مقاله پژوهشی

تحلیل روند مصرف حامل‌های انرژی در یک بیمارستان فوق تخصصی و ارائه راهکارهای لازم برای مصرف بهینه

محمد جواد نجفی [۱]، محمد امیری آرا [۲]، نعیم شکری [۳،۴]، قادر غنی زاده [۵،۶]، مهدی راعی [۷،۸]، سیدمرتضی حسینی شکوه [۲،۹*]

[۱] کارشناسی ارشد مدیریت خدمات بهداشتی و درمانی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
[۲] دانشیار، مرکز تحقیقات مدیریت سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
[۳] استادیار، مرکز تحقیقات مدیریت سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
[۴] استادیار، گروه اقتصاد سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
[۵] استاد، مرکز تحقیقات مدیریت سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
[۶] استاد، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
[۷] دانشیار، مرکز تحقیقات هوش مصنوعی در سلامت، پژوهشکده فناوری‌های زیست پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
[۸] دانشیار، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
[۹] دانشیار، گروه اقتصاد سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

*** نویسنده مسؤول:** سید مرتضی حسینی شکوه
hosainysh.morteza@gmail.com

ارجاع: نجفی محمد جواد، امیری آرا محمد، شکری نعیم، غنی زاده قادر، راعی مهدی، حسینی شکوه سیدمرتضی. تحلیل روند مصرف حامل‌های انرژی در یک بیمارستان فوق تخصصی و ارائه راهکارهای لازم برای مصرف بهینه. راهبردهای مدیریت در نظام سلامت ۱۴۰۴؛ ۱۰ (۴): ۹۱-۲۷۶.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰
تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۱۱/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲

زمینه و هدف: بی‌توجهی به مصرف بهینه حامل‌های انرژی علاوه بر افزایش هزینه‌های بیمارستان‌ها، منجر به هدررفت منابع انرژی می‌شود. این مطالعه با هدف بررسی روند مصرف حامل‌های انرژی در یک بیمارستان فوق تخصصی و ارائه راهکارهای بهینه‌سازی انجام شد.

روش پژوهش: این مطالعه ترکیبی (کمی-کیفی) در سه مرحله انجام گرفت. در مرحله اول، داده‌های سری زمانی مصرف آب، گاز و برق طی ده سال (۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰) در بیمارستان مورد مطالعه جمع‌آوری و در مرحله دوم با مدل رگرسیونی SARIMAX، رابطه بین شاخص‌های عملکرد بیمارستان و مصرف حامل‌های انرژی بررسی شد. در مرحله سوم، راهکارهای افزایش بهره‌وری انرژی با مرور مطالعات و نظرسنجی از خبرگان شناسایی شدند.

یافته‌ها: میانگین مصرف ده‌ساله آب، برق و گاز به ازای هر تخت فعال به ترتیب ۱/۶۳ ± ۳۳/۷۶ متر مکعب، ۲۴۳/۳۹ ± ۱۹۱۹/۶۶ کیلووات و ۳۸/۹۶ ± ۳۴۱/۴۶ متر مکعب بود. شاخص‌هایی مانند تخت روز اشغالی، فاصله چرخش تخت و متوسط مدت اقامت تأثیر معنی‌داری بر مصرف آب داشتند. مصرف برق تحت تأثیر تعداد اعمال جراحی و مصرف گاز تحت تأثیر تعداد جراحی‌ها و بیماران بخش مراقبت ویژه به طور آماری معنی‌داری بود. مصرف آب در پاییز، برق در تابستان و گاز در زمستان به شکل معنی‌داری بیش از سایر فصول بود. ۳۳ راهکار بهینه‌سازی در پنج حوزه کلی شامل اصلاح سیستم‌های الکتریکی، سرمایشی و گرمایشی، مدیریت منابع آب، بهینه‌سازی ساختار ساختمان و سیاستگذاری انرژی دسته‌بندی شدند.

نتیجه‌گیری: مصرف حامل‌های انرژی در این بیمارستان بیشتر تابع تغییرات فصلی بود. بهینه‌سازی ساختار ساختمان از نظر عایق‌بندی حرارتی و تدوین سیاست‌های انرژی مؤثر می‌تواند تا حد قابل توجهی مانع هدررفت انرژی شود.

واژه‌های کلیدی: بیمارستان، مصرف حامل‌های انرژی، پروژه‌های بهبود، شاخص‌های عملکردی

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]

مقدمه

گزارش سازمان حفاظت محیط زیست در مورد هزینه‌های انرژی نشان می‌دهد که سازمان‌های سلامت در هر سال ۶ بیلیون دلار انرژی برای مصارف تشخیصی و درمانی بیماران خود خرج می‌نمایند (۱). انواع مختلفی از انرژی مانند انرژی برق، آب، گاز و انواع سوخت‌ها در بیمارستان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از عوامل تاثیرگذار بر مصرف انرژی در بیمارستان‌ها، شاخص‌های عملکردی بیمارستانی می‌باشد، که عملکرد بیمارستان‌ها را در زمینه‌های مختلف نشان می‌دهد (۲). از دیدگاه صاحب نظران، هزینه تخت روز، میزان اشغال تخت، متوسط اقامت بیمار، گردش تخت و متوسط چرخش اشغال تخت، عمده ترین شاخص‌های اقتصادی جهت سنجش عملکرد بیمارستان‌ها هستند (۳).

با توجه به نقش انرژی در توسعه پایدار کشور، بالاتر بودن سرانه مصرف و شدت انرژی در ایران نسبت به سایر کشورها، افزایش روزافزون آلودگی زیست محیطی، اهداف استراتژیک کشور در زمینه مصرف بهینه انرژی، واقعی شدن قیمت‌های انرژی و افزایش هزینه آن از ۵ تا۱۰ برابر و بالاتر بودن مصرف انرژی در بیمارستان‌های دولتی نسبت به استانداردهای جهانی و حتی نسبت به بیمارستان‌های خصوصی مشهود می‌باشد (۴). بر همین اساس ضرورت محاسبه میزان مصرف حامل‌های انرژی در بیمارستان‌ها نمایان می‌شود. همچنین با مقایسه شاخص-های انرژی در طی سال‌های مختلف می‌توان کنترل بیشتری بر کار مدیران، خصوصاً مدیران تاسیسات داشت و زمینه رقابت بین آن‌ها را فراهم کرد.

در سال‌های اخیر به دلایل گوناگون از جمله حذف تدریجی یارانه‌های دولتی، توجه بیشتری به ارزش حامل‌های انرژی در اشکال مختلف آن شده و صرفه جویی حامل‌های انرژی و لزوم محاسبه میزان مصرف به عنوان یک ضرورت قطعی و چاره‌ناپذیر پدیدار شده است (۵). به دلیل نقش بارز انرژی در به حرکت درآوردن چرخه‌های صنعت، کشورهای پیشرفته صنعتی طی دو دهه اخیر با پیش‌بینی دشواری‌ها و محدودیت‌های کنونی، اقدامات حساب شده‌ای برای صرفه‌جویی در میزان مصرف و بهینه کردن آن برداشته‌اند (۶). با نگاهی به آمار مصرف انرژی و شاخص‌های مهمی چون سرانه مصرف انرژی، شدت انرژی و بهره وری انرژی در ایران و مقایسه آن با سایر کشورهای جهان درمی‌یابیم کـه در عرصه رقابت جهانی که به سمت مصرف کمتر و تولید بیشتر در حرکت است، اتلاف انرژی بالایی را در بخش‌های حمل و نقل، خـانگی، صنعت و بخش‌های عمومی- دولتی خصوصاً بیمارستان‌ها شاهد هستیم.

