

شناسایی پروژه های بهبود با محوریت مدیریت مصرف انرژی در بیمارستان و اولویت بندی آنها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

اسرین نویدی^۱، بختیار استادی^{۲*}

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۵

چکیده:

زمینه و هدف: از آنجاکه مصرف انرژی به ازای هر متر مربع در بیمارستانها بیشتر از انواع دیگر موسسات خدماتی است، در این تحقیق با تعریف و اولویت بندی پروژه های بهبود مصرف انرژی در بیمارستان، اقداماتی در راستای بهینه سازی آن انجام شد.

مواد و روش ها: لزوم بهینه سازی مصرف انرژی بر اساس شاخص های میانگین مصرف و هزینه آب، برق و گاز به ازای تخت روزشغالی و تخت فعال تشریح شده و در بیمارستان مورد مطالعه این شاخص ها محاسبه گردید. سپس، اقدامات بهبود با کمک ممیزی انرژی، مصاحبه با خبرگان بیمارستان و تحقیقات انجام شده در بیمارستانها شناسایی شد. در ادامه، پروژه های با اهمیت بالا براساس میزان تاثیر بر روی شاخص های مصرف انرژی، نظر خبرگان، تجمع پروژه ها، امکان پذیری و محدودیت های پیش نیازی، همزمانی و پس نیازی مشخص گردید. در نهایت، معیارهای خاص در سه بعد معیارهای تاثیر بر میزان مصرف انرژی، تلاش برای اجرای پروژه و ریسک شناسایی و پروژه ها با استفاده از پرسشنامه و روش تحلیل سلسله مراتبی فازی اولویت بندی شد.

نتایج: نتایج نشان داد مصرف انرژی در بیمارستان مذکور بالاتر از استاندارد جهانی بوده و لزوم بهینه سازی مصرف انرژی و استفاده از سیستم های مدیریت انرژی در بیمارستان مذکور ثابت شد. براساس نتایج اولویت بندی پروژه های با رتبه های اول تا چهارم مشخص شدند.

نتیجه گیری: صرفه جویی در مصرف انرژی از طریق اجرای پروژه های بهبود در بیمارستانها ضروری به نظر می رسد. اما با توجه به تعداد و محدودیت منابع، بیمارستانها می توانند با متد پیشنهادی براساس اولویت و بودجه موجود، هر ساله تعداد پروژه هایی با ریسک و دوره بازگشت سرمایه کمتر جهت اجرا انتخاب نمایند.

کلمات کلیدی: مدیریت مصرف انرژی، پروژه های بهبود، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی فازی، بیمارستان

^۱ فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - سیستم های اقتصادی اجتماعی، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب؛ تهران، ایران

^۲ استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی صنایع و سیستمها، دانشگاه تربیت مدرس؛ تهران، ایران، (**نویسنده مسوول)، آدرس الکترونیکی: bostadi@modares.ac.ir ، تلفن تماس: ۰۲۱-۸۲۸۸۴۳۸۵

مقدمه

در سالهای اخیر به دلایل گوناگون از جمله حذف تدریجی یارانه های دولتی، توجه بیشتری به ارزش انرژی در اشکال مختلف آن شده و لزوم محاسبه میزان مصرف و صرفه جویی انرژی به عنوان یک ضرورت قطعی و چاره ناپذیر پدیدار شده است. به دلیل نقش بارز انرژی در به حرکت درآوردن چرخه های صنعت، کشورهای پیشرفته صنعتی طی دو دهه اخیر با پیش بینی دشواریها و محدودیتهای کنونی، اقدامات حساب شده ای برای صرفه جویی در میزان مصرف و بهینه کردن آن برداشته اند، به طوری که شدت مصرف انرژی در این کشورها در این مدت کاهش یافته است، این در حالی است که تولید و مصرف انرژی در ایران با حالت بهینه فاصله زیادی دارد و شدت مصرف انرژی طی سالهای گذشته در ایران افزایش چشمگیری داشته است (۱).

با نگاهی به آمار مصرف انرژی و شاخص های مهمی چون سرانه مصرف انرژی، شدت انرژی و بهره وری انرژی در ایران و مقایسه آن با سایر کشورهای جهان درمی یابیم که در عرصه رقابت جهانی که به سمت مصرف کمتر (بهینه) تولید بیشتر در حرکت است ائتلاف انرژی زیادی را در بخش های حمل و نقل، خانگی، صنعت و بخش های عمومی- دولتی خصوصا بیمارستانها را شاهد هستیم (۲). اگر منابع و مصارف انرژی در جهت بهره وری بیشتر مدیریت نشود دیگر نوع تکنولوژی و سرمایه گذاری بالا برای تکنولوژی هم اهمیتی نخواهد داشت (۳). لذا با توجه به ضرورت های اشاره شده مبنی بر محدودیت منابع انرژی، تغییرات محیطی و سیاست های اقتصادی سازمان ها و نهادهای مختلف کشور با چالش های متعددی روبرو خواهند بود. (۴)

در ایران رشد مصرف انرژی بیشتر مربوط به بخشهای خانگی، تجاری و خدمات بوده و بازده انرژی نیز پایین تر از حد مطلوب است بیمارستانها مصرف کنندگان بزرگی از انرژی هستند (۱). بیمارستان ها و مراکز درمانی از حیاتی ترین سازمان های هر جامعه ای به حساب می آیند، موقعیت استراتژیک آنها در مقابله با حوادث بحرانی و نقش اساسی آنها در افزایش سطح سلامت و رفاه بهداشتی کشور، حساسیت موضوع را بیشتر کرده و توانایی این مراکز در کنترل هزینه های جاری و صرف سود حاصله از کنترل هزینه ها و صرفه جویی انجام شده در هزینه های انرژی، در جهت رسالت اصلی این مراکز که همان ارائه خدمات درمانی مناسب به بیماران و همچنین پرداخت حق الزحمه ارائه دهندگان خدمات سلامت می باشد راه، از اهمیت ویژه ای برخوردار می سازد. و این باعث شده که بهینه سازی انرژی و کوشش در مهار کردن اهمیت خاصی پیدا کند (۵)

آمار و ارقام ارائه شده در پژوهشهایی که در ارتباط با مراقبتهای بهداشتی و در بیمارستانها انجام شده اند نشان می دهد که مصرف انرژی به ازای هر متر مربع در بیمارستانها بسیار بیشتر از انواع دیگر موسسات خدماتی می باشد. هزینه انرژی در بیمارستانها حدود ۵ تا ۷ درصد بودجه را تشکیل می دهد و نزدیک به ۱۰ درصد از سبد هزینه جاری بیمارستانها صرف خرید حاملهای انرژی می شود. به دلیل تعداد نسبتا "زیاد این مراکز و نیاز بالایی که به حامل های انرژی دارند و در عین حال ساعات طولانی کار (بسیاری از این مراکز بصورت شبانه روزی کار می کنند) افزایش قیمت حاملهای انرژی می تواند تا ۷۰۰ میلیارد تومان بار هزینه مراکز بهداشتی و درمانی دولتی کشور را بالا ببرد. از طرفی بیمارستانها ظرفیت بالایی نیز برای صرفه جویی در مصرف انرژی دارند، به طوری که بدون هیچ بودجه خاصی می توان تا ۱۰ درصد مصرف انرژی در بیمارستانها را کاهش داد (۱).

متأسفانه تاکنون درخصوص چگونگی مصرف انرژی در ساختمانهای مراکز بهداشتی درمانی و راههای کاهش مصرف آن اقدامی اساسی انجام نشده است. اما به تدریج که قیمت انرژی مصرفی با توجه به جهانی شدن اقتصاد و تجارت، خود را به سطح قیمت های بین المللی می رساند، مصرف و ائتلاف بی رویه آن به سرمایه های ملی و چرخه اقتصادی کشور لطمه زده و محیط زیست را در معرض خطر قرار می دهد و بهره وری بیمارستانها و سایر مراکز درمانی را با چالشی جدی مواجه می سازد. لذا یافتن راه کارهایی برای صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان های مراکز درمانی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. یکی از مهمترین راهکارهایی که برای مدیریت مصرف انرژی بکار گرفته شد، بهینه سازی مصرف انرژی است، منظور از بهینه سازی انتخاب الگوی صحیح و ایجاد و بکارگیری روش ها و سیاست های درست در تولید و مصرف انرژی در بخش های مختلف است. استفاده از روش مناسب به منظور بهره برداری صحیح از انرژی از جمله مسائلی است که باید برای آن برنامه ریزی نمود به عبارتی دیگر، استفاده منطقی از منابع انرژی با بکارگیری راهکارهای بهینه مصرف انرژی، همواره بهترین رویکرد برای این کار بوده است. با استفاده منطقی از انرژی شاهد کاهش هزینه های مصرف انرژی خواهیم بود. صرفه جویی در انرژی از سه جنبه قابل بررسی است: پرهیز از زیاده روی در مصرف، تعمیر و نگهداری در شرایط مطلوب، و بررسی روش های جدید یا تغییراتی که نتایج مطلوب با هزینه انرژی کمتر را به وجود آورد (۴).

یکی از مهمترین عوامل افزایش مصرف انرژی، عدم وجود مدیریت بر مصرف حامل های ان است هدف از مدیریت انرژی

در شرایط فعلی، پیش‌نیازی، هم‌زمانی و پس‌نیازی پروژه‌های انرژی در اولویت بندی‌ها در نظر گرفته شود که باعث استقلال پروژه‌ها خواهد شد.

روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

مسئله مورد مطالعه در این تحقیق به عنوان یک مسئله تحلیل چند معیاره در نظر گرفته می‌شود. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به واسطه ارزیابی گزینه‌های متفاوت، نسبت به سایر تکنیک‌ها برتری دارد و از پرکاربردترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری می‌باشند. همچنین این تکنیک‌ها قابلیت ارزیابی کمی و کیفی معیارها را دارا می‌باشند؛ که این مطلب نقطه ضعف تکنیک‌های سنتی محسوب می‌شود. در مواجهه با مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره تکنیک‌های متنوعی موجود است که از میان آن‌ها می‌توان به روش بی‌مقیاس وزین ساده، تاپسیس و فرایند تحلیل سلسله مراتبی اشاره نمود. فرایند تحلیل سلسله مراتبی ساده، ممکن است قادر نباشد فرایندهای شناختی انسان را به نحو صحیح انعکاس دهد، به ویژه در شرایطی که مسائل به طور کامل تعریف نشده‌اند یا حل مسائل شامل داده‌های نامطمئن است. جهت رفع این نقص، لارهوون و پدریکز در سال ۱۹۸۳ مفهوم تئوری فازی را در محاسبات فرایند تحلیل سلسله مراتبی وارد کردند. اغلب، تصمیم‌گیران جهت قضاوت و ارزیابی یک مساله جواب‌هایی غیر قطعی و غیر دقیق ارائه می‌دهند. در واقع ابهام و فازی بودن از ویژگی‌های بارز یک مساله تصمیم‌گیری است لذا ضروری به نظر می‌رسد که یک مدل تصمیم‌گیری مناسب این ملاحظات را به خوبی مورد توجه قرار دهد (۱۳). یکی از تکنیک‌های کارا در مواجهه با شرایط عدم اطمینان و فازی، تحلیل سلسله مراتبی فازی می‌باشد. این روش در بسیاری از مطالعات معتبر جهت ارزیابی فازی و مسائل چند معیاره با موفقیت بکار گرفته شده است (۱۴). اخیراً در مطالعه دیگری که به مرور متدهای تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی بکار گرفته شده در مقالات مختلف پایگاه‌های علمی معتبر بین المللی پرداخته بود، متد تحلیل سلسله مراتبی فازی از میان کل روش‌های بکار گرفته شده بیشترین کاربرد را به خود اختصاص داده است (۱۵).

در نتیجه، از آنجا که فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی قادر است مسائل نامطمئن فازی را حل کرده و عوامل را بر اساس وزن نسبی شان رتبه بندی کند لذا پژوهش حاضر برای مقابله با عدم قطعیت و ابهام در ماهیت عوامل اصلی موفقیت، روش تحلیل سلسله مراتب فازی را در اولویت بندی ابعاد و معیارها مورد استفاده قرار داده است (۱۶).

دستیابی به اهداف سازمان به منظور استفاده بهینه از انرژی با کمترین مقدار هزینه است. (۶)

مدیریت انرژی، مجموعه روش‌ها و اقداماتی است که در سیستم‌های مختلف با هدف مصرف صحیح انرژی، بهبود بازدهی و به حداکثر رساندن منافع یا کاهش هزینه انجام می‌شود و شامل همه ابزارهایی است که برای حصول اطمینان از مصرف کمترین مقدار انرژی برای فعالیتهای جاری طراحی شده و اجرا می‌شوند (۷).

موارد استفاده انرژی در بیمارستان‌ها عبارتند از:

- کنترل محیط، شامل گرمایش و سرمایش، تهویه و تصفیه هوا
 - روشنایی
 - پخت و پز، نگهداری یخچال و انجماد مواد غذایی
 - سترون‌سازی، سوزاندن زباله‌ها، رختشویی و سایر تاسیسات و تجهیزات بیمارستانی. (۶)
- صرفه جویی در انرژی از سه جنبه قابل بررسی است، پرهیز از زیاده روی در مصرف، تعمیر و نگهداری در شرایط مطلوب و بررسی روشهای جدید با تغییراتی که نتایج مطلوب با هزینه انرژی کمتر را به وجود می‌آورد. (۱)

از جمله بیمارستان‌هایی که فعالیت مدیریت مصرف انرژی در آنها انجام شده بیمارستان اپولو در هندوستان، بیمارستان بائرا (دهلی نو)، بیمارستان سنت در بلژیک، بیمارستان سلطنتی و بیمارستان دندان پزشکی آدلاید در استرالیا، بیمارستان فلوریدا در آمریکا، بیمارستان دولتی ولینگتون در نیوزیلند می‌باشد. (۷) شیخ ابومسعودی و همکاران در سال ۱۳۸۴ (۶). جباروند و همکاران در سال ۱۳۹۰ (۱)، سعید پور و همکاران در سال ۱۳۹۱ (۴) به بررسی وضعیت مصرف انرژی و مدیریت آن در بیمارستان‌ها و مراکز درمانی پرداخته‌اند.

Oguzhan Timu و Ahmet Teke در سال ۲۰۱۴ (۸)، M Ahmadzadehtalatapeh و Y.H. Yau در سال ۲۰۱۱ (۹) با تاثیر بهبود سیستم‌های تهویه مطبوع بر افزایش بهره‌وری انرژی با مورد توجه قرار دادن جنبه‌های اقتصادی و زیست محیطی مورد بررسی قرار دادند و همچنین Velimir congradac و همکاران در سال ۲۰۱۴ (۱۰)، Janusz Bujak در سال ۲۰۱۰ (۱۱)، Mikko kantola در سال ۲۰۱۳ (۱۲) با ارائه راهکارهایی در صدد مدیریت و افزایش بهره‌وری انرژی در بیمارستان برآمدند اما در این پژوهش سعی شده است ضمن ارائه سبدهای از پروژه‌ها در زمینه بهبود مصرف انرژی، با شناسایی معیارهایی جهت اولویت بندی کردن پروژه‌های بهبود و اضافه کردن موضوع ریسک به این معیارها، اولویت بندی برای پروژه‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتب فازی (FAHP) انجام شود. همچنین محدودیت‌هایی از قبیل امکان‌پذیر بودن

جدول ۱: انواع روش های تصمیم گیری چند شاخصه

روش های حل بدون ترجیحات معیارها (روش تسلط ، روش حداقل حداکثرها ، روش حداقل حداکثرها	روش های غیر جبرانی
روش های حل با سطح استاندارد (روش ارضای منفرد ، روش ارضای جامع)	
روش های حل با ترجیحات کیفی (روش حذفی، روش لغت نامع ای، روش نیمه لغت نامه ای، روش جایگشت)	
روش وزن دهی ساده	روش های جبرانی
روش برنامه ریزی توافقی	سایر روش ها
روش VIKOR	
روش شباهت به گزینه ایده ال	
روش تسلط تقریبی	
روش تحلیل سلسله مراتبی	
روش تحلیل شبکه	

مرحله ۳: درجه امکان پذیری بزرگتر بودن یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه زیر بدست می آید:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k$$

همچنین برای (k = 1, 2, 3, ..., n ; k ≠ i.) محاسبه وزن شاخص ها در ماتریس مقایسه زوجی، به صورت رابطه زیر عمل می شود:

$$\hat{d}(A_i) = \min\{V(S_i \geq S_k)\}$$

بنابراین بردار وزن شاخص ها به صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$\hat{w} = [\hat{d}(A_1), \hat{d}(A_2), \dots, \hat{d}(A_n)]^T$$

قابل ذکر است که وزن های بدست آمده غیرفازی هستند و نیز این بردار، همان بردار ضرایب غیر نرمال (غیر بهنجار) فرایند تحلیل سلسله مراتبی است.

مرحله ۴: به کمک رابطه زیر، نتایج غیر نرمال بدست آمده از رابطه قبل، نرمالایز^۲ (بهنجار) می شود. نتایج نرمالایز شده با نماد W نمایش داده می شود که یک عدد غیر فازی است.

$$w_i = \frac{\hat{w}_i}{\sum \hat{w}_i}$$

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$$

از آنجایی که اعداد مورد استفاده در این پژوهش، اعداد فازی مثلثی هستند، لذا مقیاس های فازی مورد استفاده در روش FAHP در جدول زیر نشان داده شده است (۱۶).

روش FAHP که در این پژوهش استفاده شد بر مبنای روش آنالیز توسعه چنگ است که مراحل آن به صورت زیر تشریح می شود:

مرحله ۱: برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی، مقدار S_i (ارزش تحقیق توسعه ای) که خود یک عدد مثلثی است، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi} \cdot \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$$

به وسیله عملگر جمع فازی به صورت زیر تعریف می شود:

$$\sum_{i=1}^m a_i, \sum_{i=1}^m b_i, \sum_{i=1}^m c_i = \left(\sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right)$$

همچنین برای بدست آوردن $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ با اعمال عملگر جمع فازی خواهیم داشت:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^m a_i, \sum_{i=1}^m b_i, \sum_{i=1}^m c_i \right)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^m a_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^m b_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^m c_i} \right)$$

در این رابطه، k بیانگر شماره سطر و i و j به ترتیب نشان دهنده گزینه ها و شاخص ها هستند.

مرحله ۲: در روش تحلیل توسعه ای، پس از محاسبه S_i ها، باید درجه امکان پذیری بزرگتر بودن آن ها را نسبت به هم بدست آورد. به طور کلی اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_1 بر M_2 که با $V(M_1 \geq M_2)$ نشان داده می شود، به صورت زیر تعریف می شود:

$$V(M_1 \geq M_2) = \sup[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))]$$

همچنین داریم:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } b_2 \geq b_1 \\ 0 & \text{if } a_1 \geq c_2 \\ \frac{a_1 - c_2}{(b_2 - c_2) - (b_1 - a_1)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

۲۳۵۱۴ متر مربع است. مساحت اعیانی بیمارستان ۹۲۱۵ مترمربع است. تعداد کل کارمندان ۲۷۷ نفر می باشد. تعداد کل بیماران سرپایی به صورت سالانه ۱۴۰۸۶۵ نفر است و تعداد بیماران بستری شده ۱۲۶۹۵ نفر می باشد. تعداد کل تختهای بیمارستانی ۱۳۰ تخت است و درصد تختهای اشغال ۷۰ در صد می باشد.

ابتدا باید لزوم بهینه سازی مصرف انرژی را در بیمارستان مذکور بامشخص کردن میزان مصرف انرژی (آب، برق و گاز) بررسی شود. برای این مهم شاخص هایی برای اندازه گیری وضعیت مصرف انرژی بر پایه ی معیار تخت بیمارستانی ارائه خواهد شد. این شاخص ها در بیمارستان مورد مطالعه مورد سنجش قرار خواهد گرفت. در ادامه باتوجه به شاخص های مذکور، چنانچه مقدار شاخص ها زیر استاندارد جهانی باشد، ضرورت تعریف پروژه های بهبود انرژی و اولویت بندی آنها مشخص خواهد شد.

