مهم اقتصادی کشور، بخش ساختمان است. در این مقاله با بررسی اطلاعات مربوط به شهرک آتی‌ساز تهران به ارزیابی اقتصادی اجرای راهکارهای صرفه‌جویی انرژی پرداخته شده است. اقدامات مورد بررسی عبارتند از: استفاده از دمپر خودکار، چیلرهای خورشیدی، موتورخانه هوشمند و سیستم روشنایی LED. ارزیابی اقتصادی طرح‌های مذکور، با رویکرد فازی (غیر قطعی) انجام گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که منافع اقدامات صرفه‌جویی، بسیار بیشتر از هزینه‌های آن است. اجرای طرح صرفه‌جویی انرژی نه‌تنها از دیدگاه ملی و کلان کشور، بلکه از نظر خود مصرف‌کنندگان نیز بسیار مقرون به صرفه است. برخی از اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی نیز باید در زمان احداث ساختمان انجام پذیرد تا دارای توجیه اقتصادی باشد.

طبقه بندی Jel: C61 ،C51, Q43

کلید واژه: ارزیابی طرح‌های اقتصادی، منطق فازی، عدم قطعیت، شهرک آتی‌ساز تهران.

۱- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

بخش مسکن و ساختمان با صَرف یک‌سوم انرژی مصرفی کشور، هم ارزش ریالی قابل توجهی را به خود اختصاص داده و هم موجبات آلودگی محیط زیست را فراهم آورده است؛ بنابراین اجرای صحیح راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش مسکن و ساختمان نیز از اهمیت بالایی برخوردار می باشد (راهبرد،۱۳۹۰).[۱]

هم اکنون بخش ساختمان بزرگترین مصرف کننده انرژی در کشور می باشد. برای مثال مصرف بخش خانگی در سال ۱۳۸۹ بالغ بر ۴۲۴/۱ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده که سهمی معادل ۴۰/۶ درصد از کل مصرف نهایی انرژی این سال را در بر می‌گیرد. مانند سایر بخش‌ها، هدر رفت انرژی در کشور ما بالاست، به‌طوری که مصرف انرژی بخش ساختمان کشور چندین برابر متوسط جهانی است. به همین دلیل افزایش راندمان تجهیزات انرژی و کاهش تلفات انرژی در بخش ساختمان از طریق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان از اهداف اولویت دار بخش انرژی محسوب می‌شود. (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹)

از جمله مهم‌ترین راهبردهای بخش ساختمان می‌توان به ساخت و ساز با هدف کاهش نیاز به انرژی حرارتی و برودتی با استفاده از مصالح مرغوب ساختمانی مناسب (اجرای کامل مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان) و در نظر گرفتنِ معماری اقلیمی، ارتقای تکنولوژی و بهینه سازی مصرف لوازم خانگی و تأسیسات و جایگزینی سایر حامل‌های انرژی به جای سوخت‌های پر مصرف و فسیلی نام برد(سایت شرکت بهینه-سازی مصرف سوخت/بخش گرمایش).[۲] کاهش ۵ درصد در میزان انرژی مصرفی ساختمان‌ها تا سال ۱۳۹۳ و کاهش تا ۱۵ درصد برای رسیدن به سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ از پیش‌بینی‌ها برای بهینه‌ساختنِ انرژی در ساختمان‌هاست. (کارنامه،۱۳۹۰)

با عنایت به کمبود منابع انرژی و نیاز روز افزون به استفاده از آن در جوامع، به کار بستنِ روش هایی که بتواند همزمان با رشد اقتصادی، بهره وری منابع انرژی و استفاده-ی بهینه از آنها را افزایش دهد، ضروری و لازم به نظر می‌رسد. بدین جهت، تدوین و تهیه‌ی معیارها و شاخص‌ها در چارچوبِ این راهکارها و سیاست‌ها، در برنامه ریزیِ

۱- همچنین نگاه کنید به: http://yon.ir/PGmk

۲- همچنین نگاه کنید به: http://yon.ir/TDId

انرژی کشورها از اهمیت به سزایی برخوردار است. از سویی مقایسه‌ی این شاخص‌ها در گذشته و حال، پیش‌بینی وضعیت آنها در آینده و همچنین مقایسه‌ی آنها با سایر کشورها، می‌تواند برای سیاست‌گزاران، از لحاظ اختصاص منابع، راهگشای تهیه‌ی برنامه های مفید انرژی باشد. (باقری،۱۳۹۰)

لذا با این توضیح، در مقاله‌ی حاضر به ارزیابی اقتصادی بهینه‌سازی مصرف انرژی در «شهرک آتی ساز»، واقع در منطقه‌ی اوین تهران پرداخته خواهد شد. شهرک آتی-ساز از بزرگترین و پر جمعیت ترین شهرک‌های واقع در تهران است که در ادامه راهکارهای لازم جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی در این شهرک معرفی می‌گردند. از سویی میزان صرفه‌جویی حاصل از هر یک از اقدامات، معین خواهد گردید. همچنین در نهایت با بهره گیری از روش‌های اقتصاد مهندسی[1] با منطق فازی[2] به ارزیابی اقتصادی اقدامات انجام شده خواهیم پرداخت.

با توجه به ساختار توسعه‌یافته‌ی کشورهای پیشرفته و چارچوب منسجم کنش‌ها و واکنش‌های اقتصادی آنها، در ارزیابی طرح‌های اقتصادی معمولاً پارامترها و داده‌های اقتصادی هر بخش اقتصادی را قطعی در نظر می‌گیرند، اما در کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه، همچون ایران، به دلایلی از جمله عدمِ تعهد کامل نسبت به اجرای صحیحِ برنامه‌های اقتصادی، بوروکراسی ناکارآمد (که منجر به چندگانگی در تصمیمات و عدمِ تطابقِ آمارها می‌گردد) و همچنین دخالتِ برخی از کنش‌های سیاسی در اقتصاد (که گاهی منجر به مخدوش نمودنِ آمارها، داده‌ها و پارامترها می‌شود)، عدم قطعیت[3] و ریسک[4] از اهمیت به‌سزایی برخوردار است؛ از سویی در حالت کلاسیک (با پارامترهای قطعی)، داده‌های مبهم[5] در مدل‌سازی جایی ندارند و همین امر باعث کاهش دقت و عدم انعطاف‌پذیری در مدل‌های ریاضی خواهد شد. لذا اینگونه به نظر می‌رسد که در این دسته از کشورها نمی‌توان داده‌ها و پارامترها را با اطمینان بالا و قطع به یقین در

1- Engineering Economic
2- Fuzzy Logic
3- Uncertainty
4- Risk
5- Vagueness

ارزیابی طرح‌های اقتصادی در نظر گرفت. بنـابراین بایـد عـدم قطعیـت وارد مـدل هـای ارزیابی طرح‌های اقتصادی گردد.

در این مقاله سعی گردیده است تا به پرسش‌های زیر پاسخ داده شود:

آیا اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرک آتی‌ساز از توجیـه اقتصـادی برخـوردار است؟

منافع و هزینه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرک آتـی‌سـاز شـامل چـه مـواردی است؟

با عنایت به آنچه گفته شد، فرضیه‌ی تحقیق حاضر به شکل زیر تصریح می گردد:

«اقدامات بهینه سازی مصرف انرژی در شهرک آتی ساز دارای توجیه اقتصادی است.»

۲- مطالعات پیشین

تاکنون در کشور توجه شایانی بـه رویکـرد فـازی در علـوم اقتصـادی نشـده اسـت. بررسی این موضوع در سطح داخلی، حاکی از یک نمونه مطالعه‌ی مشابه اقتصادی اسـت و تعداد مطالعات انجام گرفته در خارج از کشور نیز اندک است. در میان مطالعات داخلی انجام شده، تنها یک مورد به صورت مقاله، بیان شده است:

در مقاله‌ی قاسمی و محمودزاده(۱۳۸۹)، پژوهشگران ضـمن معرفـی و کاربردهـای منطق فازی و ارائه‌ی توضیحاتی مختصر و در عینِ حال بسیار مفید در بابِ منطق فازی، با مطالعه‌ی مقالات و پژوهش‌های خارجی، توانسـته‌انـد بـرای اغلـب روش‌هـای ارزیـابی طرح‌های اقتصادی با رویکرد فازی، فرمولی به دست آورند. عمده‌ی تلاش محققـین ایـن مقاله در اثبات و ارائه ی فرمول‌های فازی برای ارزیابی طرح‌های اقتصادی است. نحـوه‌ی بسط فرمول‌های مذکور در عینِ جامع بودن از پیچیدگی‌های فراوانی نیز برخوردار اسـت که بنا به اظهارات پژوهشگران نیاز به تأمل و ایده‌های مناسب دیگری در این‌باره است.