باتوجه به بررسی اولیه مقالات و منابع موجود درخصوص مصرف حامل‌های انرژی در بیمارستان‌های نظامی، تنها یک مطالعه مرتبط یافت شد. تیمورزاده و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه اطلاعات میزان مصارف و هزینه حامل‌های انرژی در بیمارستان منتخب نظامی برای یک دوره سه ساله (۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵) به این نتایج دست یافتند که به‌طور میانگین بیمارستان مورد مطالعه ۷۹/۷۰ کیلووات برق و ۱۲/۱۲ متر مکعب گاز، به ترتیب با هزینه ۲۵۸۶۱ ریال و ۱۰۸۰۸ ریال به ازای تخت روز فعال، انرژی مصرف می‌کند. همچنین مصرف آب در این بیمارستان ۱۱۲۴ لیتر با هزینه ۱۶۹۹۳ریال به ازای تخت روز فعال می‌باشد. نتایج نشان داد که میزان مصرف آب و برق به ترتیب ۲/۲ و ۱/۱۰ برابر استانداردهای موجود بود (۷).

آمار و ارقام ارایه شده در پژوهش‌هایی که در ارتباط با مراقبت‌های بهداشتی در بیمارستان‌ها انجام شده‌اند، نشان می‌دهد که مصرف انرژی به ازای هر متر مربع در بیمارستان‌ها بسیار بیشتر از انواع دیگر موسسات خدماتی می‌باشد. جباروند و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی به بررسی مصرف انرژی و روند آن در یـک دوره ۳ سـاله (۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹) در بیمارستان فوق تخصصی چشم فارابی تهران پرداخته و به این نتیجه دست یافتند که ساختمان‌های بیمارستانی به دلیل عملکرد پرهزینه در تمام شرایط آب و هوایی، تجهیزات پزشکی پیچیده و همچنین روش‌های تمیز کردن دقیق و پارامترهای محیطی، ساختمان‌هایی انرژی‌بر به حساب می‌آیند (۸). همچنین؛ پژوهش پینزون و همکاران (۲۰۱۵) که به بررسی استراتژی‌های محیط‌زیستی پیشگیرانه در سازمان‌های بهداشتی می‌پردازد، نشان می‌دهد در پنج سال گذشته، میانگین مصرف انرژی ساختمان‌های بیمارستانی در چین ۵۳/۴ درصد افزایش یافته است. در برزیل، مصرف انرژی ساختمان‌های بیمارستانی ۱۰/۶ درصد از کل مصرف انرژی در کشور را تشکیل می‌دهد (۹). به دلیل تعداد نسبتاً بالای این مراکز و نیاز بالایی که به حامل‌های انرژی دارند، همچنین بسیاری از این مراکز بصورت شبانه‌روزی

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0
[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]

کار می‌کنند؛ افزایش قیمت حامل‌های انرژی می‌تواند تا ۷۰۰ میلیارد تومان بار هزینه مراکز بهداشتی و درمانی دولتی را در کشور بالا ببرد. بیمارستان‌ها از طرفی ظرفیت بالایی نیز برای صرفه جویی در مصرف انرژی دارند، به طوری که بدون هیچ بودجه خاصی می‌توان تا ۱۰ درصد مصرف انرژی در بیمارستان‌ها را کاهش داد (۸). در این راستا پژوهش حاضر با هدف بررسی روند مصرف حامل‌های انرژی در یک بیمارستان فوق تخصصی و ارائه راهکارهای لازم برای بهینه سازی آن انجام شد.

روش پژوهش

مطالعه حاضر یک مطالعه ترکیبی (کمی- کیفی) است که در ۳ مرحله انجام شد. در مرحله اول، میزان مصرف هر یک از حامل‌های انرژی (شامل آب، گاز و برق) به صورت داده‌های سری زمانی برای یک دوره ده ساله (از ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰) به تفکیک (۴ فصل در هر سال) و برای یک مرکز آموزشی - درمانی فوق تخصصی با مراجعه به سازمان آب منطقه‌ای، اداره گاز منطقه و سازمان توزیع نیروی برق منطقه‌ای جمع آوری گردید. بیمارستان مورد مطالعه در تهران و در اقلیم معتدل واقع شده بود. در این مطالعه مصرف حامل‌های انرژی به ازای هر تخت فعال گزارش شد و در تحلیل‌ها نیز مصرف به ازای هر تخت فعال مورد استفاده قرار گرفته‌است. لذا تا حد ممکن تاثیر تغییرات ساختاری بیمارستان (افزایش یا کاهش بخش‌های جدید) در مصرف انرژی کنترل شده‌است. اگرچه ماهیت پژوهش‌های این حوزه اجازه لحاظ تاثیر همه تغییرات را نمی‌دهد ولی متغیرهای اصلی تغییرات عملکرد بیمارستان (از جمله ضریب اشغال تخت) بر مصرف انرژی در مدل‌های رگرسیونی کنترل شده‌است. در این مطالعه بر خلاف مطالعات قبلی، دوره زمانی مد نظر به‌صورت ده ساله و از نظر متدولوژیکی به‌صورت SARIMAX انجام شده‌است که از تفاوت‌های این مطالعه با سایر مطالعات است. لازم به ذکر است با توجه به اینکه در برخی از ماه‌ها صرفاً هزینه مصرف آب، برق و گاز گزارش شده بود، میزان مصرف این حامل‌ها از تقسیم هزینه بر قیمت واحد به‌دست آمد (در مواردی که صرفاً مبلغ هزینه مصرف حامل‌های انرژی (آب، برق و گاز) گزارش شده بود، میزان مصرف فیزیکی با تقسیم هزینه بر قیمت واحد همان حامل در دوره مربوطه محاسبه شد. این روش در تمام ماه‌های مورد بررسی اعمال گردید تا داده‌ها یکسان و قابل مقایسه باشند). سپس با ترسیم نمودار سری زمانی روند مصرف انرژی و تغییرات فصلی مصرف انرژی برای هر یک از حامل‌های انرژی (شامل آب، گاز و برق) توصیف گردید.

در مرحله دوم، با استفاده از رگرسیون سری زمانی عوامل موثر بر مصرف انرژی در بیمارستان مدل‌سازی گردید. در این مدل‌سازی میزان مصرف هر یک از حامل‌های انرژی (شامل آب، گاز و برق) به‌عنوان متغیر وابسته درنظر گرفته شده و سپس ارتباط بین مصرف هر یک از حامل‌های انرژی (شامل آب، گاز و برق) با شاخص‌های عملکردی بیمارستان (شامل ضریب اشغال تخت، تخت روز فعال، تخت روز کل، گردش تخت و متوسط مدت اقامت) در مدل مورد بررسی قرار گرفت. این شاخص‌های عملکردی با مراجعه به بخش مدارک پزشکی بیمارستان در قالب فرم جمع آوری اطلاعات از اطلاعات ثبتی موجود در سامانه اطلاعات بیمارستان جمع آوری شد.