باتوجه به اینکه شاخص های تخت بیمارستانی مهمترین عامل نشان دهنده عملکرد بیمارستان ها می باشند بنابراین در این بررسی نیز سعی شد با تعیین میانگین مصرف آب، برق و گاز بر اساس تخت بیمارستانی در بازه زمانی دو سال گذشته (۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) و مقایسه آن با مقدار استاندارد مصرف جهانی، وضعیت مصرف انرژی در بیمارستان مذکور مورد بررسی قرار گیرد. از جمله این شاخص ها می توان به تخت روزاشغالی، درصد اشغال تخت و تخت فعال اشاره کرد.

اطلاعات مربوط به مصرف دو ساله انرژی (۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) از طریق دریافت قبوض آب، برق و گاز و اطلاعات مربوط به شاخص های تخت (تخت فعال، تخت روزکل، تخت روزاشغالی) با مراجعه به مرکز امارو اطلاعات بیمارستان مذکور تهیه و گردآوری شد.

مقدار استاندارد مصرف جهانی آب، ۵۰۰ لیتر به ازای هر تخت روز اشغالی است (۱۵) میانگین مصرف آب در بیمارستان مذکور در دو سال (۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) در حدود ۲۵۲۱۵۰۰ لیتر بوده است و برای هر تخت روز اشغالی ۹۲۳/۶ لیتر آب مصرف شده است و بنابراین متوسط مصرف آب در بیمارستان مذکور ۱/۸۴ برابر استاندارد جهانی می باشد.

استاندارد مصرف برق به طور کلی، به ازای هر تخت روز اشغالی، ۳-۵ کیلو وات برق مورد نیاز فعالیت های بیمارستان است (۱۵)، میانگین مصرف برق در این دوره دو ساله، در بیمارستان مورد مطالعه، ۴۰۰۲۰/۸۳ کیلووات و برای هر تخت روز اشغالی ۱۴/۶۶ کیلووات برق مصرف شده است که این رقم ۲/۹۳ تا ۴/۸۹ برابر استاندارد جهانی بوده است.

متوسط مصرف گاز در دو سال مذکور برابر با ۷۲۷۴/۸ مترمکعب بوده است که به ازای هر تخت روز اشغالی ۲/۶۶

جدول ۲. عبارات کلامی و اعداد فازی برای مقایسه ترجیحات

معیارها و پروژه ها و تعیین وزن آنها

مقیاس زبانی	مقیاس فازی مثلثی	معکوس مقیاس فازی مثلثی
یکسان (n)	(۱،۱،۱)	(۱،۱،۱)
خیلی کم (vl)	(۰.۰۱،۰.۰۵،۰.۲)	(۵،۲۰،۱۰۰)
کم (ml)	(۰.۲،۰.۲،۰.۳)	(۳.۳۳،۵.۵)
کم و بیش (l)	(۰.۲،۰.۳۵،۰.۵)	(۲.۲،۸.۶،۵)
متوسط (m)	(۰.۴،۰.۵،۰.۶)	(۱.۶۷،۲.۲،۲.۵)
متوسط-زیاد (mh)	(۰.۵،۰.۶۵،۰.۸)	(۱.۲۵،۱.۵۴،۲)
زیاد (h)	(۰.۷،۰.۸،۰.۹)	(۱.۱۱،۱.۲۵،۱.۴۳)
خیلی زیاد (vh)	(۰.۸،۰.۹۵،۰.۱)	(۱.۱،۰.۵،۱.۲۵)

در قسمت قبل، روش آنالیز تحلیلی توسعه چنگ توضیح داده شد، حال آنکه در این قسمت فرایند FAHP در قالب گام های زیر توضیح داده می شود:

گام ۱: ساختن یک سلسله مراتبی برای مساله
گام ۲: تعیین ماتریس های مقایسه زوجی و اعمال قضاوت ها. در حالت کلاسیک (قطعی) برای اعمال قضاوت ها از جدول ماتریس مقایسات زوجی کلاسیک استفاده می شود، بدین معنی که عدد متناظر با ارجحیت های زبانی را با اعداد فازی مثلثی در مقایسات زوجی وارد می کنیم، بدین منظور می توانیم از جدول قبل استفاده کرد، این اعداد فازی ارائه شده با مقیاس های زبانی معمولی ۱ تا ۹ برابر نیستند ولی برای AHP فازی مناسب بوده مورد استفاده قرار می گیرند.

قابل ذکر است که تمامی عناصر روی قطر اصلی ماتریس مقایسات زوجی برابر با (۱،۱،۱) هستند و در ضمن اگر درایه سطر i ام و ستون j ام ماتریس مقایسات زوجی برابر با $M_{gi}^j = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ باشند، آنگاه سطر j ام و ستون i ام این ماتریس ها برابر است با

$$M_{gi}^j = (M_{gi}^j)^{-1} = \left(\frac{1}{u_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{l_{ij}} \right) \quad (14) \quad (13)$$

روش تحقیق

پژوهش مورد نظر در بیمارستان صلاح الدین ایوبی شهرستان بانه انجام شده، این بیمارستان در سال ۱۳۴۹ احداث شده است که در سال ۱۳۷۸ ساختمان جدیدی احداث و به آن اضافه شده است و بخش مریض خواب بیمارستان به آنجا انتقال یافت. کل مساحت عرصه بیمارستان (کل زمین)

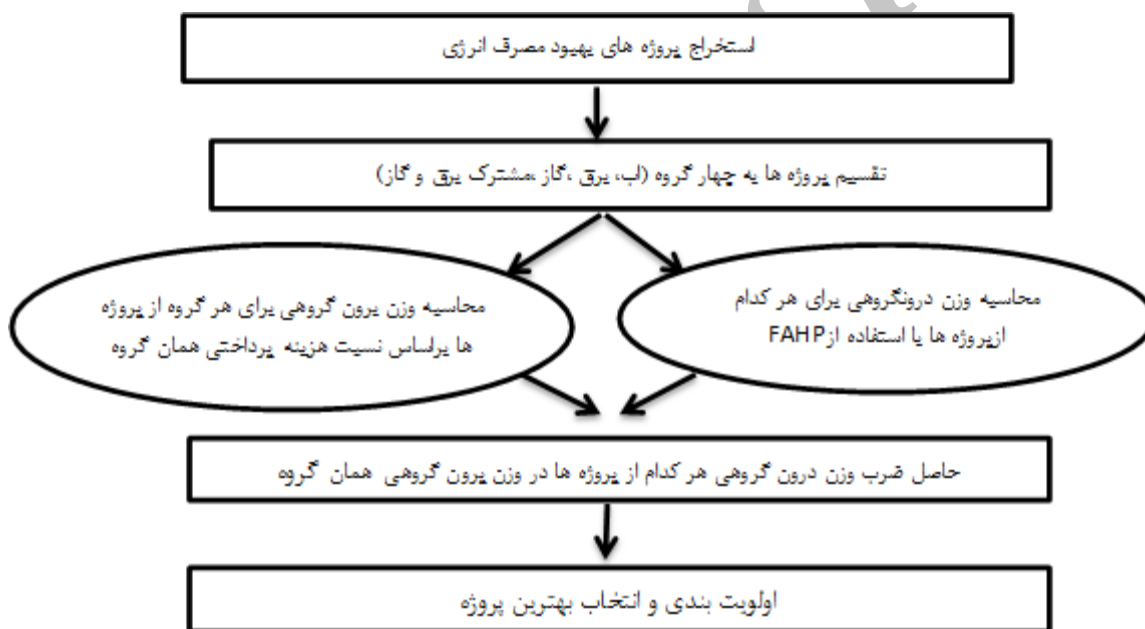
کاهش مصرف انرژی هنگامی توجیه پذیر است که مشکلی در کارایی مراکز ایجاد نکند. در مبحث در کاهش مصرف انرژی، خصوصا در بیمارستان، توجه به سطح آسایش بیماران و کارکنان از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است ولی متأسفانه در بیمارستان مذکور در برخی موارد این مهم فدای مقوله کاهش مصرف و در نتیجه کاهش هزینه ناشی از مصرف می شود در حالی که با برنامه ریزی درست میتوان ضمن توجه به آسایش افراد و بیماران مصرف انرژی را نیز کاهش و به مقدار قابل قبولی رساند. خلاصه این بررسی را می توان در الگوریتم زیر مشاهده نمود.

شناسایی پروژه ها و راهکارهای بهبود در بیمارستان از طریق چک لیست های ممیزی انرژی و مرور ادبیات و مطالعات و تحقیقات انجام شده و همچنین از طریق مصاحبه با کارشناسان و خبرگان انجام گردید. مراحل اصلی عبارتند از:

مترمکعب گاز مصرف شده است به دلیل در دسترس نبودن مقدار استاندارد مصرف جهانی گاز نتوانستیم آن را با استاندارد جهانی مقایسه کنیم.

در بیمارستان مورد مطالعه میانگین هزینه صرف شده ظرف دو سال (۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) برای انرژی الکتریکی ۲۳۵۶۸۱۶۷ ریال و برای آب ۲۳۷۰۱۹۱۷ ریال و برای گاز ۳۹۹۳۹۵۴۲ ریال بوده است.

همه این نتایج تأییدی بر انجام بهینه سازی مصرف انرژی در بیمارستان مذکور است. بنابراین می توان با اجرای راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی، ضمن صرفه جویی و رساندن مصرف انرژی به حد استاندارد، از پرداخت هزینه های بالای انرژی و هدر رفتن سرمایه کشور جلوگیری کرد. نکته مهمی که در بیمارستانها باید به آن توجه داشت تامین سرویس مطلوب و کارایی مطمئن بیمارستان است که در اولویت اول قرار دارد.



شکل ۱: الگوریتم اولویت بندی پروژه های بهبود مصرف انرژی در بیمارستان

شناسایی پروژه ها و راهکارهای بهبود در بیمارستان با استفاده از روش چند مرحله ای به صورتی که در ادامه آمده انجام شده است.

مرحله اول: انجام مصاحبه با خبرگان.

