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[1]، بختیار استادی*[2و1]

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۲۸

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 اولویت‌بندی پروژه‌های بهبود مصرف انرژی در بیمارستان، اقداماتی در راستای بهینه‌سازی آن انجام شد.*

مواد و روش‌ها: *لزوم بهینه‌سازی مصرف انرژی بر اساس شاخص‌های میانگین مصرف و هزینه آب، برق و گاز به ازای تخت روزاشغالی و تخت فعال تشریح شده و در بیمارستان مورد مطالعه این شاخص‌ها محاسبه گردید. سپس، اقدامات بهبود با کمک ممیزی انرژی، مصاحبه با خبرگان بیمارستان و تحقیقات انجام شده در بیمارستانها شناسایی شد. در ادامه، پروژه‌های بااهمیت بالا براساس میزان تاثیر بر روی شاخص‌های مصرف انرژی، نظر خبرگان، تجمیع پروژه‌ها، امکان‌پذیری و محدودیت‌های پیش‌نیازی، همزمانی و پس‌نیازی مشخص گردید. درنهایت، معیارهای خاص در سه بعد معیارهای تاثیر بر میزان مصرف انرژی، تلاش برای اجرای پروژه و ریسک شناسایی و پروژه‌ها با استفاده از پرسشنامه و روش تحلیل سلسله مراتبی فازی اولویت‌بندی شد.*

نتایج: *نتایج نشان داد مصرف انرژی در بیمارستان مذکور بالاتر از استاندارد جهانی بوده و لزوم بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده از سیستم‌های مدیریت انرژی در بیمارستان مذبور ثابت شد. براساس نتایج اولویت‌بندی پروژه‌های با رتبه‌های اول تا چهارم مشخص شدند.*

نتیجه گیری: *صرفه‌جویی در مصرف انرژی از طریق اجرای پروژه‌های بهبود در بیمارستانها ضروری به نظر می‌رسد. اما با توجه به تعداد و محدودیت منابع، بیمارستانها می‌توانند با متد پیشنهادی براساس اولویت و بودجه موجود، هر ساله تعداد پروژه‌هایی با ریسک و دوره بازگشت سرمایه کمتر جهت اجرا انتخاب نماید.*

کلمات کلیدی: *مدیریت مصرف انرژی، پروژه‌های بهبود، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی فازی، بیمارستان*

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

[2] 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

Published By Tehran University Of Medical Sciences: www.TUMS.ac.ir

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 اتلاف 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 درجهت بهره وری بیشتر مدیریت نشود دیگر نوع تکنولوژی و سرمایه گذاری بالا برای تکنولوژی هم اهمیتی نخواهد داشت (۳). لذا با توجه به ضرورت‌های 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 را، 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 ارایه 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 می‌دهد و نزدیک به ۱۰ درصد از سبد هزینه جاری بیمارستانها صرف خرید حاملهای انرژی می‌شود. 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 اتلاف 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 مسایلی 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

Published By Tehran University Of Medical Sciences: www.TUMS.ac.ir

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

مدیریت انرژی، مجموعه روش ها و اقداماتی است که در سیستم های مختلف با هدف مصرف صحیح انرژی، بهبود بازدهی و به حداکثر رساندن منافع یا کاهش هزینه انجام می شود و شامل همه ابزارهایی است که برای حصول اطمینان از مصرف کمترین مقدار انرژی برا فعالیهای جاری طراحی شده و اجرا می شوند (۷).

موارد استفاده انرژی در بیمارستان ها عبارتند از:

- کنترل محیط، شامل گرمایش و سرمایش، تهویه وتصفیه هوا
- روشنایی
- پخت و پز، نگهداری یخچال و انجماد مواد غذایی
- سترون سازی، سوزاندن زباله ها، 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 رو شهای جدید با تغییراتی که نتایج مطلوب با هزینه انرژی کمتر را به وجود می آورد. (۱)

از جمله بیمارستان هایی که فعالیت مدیریت مصرف انرژی در انها انجام شده بیمارستان اپولو در هندوستان، بیمارستان باترا (دهلی نو)، بیمارستان سنت در بلژیک، بیمارستان سلطنتی و بیمارستان دندان پزشکی آدلاید در استرالیا، بیمارستان فلوریدا درامریکا، بیمارستان دولتی ولینگتون در نیوزیلند می باشد.(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 بیمارستان ها و مراکز درمانی پرداخته اند.