در این مطالعه از بین مدل‌های سری-زمانی موجود به دلیل تأثیر قوی تغییرات فصلی بر مصرف حامل‌های انرژی، از مدل (Seasonal ARIMA with eXogenous variables) SARIMAX برای تحلیل ارتباط شاخص‌های عملکردی بیمارستان با مصرف حامل‌های انرژی استفاده شد. زیرا این مدل امکان داد تا نوسانات فصلی و تأثیر شاخص‌های عملکردی بیمارستان به طور همزمان مدل‌سازی شوند. صورت کلی مدل مذکور به شرح ذیل می‌باشد:

$$\text{ARIMA } Y, \text{exog } (X_1 \ldots, X_n), \text{ARIMA } (p, d, q) \text{ SARIMA } (P, D, Q, S)$$

که در آن:

Y : متغیر وابسته (مصرف ماهانه حامل انرژی)

P : تعداد جمله‌های خودرگرسیو (AR) در مدل بر اساس نمودار تابع خودهمبستگی جزئی (PACF)

D : مرتبه تفاضل‌گیری (Differencing) برای مانا کردن متغیر وابسته

Q : تعداد جمله‌های میانگین متحرک (MA) در مدل بر اساس نمودار تابع خودهمبستگی (ACF)

P : تعداد جمله‌های خودرگرسیو (AR) در مدل فصلی بر اساس نمودار PACF فصلی

D : مرتبه تفاضل‌گیری (Differencing) برای مانا کردن متغیر وابسته فصلی

Q : تعداد جمله‌های میانگین متحرک (MA) در مدل فصلی

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0
[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]

بر اساس نمودار ACF فصلی
S : طول دوره فصلی
Xn ,… X: متغیرهای مستقل مدل (شاخص‌های عملکردی)

برای تعیین پارامترهای فصلی در مدل SARIMAX ابتدا تفاوت‌گیری‌های فصلی مصرف برای هریک از حامل‌های انرژی انجام شد. سپس مانایی الگوی فصلی سری زمانی و مرتبه آن (جهت تعیین مقدار پارامتر d) با استفاده از آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته (Augmented Dickey-Fuller test for unit root) بررسی شد (جدول ۱). پارامترهای P و Q به ترتیب تعداد مشاهدات تأخیری فصلی مصرف انرژی در بخش خودرگرسیو و میانگین متحرک مدل بود که برای تعیین میزان آن‌ها از نمودارهای تابع خودهمبستگی و تابع خودهمبستگی جزئی (ACF و PACF) فصلی استفاده شد. پارامتر S طول دوره فصلی را نشان می‌داد که برابر ۴ (نشان دهنده ۴ فصل در هر سال) در نظر گرفته شد. تمامی تحلیل‌های رگرسیونی سری زمانی با استفاده از نرم افزار Stata 17 انجام پذیرفت.

جدول ۱: آزمون مانایی متغیرهای پژوهش

متغیر	آماره محاسبه شده	مقدار p	نتیجه
آب	- ۵/۸۵۵	< ۰/۰۰۱ *	مانا
برق	- ۵/۵۴۴	< ۰/۰۰۱ *	مانا
گاز	- ۵/۷۴۹	< ۰/۰۰۱ *	مانا
آی سی یو	- ۴/۸۷۵	< ۰/۰۰۱ *	مانا
تخت روز اشغالی	- ۴/۲۴۰	۰/۰۰۰۶ *	مانا
تعداد ترخیص شدگان بستری	- ۴/۷۴۶	۰/۰۰۰۱ *	مانا
تعداد مراجعات سرپایی	- ۳/۴۴۷	۰/۰۰۹۵ *	مانا
چرخش تخت بیمارستان	- ۵/۳۱۶	< ۰/۰۰۱ *	مانا
ضریب اشغال تخت	- ۴/۷۰۰	۰/۰۰۰۱ *	مانا
تعداد اعمال جراحی	- ۲/۷۰۷	۰/۰۰۲۹ *	مانا
میانگین مدت اقامت	- ۳/۶۰۰	۰/۰۰۵۸ *	مانا
فاصله گردش تخت	- ۵/۸۱۰	< ۰/۰۰۱ *	مانا

* معنی‌دار در سطح p < ۰/۰۵

در مرحله سوم، راهکارهای افزایش بهره‌وری انرژی در بیمارستان مورد مطالعه با استفاده از مرور مطالعات و نظرسنجی خبرگان شناسایی شد. خبرگان شرکت کننده در این مرحله شامل ۱۵ نفر از افراد با تجربه کاری در حوزه مدیریت انرژی در بیمارستان ازجمله اعضای هیئت علمی مرتبط با پژوهش (مدیران مراکز درمانی، طرح و برنامه و بودجه و پشتیبانی دانشگاه)، مدیریت مهندسی، پشتیبانی و تأسیسات بیمارستان بودند. معیارهای ورود خبرگان به مطالعه شامل داشتن حداقل ۵ سال سابقه تخصصی مرتبط (براساس مستندات و مطالعات قبلی که حداقل ۵ سال سابقه در نظر گرفته شده بود، اقتباس شده‌است (۷)) و حداقل داشتن مدرک کارشناسی ارشد بود و معیارهای خروج خبرگان از مطالعه شامل نداشتن تحصیلات و تخصص مرتبط با پژوهش بود. روش انتخاب نمونه، هدفمند بود. پرسشنامه نیاز به اعتبارسنجی نداشت چرا که توافق سنجی بوده‌است. به‌دلیل ماهیت بخش فنی و بدان خاطر که ماهیت کاری این بخش صرفاً مربوط به آقایان است، به‌همین خاطر نیروی کار خانم وجود نداشته است و از حداکثر مسئولین مرتبط بهره گرفته شد. راهکارهای احصا شده در این مطالعه ابتدا با مرور کلی مطالعات موجود، شناسایی و سپس از طریق یک پرسشنامه باز مورد نظرسنجی خبرگان قرار گرفت. در این پرسشنامه باز، خبرگان ضمن ارایه نظر خود در مورد راهکارهای موجود، نسبت به اضافه کردن راهکارهای مدنظر خود اقدام نمودند. مشخصات خبرگان شرکت کننده در مطالعه در جدول ۲ ارایه شده است.