در این مرحله مشارکت کنندگان به صورت هدفمند انتخاب شدند. سعی شد با افرادی مصاحبه انجام شود که در حوزه مدیریت انرژی فعالیت می کردند. در روش مصاحبه مذکور اطلاعات با روش عمیق نیمه ساختار یافته جمع آوری شده است.

• شناسایی پروژه ها و راهکارهای بهبود در بیمارستان با استفاده از چک لیستهای ممیزی انرژی

چک لیست بکار رفته در ممیزی انرژی سریع که حاوی نقاط و نکات قابل ممیزی و صرفه جویی انرژی می باشد که از سایت سازمان بهره وری انرژی سایا دریافت شده است، که این چک لیست با پاسخ های بله و خیر تکمیل می گردد.

• شناسایی پروژه ها و راهکارهای بهبود در بیمارستان با استفاده از مصاحبه با خبرگان

اختصاص داده شد پروژه هایی که امتیاز زیاد را کسب کرده اند باقی ماندند. انجام این بررسی در نهایت منجر به حذف ۲۶ پروژه گردیده است.

- مشخص کردن لیست نهایی پروژه های بهبود با در نظر گرفتن امکان پذیری در شرایط فعلی

باتوجه به پروژه های بهبود اولویت بندی شده در بخش قبل و با در نظر گرفتن شرایط بیمارستان مورد مطالعه در خصوص توانمندی های مالی، اجرایی و شرایط فیزیکی و سایر شرایط مرتبط و در نتیجه امکان پذیر نبودن و نیز با مورد توجه قرار دادن مقوله پیش نیازی و همزمانی و پس نیازی پروژه ها اقدام به حذف برخی از پروژه ها نمودیم. بدین ترتیب پروژه هایی که پیش نیاز بودند در بین پروژه های نهایی قرار گرفتند و علاوه بر آن به تجمیع برخی از پروژه ها به دلیل کوچک بودن و یا مرتبط بودن آنها با هم پرداختیم. براساس موارد پیش نیازی، پس نیازی و همزمانی و نیز ادغام پروژه های بخش قبل اقدام به ادغام و یا حذف پروژه هایی نمودیم که دارای همپوشانی و تاثیر متقابل بر روی هم بودند و پروژه های مستقل از همدیگر تعریف شد.

در نهایت لیست نهایی پروژه های بهبود مصرف انرژی در بیمارستان به صورت زیر شناسایی و تعریف شدند:

مرحله دوم: تدوین جملات و موارد قابل طرح جهت بهبود انرژی.

در این مرحله باتوجه به مطالب مطرح شده در مصاحبه های انجام شده، فرصت ها و گزینه های بهبود اشاره شده از طرف مصاحبه شونده ها را مورد بررسی قرار داده و فرصت ها و گزینه های بهبود مطرح شده از طرف هر کدام از خبرگان از طریق روش تحلیل محتوا شناسایی گردیدند.

مرحله سوم: مشخص کردن پروژه ها بهبود متناسب با گزینه ها و فرصت های بهبود

با توجه به سه روش اشاره شده در بخش قبل، لیست بلند راهکارها شامل ۶۸ پروژه حوزه مدیریت انرژی بوده است.

- مشخص کردن پروژه های بهبود مصرف انرژی با اهمیت بالا با در نظر گرفتن تاثیر بر روی شاخص های مصرف انرژی

در این مرحله سعی کردیم تاثیر و بررسی راهکارها و پروژه های بهبود تعریف شده را بر کاهش میزان مصرف آب، میزان مصرف برق و میزان مصرف گاز مورد بررسی قرار دادیم. برای این منظور به همراه تیمی متشکل از افراد خبره در حوزه انرژی در بیمارستان به بررسی تک تک پروژه ها با تشریح ویژگی فنی و تاثیر آنها پرداخته شد و بر اساس میزان تاثیر آنها بر کاهش مصرف انرژی مقادیر کم، زیاد یا متوسط به آنها

جدول ۳: لیست نهایی پروژه های بهبود مصرف انرژی در بیمارستان

عنوان پروژه	دسته
(۱) استفاده از لامپها پروژوکتورهای LED و فتوسل جهت روشن نمودن بیمارستان ومحوطه آن و مکان های عمومی (۲) استفاده از سیستم روشنایی هوشمند (تایمر، سنسور حضور، سنسور حرکت ...) (۳) ستفاده از پانلهای خورشیدی به منظور تولید برق (۴) تعویض خشک کن های برقی به خشکنهای گازی رختشور خانه (۵) بهبود و بهینه سازی سیستم های سرمایشی (کولرها) (۶) استفاده از مانیتورهای LED به جای مانیتورهای CRT در کامپیوترها	پروژه های مربوط به کاهش مصرف برق
(۱) نصب سیستمهای کنترل هوشمند موتورخانه (۲) نصب شیرهای ترموستاتیک (ترموستات های موضعی کنترل دما) و شیرهای هواگیری خودکار بر روی رادیاتورها (۳) جداسازی سیستم های گرمایشی بخش اداری از پانسوونها (۴) جداسازی سیستم های گرمایشی از آب مصرفی (بهار و پاییز) (۵) تعمیر و نگهداری و ترمیم لوله ها و سایر تجهیزات مربوط به سیستم های گرمایشی به طور منظم (۶) تعویض برخی از تجهیزات قدیمی داخل موتورخانه از جمله کلکتورهای موتورخانه	پروژه های مربوط به گاز
(۱) نصب پنجره های دوجداره بخصوص در بخش اداری (۲) استفاده از درهای اتوماتیک در ورودی ساختمان (۳) استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش و سرمایش و تولید اب گرم مصرفی (۴) استفاده از رنگهای عایق نانو برای دیوار، سقف (۵) استفاده از نوارهای درزگیر هوابندی بازشوهای پنجره ها و درب های ورودی، درزگیری پنجره ها و درهاو عدم باز کردن درها و پنجره ها	پروژه های مشترک برق و گاز

عنوان پروژه	دسته
(۱) تعویض لباسشویی های قدیمی به لباسشویی های جدید و اتوماتیک (۲) تعمیر کردن تجهیزات مربوط به آب (۳) فرهنگ سازی میان پرسنل در خصوص استفاده صحیح از آب (۴) استفاده از تجهیزات کاهش دهنده مصرف آب (۵) استفاده از آب گرم کن مجزا از سیستم موتورخانه بیمارستان برای آشپزخانه به خاطر استفاده غیراصولی آب گرم مصرفی (۶) تعویض لوله های گالوانیزه آب مصرفی به نیو پایپ (۷) استفاده از شیرهای سنسور دار یا شیرهای پدال دار برای لوله های آب مصرفی	پروژه های مربوط به مصرف آب

می توان آن را چند مرحله اصلی شامل تشکیل درخت سلسله مراتبی، تعیین ماتریس مقایسات زوجی و اعمال قضاوت ها و محاسبه نرخ سازگاری ترسیم و اجرا نمود.

تشکیل درخت سلسله مراتبی

درخت سلسله مراتبی سه سطح اصلی هدف، معیار و گزینه ها است که سطح معیار آن قابل تقسیم به زیرمعیارهای متعدد است. مرحله ۱: تعریف هدف و معیارهای اصلی و فرعی در انتخاب پروژه. هدف این تحقق اولویت بندی و انتخاب پروژه های بهبود مصرف انرژی در بیمارستان است. پروژه هایی باید انتخاب شوند که بیشترین بهبود را ایجاد نمایند. انتخاب معیارهای مناسب تاثیر بسزایی در این انتخاب دارد. برای این، سعی می شود با بررسی معیارها و زیر معیارهایی که در بخشهایی از تحقیقات دیگران مورد استفاده قرار گرفت، با توجه به عواملی از قبیل قابلیت اندازه گیری و مرتبط بودن و قابلیت مقایسه بودن در پروژه های انرژی معیارهای مورد نیاز استخراج شود. الگوی انتخاب معیارها بر اساس عوامل مذکور و ماتریس تلاش تاثیر می باشد که در کنار معیارهایی از جنس تلاش و تاثیر معیار های ریسک هم به آنها اضافه شد. بنابر این معیارهای انتخاب شده در سه دسته زیر ارائه شدند:

مدل پیشنهادی برای اولویت بندی پروژه های بهبود

پروژه های بهبود در ۴ حوزه کاهش مصرف انرژی آب، برق، گاز و پروژه های که به طور مشترک هم باعث کاهش مصرف برق و هم کاهش مصرف گاز می شوند تعریف شد. به دلیل تفاوت جنس و ماهیت نتایج این ۴ گروه برای اولویت بندی کردن پروژه ها مدل نمودار ۳-۱ پیشنهاد می شود. در مدل پیشنهادی پس از محاسبه وزن درون گروهی پروژه ها از طریق فرایند سلسله مراتب فازی و ضرب آن در وزن برون گروهی همان گروه اولویت بندی انجام می گیرد. وزن برون گروهی از طریق نسبت هزینه پرداختی هر گروه به کل هزینه های پرداختی بابت مصرف انرژی در دو سال مذکور (۱۳۹۱-۱۳۹۲) محاسبه می شود.