Ahmet Teke و Oguzhan Timu درسال ۲۰۱۴ (۸)، M Ahmadzadehtalatapeh و Y.H. Yau در سال ۲۰۱۱ (۹) با تاثیر بهبود سیستم‌های تهویه مطبوع بر افزایش بهروری 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 ارئه راهکارهایی در صدد مدیریت و افزایش بهره وری انرژی در بیمارستان برآمدند اما در این پژوهش سعی شده است ضمن ارایه سبدی از پروژه ها در زمینه بهبود مصرف انرژی، با شناسایی معیارهایی جهت اولویت بندی کردن پروژه های بهبود و اضافه کردن موضوع ریسک به این معیارها، اولویت بندی برای پروژه ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتب فازی (FAHP) انجام شود. همچنین محدودیت هایی از قبیل امکان‌پذیر بودن در شرایط فعلی، پیش نیازی، همزمانی و پس نیازی پروژه های انرژی در اولویت بندی ها در نظر گرفته شود که باعث استقلال پروژه ها 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 تصمیم-گیری 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 می باشند؛ که این مطلب نقطه ضعف تکنیک‌های سنتی محسوب می‌شود. در مواجهه با مسائل تصمیم گیری چند معیاره تکنیک های متنوعی موجود است که از میان آن ها می توان به روش بی مقیاس 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 داده های 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، تصمیم گیران جهت قضاوت و ارزیابی یک مساله جواب هایی غیر قطعی و غیر دقیق ارائه می دهند. در واقع ابهام و فازی بودن از ویژگی های بارز یک مساله تصمیم گیری است لذا ضروری به نظر می رسد که یک مدل تصمیم گیری مناسب این ملاحظات را به خوبی مورد توجه قرار دهد (۱۳). یکی از تکنیک های کارا در مواجهه با شرایط عدم اطمینان و فازی، تحلیل سلسله مراتبی فازی می باشد. این روش در بسیاری از مطالعات معتبر جهت ارزیابی فازی و مسائل چند معیاره با موفقیت بکارگرفته شده است (۱۴). اخیرا در مطالعه دیگری که به مرور متدهای تصمیم گیری چندمعیاره فازی بکارگرفته شده در مقالات مختلف پایگاه های علمی معتبر بین المللی پرداخته بود، متد تحلیل سلسله مراتبی فازی از میان کل روش های 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).

Published By Tehran University Of Medical Sciences: www.TUMS.ac.ir

جدول ۱: انواع روش های تصمیم گیری چند شاخصه

روش های غیر جبرانی	روش های حل بدون ترجیحات معیارها (روش تسلط ، روش حداقل حداکثرها ، روش حداکثر حداقل ها
	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 های جبرانی	روش وزن دهی ساده
سایر روش ها	روش برنامه ریزی توافقی
	روش VIKOR
	روش شباهت به گزینه ایده ال
	روش تسلط تقریبی
	روش تحلیل سلسله مراتبی
	روش تحلیل شبکه

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

مرحله۱: برای هریک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی، مقدار S_i (ارزش تحقیق توسعه ای) که خود یک عدد مثلثی است، به صورت زیر محاسبه می شود:

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

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

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

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

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:

$$V(M_1 \geq M_2) = sup[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M2}(y))]$$

همچنین داریم:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt\,(M_1 \cap M_2)$$

$$= \mu_{M2}(d) = \begin{cases} 1 & if \quad b_2 \geq b_1 \\ 0 & if \quad a_1 \geq c_2 \\ \dfrac{a_1 - c_2}{(b_2 - c_2) - (b_1 - a_1)} & otherwise \end{cases}$$

مرحله۳: درجه امکان پذیری بزرگتر بودن یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$V\,(M \geq M_1, M_2, \ldots M_k) =$$

$$V[(M \geq M_1)and(M \geq M_2)and, \ldots, and(M \geq M_k)] =$$

$$= \min V\,(M \geq M_i),\ i = 1,2, \ldots, k$$

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

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

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

$$\acute{w} = \left[\acute{d}(A_1), \acute{d}(A_2), \ldots, \acute{d}(A_n)\right]^T$$

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.

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

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

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).

جدول ۲. عبارات کلامی و اعداد فازی برای مقایسه ترجیحات معیارهاو 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 وبیش(l)	(۰.۲،۰.۳۵،۰.۵)	(۲،۲.۸۶،۵)
متوسط(m)	(۰.۴،۰.۵،۰.۶)	(۱.۶۷،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،۰۱)	(۱،۱.۰۵،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 : تعین 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 iام و ستون jام ماتریس مقایسات زوجی برابر با $M_{gi}^{j} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ باشند، انگاه سطر jام و ستون iام این ماتریس ها برابر است با

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

(۱۳) (۱۴)

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) ۲۳۵۱۴ متر مربع است. مساحت اعیانی بیمارستان ۹۲۱۵ مترمربع است. تعداد کل کارمندان ۲۷۷ نفرمی باشد. تعداد کل بیماران سرپایی به صورت سالانه ۱۴۰۸۶۵ نفر است و تعداد بیماران بستری شده ۱۲۶۹۵ نفر می باشد .تعداد کل تختهای بیمارستانی ۱۳۰تخت 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 انها مشخص خواهد شد.