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]
Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0

جدول ۲: ویژگی‌های دموگرافیک خبرگان مطالعه حاضر

ویژگی	عنوان	درصد فراوانی	فراوانی
محل خدمت	دانشگاه علوم پزشکی	۱۳/۳	۲
	مراکز درمانی وابسته به دانشگاه علوم پزشکی	۸۶/۷	۱۳
جنسیت	مرد	۱۰۰	۱۵
	زن	-	-
رنج سنی	۴۰-۳۰	۴۰	۶
	۵۰-۴۰	۶۰	۹
سابقه کار	۲۰-۱۰	۵۳/۳	۸
	۳۰-۲۰	۴۶/۷	۷
میزان تحصیلات	دکتری و بالاتر	۲۶/۷	۴
	کارشناس ارشد	۷۳/۳	۱۱
رشته تحصیلی	اقتصاد سلامت	۱۳/۳	۲
	مهندسی عمران، تاسیسات، سازه	۶۶/۶	۱۰
	مهندسی انرژی	۶/۶	۱
	مدیریت بهداشت و درمان	۶/۶	۱
	برق	۶/۶	۱
عضویت	هیئت علمی	۱۳/۳	۲
	کارمند	۸۶/۷	۱۳
مرتبه علمی	دانشیار	۶/۶	۱
	استادیار	۶/۶	۱
	سایر	۸۶/۷	۱۳

یافته‌ها

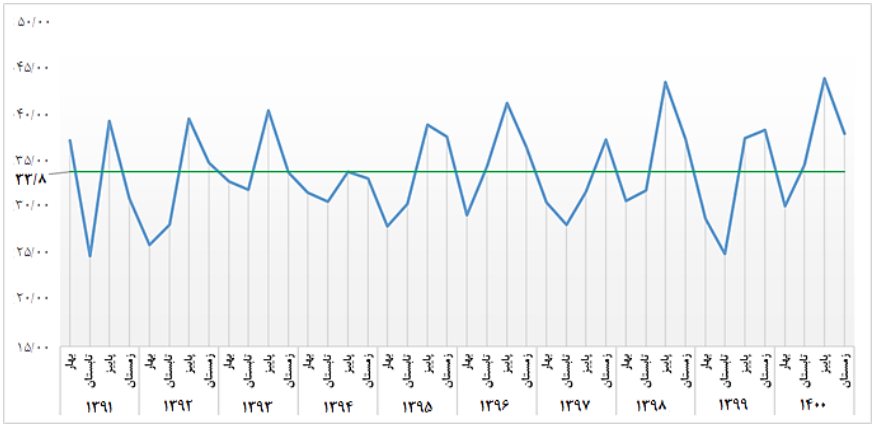
میانگین ده ساله‌ی مصرف آب در بیمارستان مورد مطالعه ۱/۶۳ ± ۳۳/۷۶ متر مکعب به ازای هر تخت فعال بود. همچنین میانگین ده ساله‌ی مصرف برق در بیمارستان مورد مطالعه ۲۴۳/۳۹ ± ۱۹۱۹/۶۶ کیلووات به ازای هر تخت فعال بود. میانگین ده ساله‌ی مصرف گاز در بیمارستان مورد مطالعه ۳۸/۹۶ ± ۳۴۱/۴۶ متر مکعب به ازای هر تخت فعال بود. میانگین مصرف ماهانه هریک از حامل‌های انرژی نیز در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۳: میانگین مصرف حامل‌های انرژی در بیمارستان مورد مطالعه به ازای هر تخت فعال

سال‌های مورد بررسی	حامل‌های انرژی		
	آب (متر مکعب)	برق (کیلو وات ساعت)	گاز (متر مکعب)
	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین
۱۳۹۱	۳۳/۰۱ ± ۷/۳۱	۲۱۰۸/۲۹ ± ۴۷۲/۶۱	۳۴۱/۹۹ ± ۱۶۴/۷۵
۱۳۹۲	۳۲/۰۷ ± ۷/۱۷	۲۱۸۲/۴۹ ± ۴۶۲/۵۶	۳۵۶/۴۶ ± ۱۴۱/۵۹
۱۳۹۳	۳۴/۶۹ ± ۴/۶۶	۲۰۰۵/۱۰ ± ۶۵۹/۹۰	۲۸۲/۶۹ ± ۱۲۳/۴۸
۱۳۹۴	۳۲/۲۷ ± ۵/۳۸	۲۱۰۸/۲۴ ± ۵۹۰/۳۰	۳۱۶/۰۴ ± ۱۶۰/۸۳
۱۳۹۵	۳۳/۶۹ ± ۶/۲۵	۱۹۵۶/۶۰ ± ۳۷۱/۷۸	۲۹۷/۸۸ ± ۱۵۹/۹۱
۱۳۹۶	۳۵/۲۷ ± ۶/۴۰	۱۹۷۵/۵۱ ± ۶۲۷/۱۸	۳۱۸/۲۱ ± ۱۶۷/۷۲
۱۳۹۷	۳۱/۸۸ ± ۴/۱۵	۲۰۱۰/۶۳ ± ۹۵۹/۵۶	۳۲۳/۱۵ ± ۱۴۸/۰۲
۱۳۹۸	۳۵/۸۲ ± ۵/۳۵	۱۴۶۶/۴۳ ± ۳۴۸/۳۶	۴۰۳/۷۲ ± ۱۹۴/۱۵
۱۳۹۹	۳۲/۳۶ ± ۷/۸۲	۱۹۳۹/۳۰ ± ۵۸۴/۴۵	۳۸۴/۵۳ ± ۱۹۳/۶۷
۱۴۰۰	۳۶/۵۸ ± ۷/۷۱	۱۴۴۳/۹۶ ± ۱۲۱/۶۲	۳۸۹/۹۲ ± ۱۶۸/۱۱
بازه ده ساله	۳۳/۷۶ ± ۱/۶۳	۱۹۱۹/۶۶ ± ۲۴۳/۳۹	۳۴۱/۴۶ ± ۳۸/۹۶

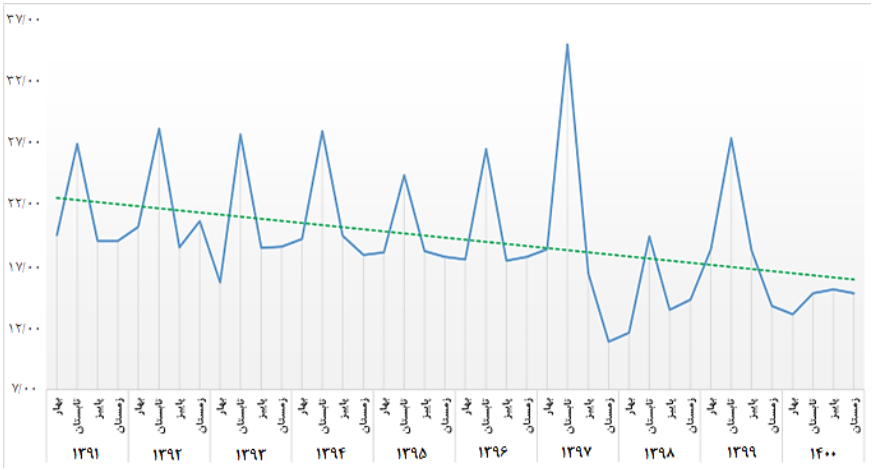
Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0
[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]

همچنین روند مصرف ماهانه حامل‌های انرژی در بیمارستان مورد مطالعه در شکل‌های ۱ تا ۳ ارائه شده است. شکل ۱ نشان می‌دهد میانگین ده ساله‌ی مصرف آب به ازای هر تخت فعال در بیمارستان مورد مطالعه از روند نسبتاً ثابتی برخوردار بوده و حول میانگین ۳۳/۸ متر مکعب به ازای هر تخت در نوسان است. همچنین تغییرات فصلی به‌صورت افزایش مصرف آب در پاییز هر سال و کاهش مصرف آب در بهار و تابستان هر سال وجود داشت. شکل ۲ نشان می‌دهد میانگین ده ساله مصرف برق به ازای هر تخت فعال در بیمارستان از روند نزولی برخوردار بود و تغییرات فصلی به‌صورت افزایش مصرف برق در تابستان هر سال وجود داشت. همچنین شکل ۳ نشان می‌دهد میانگین ده ساله‌ی مصرف گاز به ازای هر تخت فعال در بیمارستان از روند نسبتاً صعودی برخوردار بود و تغییرات فصلی به‌صورت افزایش مصرف گاز در زمستان هر سال مشهود بود.