۳- معرفی مدل

محاسبات پروژه‌ها به صورت منطق فـازی مـورد بررسـی و ارزیـابی اقتصـادی قـرار

می‌گیرند که عبارتند از تحلیل ارزش حال خالص جریان های نقـدی طـرح (NPV)[1] در مـدت اجـرا و بهـره بـرداری از آن در شـرایط منطـق فـازی، تحلیـل نسـبت هزینـه - فایده[2] با رویکرد فازی و گردش نقدی سالانه (پرداخت یکنواخت) با روش منطـق فـازی؛ همچنین دوره‌ی برگشت سرمایه برای هر یک از طرح‌ها محاسبه می‌گردد.[3]

۴- روش تحقیق

در تحلیل‌های معمول و کلاسیک طرح‌های سرمایه‌گذاری، فـرض بـر قطعـی بـودنِ داده‌های مربوط به طرح/طرح‌ها می‌باشد کـه در شـرایط تحلیـل اقتصـادی ایسـتا مـورد استفاده قرار می‌گیرند. از آنجا که بسیاری از داده‌ها به آینده مربوط مـی‌شـوند، خـارج از کنترل سرمایه‌گذار هستند و دقیقاً قابل پیش‌بینی نیستند، بنـابراین بـا عـدم قطعیـت و ریسک مواجه می‌باشند. بدین منظور می‌توان به جـای هـر عـدد قطعـی و همچنـین بـا کاربرد نظریه‌ی منطق فازی، یک عدد فازی را مورد استفاده قرار داد. این اعـداد، قابلیـت نمایش یک عدد قطعی را در سه وضعیت «کمترین مقدار ممکن، محتمل ترین مقـدار و بیشترین مقدار ممکن» را دارا است. نتایج نهایی، بـه جـای اعـداد قطعـی، اعـداد فـازی خواهند بود که به تصمیم گیرنده بینش وسیعتری در مـورد خروجـی‌هـای ممکـن مـی دهد. همچنین چون نتایج نهایی اعداد فازی هستند، لذا مقایسه بین پروژه‌های مختلـف به قسمی متفاوت صورت می گیرد.

منظور از محتمل‌ترین مقدار این است که با توجه به پـارامتر حـدس‌زده‌شـده، چـه مقدار هزینه و فایده نصیب پروژه می‌گردد که با وجود شرایط ثابت می‌تواند دست‌یافتنی باشد. با مقادیر کمتر محتمل و بیشتر محتمل که نشانگر بازه‌های مقدارِ ممکـن، شـرایط را در یک بازه در نظر می‌گیریم که از حالتِ ایستا خارج است. به عبارتی ایـن بـازه‌هـای

1- Net Present Value

2- Benefit – Cost $\left(\frac{B}{C}\right)$

۳- از توضیحات و مطالعات بیشتر در نحوه و تعاریف محاسـباتی در روش نـرخ بـازده داخلـی Internal Rate of Return (IRR) با رویکرد فازی، به دلیل پیچیدگی‌های بسیار سنگین ریاضیاتی و اثبات فرمول‌های فازی، صرف نظر شده، لذا این مهـم به عهده‌ی دیگر پژوهشگران علاقه‌مند در این زمینه سپرده می‌شود.

بیشترین و کمترین در واقع بدبینانه‌ترین اتفاقِ ممکن تا خوش‌بینانه‌ترین اتفاق ممکن در حصول هزینه‌ها و فایده‌های یک پروژه را جهت تصمیم‌گیری با دیدی وسیع ارائه می‌دهند.

اندازه‌ی نمونه

جامعه‌ی آماری مورد مطالعه و بررسی در این مقاله (شهرک مسکونی آتی‌ساز) دارای ۲۲۹۰ واحد مسکونی و نزدیک به ۱۰ هزار نفر جمعیت می باشد. این مجتمع با سطح زیربنای ۳۷۴۸۳۵ متر مربع شامل برج هایی از ۱۲ الی ۳۱ طبقه در سه فاز احداث گردیده است. فاز یک این مجموعه شامل ۹ برج ۱۲ الی ۲۴ طبقه با سطح زیر بنای ۱۲۳۳۳۵ متر مربع شامل ۶۳۲ واحد مسکونی تا سال ۱۳۶۷احداث گردیده و فاز دو این مجموعه شامل ۹ برج ۱۲ الی ۲۹ طبقه با سطح زیربنای ۱۳۴۳۹۶ متر مربع و تعداد ۸۳۹ واحد مسکونی احداث گردیده است فاز ۳ نیز شامل ۵ برج ۲۹ الی ۳۱ طبقه با سطح زیر بنای ۱۱۷۱۰۴ متر مربع و تعداد ۸۱۹ واحد مسکونی احداث گردیده است .(سایت آتی‌ساز)

در بخش محاسبات، فاز دو و فاز سه شهرک مسکونی آتی ساز اوین که جمعاً مشتمل بر۱۴ برج ۱۲ الی ۳۱ طبقه و با سطح زیر بنای کلی۲۵۱۵۰۰ متر مربع در نظر گرفته شده است که شامل ۱۶۵۰ واحد مسکونی می باشد. همچنین روش گردآوری اطلاعات و داده‌ها در این مقاله به دو صورت کتابخانه‌ای و میدانی است.

مفروضات طرح

الف) نرخ تنزیل مورد استفاده ۲۰ درصد است که مطابق با نرخ رایج سود بانکی اعلام شده از سوی بانک مرکزی ایران در سال ۱۳۹۲ است. ب) قیمت هر دلار آمریکا برابر ۳۰۰۰۰ ریال وجه رایج ایران در نظر گرفته شده. ج) جهت تعیین قیمت‌های گاز و برق از جدول‌های رایج بر روی قبوض اشتراک گاز و برق استفاده شده است. د) داده-های در دسترس از مسؤولین شهرک آتی‌ساز، مربوط به سال ۱۳۹۱ است. ۵- میزان مالیات بر ارزش افزوده در سال ۱۳۹۱ برابر با ۵ درصد می‌باشد. هـ) طبق اعلام شرگت ملی گاز ایران و سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، ۹۰ درصد از مصرف گاز، صرف

سوخت در موتورخانه می‌گردد. و) برای بررسی بهتر و جامع تر، فاز ۲ و فاز ۳ شهرک آتی‌ساز مورد تحقیق قرار گرفته است. ز) مسؤولین امر به علت بدبینی، هزینه‌ها را با تغییرات بیشتری نسبت به درآمدها لحاظ نموده‌اند. بدین جهت تمامیِ هزینه‌ها (C) به‌صورت: C10C,C,%10% در نظر گرفته شده است؛ یعنی برای هزینه‌ها ده درصد امکان تغییر وجود دارد. همچنین درآمدها (R) به‌صورت: R2R,R,%2% لحاظ گردیده است. همین‌طور برای نرخ بهره (r) به صورت: 2%,r,2% منظور شده است. همان‌طور که در محاسبات خواهیم دید، اگر این نرخ را ۲۰ درصد در نظر بگیریم، امکان تغییرِ نرخ بهره از ۱۸ درصد تا ۲۲ درصد با مرکزیت ۲۰درصد را نشان می‌دهد.[۱]

نحوه‌ی انجام محاسبات

روش اول) ارزش فعلی خالص با رویکرد فازی[۲]: در منطق فازی، فرض بر این است که مقادیر متغیرها را نمی‌توان به شکل روشن و دقیقی بیان نمود لذا این پارامترها را با استفاده از ریاضیات فازی به صورت اعداد فازی مثلثی غیر متقارن می‌نویسیم:

$$R_i^{Fuzzy} = (R_i , \alpha_i , \beta_i) \quad r^{Fuzzy} = (r , \alpha' , \beta') \quad C_i^{Fuzzy} = (C_i , \alpha'' , \beta'')$$

Fuzzy: این اندیس بیانگر فازی بودن عدد است. R,C,r: بیانگر مرکز عدد فازی است. α: بازه‌ی سمت راست، β: بازه‌ی سمت چپ و i: تعداد سال‌های مورد نظر است. بنابراین با جایگذاریِ مفاهیم فازی فوق، فرمول روش ارزش خالص کنونی به صورتِ کلی با رابطه‌ی ۱ بیان می‌گردد:

$$NPV_{Fuzzy} = \sum_{i=0}^{n} \frac{R_i^{Fuzzy}}{(1 + r^{Fuzzy})^i} - \sum_{i=0}^{n} \frac{C_i^{Fuzzy}}{(1 + r^{Fuzzy})^i}$$

رابطه ۱ - فرمول کلی NPV در حالت فازی

پس از حل معادله‌ی فوق برای آن که نتیجه بگیریم که در نهایت پروژه، اقتصادی است

۱- محقق لازم می‌داند به این نکته اشاره نماید که برخلافِ آنچه در این تئوری‌ها از واژه‌ی «بازه» برای نشان دادنِ تغییراتِ چپ و راست پارامترها استفاده می شود، بیشتر و بهتر مایل است از واژه‌هایی چون «تلورانس» یا «مقدار تغییر به چپ» و «مقدار تغییر به راست» استفاده شود تا ابهامات احتمالی ناشی از تصورِ غلط از به‌کارگیری کلماتی از قبیلِ «بازه» یا «دامنه» جهت بیانِ تحلیل‌ها بر طرف گردد.