باتوجه به اینکه شاخص‌های تخت بیمارستانی مهمترین عامل نشان دهنده عملکرد بیمارستان‌ها می‌باشند 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 (۱۳۹۱و ۱۳۹۲) و مقایسه آن با مقدار استاندارد مصرف جهانی، وضعیت مصرف انرژی در بیمارستان مذکور مورد بررسی قرار گیرد. از جمله این شاخص‌ها می‌توان به تخت روزاشغالی، درصد اشغال تخت و تخت فعال اشاره کرد.

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

مقدار استاندارد مصرف جهانی آب، ۵۰۰ لیتر به ازای هر تخت روز اشغالی است (۱۵) میانگین مصرف آب در بیمارستان مذکوردر دو سال (۱۳۹۱و۱۳۹۲) 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، ۵-۳ کیلو وات برق مورد نیاز فعالیتهای 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 دردو سال مذکور برابر با ۷۲۷۴/۸ مترمکعب بوده است که به ازی هر تخت روز اشغالی ۲/۶۶

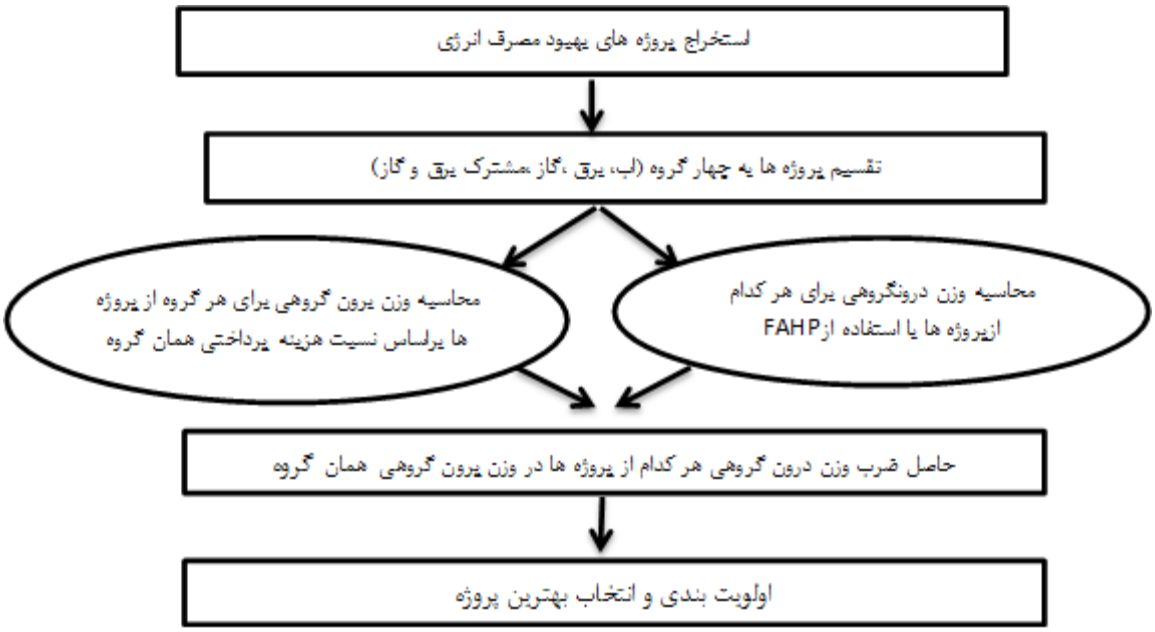
مترمکعب گاز مصرف شده است به دلیل در دسترس نبودن مقدار استاندارد مصرف جهانی گاز نتوانستیم آن را با استاندارد جهانی مقایسه کنیم.

در بیمارستان مورد مطالعه میانگین هزینه صرف شده ظرف دو سال (۱۳۹۱و۱۳۹۲) برای انرژی الکتریکی ۲۳۵۶۸۱۶۷ ریال و برای آب ۲۳۷۰۱۹۱۷ ریال و برای گاز ۳۹۹۳۹۵۴۲ ریال بوده است.

همه این نتایج تائیدی 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 کارآیی مطمئن بیمارستان است که در اولویت اول قرار دارد.

کاهش مصرف انرژی هنگامی توجیه پذیر است که مشکلی در کارآیی 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 متاسفانه 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. مرحل اصلی عبارتند از:



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

- 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 سابا 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

شناسایی پروژه ها و راهکارهای بهبود در بیمارستان با استفاده از روش چند مرحله‌ای 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 می‌کردند. در روش مصاحبه مذکور اطلاعات با روش عمیق نیمه ساختار یافته جمع آوری شده است.