شکل ۱: روند مصرف آب در بیمارستان مورد مطالعه (متر مکعب به ازای هر تخت فعال)

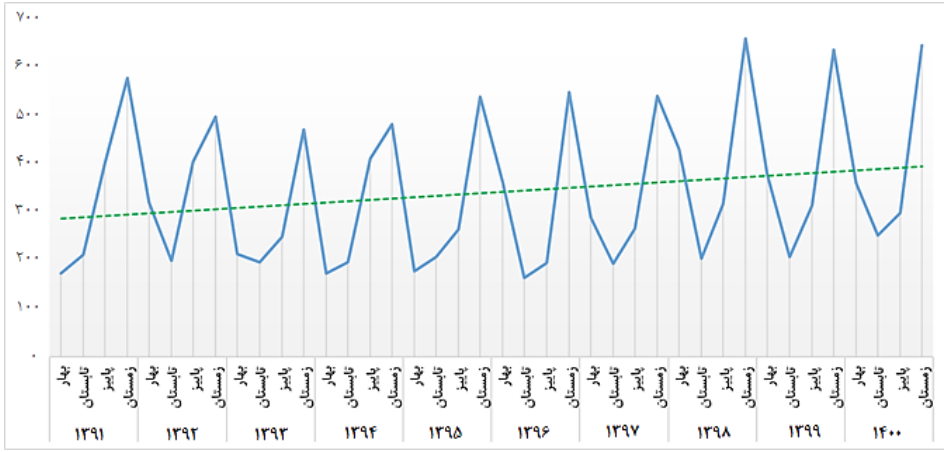
طبق شکل ۱ در این بازه ده ساله، مصرف آب روند صعودی ملایمی را نشان می‌دهد، به‌طوری که از سال ۱۳۹۵ به بعد، مقادیر عموماً بالاتر از سطح متوسط دهه قرار می‌گیرند. این افزایش می‌تواند ناشی از گسترش خدمات بیمارستان، افزایش تعداد تخت‌های فعال، یا تغییر پروتکل‌های شستشو و ضدعفونی باشد. در مقیاس سالانه، نوساناتی با دوره‌های ۲ تا ۳ سال مشاهده می‌شود که ممکن است تحت تأثیر عوامل مدیریتی، تغییرات اقلیمی (مانند خشکسالی) یا نوسانات در میزان اشغال تخت‌ها باشد. سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به عنوان نقاط پیک دهه، قابل توجه است. این تغییرات ناگهانی می‌تواند مرتبط با همه‌گیری کووید-۱۹ و پروتکل‌های بهداشتی و شستشو در بیمارستان باشد.



شکل ۲: روند مصرف برق در بیمارستان مورد مطالعه (کیلووات به ازای هر تخت فعال)

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]
Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0

شکل ۲ روند مصرف برق در بیمارستان مورد مطالعه (کیلووات به ازای هر تخت فعال) را نشان می‌دهد. پیک‌های جزئی در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۹ می‌تواند ناشی از فعالیت‌های عمرانی، اضافه شدن تجهیزات پزشکی جدید، یا افزایش ساعت‌های کار بخش‌های ویژه باشد. ثبات مصرف برق در این بازه نشان می‌دهد که بیمارستان توانسته است علی‌رغم افزایش احتمال هزینه‌های انرژی و توسعه خدمات، مصرف ویژه (به ازای هر تخت) را کنترل کند. پایش مستمر و نگهداری پیشگیرانه از تجهیزات می‌تواند یکی از دلایل این ثبات باشد.



شکل ۳: روند مصرف گاز در بیمارستان مورد مطالعه (متر مکعب به ازای هر تخت فعال)

براساس نتایج شکل ۳، در طول دهه ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰، مصرف گاز نوسانات شدیدی نداشته‌است. این ثبات نسبی نشان‌دهنده سیستم گرمایشی و تجهیزات گازسوز با کارکرد یکنواخت، مدیریت ثابت در بهره‌برداری و عدم گسترش یا تغییر اساسی در زیرساخت‌های مصرف گاز بیمارستان است. برخلاف مصرف آب و برق که در همین بازه نوسانات جزئی یا روند ملایم افزایشی داشتند، مصرف گاز تقریباً بدون تغییر باقی مانده‌است. این موضوع می‌تواند حاکی از استقلال مصرف گاز از متغیرهای مؤثر بر مصرف آب و برق (مانند تغییرات اشغال تخت، پروتکل‌های شستشو یا تجهیزات جدید) باشد. ثبات نسبی مصرف گاز به ازای هر تخت فعال نشان می‌دهد که سیستم گرمایش مرکزی یا تجهیزات گازسوز بیمارستان به‌خوبی نگهداری شده و کارایی خود را در طول زمان حفظ کرده‌اند.

یافته‌های مدل SARIMAX مصرف آب در بیمارستان در جدول ۴ ارایه شده‌است. براساس نتایج جدول ۳، برخی از شاخص‌های عملکردی مانند تخت روز اشغالی، فاصله چرخش تخت، تعداد ترخیص شدگان بستری و متوسط مدت اقامت تاثیر معنی‌داری بر مصرف آب داشتند. همچنین، متغیر دامی برای فصل پاییز نشان می‌دهد که مصرف آب در این فصل به طور معنی‌داری بیشتر از سایر فصول است. در بین متغیرهای عملکردی تخت روز اشغالی با ضریب ۰/۰۱ - تاثیر منفی و معنی‌داری بر مصرف آب داشت. همچنین فاصله چرخش تخت با ضریب ۱۵/۴۶ - تأثیر منفی و معنی‌داری بر مصرف آب داشت. این موضوع نشان داد افزایش فاصله چرخش تخت منجر به کاهش مصرف آب می‌گردد. همچنین افزایش تعداد ترخیص شدگان بستری و متوسط مدت اقامت به ترتیب با ضریب ۰/۰۶ و ۳۶/۵۱ تاثیر مثبت و معنی‌داری بر مصرف آب داشتند. بر این اساس افزایش تعداد بیماران و متوسط مدت اقامت آنان منجر به افزایش مصرف آب به ازای هر تخت می‌شد. همچنین مصرف آب در فصل پاییز با ضریب ۴/۱۳ به طور معنی‌داری بیشتر از سایر فصول بود. تاثیر سایر متغیرهای عملکردی (شامل ضریب اشغال تخت، تعداد مراجعات سرپایی، تعداد اعمال جراحی، تعداد بیماران بستری بخش مراقبت ویژه و نرخ چرخش تخت) بر مصرف آب معنی‌دار نبود.