محاسبه وزن درون گروهی پروژه های بهبود با استفاده از FAHP در هر گروه

فرایند FAHP قادر است مسائل نامطمئن فازی را حل کرده و عوامل را بر اساس وزن نسبی شان رتبه بندی کند، لذا پژوهش حاضر برای مقابله با عدم قطعیت و ابهام در ماهیت عوامل اصلی، روش FAHP را در اولویت بندی ابعاد و معیارها مورد استفاده قرار داده است (۱۶). باتوجه به مراحل FAHP

جدول ۴: معیارها و زیر معیارهای مربوط به انتخاب پروژه های بهبود مصرف انرژی در بیمارستان

منابع مرتبط	زیر معیار	معیار
(۱۹، ۲۰)	کاهش مصرف انرژی برق کاهش مصرف انرژی گاز کاهش مصرف آب	تاثیر بر کاهش مصرف انرژی
(۲۱-۲۴)	منابع مالی زمان نیروی انسانی	تلاش برای انجام پروژه
(۲۱-۲۳ و ۲۵، ۲۶)	ریسک عملیاتی ریسک مالی ریسک سیاست	ریسک
(۲۱، ۲۷)	زمان بازگشت سرمایه	زمان بازگشت سرمایه

۱. طراحی پرسشنامه:

پرسشنامه در این تحقیق شامل سوالات مقدماتی (مشخصات پرسش شونده) و سوالات مربوط به ماتریس مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها و گزینه ها می باشد. مقایسات برای هر سطح با توجه به سطوح بالاتر انجام می گیرد. تعیین جامعه نمونه:

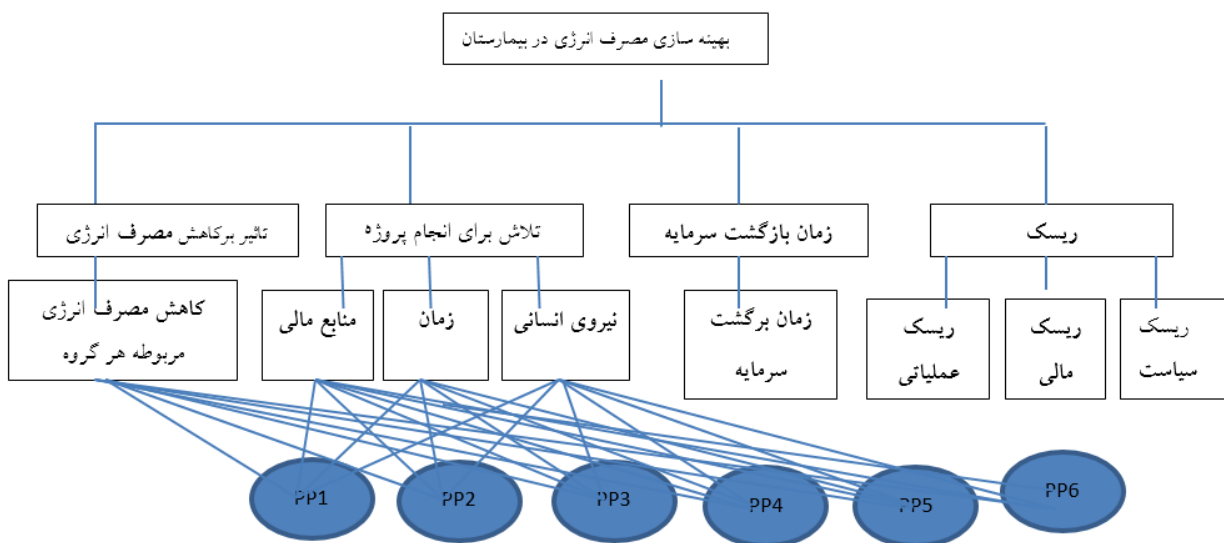
باتوجه به محدود بودن جامعه آماری، در این تحقیق از کل جامعه آماری که شامل ده تن از خبرگان و آگاهان حوزه انرژی در بیمارستان مذکور می باشند، استفاده شده است. این افراد شامل کارکنان بخش تاسیسات بیمارستان و مهندسین و اساتیدی بودند که در حوزه مصرف انرژی در بیمارستان کار کرده بودند.

معیارها در این تحقیق به صورت دودسته معیارهای کمی و کیفی هستند که در مقایسه پروژه ها بر اساس زیرمعیارهای تلاش، فرض شده است که هر پروژه با یک تلورانس قابل قبولی دارای زمان مشخص و هزینه و نیروی انسانی ثابت باشد. وزن دهی معیارها و زیرمعیارها و نیز پروژه های بهبود انرژی از طریق اخذ نظر خبرگان انجام شد.

ترسیم درخت سلسله مراتبی برای هر گروه

تعیین ماتریس های مقایسات زوجی و اعمال قضاوت ها

در این بخش اجرای سه مرحله ضروری است:



شکل ۲: درخت سلسله مراتبی پروژه های گروه کاهش مصرف برق

کردن وزن نهایی پروژه ها، از طریق روش آنالیز توسعه چنگ، اولویت بندی و انتخاب پروژه ی بهین در هر گروه انجام می گیرد.

پرسشنامه جهت اولویت بندی معیارها با استفاده از روش FAHP مورد استفاده قرار گرفت. پرسشنامه مذکور برای ۱۰ تن از خبرگان آشنا و صاحب نظر و تجربه در این زمینه، ارسال شد. در این پرسشنامه از خبرگان خواسته شد تا معیارها و زیرمعیارها و پروژه ها را نسبت به یکدیگر به صورت زوجی مقایسه کنند. تحلیل داده های این پرسشنامه، به کمک روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام شد که این روش در فصل های قبل تشریح گردید. ابتدا برای اعتبارسنجی نتایج از محاسبه نرخ سازگاری ماتریس مقایسات زوجی محاسبه شد. سپس از روش تحلیل توسعه ای چانگ جهت محاسبه اوزان و اولویت بندی ابعاد و معیارها استفاده شد. نرخ سازگاری برای هر یک از پاسخ دهندگان در همه گروه ها محاسبه شد. شاخص ناسازگاری، کمتر از ۰.۱ بود بنابراین ماتریس مقایسه زوجی فازی نظیر آن، از سازگاری خوبی برخوردار بودند.

۲. ماتریس مقایسات زوجی:

در حالت کلاسیک (قطعی) برای اعمال قضاوت ها از جدول ماتریس مقایسات زوجی کلاسیک استفاده می شود، بدین معنی که عدد متناظر با ارجحیت های زبانی در ماتریس های مقایسات زوجی وارد می شود. ولی در حالت فازی، مقدار متناظر با ارجحیت های زبانی را با اعداد فازی مثلثی در مقایسات زوجی وارد می کنیم. تمامی عناصر روی قطر اصلی ماتریس مقایسات زوجی برابر با (۱،۱،۱) هستند و در ضمن اگر درایه سطر i ام و ستون j ام ماتریس مقایسات زوجی برابر با $M_{gi}^j = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ باشند، آنگاه سطر j ام و ستون i ام این ماتریس ها برابر است با:

$$M_{gi}^j = (M_{gi}^j)^{-1} = \left(\frac{1}{u_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{l_{ij}} \right)$$

پس از تکمیل پرسشنامه ها توسط افراد خبره و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، نرخ سازگاری ماتریس ها محاسبه می شود و با محاسبه وزن معیارها و زیر معیارها و گزینه ها و در نهایت مشخص

جدول ۵: محاسبه نرخ سازگاری برای هر پاسخ دهنده در رابطه با معیارها :

پاسخ دهنده	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم
نرخ سازگاری	0.09	0.05	0.06	0.02	0.07	0.03	0.08	0.07	0.07	0.07

جدول ۶: محاسبه نرخ ناسازگاری برای هر پاسخ دهنده در رابطه با زیر معیارهای تلاش

پاسخ دهنده	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم
نرخ ناسازگاری	0.05	0.04	0.05	0.07	0.05	0.04	0	0.02	0.08	0.01

جدول ۷: محاسبه نرخ ناسازگاری برای هر پاسخ دهنده در رابطه با زیر معیارهای ریسک

پاسخ دهنده	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم
نرخ ناسازگاری	0.01	0.05	0	0	0	0	0.05	0.02	0.05	0

جدول ۸: محاسبه نرخ ناسازگاری برای هر پاسخ دهنده در رابطه با پروژه های کاهش مصرف برق با توجه به هر زیرمعیار

پاسخ دهنده	نرخ ناسازگاری با توجه به تاثیر بر مصرف انرژی	نرخ ناسازگاری با توجه به زیرمعیار منابع مالی	نرخ ناسازگاری با توجه به زیرمعیار زمان	نرخ ناسازگاری با توجه به زیر معیار نیروی انسانی	نرخ ناسازگاری با توجه به دوره بازگشت سرمایه	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک سیاست	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک مالی	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک عملیاتی
اول	0.08	0.05	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06	0.07
دوم	0.09	0.06	0.09	0.07	0.07	0.08	0.07	0.04
سوم	0.09	0.04	0.09	0.07	0.06	0.04	0.05	0.08
چهارم	0.07	0.05	0.08	0.05	0.05	0.04	0.07	0.08
پنجم	0.05	0.07	0.05	0.07	0.08	0.04	0.06	0.07
ششم	0.06	0.05	0.07	0.05	0.07	0	0.07	0.07
هفتم	0.07	0.08	0.08	0.06	0.05	0.08	0.07	0.08
هشتم	0.07	0.04	0.07	0.06	0.07	0.04	0.06	0.07
نهم	0.07	0.06	0.08	0.07	0.08	0.08	0.04	0.08
دهم	0.09	0.05	0.09	0.07	0.07	0.06	0.07	0.08

جدول ۹: محاسبه نرخ ناسازگاری برای هر پاسخ دهنده در رابطه با پروژه های کاهش مصرف گاز با توجه به هر زیرمعیار

پاسخ دهنده	نرخ ناسازگاری با توجه به تاثیر بر مصرف انرژی	نرخ ناسازگاری با توجه به دوره بازگشت سرمایه	نرخ ناسازگاری با توجه به زیرمعیار منابع مالی	نرخ ناسازگاری با توجه به زیر معیار نیروی انسانی	نرخ ناسازگاری با توجه به زیرمعیار زمان	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک مالی	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک عملیاتی	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک سیاست
اول	0.08	0.08	0.04	0.07	0.07	0.04	0.09	0.06
دوم	0.05	0.08	0.05	0.08	0.06	0.06	0.07	0.08
سوم	0.04	0.06	0.04	0.09	0.04	0.09	0.07	0.09
چهارم	0.08	0.09	0.05	0.05	0.09	0.07	0.07	0
پنجم	0.08	0.08	0.05	0.07	0.06	0.08	0.06	0.09
ششم	0.06	0.08	0.07	0.04	0.09	0.07	0.09	0
هفتم	0.07	0.04	0.03	0.05	0.08	0.06	0.07	0.04
هشتم	0.08	0.06	0.06	0.04	0.07	0.07	0.06	0.04
نهم	0.09	0.05	0.06	0.05	0.07	0.08	0.08	0.08
دهم	0.08	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06	0.07

جدول ۱۰: محاسبه نرخ ناسازگاری برای هر پاسخ دهنده در رابطه با پروژه های کاهش مصرف برق و گاز با توجه به هر زیر معیار