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 هرکدام 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 بااهمیت بالا با در نظر گرفتن تاثیر برروی 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 مقادی کم، زیاد یا متوسط به آنها 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 نظرگرفتن شرایط بیمارستان مورد مطالعه در خصوص توانمندی های مالی، اجرایی و شرایط فیزیکی و سایر شرایط مرتبط و در نتیجه امکان‌پذیر نبودن و نیز با مورد توجه قرار دادن مقوله پیش نیازی و همزمانی و پس‌نیازی پروژه‌ها اقدام به حذف برخی از پروژه ها نمودیم. بدین ترتیب پروژه‌هایی که پیش نیاز بودند در بین پروژه‌های 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 پیش‌نیازی، پس‌نیازی و همزمانی و نیز ادغام پروژه‌های بخش قبل اقدام به ادغام و یا حذف پروژه‌هایی نمودیم که دارای همپوشانی و تاثیر متقابل بر روی هم بودند و پروژه‌های مستقل از همدیگر تعریف شد.

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

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

دسته	عنوان پروژه
پروژه های مربوط به کاهش مصرف برق	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 گاز	۱) نصب سیستمهای کنترل هوشمند موتورخانه ۲) نصب شیرهای ترموستاتیک (ترموستات های موضعی کنترل دما) و شیرهای هواگیری خودکار برروی رادیاتورها ۳) جداسازی سیستم های گرمایشی بخش اداری از پانسیونها ۴) جداسازی سیستم های گرمایشی از آب مصرفی(بهار و پاییز) ۵) تعمیر و نگهداری و ترمیم لوله‌ها و سایر تجهیزات مربوط به سیستم‌های گرمایشی به طور منظم ۶) تعویض برخی از تجهیزات قدیمی داخل موتورخانه از جمله کلکتورهای موتورخانه
پروژه های مشترک برق و 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

Published By Tehran University Of Medical Sciences: www.TUMS.ac.ir

دسته	عنوان پروژه
پروژه های مربوط به مصرف آب	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 آب‌گرم‌کن 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 داریا شیرهای پدال دار برای لوله های آب مصرفی

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 مذبور (۱۳۹۲-۱۳۹۱) محاسبه می شود.

محاسبه وزن درون گروهی پروژه های بهبود بااستفاده 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 می توان آن را چند مرحله اصلی شامل تشکیل درخت سلسله مراتبی، تعین 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.

مرحله۱: تعریف هدف و معیارهای اصلی و فرعی در انتخاب پروژه.

هدف این تحقق اولویت‌بندی و انتخاب پروژه‌های 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 پروژه‌های انرژی معیارهای مورد نیاز استخراج شود.

الگوی انتخاب معیارها بر اساس عوامل مذکور و ماتریس تلاش تاثیر می باشد که در کنار معیار هایی از جنس تلاش و تاثیر معیار های ریسک هم به انها اضافه شد. بنابر این معیارهای انتخاب شده در سه دسته زیر ارائه شدند:

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

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

معیارها در این تحقق به صورت دودسته معیارهـای کمـی و کیفی هسستند که در مقایسه پروژه ها بر اساس زیرمعیارهـای تلاش، فرض شده است که هر پروژه با یک تلورانس قابل قبولی دارای زمان مشخص و هزینه و نیروی انسانی ثابـت باشـد. وزن دهی معیارها و زیرمعیار ها و نیز پـروژه هـای بهبـود انـرژی از طریق اخذ نظر خبرگان انجام شد.

ترسیم درخت سلسله مراتبی برای هر گروه

تعیین ماتریس های مقایسات زوجی و اعمال قضاوت ها

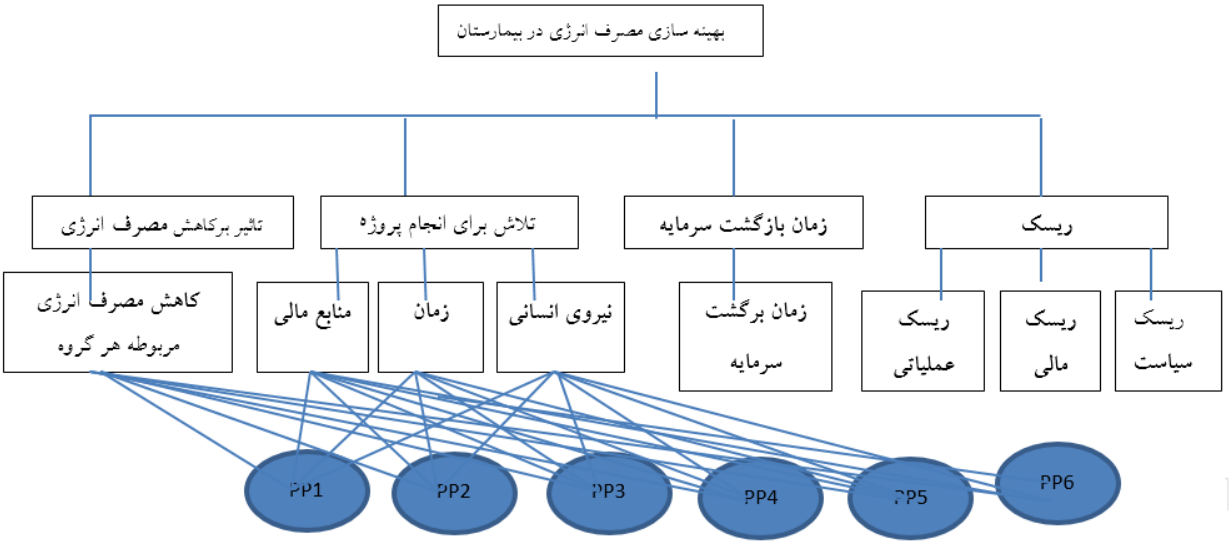
در این بخش اجرای سه مرحله ضروری است:

۱. طراحی پرسشنامه :

پرسشنامه در این تحقیق شامل سوالات مقـدماتی (مشخصـات پرسش شونده) و سوالات مربـوط بـه مـاتریس مقایسـات زوجـی 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 جامعـه آمـاری، در ایـن تحقیـق از کـل جامعه آماری که شامل ده تن ازخبرگان و آگاهان حـوزه انـرژی در بیمارستان مذکور می باشند، استفاده شده است. ایـن افـراد شـامل کارکنان بخش تاسیسات بیمارستان و مهندسین و اسـاتیدی بودنـد که در حوزه مصرف انرژی در بیمارستان کار کرده بودند.



شکل۲: درخت سلسله مراتبی پروژه های گروه کاهش مصرف برق

۲. ماتریس مقایسات زوجی:

در حالت کلاسیک (قطعی) برای اعمال قضـاوت هـا از جـدول ماتریس مقایسات زوجی کلاسیک استفاده می شود، بدین معنـی که عدد متناظر با ارجحیت های زبانی در ماتریس های مقایسـات زوجی وارد می شود. ولی در حالت فازی، مقدار متناظر با ارجحیت های زبانی را با اعداد فازی مثلثـی در مقایسـات زوجـی وارد مـی کنیم. تمامی عناصر روی قطر اصلی ماتریس مقایسات زوجی برابر با (۱،۱،۱) هستند و در ضـمن اگـر درایـه سـطر iام و سـتون jام ماتریس مقایسات زوجـی برابـر بـا $M_{gi}^{j} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ باشـند، انگاه سطر jام و ستون iام این ماتریس ها برابر است با :

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

پس از تکمیل پرسشنامه ها توسط افراد خبره و تشکیل مـاتریس مقایسات زوجی، نرخ سازگاری مـاتریس هـا محاسـبه مـی شـود و بامحاسبه وزن معیارها و زیر معیارها و گزینه ها و در نهایت مشخص کردن وزن نهایی پروژه ها، از طریق روش انالیز توسعه چنگ، اولویت بندی و انتخاب پروژه ی بهین در هر گروه انجام می گیرد.

پرسشنامه جهت اولویت‌بندی معیارها با اسـتفاده از روش FAHP مورد استفاده قرار گرفت. پرسشنامه مذکور برای ۱۰ تـن از خبرگـان آشنا و صاحب نظـر و تجربـه در ایـن زمینـه، ارسـال شـد. در ایـن پرسشنامه از خبرگان خواسته شد تا معیارها وزیرمعیارها و پروژه هـا را نسبت به یکدیگر به صورت زوجی مقایسه کنند. تحلیل داده های این پرسشنامه، به کمک روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی فـازی انجام شد که این روش در فصل های قبل تشریح گردید. ابتدا بـرای اعتبارسنجی نتـایج از محاسـبه نـرخ سـازگاری مـاتریس مقایسـات زوجی محاسبه شد. سپس از روش تحلیل توسعه ای چانـگ جهـت محاسبه اوزان و اولویت بنـدی ابعـاد و معیارهـا اسـتفاده شـد. نـرخ سازگاری برای هریک از پاسخ دهندگان در همه گروه هـا محاسـبه شد. شاخص ناسازگاری، کمتر از ۰.۱ بود بنابراین مـاتریس مقایسـه زوجی فازی نظیر آن، از سازگاری خوبی برخوردار بودند.