2- NPV_{Fuzzy}

یا خیر و یا به عبارتی در نهایت عدد به‌دست آمده بزرگتر از صفر تلقی می‌شود یا خیر، از رابطه‌ی ۱-۱ بهره می‌بریم؛ این فرمول را با عنوان «معیار مرتب‌سازی» نیز می‌شناسیم:

$$S = \frac{-\alpha + 2x + \beta}{4}$$

رابطه ۱-۱ - فرمول معیار مرتب‌سازی NPV در حالت فازی

α: مقدار عددی بازه ی سمت چپ، β: مقدار عددی بازه ی سمت راست، x : مقدار محتمل.

اگر عدد به‌دست آمده مثبت بود می‌توان آن‌را بزرگتر از صفر در نظر گرفت و طرح دارای توجیه اقتصادی است.

روش دوم) نسبت منفعت به هزینه با رویکرد فازی: فرمول کلی نسبت منافع به مخارج در حالت فازی، با رابطه‌ی ۲ بیان می‌شود:

$$\frac{B}{C} = \frac{PV_B}{PV_C} \Rightarrow \frac{B}{C} = \frac{R_{Total}}{C_{Total}} \Rightarrow \left(\frac{B}{C}\right)_{Fuzzy} = \frac{\sum_{i=0}^{n} \frac{R_i^{Fuzzy}}{(1+r^{Fuzzy})^i}}{\sum_{i=0}^{n} \frac{C_i^{Fuzzy}}{(1+r^{Fuzzy})^i}}$$

رابطه ۲ - فرمول کلی $\frac{B}{C}$ در حالت فازی

اگر عدد به‌دست آمده، از یک بزرگتر (مثبت) باشد، طرح، توجیه اقتصادی دارد و در غیر این‌صورت توجیه اقتصادی ندارد. لذا اعداد به دست آمده را در رابطه‌ی ۲-۱جایگذاری می‌نماییم؛ به این رابطه معیار مرتب‌سازی نیز گفته می‌شود.

$$S = \frac{-2 + (-\alpha + 2x + \beta)}{4}$$

رابطه ۲-۱ - معیار مرتب‌سازی $\frac{B}{C}$ فازی

روش سوم) دوره‌ی برگشت سرمایه: دوره بازگشت سرمایه، تعداد سال‌هایی را که برای پوشش هزینه‌ی اولیه سرمایه‌گذاری لازم است به ما نشان می‌دهد. این روش، هدف نهایی تحلیل اقتصادی طرح‌های عمرانی را نشان دادن افزایش محصول خالص طرح بر حسب قیمت‌های اقتصادی در کشور می داند، لذا ضابطه ارزش خالص کنونی را

با نرخ تنزیل اعلام شده، به عنوان ضابطه اصلی جهت انتخاب پروژه‌ها پیشنهاد می‌کند. (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۱)

$$PBP = \frac{K}{NCF}$$

رابطه ۳ - فرمول محاسبه دوره بازگشت سرمایه

PBP : دروه‌ی برگشت سرمایه، K : هزینه‌ی سرمایه گذاری اولیه، NCF : جریان نقدی سالیانه که در این‌جا برای تمام سال‌ها مساوی است. اگر جریان نقدی مساوی نباشد باید از رابطه‌ی ۳-۱ استفاده نمود. ونکی(۱۳۹۰)

$$K=\sum_{t=0}^{n}(NCF)$$

رابطه ۳-۱

شایان ذکر است که وقتی دو یا چند طرح سرمایه‌گذاری که زمان تحقق سود آنها یکسان نیست با هم مقایسه می‌شوند، روش دوره برگشت سرمایه روش گمراه‌کننده جهت تعیین سودآوری آن طرح‌ها خواهد بود. اسکونژاد(۱۳۹۱) همچنین هیچ معیار یا راهنمایی برای انتخاب دوره بازگشت وجود ندارد. به همین دلیل، انتخاب از میان پروژه‌هایی با دوره‌ی بازگشت برابر تا اندازه‌ای سلیقه‌ای است. زاهدی و معلمی(۱۳۸۹)

روش چهارم) گردش نقدی سالانه (پرداخت یکنواخت) به روش فازی: مشکل بزرگ روش دوره‌ی بازگشت سرمایه، به‌طور کل در محاسبه‌ی جریان‌های نقدی و گردش نقدی خلاصه می‌شود؛ لذا در این مقاله روی گردش نقدی سالانه (پرداخت یکنواخت) متمرکز می‌شویم. در این روش ابتدا ارزش فعلی همه‌ی درآمدها و هزینه‌ها را محاسبه می‌نماید و در ادامه ارزش فعلی به هزینه‌ی یکنواخت سالانه تبدیل می‌شود. رسیدن به فرمول نهاییِ پرداخت یکنواخت با منطق فازی با اثبات پیچیده‌ای همراه است. در این مقاله، یافته‌های محقق مبتنی بر آن است که برخلاف روش پیچیده‌ی محاسباتی، می‌توان به صورتِ کلی‌تر و صدالبته عملی‌تر روُ آورد که ارائه‌ی رابطه‌ی ۴ از یافته های محقق است. اصفهانی(۱۳۹۲)

$$\left(\sum_{i=0}^{n} R^{Fuzzy} - \sum_{i=0}^{n} C^{Fuzzy}\right) \times \left[\frac{r^{Fuzzy}(1+r^{Fuzzy})^{n}}{(1+r^{Fuzzy})^{n}-1}\right]$$

رابطه ۴ - فرمول کلی گردش نقدی سالانه در حالت فازی

n: تعداد کل سال‌های مورد محاسبه در پروژه است.

برای آنکه بفهیم عدد به دست آمده حاکی از اقتصادی بودنِ پروژه است یا خیر باید به مثبت بودنِ آن پی ببریم. به همین منظور عدد فازی به دست آمده را به وسیله‌ی رابطه‌ی ۴-۱ با صفر مقایسه می کنیم:

$$S = \frac{-\alpha + 2x + \beta}{4}$$

رابطه ۴-۱ - معیار مرتب سازی گردش نقدی سالیانه فازی

اگر عدد به دست آمده، حاصل از عبارت فوق که حکم معیار مرتب سازی را دارد، مثبت باشد، لذا خواهیم گفت پروژه از توجیه اقتصادی برخوردار است و در صورت منفی بودن، پروژه دارای توجیه اقتصادی نیست.

۵- برآورد و تحلیل طرحها

طرح اول ـ استفاده از دمپر خودکار موتورخانه[1]

دمپر وسیله‌ای الکترومکانیکی است که با خاموش شدنِ دیگ، فرمانِ بسته شدنِ دریچه‌ای در مقطع دودکش را صادر و پس از بسته شدن این دریچه، از خروج گازهای داغ حاصل از احتراق داخل دیگ جلوگیری می‌کند که در نتیجه موجب صرفه‌جویی در مصرف سوخت می‌گردد.[2] شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت(۱۳۸۳) طبق تأییدیه‌ها، استفاده از این محصول، سالانه باعث کاهش ۹ درصد در مصرف گاز می‌شود.[3] موتورخانه‌ی مورد مطالعه، برای فازهای ۲ و ۳ است به شکل یکسان وظیفه‌ی سرمایش

1- Vent Damper

۲- در سال ۱۳۸۳، فاز مطالعاتی ـ تحقیقاتی استفاده و کاربرد این دمپرها در ایران توسط شرکت بهینه سازی مصرف سوخت و شرکت منشور سیمین، آغاز شد.

۳- طبق نتایج به‌دست آمده از پروژه تحقیقاتی شرکت منشور سیمین انرژی با شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور. همچنین نگاه کنید به: http://yon.ir/ffwL

و گرمایش این دو فاز را به عهده دارد. این موتورخانه دارای ۶ بویلر است که دستی تنظیم می‌شوند و نیازمند استفاده از شش دمپر خودکار است. قیمت هر عدد از این دمپرها ۱،۵۰۰،۰۰۰ ریال می‌باشد که جمعاً ۹،۰۰۰،۰۰۰ ریال می‌شود. میزان صرفه-جویی گاز در فازهای ۲ و ۳ شهرک آتی‌ساز اوین، برابر ۱۸۰،۰۶۵/۸ متر مکعب در یک سال است. همچنین لازم به ذکر است که طول عمر این دستگاه ۱۰ سال در نظر گرفته شده است.