پاسخ دهنده	نرخ ناسازگاری با توجه به تأثیر بر مصرف انرژی	نرخ ناسازگاری با توجه به دوره بازگشت سرمایه	نرخ ناسازگاری با توجه به زیر معیار منابع مالی	نرخ ناسازگاری با توجه به زیر معیار نیروی انسانی	نرخ ناسازگاری با توجه به زیر معیار زمان	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک مالی	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک عملیاتی	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک سیاست
اول	0.08	0.09	0.08	0.03	0.07	0.04	0.05	0.03
دوم	0.07	0.06	0.07	0.04	0.09	0.04	0.08	0.05
سوم	0.04	0.03	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07	0.03
چهارم	0.07	0.04	0.03	0.06	0.06	0.08	0.08	0.03
پنجم	0.05	0.08	0.05	0.04	0.04	0.09	0.05	0.08
ششم	0.08	0.04	0.06	0.04	0.06	0.05	0.08	0.03
هفتم	0.08	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.05	0.05
هشتم	0.08	0.05	0.03	0.06	0.06	0.06	0.04	0.02
نهم	0.08	0.07	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0
دهم	0.05	0.05	0.07	0.05	0.04	0.05	0.05	0.08

جدول ۱۱: محاسبه نرخ ناسازگاری برای هر پاسخ دهنده در رابطه با پروژه های کاهش مصرف آب با توجه به هر زیر معیار

پاسخ دهنده	نرخ ناسازگاری با توجه به تأثیر بر مصرف انرژی	نرخ ناسازگاری با توجه به زیر معیار منابع مالی	نرخ ناسازگاری با توجه به زیر معیار نیروی انسانی	نرخ ناسازگاری با توجه به زیر معیار زمان	نرخ ناسازگاری با توجه به دوره بازگشت سرمایه	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک سیاسی	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک مالی	نرخ ناسازگاری با توجه به ریسک عملیاتی
اول	0.06	0.05	0.07	0.06	0.05	0.07	0.08	0.04
دوم	0.05	0.07	0.09	0.07	0.08	0.06	0.09	0.05
سوم	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.08	0.06	0.09
چهارم	0.05	0.06	0.08	0.08	0.05	0.09	0.08	0.07
پنجم	0.05	0.06	0.06	0.06	0.08	0	0.07	0.08
ششم	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0	0.06	0.08
هفتم	0.06	0.07	0.06	0.04	0.07	0.07	0.07	0.08
هشتم	0.07	0.06	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.06
نهم	0.05	0.05	0.08	0.09	0.04	0.07	0.06	0.09
دهم	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.09	0.09

میانگین حسابی استفاده می شود. سپس درجه امکان پذیری بزرگتر بودن S یک معیار نسبت به سایر معیارها محاسبه شده است. نهایتاً پس از محاسبه وزن غیر فازی شده غیر نرمال و نرمال وزن هر کدام از معیارها محاسبه می شود. به همین ترتیب پس از محاسبه وزن زیر معیار و اعمال وزن معیارها در آن وزن نهایی زیر معیارها با استفاده از روش FAHP محاسبه می شود.

اولویت بندی معیارها و زیر معیارها با فرایند تحلیل سلسله مراتب فازی

با توجه به اینکه تعداد خبرگان در این روش ۱۰ نفر است، لذا ۱۰ ماتریس مختلف برای مقایسه معیارها وجود دارد. در روش FAHP، در ابتدا نظرات خبرگان را به حالت فازی تبدیل می نمائیم. سپس این ماتریسها را به یک ماتریس واحد تبدیل می کنیم. به منظور ترکیب جداول مقایسات زوجی همه پاسخ دهندگان و تبدیل آن به یک ماتریس واحد از روش،

جدول ۱۲: ماتریس مقایسه زوجی معیارها پس از تلفیق نظرات خبرگان

ریسک پروژه			زمان بازگشت سرمایه			تلاش برای انجام پروژه			تاثیر بر کاهش مصرف انرژی		
1.00	1.00	1.000	0.42	0.42	0.50	3.67	11.69	52.143	2.967	5.586	13.850
2.800	5.300	13.300	1.000	1.000	1.000	2.458	4.731	13.325	2.244	3.168	4.143
0.155	0.215	0.350	0.311	0.395	0.510	1.000	1.000	1.000	1.694	4.910	20.970
0.281	0.310	0.410	0.290	0.380	0.500	1.242	2.936	11.420	1.000	1.000	1.000

جدول ۱۳: درجه امکان پذیری بزرگتر بودن s یک معیار نسبت به سایر معیارها

	ریسک پروژه	زمان بازگشت سرمایه	تلاش برای انجام پروژه	تاثیر بر کاهش مصرف انرژی
	S4	S3	S2	S1
S1	0.624587	0.775058	0.929515	1
S2	0.708672	0.844969	1	1
S3	0.929648	1	1	1
S4	1	1	1	1

جدول ۱۴: وزن های غیر فازی نرمال معیارها

	ریسک پروژه	زمان بازگشت سرمایه	تلاش برای انجام پروژه	تاثیر بر کاهش مصرف انرژی
وزن غیر فازی شده $V(S_K > S_1, \dots, S_9)$	0.624587	0.775058	0.929515	1
وزن غیر فازی نرمال	0.187611	0.232809	0.279204	0.300376

با استفاده از همین متد وزنه‌های زیر معیارها هم محاسبه شد.

جدول ۱۵: وزن های غیر فازی نرمال زیر معیارهای ریسک

	سیاست	مالی	عملیاتی
وزن غیر فازی شده $V(S_K > S_1, \dots, S_9)$	0.941129	1	0.940792
وزن غیر فازی نرمال	0.326563	0.346991	0.326446

جدول ۱۶: وزن های غیر فازی نرمال زیر معیارهای تلاش

	زمان	هزینه	نیروی انسانی
وزن غیر فازی شده $V(S_K > S_1, \dots, S_9)$	0.923816	1	0.26309
وزن غیر فازی نرمال	0.422431	0.457267	0.120303

و در نهایت وزن نهایی زیر معیارها پس از اعمال وزن معیارها در آن ها محاسبه می شود.

جدول ۱۷: وزن نهایی زیر معیارها

	تاثیر بر کاهش مصرف انرژی	منابع مالی	زمان	نیروی انسانی	ریسک سیاست	ریسک مالی	ریسک عملیاتی	دوره بازگشت سرمایه
W	0.30038	0.12767	0.11794	0.03359	0.07603	0.08078	0.07600	0.18761

تبدیل می نمایم. سپس این ماتریس ها را به یک ماتریس واحد تبدیل می کنیم. و در نهایت پروژه ها با توجه به هر کدام از زیر معیار ها وزن دهی می شوند.

و در نهایت برای اولویت بندی پروژه ها در هر گروه وزن هر پروژه با توجه به هر کدام از زیرمعیارها در وزن زیرمعیار مربوطه ضرب می شود و با جمع این اوزان، وزن نهایی هر پروژه محاسبه می شود.

اولویت بندی پروژه های با فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

در هر کدام از گروه ها به طور جداگانه پروژه ها با توجه به هر کدام از زیرمعیارها دویه دو مقایسه می شوند. با توجه به اینکه تعداد خبرگان ۱۰ نفر است، لذا ۱۰ ماتریس مختلف برای مقایسه پروژه ها با توجه به هر کدام از زیرمعیارها وجود دارد. در این روش، در ابتدا نظرات خبرگان را به حالت فازی

جدول ۱۸: اوزان نهایی پروژه های بهبود مصرف برق با توجه به معیارهای مختلف وزن دهی و رتبه بندی آن ها

رتبه	W	دوره بازگشت سرمایه	ریسک عملیاتی	ریسک مالی	ریسک سیایت	نیروی انسانی	زمان	منابع مالی	تاثیر بر کاهش مصرف انرژی
۱	0.19183	0.18966	0.18118	0.20603	0.20225	0.20791	0.22328	0.20091	0.17144
۴	0.17472	0.20163	0.13223	0.21327	0.18623	0.17104	0.18999	0.18842	0.14399
۶	0.08544	0.04261	0.12284	0.02473	0.03406	0.02845	0.03912	0.04134	0.17538
۲	0.19047	0.18707	0.19084	0.17744	0.17111	0.21015	0.22603	0.17843	0.18986
۵	0.17094	0.17602	0.18191	0.16724	0.19661	0.18495	0.09471	0.18998	0.17979
۳	0.18656	0.20299	0.191	0.21129	0.20974	0.19747	0.22687	0.20091	0.13954
W		0.18761	0.07600	0.08078	0.07603	0.03359	0.11794	0.12767	0.30038

جدول ۱۹: اولویت بندی پروژه های بهبود مصرف گاز با فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن دهی و رتبه بندی آنها

رتبه	W	دوره بازگشت سرمایه	ریسک عملیاتی	ریسک مالی	ریسک سیایت	نیروی انسانی	زمان	منابع مالی	تاثیر بر کاهش مصرف گاز
۳	0.1822	0.16266	0.19973	0.17757	0.17737	0.1831	0.18572	0.17119	0.19548
۶	0.1295	0.14606	0.04214	0.15243	0.11529	0.16465	0.13528	0.16885	0.11585
۱	0.1926	0.17236	0.21917	0.19273	0.17295	0.18961	0.18326	0.1912	0.20792
۲	0.1916	0.177	0.21917	0.1709	0.17826	0.19027	0.18714	0.17666	0.21086
۵	0.1340	0.16719	0.20648	0.1036	0.17046	0.11396	0.12444	0.12012	0.10581
۴	0.1702	0.17473	0.11331	0.20277	0.18568	0.15841	0.18416	0.17197	0.16408
W		0.18761	0.076	0.08078	0.07603	0.03359	0.11794	0.12767	0.30038

جدول ۲۰: اوزان پروژه های بهبود مصرف برق و گاز با توجه به معیارهای مختلف، وزن دهی و اولویت بندی کردن آن