Published By Tehran University Of Medical Sciences: www.TUMS.ac.ir

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

پاسخ دهنده	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم
نرخ ناسازگاری	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 معیار های 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 معیار های 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 باتوجه به تاثیربرمصرف انرژی	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیرمعیار منابع مالی	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیرمعیار زمان	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیر معیار نیروی انسانی	نرخ ناسازگاری باتوجه به دوره بازگشت سرمایه	نرخ ناسازگاری باتوجه به ریسک سیاست	نرخ ناسازگاری باتوجه به ریسک مالی	نرخ ناسازگاری باتوجه 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 باتوجه به تاثیربرمصرف انرژی	نرخ ناسازگاری باتوجه به دوره بازگشت سرمایه	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیرمعیار منابع مالی	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیر معیار نیروی انسانی	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیرمعیار زمان	نرخ ناسازگاری باتوجه به ریسک مالی	نرخ ناسازگاری باتوجه به ریسک عملیاتی	نرخ ناسازگاری باتوجه 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

Published By Tehran University Of Medical Sciences: www.TUMS.ac.ir

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

پاسخ دهنده	نرخ ناسازگاری باتوجه به تاثیربرمصرف انرژی	نرخ ناسازگاری باتوجه به دوره بازگشت سرمایه	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیرمعیار منابع مالی	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیر معیار نیروی انسانی	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیرمعیار زمان	نرخ ناسازگاری باتوجه به ریسک مالی	نرخ ناسازگاری باتوجه به ریسک عملیاتی	نرخ ناسازگاری باتوجه 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 زیرمعیار

پاسخ دهنده	نرخ ناسازگاری باتوجه به تاثیربرمصرف انرژی	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیرمعیار منابع مالی	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیر معیار نیروی انسانی	نرخ ناسازگاری باتوجه به زیرمعیار زمان	نرخ ناسازگاری باتوجه به دوره بازگشت سرمایه	نرخ ناسازگاری باتوجه به ریسک سیاسی	نرخ ناسازگاری باتوجه به ریسک مالی	نرخ ناسازگاری باتوجه 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

اولویت بندی معیارها و زیرمعیارها 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 می‌کنیم. به منظور ترکیب جداول مقایسات زوجی همه پاسخ دهندگان و تبدیل آن به یک ماتریس واحد از روش، میانگین حسابی استفاده می شود. سپس درجه امکان پذیری بزرگتر بودن S یک معیار نسبت به سایر معیارها محاسبه شده است. نهایتا 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 معیار ها با استفاده از روش FAHP محاسبه می شود.

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

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

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

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

جدول ۱۴: وزن های غیر فازی نرمال معیارها

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

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

جدول ۱۵: وزن های غیر فازی نرمال زیر معیارهای ریسک

	سیاست	مالی	عملیاتی
وزن غیرفازی شده $V(S_K>S_1,\ldots,S_9$	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 غیرفازی شده $V(S_K>S_1,\ldots,S_9$	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

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

اولویت بندی پروژه های با فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

در هر کدام از گرو هها به طور جداگانه پروژه ها با توجه به هر کدام از زیرمعیارها دوبه 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 تبدیل می نمائیم. سپس این ماتریس‌ها را به یک ماتریس واحد تبدیل می‌کنیم. و در نهایت پروژه ها با توجه به هرکدام از زیر معیار ها وزن دهی می شوند.

ودر نهایت برای اولویت‌بندی پروژه‌ها در هر گروه وزن هرپروژه با توجه به هر کدام از زیرمعیارها در وزن زیرمعیار مربوطه ضرب می‌شود و با جمع این اوزان، وزن نهایی هر پروژه محاسبه می شود.

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

	تاثیر بر کاهش مصرف انرژی	منابع مالی	زمان	نیروی انسانی	ریسک سیایت	ریسک مالی	ریسک عملیاتی	دوره بازگشت سرمایه	w	رتبه
پروژه ۱	0.17144	0.20091	0.22328	0.20791	0.20225	0.20603	0.18118	0.18966	0.19183	1
پروژه۲	0.14399	0.18842	0.18999	0.17104	0.18623	0.21327	0.13223	0.20163	0.17472	4
پروژه۳	0.17538	0.04134	0.03912	0.02845	0.03406	0.02473	0.12284	0.04261	0.08544	6
پروژه۴	0.18986	0.17843	0.22603	0.21015	0.17111	0.17744	0.19084	0.18707	0.19047	2
پروژه۵	0.17979	0.18998	0.09471	0.18495	0.19661	0.16724	0.18191	0.17602	0.17094	5
پروژه۶	0.13954	0.20091	0.22687	0.19747	0.20974	0.21129	0.191	0.20299	0.18656	3
W	0.30038	0.12767	0.11794	0.03359	0.07603	0.08078	0.07600	0.18761		

جدول ۱۹: اولویت بندی پروژه های بهبود مصرف گاز با فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن دهی ورتبه بندی انها