برای محاسبه‌ی NPV^{Fuzzy} طرح اول، با استفاده از رابطه‌ی ۱ در جدول ۱ ضمیمه، مشاهده می‌شود مقادیر محاسبه شده عددی مثبت است و مقدار محتمل برابر با ۲۱۰۶۱۹۹۳۶۴/۴ است که هنوز نشانگر اقتصادی بودن یا اقتصادی نبودنِ پروژه نیست؛ لذا با استفاده از رابطه‌ی ۱-۱ با عدد صفر مقایسه نمودیم و با عدد ۱۰۵۴۵۱۶۲۰ مواجه شدیم و چون این عدد مثبت است، طرح مذکور از توجیه اقتصادی برخوردار است؛ لذا تصمیم گیرندگان جهت سرمایه گذاری با در اختیار داشتنِ بازه ی صحیحی از میزانِ بازدهیِ طرح فوق، به راحتی می توانند سرمایه گذاری کنند.

برای محاسبه‌ی $\left(\frac{B}{C}\right)_{Fuzzy}$ طرح اول، با استفاده از رابطه‌ی ۲، در جدول ۲ ضمیمه مشاهده می‌شود که مقدار ممکن برابر ۲۵۳/۷۴ است که با استفاده از رابطه‌ی ۲-۱ و مقایسه‌ی اعداد به‌دست آمده با صفر، با عدد ۱۲۸/۲۵ مواجه می‌شویم که مثبت بودنِ این عدد حاکی از دارا بودنِ توجیه اقتصادی این پروژه است.

برای محاسبه‌ی دوره‌ی بازگشت سرمایه و همچنین محاسبه‌ی گردش نقدی سالانه با رویکرد فازی، به ترتیب طبق رابطه‌ی ۳ و رابطه‌ی ۴، به نتایج مندرج در جدول‌های ۳ و ۴ ضمیمه دست یافتیم. مشاهده می‌شود که طبق این روش و همچنین استفاده از رابطه‌ی ۴-۱ برای گردش نقدی سالانه فازی، طرح مذکور دارای توجیه اقتصادی است.

طرح دوم ـ جایگزینی چیلرهای موجود با چیلرهای جذبی خورشیدی

در دو فازِ ۲و۳ تعداد چهار چیلر از نوع جذبی هر کدام به ظرفیت ۱۲۰۰ تن و جمعاً به ظرفیت ۲۴۰۰ تن موجود است که دو تا از آنها فعال بوده و دو تای دیگر در

حالت جانشین[1] قرار دارند. با توجه به تحقیقات انجام شده‌ی محقق، از میان دو چیلر جانشین یکی از آنها خراب است و دیگری نیز در شُرف خرابی قرار دارد که هر دو شدیداً نیازمند تعمیرات اساسی هستند؛ لذا با توجه به روند فعلی، در شرایط اضطراری عملاً دو چیلر اخیر فاقد کارآیی خواهند بود. همچنین دو چیلر فعال نیز با عیوبی همراهند که دائماً نیازمند نظارت و تعمیرات جزیی و کلی هستند. با در نظر گرفتنِ منطقه‌ی آب و هوایی شهرک آتی‌ساز اوین که در قسمت ییلاقیِ تهران واقع است، وضعیت سرمایش تا حدودی از رضایت ساکنین برخوردار است و همچنین درصد بسیار کمی از واحدهای این دو فاز از کولرهای گازی بهره می‌برند؛ لذا عمده‌ی مشکلات، هزینه‌های بالای مصرف گاز و برق است. برای کاستن از هزینه‌ها جایگزینیِ دو چیلرِ جذبیِ خورشیدی با ظرفیتِ هر کدام ۱۲۰۰ تن را در نظر می‌گیریم. این دو چیلرِ جذبی خورشیدی، جایگزین دو چیلرِ فعالِ فعلی می گردند و دو چیلرِ فعال نیز به صورت جانشین قرار می گیرند. چیلرهای جانشین فعلی نیز از دور خارج می شوند.

از آنجا که چیلرهای فعال موجود، ۱۰ ماه از سال را فعالیت دارند، مصرف آنها ۳،۱۱۶،۶۴۰ کیلووات ساعت در سال است. همچنین مصرف هر یک از چیلرهای خورشیدی مذکور برابر ۱۱/۵ کیلووات می باشد؛ لذا با در نظر گرفتن اینکه هر یک از چیلرها ۷۲۴۸ ساعت در سال فعالیت کنند، مصرف برق ۴ چیلر خورشیدی (برای جایگزینی با ۲ چیلر جذبیِ فعالِ فعلی) در سال برابر ۳۳۳،۴۰۸ کیلو وات ساعت خواهد بود. با این اوصاف ۲،۷۸۳،۲۳۲کیلووات ساعت در سال با استفاده از این نوع چیلر در مصرف برق صرفه جویی می‌شود. هر یک متر مکعب گاز طبیعی معادل تقریباً ۱۰/۵ کیلو وات ساعت برق است.(سایت شرکت توانیر) بنابر این معادل ۲۶۵،۰۶۹/۷۲ متر مکعب گاز صرفه‌جویی حاصل می‌گردد.

با توجه به وارداتی بودنِ این سیستم ، هزینه‌ی خرید و نصب ۴ عدد چیلر جذبی خورشیدی هر یک به ظرفیت۶۰۰ تن تبرید، برابر۱۸،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ ریال می‌باشد. عمر مفید چیلر خورشیدی را ۲۰ سال در نظر گرفته و درآمد حاصل از فروش ۲ چیلر موجود که جانشین هستند، برابر ۱،۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰ ریال برآورد شده است.

1- Standby

ارزیابی اقتصادی طرح دوم با رویکرد فازی

برای محاسبه‌ی NPV^{Fuzzy} طرح دوم، با استفاده از رابطه‌ی ۱ مقادیر مندرج در جدول ۱ضمیمه به دست آمد. بر اساس منطق فازی، NPV طرح دوم با مقدار محتمل ۱۰۶۵۵۱۳۹۹۹۳/۲- منفی است؛ اما همچنان نشانگر اقتصادی بودن یا اقتصادی نبودنِ پروژه نیست. لذا طبق رابطه‌ی ۱-۱ آن را با عدد صفر مقایسه نمودیم و با عدد ۵۳۲۲۶۵۴۵۶۰- مواجه شدیم و چون این عدد منفی است، طرح مذکور از توجیه اقتصادی برخوردار نمی باشد.

برای محاسبات $\left(\frac{B}{C}\right)_{Fuzzy}$، پرداخت یکنواخت فازی و دوره‌ی بازگشت سرمایه فازی برای طرح دوم، به ترتیب از رابطه‌های ۲، ۳ و ۴ استفاده شده است و نتایج به ترتیب در جداول ۲، ۳، ۴ ضمیمه آورده شده. همانطور که مشاهده می‌شود، طرح دوم طبق استفاده از روابط ۲-۱ و ۴-۱، به اعداد منفی منتج گشته است که حاکی از عدمِ توجیهِ اقتصادی این طرح می‌باشد.

طرح سوم ـ استفاده از موتورخانه‌ی هوشمند

با هوشمندسازی کنترل سیستم‌های حرارت مرکزی، آبگرم ارسالی به ساختمان هماهنگ با تغییرات دمای هوای محیط، با دمای مقتضی و در زمان‌های مناسب به ساختمان ارسال می‌گردد. این امر علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف سوخت و انرژی، موجب تثبیت دمای داخل ساختمان در حد آسایش ساکنین می‌شود. همچنین با تنظیم جداول زمانیِ نرم افزاری موجود در سیستم‌های کنترل هوشمند، می‌توان برای مصارف گرمایشی ساختمان،کنترل زمانی بهینه اعلام نمودکه از کاربردهای مهم آن اعمال گرمایش در ساختمان‌های با کارکرد زمانی منقطع بر مبنای جدول زمانی تنظیمی می‌باشد.