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0
[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]

جدول ۴: تاثیر شاخص‌های عملکردی بر مصرف آب در بیمارستان مورد مطالعه (متر مکعب)

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره z	P > |z|	فاصله اطمینان ۹۵ درصد	
ضریب اشغال تخت	- ۰/۳۳۲۵	۰/۸۱۰۹	- ۰/۴۱	۰/۶۸۲	- ۱/۹۲۱۹	۱/۲۵۶۹
تخت روز اشغالی	- ۰/۰۱۵۷	۰/۰۰۷۰	- ۲/۲۴	۰/۰۲۵	- ۰/۰۲۹۴	- ۰/۰۰۲۰
فاصله چرخش تخت	- ۱۵/۴۶۴۵	۶/۴۰۱۴	- ۲/۴۲	۰/۰۱۶	- ۲۸/۰۱۱۰	- ۲/۹۱۷۹
تعداد ترخیص شدگان بستری	۰/۰۶۶۹	۰/۰۲۹۴	۲/۲۷	۰/۰۲۳	۰/۰۰۹۲	۰/۱۲۴۶
تعداد مراجعات سرپایی	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۴۴	۰/۶۶۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۶
تعداد اعمال جراحی	- ۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۲۸	- ۰/۷۶	۰/۴۴۸	- ۰/۰۰۷۷	۰/۰۰۳۴
تعداد بیماران بستری بخش مراقبت ویژه	- ۰/۰۰۴۶	۰/۰۱۵۷	- ۰/۲۹	۰/۷۶۹	- ۰/۰۳۵۵	۰/۰۲۶۲
نرخ چرخش تخت	- ۱۴/۵۹۴۶	۱۰/۲۲۹۰	- ۱/۴۳	۰/۱۵۴	- ۳۴/۶۴۳۲	۵/۴۵۳۹
متوسط مدت اقامت	۳۶/۵۱۵۸	۱۷/۶۲۳۹	۲/۰۷	۰/۰۳۸	۱/۹۷۳۶	۷۱/۰۵۸۱
متغییر دامی برای فصل پاییز	۴/۱۳۶۳	۱/۹۴۶۶	۲/۱۲	۰/۰۳۴	۰/۳۲۱۱	۷/۹۵۱۵
عرض از مبدأ	۳/۱۷۳۶	۶۶/۶۷۳۲	۰/۰۵	۰/۹۶۲	- ۱۲۷/۵۰۳	۱۳۳/۸۵۱
ARMA						
ar (L1)	۱/۵۴۰۰	۰/۲۲۰۸	۶/۹۷	< ۰/۰۰۱	۱/۱۰۷۳	۱/۱۰۷۳
ar (L2)	- ۰/۸۱۳۸	۰/۲۰۲۸	- ۴/۰۱	< ۰/۰۰۱	- ۱/۲۱۱۳	- ۱/۲۱۱۳
ma (L1)	- ۱/۹۴۶۹	۰/۹۶۸۹	- ۲/۰۱	< ۰/۰۴۴	- ۳/۸۴۵۹	- ۳/۸۴۵۹
ma (L2)	۰/۹۵۷۴	۰/۹۱۳۴	۱/۰۵	۰/۲۹۵	- ۰/۸۳۲۹	- ۰/۸۳۲۹
ARMA4						
ar (L1)	- ۰/۸۸۵۲	۰/۸۱۷۰	- ۱/۰۸	۰/۲۷۹	- ۲/۴۸۶۵	- ۲/۴۸۶۵
ma (L1)	۰/۷۶۹۰	۰/۹۹۵۴	۰/۷۷	۰/۴۴۰	- ۱/۱۸۱۹	- ۱/۱۸۱۹
Sigma	۲/۲۳۷۹	۱/۲۵۵۶	۱/۷۸	۰/۰۳۷	۰/۰۰	۰/۰۰

یافته‌های مدل SARIMAX مصرف برق در بیمارستان مورد مطالعه در جدول ۵ ارایه شده است. بر اساس نتایج جدول ۴، از بین شاخص‌های عملکردی فقط تعداد اعمال جراحی تاثیر آماری معنی‌داری بر مصرف برق بیمارستان داشت. همچنین، متغیر دامی برای فصل تابستان نشان می‌دهد که مصرف برق در این فصل به طور معنی‌داری بیشتر از سایر فصول است. در بین متغیرهای عملکردی تعداد اعمال جراحی با ضریب ۰/۴۱ تأثیر مثبت و معنی‌داری بر مصرف برق داشت. این بدین معنی است که افزایش تعداد اعمال جراحی منجر به افزایش معنی‌دار مصرف برق می‌شد و با افزایش تعداد اعمال جراحی میزان مصرف برق به ازای هر تخت فعال به طور متوسط با ضریب ۰/۴ افزایش می‌یابد (مشروط به ثابت بودن سایر عوامل). تاثیر سایر متغیرهای عملکردی بر مصرف برق در بیمارستان معنی‌دار نبود و مصرف برق بیمارستان بیشتر تحت تاثیر تغییرات فصلی بود. به‌طوریکه مصرف برق در فصل تابستان با ضریب ۱۰۶۰/۰۶ به طور معنی‌داری بیشتر از سایر فصول بود.

یافته‌های مدل SARIMAX مصرف گاز در بیمارستان در جدول ۶ ارایه شده‌است. بر اساس نتایج جدول ۵، از بین شاخص‌های عملکردی، تعداد اعمال جراحی و تعداد بیماران بخش مراقبت ویژه تاثیر آماری معنی‌داری بر مصرف گاز در بیمارستان داشتند. همچنین، متغیر دامی برای فصل زمستان نشان می‌دهد که مصرف گاز در این فصل به طور معنی‌داری بیشتر از سایر فصول است. در بین متغیرهای عملکردی، تعداد بیماران بخش مراقبت ویژه با ضریب ۰/۵۱ تأثیر مثبت و معنی‌داری بر مصرف گاز به ازای هر تخت داشت، به این معنی که افزایش تعداد بیماران بخش مراقبت ویژه مصرف گاز به ازای هر تخت را به طور معنی‌داری افزایش می‌داد. از طرفی تعداد اعمال جراحی با ضریب ۰/۰۷ - با کاهش متوسط مصرف گاز به ازای هر تخت مرتبط بود. بدان معنی که با افزایش تعداد اعمال جراحی میزان مصرف گاز به ازای هر تخت فعال به طور متوسط با ضریب ۰/۰۷ کاهش می‌یابد (مشروط به ثابت بودن سایر عوامل). البته این ضریب بسیار کوچک و نزدیک به صفر است ولی می تواند ناشی از مدت اقامت کوتاه بیماران جراحی در برابر بیماران با مدت اقامت طولانی (مثل روانپزشکی) یا سایر علل بوده باشد. همچنین، فصل زمستان با ضریب ۱۰۹/۴۹ به طور معنی‌داری مصرف گاز به ازای هر تخت را افزایش می‌دهد.