	تاثیر بر کاهش مصرف گاز	منابع مالی	زمان	نیروی انسانی	ریسک سیایت	ریسک مالی	ریسک عملیاتی	دوره بازگشت سرمایه	w	رتبه
پروژه ۱	0.19548	0.17119	0.18572	0.1831	0.17737	0.17757	0.19973	0.16266	0.1822	3
پروژه ۲	0.11585	0.16885	0.13528	0.16465	0.11529	0.15243	0.04214	0.14606	0.1295	6
پروژ۳	0.20792	0.1912	0.18326	0.18961	0.17295	0.19273	0.21917	0.17236	0.1926	1
پروژه ۴	0.21086	0.17666	0.18714	0.19027	0.17826	0.1709	0.21917	0.177	0.1916	2
پروژه ۵	0.10581	0.12012	0.12444	0.11396	0.17046	0.1036	0.20648	0.16719	0.1340	5
پروژه ۶	0.16408	0.17197	0.18416	0.15841	0.18568	0.20277	0.11331	0.17473	0.1702	4
W	0.30038	0.12767	0.11794	0.03359	0.07603	0.08078	0.076	0.18761		

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

	تاثیر برکاهش مصرف برق و گاز	منابع مالی	زمان	نیروی انسانی	ریسک سیایت	ریسک مالی	ریسک عملیاتی	دوره بازگشت سرمایه	w	رتبه
پروژه ۱	0.246	0.117	0.190	0.225	0.138	0.221	0.193	0.222	0.2	4
پروژه ۲	0.244	0.267	0.211	0.241	0.208	0.235	0.210	0.212	0.23	2
پروژه ۳	0.206	0.038	0.043	0.048	0.060	0.033	0.135	0.082	0.11	5
پروژه۴	0.219	0.311	0.280	0.243	0.301	0.254	0.235	0.244	0.25	1
پروژه۵	0.085	0.267	0.276	0.242	0.294	0.258	0.227	0.240	0.21	3
W	0.300	0.128	0.118	0.034	0.076	0.081	0.076	0.188		

Published By Tehran University Of Medical Sciences: www.TUMS.ac.ir

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

	تاثیر بر کاهش مصرف آب	منابع مالی	زمان	نیروی انسانی	ریسک سیایت	ریسک مالی	ریسک عملیاتی	دوره بازگشت سرمایه	w	رتبه
پروژه۱	0.20316	0.09516	0.18515	0.16842	0.06544	0.02993	0.10163	0.13639	0.141372	۷
پروژه۲	0.17259	0.17804	0.16412	0.18024	0.12903	0.22253	0.18929	0.17215	0.174452	۳
پروژه۳	0.19779	0.20319	0.11602	0.04607	0.20976	0.24381	0.20798	0.19373	0.188378	۱
پروژه۴	0.19832	0.15714	0.15338	0.20264	0.19510	0.13817	0.10823	0.13517	0.164106	۴
پروژه۵	0.03564	0.19523	0.19881	0.20167	0.19400	0.23364	0.19925	0.18358	0.149059	۶
پروژه۶	0.19251	0.17124	0.18253	0.20097	0.20668	0.13192	0.19362	0.17898	0.182631	۲
پروژه۷	0.20687	0.02192	0.19141	0.20525	0.18600	0.02098	0.13677	0.15910	0.150486	۵
وزن معیارها	0.30038	0.12767	0.11794	0.03359	0.07603	0.08078	0.07600	0.18761	-	-

اولویت بندی پروژه های بهبود مصرف انـرژی در بـین چهار گروه موجود

بـا از محاسـبه وزن درون گروهـی پـروژه هـا از طریـق فراینـد سلسـله مراتـب فـازی و ضـرب ان در وزن بـرون گروهی همان گروه اولویـت بنـدی انجـام مـی گیـرد. وزن برون گروهی از طریق نسبت هزینه پرداختی هر گـروه بـه کل هزینه های پرداختی بابت مصـرف انـرژی در دو سـال مذبور محاسبه می شود.

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 وگاز	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

جمع بندی

بررسی میزان مصرف انرژی در بیمارستان مربوطـه از طریـق شاخص های تخت بیمارستانی لزوم بهینه سازی مصرف انرژی و ایجاد یک سیستم مدیریت انرژی در بیمارستان را بـه اثبـات می رساند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که معیار تاثیر بـر کـاهش مصرف انرژی باوزن ۰.۳ بالاترین رتبـه و بعـد از ان معیارهـای تلاش برای انجام پروژه با وزن ۰.۲۷۹ و معیـار زمـان بازگشـت سرمایه با وزن ۰.۲۳۳ودر نهایت معیـار ریسـک پـروژه بـا وزن ۰.۱۸۸ رتبه های بعدی راکسب نمودند.