رتبه	W	دوره بازگشت سرمایه	ریسک عملیاتی	ریسک مالی	ریسک سیایت	نیروی انسانی	زمان	منابع مالی	تاثیر بر کاهش مصرف برق و گاز
۴	0.2	0.222	0.193	0.221	0.138	0.225	0.190	0.117	0.246
۲	0.23	0.212	0.210	0.235	0.208	0.241	0.211	0.267	0.244
۵	0.11	0.082	0.135	0.033	0.060	0.048	0.043	0.038	0.206
۱	0.25	0.244	0.235	0.254	0.301	0.243	0.280	0.311	0.219
۳	0.21	0.240	0.227	0.258	0.294	0.242	0.276	0.267	0.085
W		0.188	0.076	0.081	0.076	0.034	0.118	0.128	0.300

جدول ۲۱: اوزان پروژه های بهبود مصرف آب با توجه به معیارهای مختلف اولویت بندی و رتبه بندی آنها

رتبه	W	دوره بازگشت سرمایه	ریسک عملیاتی	ریسک مالی	ریسک سیای	نیروی انسانی	زمان	منابع مالی	تأثیر بر کاهش مصرف آب
۷	0.141372	0.13639	0.10163	0.02993	0.06544	0.16842	0.18515	0.09516	0.20316
۳	0.174452	0.17215	0.18929	0.22253	0.12903	0.18024	0.16412	0.17804	0.17259
۱	0.188378	0.19373	0.20798	0.24381	0.20976	0.04607	0.11602	0.20319	0.19779
۴	0.164106	0.13517	0.10823	0.13817	0.19510	0.20264	0.15338	0.15714	0.19832
۶	0.149059	0.18358	0.19925	0.23364	0.19400	0.20167	0.19881	0.19523	0.03564
۲	0.182631	0.17898	0.19362	0.13192	0.20668	0.20097	0.18253	0.17124	0.19251
۵	0.150486	0.15910	0.13677	0.02098	0.18600	0.20525	0.19141	0.02192	0.20687
-	-	0.18761	0.07600	0.08078	0.07603	0.03359	0.11794	0.12767	0.30038

گروهی همان گروه اولویت بندی انجام می گیرد. وزن برون گروهی از طریق نسبت هزینه پرداختی هر گروه به کل هزینه های پرداختی بابت مصرف انرژی در دو سال مذکور محاسبه می شود.

اولویت بندی پروژه های بهبود مصرف انرژی در بین چهار گروه موجود با از محاسبه وزن درون گروهی پروژه ها از طریق فرایند سلسله مراتب فازی و ضرب آن در وزن برون

جدول ۲۲: رتبه بندی نهایی پروژه های بهبود مصرف انرژی در بیمارستان مربوطه

	پروژه بهبود مصرف گروه برق	پروژه بهبود مصرف گروه گاز	پروژه بهبود مصرف گروه برق و گاز	پروژه بهبود مصرف گروه آب
وزن درون گروهی	0.1918	0.1926	0.25	0.188
وزن برون گروهی	0.270247	0.457972	0.123766	0.271781
W	0.051833	0.088205	0.030941	0.051095
رتبه	2	1	4	3

نهایت با تحت تاثیر قرار دادن معیارها در زیر معیارها وزن نهایی زیر معیارها بدین ترتیب محاسبه شد زیر معیار تاثیر بر کاهش مصرف انرژی وزن ۰.۳، زیر معیار دوره بازگشت سرمایه وزن ۰.۱۸۸، زیر معیار منابع مالی وزن ۰.۱۲۸، زیر معیار زمان لازم برای انجام پروژه ۰.۱۱۸، زیر معیار ریسک مالی وزن ۰.۰۸۱، ریسک عملیاتی و ریسک سیاست وزن ۰.۰۷۶ و زیر معیار نیروی انسانی وزن ۰.۰۳۴ کسب نمودند و بنابراین زیر معیار تاثیر بر کاهش مصرف انرژی بالاترین امتیاز و زیر معیار نیروی انسانی پایین ترین وزن را دارا می باشد.

همان طور که در جدول ۱۸ می توان مشاهده کرد پروژه استفاده از لامپها و پروژکتورهای LED و فتوسل جهت روشن نمودن بیمارستان و محوطه آن و مکان های عمومی رتبه اول، پروژه تعویض خشکنهای برقی به خشکنهای گازی رختشورخانه رتبه دوم، پروژه های تعویض مانیتورها، پروژه استفاده از سیستم روشنایی هوشمند و پروژه بهبود بهینه سازی سیستم های

جمع بندی

بررسی میزان مصرف انرژی در بیمارستان مربوطه از طریق شاخص های تخت بیمارستانی لزوم بهینه سازی مصرف انرژی و ایجاد یک سیستم مدیریت انرژی در بیمارستان را به اثبات می رساند. نتایج بررسی ها نشان داد که معیار تاثیر بر کاهش مصرف انرژی با وزن ۰.۳ بالاترین رتبه و بعد از آن معیارهای تلاش برای انجام پروژه با وزن ۰.۲۷۹ و معیار زمان بازگشت سرمایه با وزن ۰.۲۳۳ و در نهایت معیار ریسک پروژه با وزن ۰.۱۸۸ رتبه های بعدی را کسب نمودند.

از بین زیر معیارهای بعد تلاش هم زیر معیار منابع مالی وزن ۰.۴۵۷، زیر معیار زمان لازم برای انجام پروژه وزن ۰.۴۲۲ و زیر معیار نیروی انسانی وزن ۰.۱۲ را کسب نموده اند و همچنین از بین زیر معیارهای بعد ریسک زیر معیار ریسک مالی وزن ۰.۳۴۷ و زیر معیار ریسک سیاست وز ۰.۳۲۷ و زیر معیار ریسک عملیاتی وزن ۰.۳۲۶ را کسب کرده اند و در

پروژه ۲ (استفاده از درهای اتوماتیک در ورودی ساختمان) رتبه دوم و پروژه های ۵ (استفاده از نوارهای درزگیر هوابندی بازشوهای پنجره ها و درب های ورودی، درزگیری پنجره ها و درها و عدم باز کردن درها و پنجره ها) و ۱ (نصب پنجره های دوجداره بخصوص در بخش اداری) و ۳ (استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش و سرمایش و تولید آب گرم مصرفی) بترتیب رتبه سوم تا چهارم را در بین پروژه های کاهش دهنده مصرف برق و گاز کسب نموده اند.

باتوجه به عدم وجود عایقکاری مناسب و نیز عدم انجام عایقکاری به دلیل قدمت بیمارستان استفاده از رنگ عایق نانو با علم بر اینکه تا ۲۰ درصد موجب کاهش هزینه های سیستم های گرمایشی و سرمایشی در ساختمان می شود می تواند گزینه بسیار مطلوبی برای کاهش مصرف گاز و نیز برق باشد اجرای این پروژه علاوه بر کاهش مصرف انرژی در یک دوره میان مدت می تواند باعث کاهش هزینه های ساختمان از جمله رنگ آمیزی مجدد، هزینه های ناشی از صدمات رطوبت، نم و رشد کپک و قارچ شود.

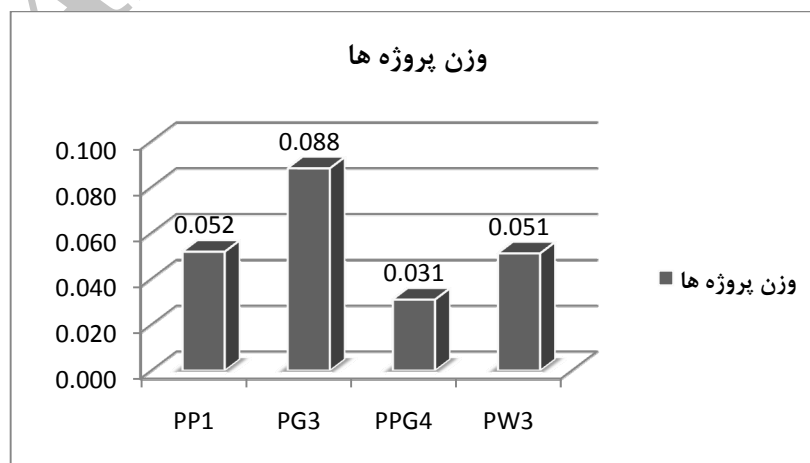
طبق نتایج بدست آمده در جدول شماره ۲۱ در بین پروژه های کاهش مصرف آب پروژه فرهنگ سازی میان پرسنل در خصوص استفاده صحیح از آب با وزن ۰.۱۸۸، رتبه اول، پروژه تعویض لوله های گالوانیزه آب مصرفی به نیوپایپ با وزن ۰.۱۸۳، رتبه دوم و پروژه های تعمیر کردن تجهیزات مربوط به آب، استفاده از تجهیزات کاهش دهنده مصرف آب، استفاده از شیرهای سنسور دار یا شیرهای پدال دار برای لوله های آب مصرفی، استفاده از آب گرم کن مجزا از سیستم موتورخانه بیمارستان برای آشپزخانه به خاطر استفاده غیر اصولی آب گرم مصرفی و در نهایت پروژه تعویض لباسشویی های قدیمی به لباسشویی های جدید و اتوماتیک بترتیب رتبه سوم تا هفتم را کسب نموده اند.

سرمایشی و در نهایت پروژه استفاده از پانلهای خورشیدی به منظور تولید برق رتبه سوم تا ششم را کسب کرده اند.

برابر آمارهای رسمی کشور در ساختمانها معمولا ۳۰ درصد انرژی الکتریکی مصرفی به مصرف روشنایی می رسد برای مراکز درمانی نیز این عدد فرق زیادی با ساختمانهای غیر بیمارستانی ندارد (۷). باتوجه به این مساله و نیز با توجه به اینکه ۷۵ درصد مصرف برق بیمارستان هم در بخش سرمایش و تهویه و روشنایی می باشد انتخاب این پروژه می تواند تا حد زیادی در کاهش مصرف برق موثر باشد و علاوه بر کاهش مصرف برق باتوجه به اینکه محوطه بیمارستان مربوطه از روشنایی مطلوبی برخوردار نمی باشد انتخاب این پروژه تا حد زیادی باعث رفاه حال بیماران و نیز کارکنان خواهد شد.