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]
Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0

جدول ۵: تاثیر شاخص‌های عملکردی بر مصرف برق در بیمارستان مورد مطالعه (کیلووات بر ساعت)

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره z	P > |z|	فاصله اطمینان ۹۵ درصد	
ضریب اشغال تخت	۷۲/۱۸۲۵	۸۸/۷۷۴۴	۰/۸۱	۰/۴۱۶	- ۱۰۱/۸۱۲۲	۲۴۶/۱۷۷۴
تخت روز اشغالی	- ۰/۲۰۴۴	۰/۸۹۰۷	- ۰/۲۳	۰/۸۱۸	- ۱/۹۵۰۲	۱/۵۴۱۳
فاصله چرخش تخت	۴۵/۷۷۷۲	۵۷۹/۶۲۱۲	۰/۰۸	۰/۹۳۷	- ۱۰۹۰/۲۵	۱۱۸۱/۸۱
تعداد ترخیص شدگان بستری	۰/۶۷۷۳	۳/۷۷۸۴	۰/۱۸	۰/۸۵۸	- ۶/۷۲۸۲	۸/۰۸۲۹
تعداد مراجعات سرپایی	- ۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۵۱	- ۰/۰۳	۰/۹۷۴	- ۰/۰۳۰۰	۰/۰۲۹۱
تعداد اعمال جراحی	۰/۴۰۶۵	۰/۱۶۷۰	۲/۴۳	۰/۰۱۵	۰/۰۷۹۱	۰/۷۳۳۹
تعداد بیماران بستری بخش مراقبت ویژه	- ۱/۵۲۳۲	۱/۷۹۸۰	- ۰/۸۵	۰/۳۹۷	- ۵/۰۴۷۳	۲/۰۰۰
نرخ چرخش تخت	- ۱۱۳۴/۳۳۶	۱۱۸/۱۱۶	- ۱/۰۲	۰/۳۰۶	- ۳۳۰۶/۲۰۳	۱۰۳۷/۵۳۲
متوسط مدت اقامت	- ۴۰۰/۲۶۶۸	۲۵۷۲/۰۶۲	- ۰/۱۶	۰/۸۷۶	- ۵۴۴۱/۴۱۵	۴۶۴۰/۸۸۱
متغییر دامی برای فصل تابستان	۱۰۶۰/۰۶۳	۲۱۹/۵۹۵۴	۴/۸۳	< ۰/۰۰۱	۶۲۹/۶۶۴۲	۱۴۹۰/۴۶۲
عرض از مبدأ	۴۴۹۰/۲۵۷	۹۹۲۶/۵۹۸	۰/۰۴۵	۰۶۵۱	- ۱۴۹۶۵/۵۲	۲۳۹۴۶/۰۳
ARMA						
ar (L1)	۰/۷۱۳۷	۲/۴۲۰۸	۰/۲۹	۰/۷۶۸	- ۴/۰۳۱۰	۵/۴۵۸۵
ar (L2)	۰/۲۱۴۹	۳/۵۳۹۹	۰/۰۶	۰/۹۵۲	- ۶/۷۲۳۱	۷/۱۵۳۰
ar (L3)	- ۰/۶۰۶۹	۱/۸۷۱۳	- ۰/۳۲	۰/۷۴۶	- ۴/۲۷۴۶	۳/۰۶۰۸
ma (L1)	- ۱/۳۵۱۳	۶۰۸/۰۶۳	- ۰/۰۰	۰/۹۹۸	- ۱۱۹۳/۱۳۴	۱۱۹۰/۴۳۱
ma (L2)	- ۰/۲۳۳۳	۲۳۴/۰۲۲	- ۰/۰۰	۰/۹۹۹	- ۴۵۸/۹۰۹	۴۵۸/۴۴۲
ma (L3)	۰/۶۲۴۱	۳۸۶/۲۸۴	۰/۰۰	۰/۹۹۹	- ۷۵۶/۴۷۹	۷۵۷/۷۲۸
ARMA4						
ar (L1)	۰/۵۰۷۹	۱/۲۶۷۰	۰/۴۰	۰/۶۸۸	- ۱/۹۵۷۴	۲/۹۹۱
ma (L1)	- ۰/۹۴۰۶	۴/۴۷۲۵	- ۰/۳۸	۰/۷۰۴	- ۵/۷۸۶۶	۳/۹۰۵۴
sigma	۱۴۲/۶۹۹۵	۴۳۹۷۸/۲۳	۰/۰۰	۰/۴۹۹	۰	۸۶۳۳۸/۴۴

جدول ۶: تاثیر شاخص‌های عملکردی بر مصرف گاز در بیمارستان مورد مطالعه (متر مکعب)

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره z	P > |z|	فاصله اطمینان ۹۵ درصد	
ضریب اشغال تخت	۶/۸۱۴۶	۱۱/۱۹۷۱	۰/۶۱	۰/۵۴۳	- ۱۵/۱۳۱۲	۲۸/۷۶۰۶
تخت روز اشغالی	- ۰/۰۷۵۷	۰/۰۷۵۹۲	- ۱/۰۰	۰/۳۱۸	۰/۲۲۴۵	- ۰/۰۷۳۰
فاصله چرخش تخت	- ۷۵/۵۲۶	۱۱۶/۷۳۱۱	- ۰/۶۵	۰/۵۱۸	- ۳۰۴/۳۱۵۴	۱۵۳/۲۶۲۲
تعداد ترخیص شدگان بستری	۰/۱۳۱۱	۰/۳۰۷۵	۰/۴۳	۰/۶۷۰	- ۰/۴۷۱۷	۰/۷۳۳۹
تعداد مراجعات سرپایی	۰/۰۰۰۵۴	۰/۰۰۱۳	۰/۴۱	۰/۶۸۳	- ۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۳۱
تعداد اعمال جراحی	- ۰/۰۷۱۱	۰/۰۲۱۱۳	- ۳/۳۷	< ۰/۰۰۱	- ۰/۱۱۲۵	- ۰/۰۲۹۷
تعداد بیماران بستری بخش مراقبت ویژه	۰/۵۱۵۲	۰/۱۶۰۸	۳/۲۰	< ۰/۰۰۱	۰/۱۹۹۹	۰/۸۳۰۵
نرخ چرخش تخت	- ۷/۷۸۲	۱۴۲/۹۲۲	- ۰/۰۵	۰/۹۵۷	- ۲۸۷/۹۰۴۳	۲۷۲/۳۳۹۷
متوسط مدت اقامت	۱۰۱/۲۰۶۴	۱۶۷/۳۶۲۱	۰/۶۰	۰/۵۴۵	- ۲۲۶/۸۱۷۳	۴۲۹/۲۳۰۱
متغییر دامی برای فصل زمستان	۱۰۹/۴۹۰۲	۳۹/۱۲۹۷	۲/۸۰	< ۰/۰۰۱	۳۲/۷۹۷۳	۱۸۶/۱۸۳۱
عرض از مبدأ	۷/۲۲۷۱	۷۷۴/۸۳۹۳	۰/۰۱	۰/۹۹۳	- ۱۵۱۱/۴۳	۱۵۲۵/۸۸۴
ARMA						
ar (L1)	۰/۱۱۳۳	۰/۴۳۴۴	- ۰/۲۶	۰/۷۹۴	- ۰/۹۶۴۸	۰/۷۳۸۲
ar (L2)	- ۰/۶۳۱۹	۰/۳۶۲۱	- ۱/۷۵	۰/۰۸۱	- ۱/۳۴۱۷	۰/۰۷۷۷
ma (L1)	- ۰/۴۰۹۰	۰/۴۳۸۹	- ۰/۹۳	۰/۳۵۱	- ۱/۲۶۹۴	۰/۴۵۱۳
ma (L2)	- ۰/۵۹۰۹	۰/۶۴۴۵	- ۰/۹۲	۰/۳۵۹	- ۱/۸۵۴۳	۰/۶۷۲۳
ARMA4						
ar (L1)	۰/۹۸۴۵	۰/۳۲۱۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۳۵۵۱	۱/۶۱۴۰
ma (L1)	- ۰/۹۰۲۱	۱/۰۸۳۰	۰/۴۰۵	۰/۴۰۵	- ۳/۰۲۴	۱/۲۲۰۵
sigma	۳۶/۲۲۳۲	.	.	.	.	.