طبق اعلام شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور و با توجه به تأییدیه‌های

مصرف‌کنندگان از این سیستم، میزان صرفه‌جویی سالانه گاز در صورت استفاده از این سیستم ۱۵٪ می باشد.[۱] (سایت شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت/بخش گرمایش) مصرف گاز موتورخانه‌ی فازهای ۲ و ۳ شهرک آتی‌ساز در سال ۹۱ برابر ۲،۰۰۰،۷۳۱ متر مکعب بوده است که با استفاده از سیستم موتورخانه هوشمند ۸۵۹،۰۹۰/۹۵ متر مکعب صرف‌جویی در سال حاصل می‌شود. ضمناً قیمت هر دستگاه کنترل هوشمند موتورخانه ۸،۰۰۰،۰۰۰ ریال می‌باشد و با در نظر گرفتن هزینه‌های نصب و پرسنل نصّاب ۱۳۲۰۰۰۰۰ریال لحاظ شده و عمر مفید این دستگاه ۵ سال در نظر گرفته شده است.

ارزیابی اقتصادی طرح سوم با رویکرد فازی

با استفاده از رابطه‌ی ۱، محاسبات برای NPV^{Fuzzy} طرح سوم انجام یافته که در جدول ۱ ضمیمه مشاهده می‌گردد؛ ارزش فعلی خالص فازی این طرح با مقدار ممکن ۶۷۸۹۳۶۴۲۶۷/۲ نشان داده می‌شود که با استفاده از رابطه‌ی ۱-۱ با صفر مقایسه شده و با مقدار مثبت ۳۳۹۷۷۷۷۰۰۳ نشان‌دهنده‌ی توجیه داشتنِ این طرح از نظر اقتصادی می‌باشد.

با استفاده از رابطه‌ی ۲، ۳ و ۴ $\left(\frac{B}{C}\right)_{Fuzzy}$، پرداخت یکنواخت فازی و دوره بازگشت سرمایه با رویکرد فازی برای طرح سوم به ترتیب در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ آمده است. دوره‌ی بازگشت سرمایه‌ی این طرح (جدول ۳ ضمیمه) با رقم ۰/۰۰۴۱ در روش فازی بسیار پایین است که بازه‌های چپ و راست نیز با رقم ۰/۰۰۳۸ نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاری در این طرح در حالت‌های خوش‌بینانه و بدبینانه در چه تلورانس زمانی دست‌یافتنی خواهد بود. همچنین با استفاده از رابطه‌ی ۲-۱ و رابطه‌ی ۴-۱، اعداد ۳۱۳/۰۶۴ و ۱۲۵۳۸۵۱۳۷۹/۸۲ چون مثبت هستند، نشان می‌دهند که طرح سوم با این روش‌ها، از توجیه اقتصادی برخوردار است.

۱- "کاهش مصرف سوخت و هزینه‌ها تا ۴۰ درصد در ساختمان‌های غیر مسکونی (اداری و تجاری) و تا ۱۵ درصد درساختمان‌های مسکونی". نگاه کنید به: http://yon.ir/luCx

طرح چهارم ـ تغییر سیستم روشنایی موجود به سیستم روشنایی LED [1]

نور افکن های LED چراغ‌هایی هستند که با جهت‌دادن به نور برای نورپردازی موضعی و روشنایی موضعی به کار می‌روند. این چراغ‌ها، قابلیت تنظیم و یا چرخش را حول حداقل یکی از محورهای نصب خود دارا می‌باشند. LEDها از نظر برچسب انرژی در رتبه‌ی A قرار دارند. روشن-خاموش کردنِ متناوب، عدم پدیده‌ی سوسو زدن، عدم تأثیرپذیری از سرما، بهره‌ی انرژی بیشتر، آسیب‌پذیری کمتر و طول عمر بیشتر از مهم-ترین قابلیت‌های LEDها به شمار می‌روند.لامپ‌هایLED دارای ساختمان بسیار محکمی‌از موادند. این لامپ‌ها کوچکتر اما متنوع‌تر از لامپ‌هایی هستند که با گاز پر می‌شوند و آسیب‌پذیری آنها نیز کمتر است. به طور کلی عمده ی عیب آنها در پایین بودنِ شدت کلی نور خروجی و قیمت زیاد آنها است. اگر چه عامل قیمت باعث توجه کمتر به استفاده از LEDها شده است، اما این چراغ‌ها به منظور رقابت کردن با تکنولوژی‌های موجود، صرفه‌های فراوانی در مصرف برق دارند. لامپ‌های خیابانی کنونی که با گاز پر می‌شوند به طور متوسط ۱۲ هزار ساعت کار می‌کنند وتعویض آنها علاوه بر دسترسی سخت (خصوصاً در مکان‌هایی مثل تونل) و یا مختل شدن ترافیک، هزینه‌ی زیادی در بر دارد. لامپ‌هایLED با طراحی مشابه دارای هزینه‌ای دو برابر لامپ‌های کنونی هستند اما این موضوع باتوجه به عمر طولانی آنها جبران می‌شود.

اگر در شهرک آتی‌ساز، چراغ‌ها روزانه ۱۰ ساعت روشن باشند، ۳۶۵۰ ساعت در سال مصرف برق داریم. از سویی مصرف کل برق جهت روشنایی در فاز ۲ شهرک آتی ساز اوین برابر با ۱۳۲۰۱۳۲۰ کیلووات ساعت در سال است. در صورت استفاده از چراغ-های LED این میزان به ۲۳۷۹۴۳۵ کیلووات ساعت خواهد رسید. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در صورت تغییر سیستم روشنایی به سیستم LED به مقدار ۱۰۸۲۱۸۸۸ کیلووات ساعت، صرفه‌جویی در مصرف برق خواهیم داشت که این رقم معادل ۱۰۳۰۶۵۶ متر مکعب گاز می باشد.

در جدول ۵ و جدول ۶، یافته های محقق، حاوی اطلاعاتی دقیق از تعداد طبقات

---

1 -Light Emitting Diode

فاز ۲، تعداد لامپ‌های موجود و میزانِ مصرف آنها می‌باشد؛ همچنین قیمت و تعداد مشخص استفاده از لامپ‌های LED نیز آورده شده است.

ارزیابی اقتصادی طرح چهارم با منطق فازی

برای محاسبه‌ی NPV^{Fuzzy} طرح چهارم، از رابطه‌ی ۱ استفاده شده که نتایج محاسبات در جدول ۱ ضمیمه آمده است. در این جدول می‌بینیم که با روش منطق فازی، NPV برابر با ۳۷۴۵۲۱۱۶۴۹/۴ ریال است که این عدد در تلورانس چپ ۶۲۳۸۸۲۷۴۱/۴ ریال و در تلورانس راست ۶۳۶۶۱۷۱۰۴/۱ ریال قرار دارد. وقتی این عدد با استفاده از رابطه‌ی ۱-۱ با صفر مقایسه گردید، به عدد ۱۸۷۵۷۸۹۴۱۵ منتج شد که حاکی از داشتنِ توجیه اقتصادی برای این طرح است.

برای محاسبه‌ی $\left(\frac{B}{C}\right)_{Fuzzy}$ طرح چهارم، طبق رابطه‌ی ۲ عمل کردیم که نتایج در جدول ۲ ضمیمه مشاهده می‌شود. با محاسبه‌ی نسبت منافع به هزینه های طرح فوق با منطق فازی، عدد ۲/۸۷۲۶۰۵۸۲۴۷ به دست آمد که تلورانس یا بازه ی چپ آن ۰/۵۲۹۶۶۴۱۲۲۵ و بازه ی راستش ۰/۶۱۳۰۹۷۱۹۶۱ به دست آمده است. طبق اصول منطق فازی هنوز نمی توان اذعان داشت که این طرح توجیه اقتصادی دارد یا خیر؛ لذا طبق رابطه‌ی ۲-۱، این عدد را با یک مقایسه نمودیم و با به دست آوردنِ ۰/۹۵۷۱۶۱۱۸۰۷ مشخص گردید که در قیاس با یک، مثبت است؛ بنابراین طرح مورد اشاره با استفاده از روش منفعت به هزینه ی فازی نیز دارای توجیه اقتصادی است.

همچنین برای محاسبه‌ی دوره بازگشت سرمایه برای طرح چهارم با استفاده از رابطه‌ی ۳، به مقادیر مندرج در جدول ۳ دست یافتیم. دوره‌ی بازگشت سرمایه این طرح از رقم مطلوب ۱/۰۴۱ برخوردار است و به نسبت سرمایه‌گذاری انجام شده و طول عمری که برای پروژه در نظر گرفته‌ایم، حاکی از به صرفه بودنِ سرمایه‌گذاری در این طرح است.

برای محاسبه‌ی پرداخت یکنواخت فازی برای طرح چهارم با استفاده از رابطه‌ی ۴، به نتایج نوشته شده در جدول ۴ ضمیمه دست پیدا کردیم. در این روش، عدد ۱۱۲۶۲۰۶۶۶۲/۴۷ به دست آمد که در بازه ی چپش ۷۵۰۰۵۲۲۹۰/۰۶ و در بازه‌ی راستش مقدار ۹۳۹۰۹۵۵۰۷/۵۸ را در تلورانس دارد. با استفاده از رابطه‌ی ۴-۱ و

مقایسه‌ی این عدد با صفر، عدد ۶۱۰۳۶۴۱۳۵/۶۱ به دست آمد که چون مثبت است می‌توان چنین استنتاج نمود که طرح حاضر دارا توجیه اقتصادی است.