طبق نتایج بدست آمده در جدول شماره ۱۹ پروژه ۳ (جداسازی سیستم های گرمایشی بخش اداری از پانسینونها) در رتبه اول قرار می گیرد و پروژه ۴ (جداسازی سیستم های گرمایشی از آب مصرفی) رتبه دوم، پروژه ۱ (نصب سیستمهای کنترل هوشمند موتورخانه) رتبه سوم و سپس پروژه های ۶ (تعویض برخی از تجهیزات قدیمی داخل موتورخانه) و ۵ (تعمیر و نگهداری و ترمیم لوله ها و سایر تجهیزات مربوط به سیستم های گرمایشی) و ۲ (نصب شیرهای ترموستاتیک و شیرهای هواگیری خودکار بر روی رادیاتورها) رتبه چهار تا شش را در بین پروژه های بهبود مصرف گاز کسب نموده اند. جداسازی سیستم هاس گرمایشی بخش اداری از پانسینونها باعث می شود که در زمان های غیراداری که ساختمان خالی از سکنه است بتوان سیستم گرمایشی بخش اداری را غیر فعال کرد که تا حد زیادی باعث جلوگیری از هدر رفتن گاز و در نتیجه کاهش مصرف گاز خواهد شد.

طبق آنچه که در جدول شماره ۲۰ مشاهده می شود پروژه ۴ (استفاده از رنگهای عایق نانو برای دیوار، سقف) رتبه اول،



شکل ۳: اوزان نهایی پروژه های برتر بس از اعمال وزن برون گروهی در آن ها

در این پژوهش پس از انتخاب پروژه های در زمینه کاهش مصرف آب، برق و گاز، با شناسایی معیارهایی جهت اولویت بندی کردن پروژه های بهبود و اضافه کردن موضوع ریسک به این معیارها و نیز با در نظر گرفتن مقوله پیش نیازی، همزمانی و پس نیازی در انتخاب پروژه، اولویت بندی پروژه ها با استفاده از روش FAHP انجام شد.

امید است که در آینده ای نزدیک در تمامی واحدهای بیمارستانی در حال احداث یا بازسازی، با اعمال سیستم های مدیریتی کارآمد متکی بر دانش فنی روز و با ترویج علم و عمل همراه با نظارت اجرایی، به اهداف مورد نظر در زمینه صرفه جویی و کاهش مصرف انرژی دست یابند.

سپاسگزاری:

بدین وسیله از پرسنل و کارکنان بیمارستان صلاح الدین شهرستان بانه که در این پژوهش ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی بعمل می آید.

همانطور که در شکل بالا مشاهده می کنید پروژه جداسازی سیستم های گرمایشی بخش اداری از پانسیونها با وزن ۰.۰۸۸ بالاترین وزن را کسب نموده است و پروژه های استفاده از لامپها پروژوکتورهای ال ای دی و فتوسل جهت روشن نمودن بیمارستان و محوطه، فرهنگ سازی میان پرسنل در خصوص استفاده صحیح از آب و استفاده از رنگ های عایق نانو در رتبه های دوم تا چهارم قرار گرفتند.

باتوجه به نتایج حاصل از پژوهش و اینکه هزینه مصرف انرژی در صد بالایی از هزینه های بیمارستانی را به خود اختصاص داده است، بکارگیری روش هایی جهت صرفه جویی در مصرف انرژی و اجرای پروژه های بهبود در این زمینه در کلیه بیمارستانها ضروری به نظر می رسد اما با توجه به تعدد این پروژه ها و نیز محدودیت منابع مالی و سرمایه ای، بیمارستان ها می توانند با توجه به متد پیشنهادی بر اساس اولویت و بودجه موجود هر ساله تعداد پروژه هایی را که نسبت به بقیه پروژه ها ریسک کمتر و دوره بازگشت سرمایه کمتر را دارا می باشند جهت اجرا انتخاب نمایند.

References

- 1) Jabbarvand M, Mokhtare H, Sharifi R, Shafiei M, Negahban Z. Comparative study on energy usage status and its management in Farabi Eye Hospital. EBNESINA- Journal of Medical. 2011; 14 (3): 41-8
- 2) Ministry of Energy. 2007 Annual Energy Statement. Tehran: Ministry of Energy Press; 2009: 2-21.
- 3) Mashadi RM. Energy Consumption in Iran and Countries other World. Economy Universe Newspaper. Number 1649.
- 4) Saeedpour J., Azami S.R., Ghazi Asgar M., and Hashemi R., Management solutions to control energy use in the healthcare centers. The third meeting of innovations and achievements in energy management in healthcare, January, 2013.
- 5) Energy management meeting in the healthcare sector, Iranian health center, January, 2011.
- 6) Abomasoudi A., Ahmadi S. and Bostani L., How is Energy consumption in selected hospitals in Isfahan (1994-2004 years)?. Health Information Management, 2006: 2(4).
- 7) Taherizadeh AR, Tahmasbi A, Zare H. Energy management in hospitals and Health Centers. Tehran: Taherian publishers; 2013.
- 8) Teke A, Timu O. Assessing the energy efficiency improvement potentials of HVAC systems considering economic and environmental aspects at the hospitals. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014; 33:224-35.
- 9) Ahmadzadeh talatapeh M, Yau YH. The application of heat pipe heat exchangers to improve the air quality and reduce the energy consumption of the air conditioning system in a hospital ward-A full year model simulation. Energy and Buildings. 2011; 43(9):2344-55.
- 10) Čongradac V, Prebiračević B, Petrovački N. Methods for assessing energy savings in hospitals using various control techniques. Energy and Buildings. 2014; 69:85-9.
- 11) Bujak J. Heat consumption for preparing domestic hot water in hospitals. Energy and Buildings. 2010; 42(7):1047-55.
- 12) Kantola M, Saari A. Renewable vs. traditional energy management solutions e A Finnish hospital facility case. Renewable Energy. 2013; 57:539-45.
- 13) M. Shaverdi, M. R. Heshmati, and I. Ramezani, "Application of Fuzzy AHP Approach for Financial Performance Evaluation of Iranian Petrochemical Sector," Procedia Comput. Sci., vol. 31, pp. 995-1004, 2014.
- 14) L. Abdullah and N. Zulkifli, "Integration of fuzzy AHP and interval type-2 fuzzy DEMATEL: An application to human resource management," Expert Syst. Appl., vol. 42, no. 9, pp. 4397-4409, 2015.
- 15) A. Mardani, A. Jusoh, and E. Zavadskas, "Fuzzy

- multiple criteria decision-making techniques and applications—Two decades review from 1994 to 2014,” *Expert Syst. Appl.*, 2015.
- 16) Ataie M. Fuzzy multi criteria decision making. Shahrood: University of Technology of shahrud; 2009.
- 17) Bashiri M, Hejazi TH, Mhtjb H. New approaches on Multi Criteria Decision Making. Tehran: Shahed University; 2010.
- 18) Mosadegh Rad A.M., Comprehensive Textbook of organization and management of hospital, Tehran, Dibagaran Tehran publishing Co., 2005.
- 19) Zheng G, Jing Y, Huang H, Shi G, Zhang X. Developing a fuzzy analytic hierarchical process model for building energy conservation assessment. *Renewable Energy*. 2010; 35:78-87
- 20) ISO 50001:2011 - Energy management systems - Requirements with guidance for use, <http://www.iso.org>.
- 21) Barnes G. Project Prioritization and Approaches to Implementation. Environmental Finance Center [internet]. Sep 2013 [cited Jun 2014]: [about: 34 pages]. Available from: www.efcnetwork.org
- 22) Rahmani N, Talebpour A, Ahmadi T. Developing a Multi Criteria Model for Stochastic IT Portfolio Selection by AHP Method. *Procedia -Social and Behavioral Sciences*. 2012; 62:1041-5.
- 23) Tasri A, Susilawati A. Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in Indonesia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2014; 7:34-44.
- 24) Mosakasamy SJ, Rokni M. Prioritizing Improvement Projects of EFQM by Fuzzy Group AHP and Try-success Matrix the Case of a Manufacturing Industry. *Production and Operations Management*. 2012; 3(4):117-32.
- 25) Wang J, Sun Y. the Intuitionistic Fuzzy Sets on Evaluation of Risks in Projects of Energy Management Contract. *Systems Engineering Procedia*. 2012; 3:30-5.
- 26) Wang X, Chan HK, Yee RW, Diaz-Rainey I. A two-stage fuzzy-AHP model for risk assessment of implementing green initiatives in the fashion supply chain. *International Journal of Production Economics*. 2012; 135(2):595-606.
- 27) Jaafar Beygi M., An economic analysis of the four means of decreasing energy consumption in the residential complex: case study A3 Block of EkbatanTown, 2nd Conference & Exhibition on Energy Management & Conservation, 10-11 January 2012.

Archive of SID

Identifying Improvement Projects Based on Energy Consumption Management in Hospital and Prioritizing Them Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)

Navidi A¹, Ostadi B^{1,2*}

Submitted: 2015.6.26

Accepted: 2016.4.16

Abstract

Background: Since, energy consumption per square meter in hospitals is much higher than other types of service institutions; in this study, some actions performed toward optimizing energy consumption improvement projects based on the definition and prioritization in hospital.

Materials and Methods: The necessity of optimizing energy consumption in hospitals were described according to some scales including the average consumption and cost of water, electricity and gas for bed days and active bed, and these indices calculated in the case. Then, improvement actions were identified using energy audit, interviews with hospital experts and conducted studies in hospitals. Next, projects with high importance were extracted regarding to impact on energy consumption indices, expert opinion, aggregation, feasibility, and limitations such as prerequisite, synchronicity and post-requisite. Finally, specific criteria were identified in three dimensions, i.e., factors affecting the level of energy consumption, trying to execute project and risk and the projects were prioritized using questionnaire and FAHP.

Results: The study results revealed that energy consumption was higher than the world standards in the studied hospital; this confirmed the necessity of optimizing energy consumption and using energy management systems. The results of prioritization also showed the first four priorities.

Conclusion: It seems necessary to save energy consumption through improvement projects implementation in the hospitals. Regarding the number and resources limitation, hospitals can choose to implement some low risk and payback period projects based on existing priority and budget annually.

Keywords: Energy consumption management, Improvement projects, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Hospitals

¹ Department of Industrial Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, (*Corresponding author), Email: bostadi@modares.ac.ir, Phone: 021-82884385