از بین زیر معیارهای یعد تلاش هم زیـر معیـار منـابع مـالی وزن ۰.۴۵۷، زیـر معیـار زمـان لازم بـرای انجـام پـروژه وزن ۰.۴۲۲و زیر معیار نیروی انسانی وزن ۰.۱۲را کسب نموده اند و همچنین از بین زیر معیارهای بعد ریسـک زیـر معیـار ریسـک مالی وزن ۰.۳۴۷ و زیرمعیار ریسـک سیاسـت وز ۰.۳۲۷و زیـر معیار ریسـک عملیـاتی وزن ۰.۳۲۶ را کسـب کـرده انـد و در نهایت با تحت تـاثیر قـرار دادن معیارهـا در زیـر معیارهـا 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،زیرمعیـار زمـان لازم برای انجـام پـروژه ۰.۱۱۸،زیـر معیـار ریسـک مـالی وزن ۰.۰۸۱،ریسک عملیاتی و ریسـک سیاسـت وزن ۰.۰۷۶ و زیـر معیـار نیـروی انسـانی وزن ۰.۰۳۴ کسـب نمودنـد و بنـابراین زیرمعیار تاثیر برکاهش مصرف انرژی بالاترین امتیاز و زیرمعیار نیروی انسانی پایین ترین وزن را دارا می باشد.

همان طور که در جـدول ۱۸ مـی تـوان مشـاهده کـرد پـروژه استفاده از لامپها و پروژوکتورهای LED و فتوسـل جهـت روشـن نمودن بیمارستان ومحوطه آن و مکـان هـای عمـومی رتیـه اول، پروژه تعویض خشکنهای برقی به خشکنهای گـازی رختشـورخانه رتبه دوم، پروژه های تعویض مانیتورها، پروژه استفاده از سیسـتم روشنایی هوشمند و پروژه بهبـود و بهینـه سـازی سیسـتم هـای

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

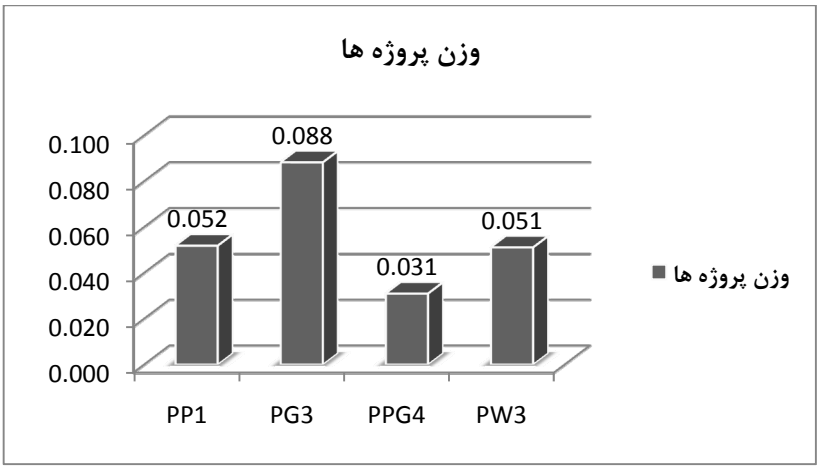
برابر آمارهای رسمی کشور در ساختمانها معمولا ۳۰ درصد انرژی الکتریکی مصرفی به مصرف روشنایی می رسد برای مراکز درمانی نیز این این عدد فرق زیادی با ساختمانهای غیر بیمارستانی ندارد (۷). باتوجه به این مساله و نیز با توجه به اینکه۷۵ درصدمصرف برق بیمارستان هم در بخش سرمایش و تهویه و روشنایی می باشد انتخاب این 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 رو شنایی 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 پانسیونها) دررتبه اول قرار می‌گیرد 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 برروی رادیاتورها) رتبه چهار تا شش را در بین پروژه های بهبود مصرف گاز کسب نموده اند. جداسازی سیستم هاس گرمایشی بخش اداری از پانسیون ها 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 ، پروژه ۲ (استفاده از درهای اتوماتیک در ورودی ساختمان) رتبه دوم و پروژه های۵ (استفاده از نوارهای درزگیر هوابندی بازشوهای پنجره ها و درب های ورودی، درزگیری پنجره ها و درهاو 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 اب 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 ازرنگ عایق نانو با علم بر اینکه تا۲۰ 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 برکاهش مصرف انرژی در یک دوره میان مدت می تواند باعث کاهش هزینه های ساختمان از جمله رنگ آمیزی مجدد ،و 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 وزن۰.۱۸۸. 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 موتور خانه 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.



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

Published By Tehran University Of Medical Sciences: www.TUMS.ac.ir

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 رنگ‌های 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 هرساله تعداد پروژه هایی را که نسبت به بقیه پروژ ه ها ریسک کمتر و دوره بازگشت سرمایه کمتر را دارا می باشند جهت اجرا انتخاب نماید.

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 پژو هش مارا یاری کردند، تشکر و قدردانی بعمل می آید.

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.

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

Navidi A[1] , Ostadi B[1,2*]

Submitted: 2015.6.26 Accepted: 2016.4.16

Abstract

Background: Since, **e**nergy 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