منافع زیست محیطی

در این قسمت، آلودگیِ کاهش یافته در اثر اجرای پروژه‌ها بر اساس همان فرمول‌های ارائه‌شده در مقاله، محاسبه شده است. این کاهش‌ها بر اساس استفاده از ضرایب انتشار آلودگی موجود در سایت هیأت بین‌الدول تغییرات آب و هوایی[1] و محاسبات گاز صرفه‌جویی شده به‌دست آمده است. همچنین پیش‌بینی می‌شود در آینده بر اثر افزایش استفاده از انرژی، روند تولید آلاینده‌ها افزایش بیشتری نیز بیابد. برای مثال بر مبنای آمار سازمان بین‌المللی انرژی، آسیای در حال توسعه (به جز ژاپن و کره جنوبی) تقاضا برای انرژی در جهان را تا سال ۲۰۳۰، ۴۲ درصد افزایش خواهد داد.

هزینه‌ی تخریب: مجموع پولی است که بتواند ضررهای ناشی از انتشار مواد آلاینده و گازهای گلخانه‌ای را جبران کند. طبق اعلام بانک جهانی و آژانس حفاظت از محیط زیست، هزینه‌ی اجتماعی انتشار هر تن دی‌اکسید کربن برابر ۲۴/۳ دلار است. همچنین به ازای مصرف هر متر مکعب گاز طبیعی ۰/۰۰۲ تن دی‌اکسید کربن انتشار می‌یابد.

کاهش هزینه های اجتماعی

با توجه به آنچه در بالا ذکر شد، جدول ۷ نشان می‌دهد که با استفاده از دمپر خودکار موتورخانه ۳۶۰/۱۳ تن کاهش دی‌اکسید کربن و ۲۶۲۵۳۴۷۷۰ ریال کاهش هزینه‌ی اجتماعی، با استفاده از چیلر خورشیدی ۵۳۰/۱۴ تن کاهش دی‌اکسید کربن و ۳۸۶۴۷۲۰۶۰ ریال کاهش هزینه‌ی اجتماعی، با استفاده از موتورخانه هوشمند ۱۷۱۸/۱۸ تن کاهش دی‌اکسید کربن و ۱۲۵۲۵۵۳۲۲۰ ریال کاهش هزینه‌ی اجتماعی و با استفاده از روشنایی LED ۴۷۵۸/۸۷ تن کاهش دی‌اکسید کربن و ۳۴۶۹۲۱۶۲۳۰ ریال کاهش هزینه‌ی اجتماعی خواهیم داشت.

۱- موسوم به IPCC

۶- نتیجه گیری و پیشنهادات

در این مقاله، چهار طرح بهینه‌سازی که عبارت بودند از: استفاده از دمپر خودکار، تعویض چیلرهای فعال موجود با چیلرهای جذبی خورشیدی، استفاده از موتورخانه هوشمند و تغییر سیستم روشنایی موجود با سیستم روشنایی LED با رویکرد منطق فازی مورد ارزیابی اقتصادی قرار گرفت. بعضی از طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، فقط در ساختمان‌های در حال احداث توجیه اجرایی و اقتصادی دارند؛ مانند عایق‌کاری دیوار و کف، انتخاب مصالح مناسب، انتخاب عایق‌کاری مناسب سیستم لوله‌کشی ساختمان و....

تعویض سیستم سرمایشی (استفاده از چیلرهای جذبی خورشیدی) از توجیه اقتصادی برخوردار نبود. برخی دیگر از طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های در حال احداث و مورد بهره‌برداری، قابل استفاده‌اند که اجرای آنها به دلیل عدمِ تعویض، سببِ اتلاف سرمایه‌گذاری اولیه نمی‌گردد؛ نظیرِ این ایده‌ها می‌توان به دمپر خودکار موتورخانه، استفاده از موتورخانه هوشمند، درزگیر پنجره، در و پنجره-هایی با شیشه‌های دو جداره و غیره اشاره کرد.

این مقاله، نشان از آن دارد که با مشخص شدن منافع و هزینه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرک آتی ساز، علاوه بر افزایشِ سطح دقت در تحلیل‌های فازی به نسبتِ حالت کلاسیک، فرضیه‌ی اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرک آتی‌ساز دارای توجیه اقتصادی است و به اثبات می رسد.

منطق فازی، اصطلاحاً با «خاکستری» (تلفیقی از سیاه و سفید) دیدنِ داده‌ها و پرهیز از مطلق‌گرایی، با ترسیم تصویری از تحلیل و نیازمندیِ افزایشِ قدرتِ تحلیلِ محقق، با فاصله گرفتن از متُدهای مطلق کلاسیک، معنای تازه و اقتصادی‌تری به قدرت تحلیل یک اقتصاددان و نقشه‌ی راهی مُتقن به تصمیم‌گیرندگان اعطا می نماید.

پیشنهادها

می‌توان پیشنهاداتی را که در زیر به آنها اشاره می‌شود، در مورد این شهرک مورد بررسی و ارزیابی‌های بیشتر قرار داد:

۱) بررسی اقتصادی استفاده از CHP[1] در شهرک آتی‌ساز می‌تواند پژوهشی مناسب

1- Combine Heat & Power

در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان باشد. ۲) در این مقاله از میانِ سه فازِ شهرک آتی‌ساز، فقط فازهای ۲ و ۳ مورد بررسی قرار گرفت، برای پژوهش‌های دیگر می‌توان روی فاز یک این شهرک که قدیمی‌ترینِ فازها به شمار می آید متمرکز شد. ۳) سرمایش فاز یک شهرک آتی‌ساز با چیلرهای تراکمی تأمین می‌شود، لذا در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی فرصتی شایسته را در اختیار پژوهشگرانِ علاقه‌مند قرار می‌دهد. ۴) قریب به اتفاق در و پنجره های شهرک، دارای شیشه‌های دوجداره نیستند و همین امر سبب هدر رفتِ انرژی در ساختمان می‌شود. بررسی عوامل شاخص در ارزیابیِ این طرح می‌تواند بسیار مثمر ثمر واقع شود. ۵) طرزِ معماریِ ساختمانِ برج های شهرک آتی ساز به گونه‌ای است که بسیار آفتاب‌گیر هستند. این عامل پتانسیلِ خوبی برای بررسی استفاده از انرژی خورشیدی برای بسیاری از واحدهای برج‌های شهرک است. به عنوانِ پیشنهاد می‌توان طرح استفاده از آبگرمکن‌های خورشیدی را به عنوانِ ارزیابیِ اقتصادی مورد بررسی قرار داد.

جهت ارزیابی‌های اقتصادیِ از این دست با منطق فازی، پیشنهادات زیر را به عنوانِ رهیافت برای مطالعات بعدی ارائه می‌گردد: ۱) با توجه به دقت بالایی که در منطق فازی وجود دارد، پیشنهاد می شود، برای ارزیابیِ هرچه بهتر و مؤثرترِ طرحهای اقتصادی از روش منطق فازی به جای روش کلاسیک بهره گرفت. ۲) به دلیلِ کاربردی بودنِ منطق فازی، بسیار مفید خواهد بود که در مطالعات بعدی، روی مواردی نظیر آب، پالایشگاه‌های نفت و گاز، دیگر مجتمع‌های مسکونی بزرگ و ادارات پژوهش‌هایی انجام پذیرد. ۳) برای هر یک از طرح‌های مطرح‌شده می‌توان به طور جداگانه از تغییراتِ مختلفی در هزینه‌ها، درآمدها و نرخ بهره استفاده نمود. یعنی با توجه به میزانِ بدبینی و خوش بینیِ سرمایه‌گذاران، درصدهای تغییرِ مختلفی ارائه داد و به نتایجِ بهتری نیز دست یافت و یا ترکیبی از تغییرات را با توجه به کنش‌های بازار، پیش‌بینی‌های اقتصادی، سیاسی و... در نظر گرفت و با اعمال آنها به‌طور جداگانه برای هر پروژه، مطرح کرد.

پیوست‌ها

ضمیمه‌ی الف) جدول‌ها:

جدول ۱. خالص ارزش فعلی طرح‌ها با رویکرد فازی

	نسبت منفعت به هزینه $\left(\left(\frac{B}{C}\right)_{Fuzzy}\right)$			
نام طرح	بازه چپ	مقدارممکن	بازه راست	معیار مرتب سازی
دمپرخودکار	۵۱/۷	۲۵۳/۷	۵۹/۳	۱۲۸/۲۵۶۵
چیلر خورشیدی	۰/۰۵۸	۰/۲۹	۰/۰۶۷	-۰/۳۵۲
موتورخانه هوشمند	۱۱۰/۲	۶۱۸/۲	۱۲۸/۱	۳۱۳/۰۶۴۹
روشنایی LED	۰/۵۳	۲/۹	۰/۱۵۹	۰/۹۵۸

* منبع: نتایج تحقیق

جدول ۲. نسبت منفعت به هزینه طرح ها با رویکرد فازی:

	خالص ارزش فعلی (NPV^{Fuzzy})			
نام طرح	بازه چپ	مقدارممکن	بازه راست	معیار مرتب سازی
دمپرخودکار	۲۱۰۶۳۴۸۲۹	۲۱۰۶۱۹۹۳۶۴	۲۱۶۳۲۲۵۸۱	۱۰۵۴۵۲۱۶۲۰
چیلر خورشیدی	۱۵۶۲۳۲۵۵۴۸	-۱۰۶۵۵۱۳۹۹۹۳	۱۵۸۰۹۶۸۴۹۳	-۵۳۲۲۹۰۹۲۶۰
موتورخانه هوشمند	۵۰۱۹۳۵۱۴۴	۶۷۸۹۳۶۴۲۶۷	۵۱۴۳۱۴۶۲۳	۳۳۹۷۷۷۷۰۰۳
روشنایی LED	۶۲۳۸۸۲۷۴۲	۳۷۴۵۲۱۱۶۴۹/۴	۶۳۶۶۱۷۱۰۴	۱۸۷۵۷۸۹۴۱۵

* منبع: نتایج تحقیق

جدول ۳. دوره‌ی برگشت سرمایه طرح ها با رویکرد فازی:

	دوره بازگشت سرمایه		
نام طرح	بازه چپ	مقدارممکن	بازه راست
دمپرخودکار	۰/۰۱۴۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴۵
چیلر خورشیدی	۱۵/۲	۱۶/۵۵	۱۵/۲
موتورخانه هوشمند	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۳۸
روشنایی LED	۱	۱/۰۴۱	۱

* منبع: نتایج تحقیق

جدول ۴- خلاصه گردش نقدی سالانه طرح ها با رویکرد فازی

	گردش نقدی سالیانه			
نام طرح	بازه چپ	مقدارممکن	بازه راست	معیار مرتب‌سازی
دمپرخودکار	۲۸۲۷۱۶۱۱۵	۵۰۲۳۷۶۴۷۹	۳۳۴۵۱۷۵۷۰	۲۶۴۱۳۸۶۰۳/۳
چیلر خورشیدی	-۱۱۸۵۲۸۴۶۹۳	-۲۱۸۸۱۰۲۵۸۳	-۱۷۶۲۱۱۵۸۳۷	-۱۲۳۸۲۵۹۰۷۸
موتورخانه‌هوشمند	۱۳۴۳۶۷۳۵۱۵	۲۲۷۰۲۲۵۶۰۹	۱۸۱۸۶۲۷۸۱۶	۱۲۵۳۸۵۱۳۸۰
روشنایی LED	۱۳۴۳۶۷۳۵۱۵	۲۲۷۰۲۲۵۶۰۹	۱۸۱۸۶۲۷۸۱۶	۶۱۰۳۶۴۱۳۵۶

* منبع: نتایج تحقیق

جدول ۵ - مشخصات بلوک‌ها و قیمت لامپ‌های LED برای فاز دو شهرک آتی‌ساز:

مشخصات بلوک ها				قیمتLED	
شماره بلوک	طبقه	شعله	تعداد	قیمت(ریال)	جمع(ریال)
۱۵	۱۱	۷	۷۷	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۱۲۳ ۲۰۰ ۰۰۰
۱۶	۲۰	۷	۱۴۰	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۲۲۴ ۰۰۰ ۰۰۰
۱۷	۲۶	۷	۱۸۲	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۲۹۱ ۲۰۰ ۰۰۰
۱۸	۲۰	۷	۱۴۰	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۲۲۴ ۰۰۰ ۰۰۰
۱۹	۱۱	۷	۷۷	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۱۲۳ ۲۰۰ ۰۰۰
۲۰	۲۷	۷	۱۸۹	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۳۰۲ ۴۰۰ ۰۰۰
۲۱	۲۰	۷	۱۴۰	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۲۲۴ ۰۰۰ ۰۰۰
۲۲	۱۱	۷	۷۷	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۱۲۳ ۲۰۰ ۰۰۰
پ۲- زیر ۱۵ و ۱۶	۱	۹۰	۹۰	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۱۴۴ ۰۰۰ ۰۰۰
پ۲- زیر ۱۸ و ۱۹	۱	۹۰	۹۰	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۱۴۴ ۰۰۰ ۰۰۰
پ۳- زیر ۱۸ و ۱۹	۱	۹۰	۹۰	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۱۴۴ ۰۰۰ ۰۰۰
پ۲- زیر ۲۱ و ۲۲	۱	۹۰	۹۰	۱ ۶۰۰ ۰۰۰	۱۴۴ ۰۰۰ ۰۰۰
لامپ گازی محوطه	۱	۱۰	۱۰	۱۰ ۰۰۰ ۰۰۰	۱۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰
جمع	۱۵۱	۴۲۶	۱۳۹۲	—	۲ ۳۱۱ ۲۰۰ ۰۰۰

* منبع: نتایج تحقیق

جدول ۶ - مشخصات سیستم روشنایی فعلی و سیستم پیشنهادی LED برای فاز دو شهرک آتی‌ساز:

مشخصات بلوک‌ها		سیستم موجود			سیستم LED		
شماره بلوک	شعله	وات	وات روزانه	وات ماهانه	وات	وات روزانه	وات ماهانه
۱۵	۷۷	۸۰	۶۱۶۰	۱۸۴۸۰۰	۱۵	۱۱۵۵	۳۴۶۵۰
۱۶	۱۴۰	۸۰	۱۱۲۰۰	۳۳۶۰۰۰	۱۵	۲۱۰۰	۶۳۰۰۰
۱۷	۱۸۲	۸۰	۱۴۵۶۰	۴۳۶۸۰۰	۱۵	۲۷۲۰	۸۱۹۰۰
۱۸	۱۴۰	۸۰	۱۱۲۰۰	۳۳۶۰۰۰	۱۵	۲۱۰۰	۶۳۰۰۰
۱۹	۷۷	۸۰	۶۱۶۰	۱۸۴۸۰۰	۱۵	۱۱۵۵	۳۴۶۵۰
۲۰	۱۸۹	۸۰	۱۵۱۲۰	۴۵۳۶۰۰	۱۵	۲۸۲۵	۸۵۰۵۰
۲۱	۱۴۰	۸۰	۱۱۲۰۰	۳۳۶۰۰۰	۱۵	۲۱۰۰	۶۳۰۰۰
۲۲	۷۷	۸۰	۶۱۶۰	۱۸۴۸۰۰	۱۵	۱۱۵۵	۳۴۶۵۰
پ۲- زیر ۱۵ و ۱۶	۹۰	۸۰	۷۲۰۰	۲۱۶۰۰۰	۱۵	۱۳۵۰	۴۰۵۰۰
پ۲- زیر ۱۸ و ۱۹	۹۰	۸۰	۷۲۰۰	۲۱۶۰۰۰	۱۵	۱۳۵۰	۴۰۵۰۰
پ۲- زیر ۱۸ و ۱۹	۹۰	۸۰	۷۲۰۰	۲۱۶۰۰۰	۱۵	۱۳۵۰	۴۰۵۰۰
پ۲- زیر ۲۱ و ۲۲	۹۰	۸۰	۷۲۰۰	۲۱۶۰۰۰	۱۵	۱۳۵۰	۴۰۵۰۰
لامپ گازی محوطه	۱۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰	۱۰۰	۱۰۰۰	۳۰۰۰۰
جمع	۱۳۹۲	۱۹۶۰	۱۲۰۵۶۰	۳۶۱۶۸۰۰	۲۸۰	۲۱۷۱۰	۶۵۱۹۰۰

* منبع: نتایج تحقیق

جدول ۷ - میزان کاهش دی‌اکسید کربن و کاهش هزینه‌های اجتماعی طرح‌ها:

کاهش هزینه اجتماعی(ریال)	میزان کاهش دی‌اکسید کربن(تن)	نام طرح
۲۶۲،۵۳۴،۷۷۰	۳۶۰/۱۳	دمپرخودکار موتورخانه
۳۸۶،۴۷۲،۰۶۰	۵۳۰/۱۴	چیلر خورشیدی
۱،۲۵۲،۵۵۳،۲۲۰	۱۷۱۸/۱۸	موتورخانه هوشمند
۳،۴۶۹،۲۱۶،۲۳۰	۴۷۵۸/۸۷	روشنایی LED

* منبع: نتایج تحقیق

ضمیمه‌ی ب) مختصری درباره‌ی منطق فازی:

هر نوع بیان واقعیت، یکسره درست یا نادرست نیست. حقیقت آنها چیزی بین درستیِ کامل و نادرستیِ کامل است. چیزی بین یک و صفر، یعنی مفهومی چند ارزشی و یا خاکستری.حال، فازی چیزی بین سیاه و سفید، یعنی خاکستری است. کاسکو(۱۳۸۹) واژه‌ی «فازی» در فرهنگ لغت آکسفورد با معنای «مبهم، گنگ، نادقیق، گیج، مغشوش، درهم و نامشخص»آمده است. معانی دیگری مثل کرکی، درهم و برهم، پرزدار، تیره و نامعلوم نیز از جمله معنای دیگر ذکر شده برای واژه فازی می باشد. آذر(۱۳۹۰) معتقد است که منطق فازی ابهام در ماهیت علم است. بر خلاف دیگران که معتقدند باید تقریب‌ها را دقیق‌تر کرد تا بهره‌وری افزایش یابد. لطفی‌زاده[1] در پاسخ به این سوال که چرا کلمه‌ی فازی را برای این نظریه انتخاب کرده است می گوید: من کلمه‌ی فازی را انتخاب کردم چون احساس می‌کردم که این کلمه با بیشترین دقت آنچه را در این نظریه آمده است، توصیف می‌کند. قیومی(۱۳۸۱) فازی بودن به معنای چند ارزشی بودن است و در مقابل منطق دو ارزشی که در آن برای هر سؤال و یا مفهومی تنها دو پاسخ و یا حالت (درست یا نادرست، سیاه یا سفید) می‌تواند وجود داشته باشد، قرار می‌گیرد. در حقیقت منطق ارسطویی را می‌توان حالت خاصی از تفکر فازی به حساب آورد. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند، چنانچه در عالم واقع اکثراً چنین است صورت‌بندی ریاضی ببخشد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. (طاهری، ۱۳۷۸)

در سیستم‌هایی که دارای عدم قطعیت زیاد و پیچیدگیهای بالا باشند منطق فازی روش مناسبی برای مدل‌سازی آنها به شمار می‌رود. در سیستم فازی عدم قطعیت پدیده‌ها دو نوع هستند: نوع اولِ عدم قطعیت، ناشی از ضعف دانش و ابزار بشری در شناخت پیچیدگی‌های یک پدیده می‌باشد. نوع دومِ عدم قطعیت، مربوط به عدم

۱- پروفسور لطفی عسکرزاده (۱۲۹۹، باکو)، مشهور به لطفی‌زاده یا لطفی ع زاده؛ ایشان بنیان‌گذار منطق فازی و استاد دانشگاه برکلی در کالیفرنیا است. در اکثر متون فنی مربوط به منطق فازی نام ایشان به صورت "زاده" ذکر می‌گردد. برای اطلاعات بیشتر نگاه کنید به: http://yon.ir/NaQZ

صراحت و عدم شفافیت مربوط به پدیده یا ویژگی خاص می‌باشد؛ یعنی پدیده ممکن است ذاتاً غیر صریح و وابسته به قضاوت افراد باشد؛ مثلاً نمره‌ی رضایت شغلی بالا برای کارمندی ممکن است از ۱۰۰مقدار ۸۰ باشد، برای دیگری ۹۵ باشد.(کوره‌پزان،۱۳۸۷)

جملات احتمالی، خود درجه‌ای از مفهوم فازی‌بودن را نشان می‌دهند. در جمله‌ی «به احتمال زیاد آنجا خواهم بود»کلیه‌ی احتمالات به صورت ذهنی سنجیده شده‌اند و درجه‌ای از احتمال تا تحقق بیان شده است. در صورتی که جمله‌ی «ممکن است آنجا باشم»کاملاً نامعلوم و غیرقابل پیش‌بینی است؛ لذا فازی‌بودن را بیان می‌کند. کارتالوپولس(۱۳۹۰) منطق فازی روشی متفاوت برای مسایلی که نیاز به کنترل دارند، فراهم می‌آورد.

فهرست منابع

آذر، عادل و فرجی خورشیدی (۱۳۹۰)، *علم مدیریت فازی، تهران*، مرکز مطالعات مدیریت و بهروری ایران.

اسکونژاد، مهدی (۱۳۹۱)، اقتصاد مهندسی؛ *ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی*، چاپ سی و نهم، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

اصفهانی، محسن (۱۳۹۲)، ارزیابی اقتصادی راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی با منطق فازی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد و حسابداری واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی.

ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹ (۱۳۹۰)، معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو.

راهبرد (۱۳۹۰)، پیش‌درآمدی بر اصلاح الگوی مصرف، بولتن آموزشی واحد پژوهش و فناوری، شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت.

زاهدی، محمد و معلمی، مژگان (۱۳۸۹)، ارزیابی طرح های اقتصادی؛ رشته اقتصاد، تهران، دانشگاه پیام نور.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (۱۳۸۱)، راهنمای تهیه گزارش توجیه طرح، ۳۱۲۲= ۴۶۷

سایت اینترنتی شرکت توانیر، بخش اطلاع رسانی www.tavanir.org.ir

سایت آتی‌ساز، مجتمع برج‌های مسکونی (۱۳۹۲)، مجتمع مسکونی آتی‌ساز(اوین)، http://atisazco.ir/fa

سایت شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور، بخش گرمایش، سیستم کنترل هوشمند موتورخانه.

شرکت منشور سیمین با همکاری شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت (۱۳۸۳)، پروژه طراحی و ساخت دمپر خودکار برای موتورخانه‌های سیستم حرارت مرکزی، مسکونی، اداری و تجاری.

طاهری، سید محمود (۱۳۷۸)، آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی، مشهد، جهاد دانشگاهی.

قاسمی، عبدالرسول و محمودزاده، سهیل (۱۳۸۹)، ارزیابی طرح‌های اقتصادی در شرایط عدم قطعیت (رویکرد فازی)، تحقیقات اقتصادی دانشگاه تهران، ۹۳= ۱۰۸-۸۳.

قبوض بهای برق مصرفی (۱۳۹۲)، تهران، شرکت توزیع برق استان تهران.

قبوض گاز بهای مصرفی (۱۳۹۲)، تهران، شرکت گاز استان تهران.

قیومی، صدیقه (۱۳۸۱)، منطق فازی و مبانی فلسفی آن، پایان نامه کارشناسی ارشد فلسفه، دانشگاه تربیت مدرس.

کارتالوپولس، اس.وی (۱۳۹۰)، منطق فازی و شبکه‌های عصبی، ترجمه محمود جورابیان و رحمت‌اله هوشمند، چاپ پنجم، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

کارنامه (۱۳۹۰)، شرکت بهینه سازی مصرف سوخت، بولتن آموزشی.

کاسکو، بارت (۱۳۸۹)، تفکر فازی، ترجمه علی غفاری و دیگران، چاپ پنجم، تهران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

کوره‌پزان دزفولی، امین (۱۳۸۷)، اصول تئوری مجموعه‌های فازی، چاپ دوم، تهران، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.

ونکی، سعید (۱۳۹۰)، جزوه آموزش ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری و کاربرد نرم‌افزار کامفار در ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری

Economic evaluation of strategies for optimizing energy consumption using Fuzzy logic (The case study of Atisaz, Tehran)

GholamReza Abbasi - Hossein Mirzaie - Mohsen Esfahani

Received: 2013/08/17 Accepted: 2015/01/10

Abstract

One of the important energy consuming sectors of the country is buildings. In this research, we use the energy audit of the Atisaz complex in Tehran to evaluate the economic benefits of energy saving measures. We evaluate measures such as: using the automatic damper, replacing the active existing chiller with the solar absorption one, using intelligent boiler-room and replacing the existing lighting system with the LED one. We evaluate the economic benefits of these measures using FUZZY LOGIC. The results indicate that the economic benefits of energy saving measures exceed their costs will. Our results confirm that energy saving measures in addition to having a societal value is beneficial for the concerned consumer. However, some of the energy saving measures have to be undertaken while constructing a new building for them to be economically feasible.

Jel Category: C51 ،C61

Key Words: Evaluating Economic Projects, Fuzzy Logic, Uncertainty, Atisaz Complex