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]
Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0

راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی در بیمارستان در جدول ۷ ارایه شده اند. بر اساس نتایج جدول ۶ تعداد ۳۳ راهکار برای بهینه سازی مصرف انرژی در بیمارستان شناسایی و در پنج حوزه اصلی دسته‌بندی شدند که شامل تغییرسیستم‌های الکتریکی، اصلاح سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، مدیریت منابع آب، بهینه‌سازی ساختار ساختمان و سیاستگذاری در حوزه انرژی بود.

جدول ۷: راهکارهای افزایش بهره وری مصرف حامل‌های انرژی در بیمارستان مورد مطالعه

حوزه اصلی		راهکارهای اصلی
اصلاح سیستم‌های الکتریکی	۱	استفاده از لامپ‌های کم مصرف و فتوسل در بیمارستان و محوطه و مکان‌های عمومی
	۲	استفاده از سیستم روشنایی هوشمند (تایمر، سنسور و غیره)
	۳	استفاده از پنل‌های خورشیدی به منظور تولید برق
	۴	برنامه‌ریزی مصرف انرژی با استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت انرژی
	۵	استفاده از ذخیره‌سازهای انرژی مانند باتری‌هایی که در زمان کاهش مصرف شارژ می‌شوند و در زمان اوج مصرف به کار گرفته می‌شوند.
اصلاح سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی	۱	بهبود و بهینه سازی سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی
	۲	تغییر سیستم‌های سرمایشی از حالت سانترال به حالت غیرمتمرکز
	۳	شناسایی و حذف هیترهای برقی
	۴	هوشمندسازی سیستم تهویه مطبوع
	۵	استفاده از فناوری به روز آیس بانک انرژی درکنار سیستم سرمایش چیلر
	۶	تغییر زمان راه اندازی سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی (متناسب با موقعیت جغرافیایی نه زمان بندی اداری)
	۷	نصب سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه
	۸	جداسازی سیستم‌های گرمایشی از آب مصرفی (بهار و پاییز)
بهینه‌سازی ساختار ساختمان	۱	تعمیر و نگهداری و ترمیم لوله‌ها و سایر تجهیزات مربوط به سیستم‌های گرمایشی به طور منظم
	۲	محدود کردن استفاده از شیشه در نمای ساختمان
	۳	تجهیز ساختمان به سایه‌بان‌های قابل تنظیم برای جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید به داخل ساختمان
	۴	نصب عایق مناسب در داخل ساختمان برای صرفه جویی در مصرف انرژی
	۵	طراحی سقف‌های سبز (Green Roofs) به منظور بهبود عایق‌بندی حرارتی ساختمان و کاهش مصرف انرژی
	۶	استفاده از درهای اتوماتیک در ورودی ساختمان‌ها
	۷	استفاده از مصالح ساختمانی با تکنولوژی جدید مانند بتن‌های عایق یا شیشه‌های کم‌گسیل (Low-E) برای کاهش هدررفت انرژی
مدیریت منابع آب	۱	استفاده از شیرهای آب مجهز به چشمی
	۲	نصب سرشیرهای تزریق کننده هوا به داخل جریان آب بر روی شیرهای برداشت آب (قابلیت اتوکلاو کردن) سرشیرها)
	۳	کاهش زمان شستشوی دست‌ها برای کارکنان و پرسنل بیمارستان وکلیه افرادی که از آب بیمارستان استفاده می‌کنند از دو دقیقه به یک دقیقه
	۴	ساخت آب انبار برای جمع آوری آب باران جهت استفاده به منظور آبیاری فضای سبز
	۵	تصفیه و بازچرخانی آب‌های مصرفی برای استفاده مجدد در سیستم‌های خنک‌کننده یا آبیاری فضای سبز
	۶	استفاده از سیستم‌های هوشمند برای آبیاری فضای سبز با توجه به وضعیت آب و هوایی و نیاز گیاهان
	۷	نصب سیستم‌های پایش نشتی شناسایی سریع نشتی آب در سیستم‌های لوله‌کشی
	۸	نصب سردوش کاهنده جریان آب و شیر مخلوط کننده آب گرم و سرد تک اهرمه
سیاستگذاری در حوزه انرژی	۱	تعریف برچسب انرژی برای اجزای ساختمان بیمارستان
	۲	آموزش کارکنان و پرسنل بیمارستان و برگزاری دوره‌های آموزشی جهت ارتقاء آگاهی در خصوص کاهش مصرف انرژی
	۳	تعیین مشوق‌هایی برای بخش‌ها یا کارکنانی که مصرف انرژی را بهینه‌تر می‌کنند
	۴	تهیه گزارشات دوره‌ای مصرف انرژی برای تحلیل روند مصرف و شناسایی نقاط قابل بهبود
	۵	سیاستگذاری برای پرداخت هزینه حامل‌های انرژی توسط خود بیمارستان با رقم ثابت در بودجه سالیانه بیمارستان (در این صورت ملزم به رعایت اصول بهینه سازی مصرف می‌گردد)

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]
Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0

بحث

براساس نتایج پژوهش حاضر میانگین مصرف آب برای بازه ده ساله در بیمارستان مورد مطالعه ۱/۶۳ ± ۳۳/۷۶ متر مکعب به ازای هر تخت فعال بود. بیشترین میانگین سالانه مصرف آب مربوط به سال ۱۴۰۰ با ۳۶/۵۷ متر مکعب به ازای هر تخت فعال و کمترین میانگین سالانه مصرف آب مربوط به سال ۱۳۹۷ با ۳۱/۸۸ متر مکعب به ازای هر تخت فعال بود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد مصرف آب در بیمارستان مورد مطالعه تاثیر آماری معنی‌دار با تخت روز اشغالی، فاصله گردش تخت، تعداد ترخیص شدگان بستری و متوسط مدت اقامت داشت، به‌طوریکه افزایش فاصله چرخش تخت موجب کاهش مصرف آب می‌گردد، همچنین افزایش تعداد ترخیص شدگان بستری و متوسط مدت اقامت رابطه مستقیم و مثبتی با مصرف آب داشت یعنی با افزایش این شاخص‌ها میزان مصرف آب نیز افزایش می‌یابد. همچنین دیگر نتایج پژوهش نشان داد در تمام دوره‌ها و فصول میزان مصرف آب در فصل پاییز بیشتر از سایر فصول سال بوده است. متغیر دامی برای فصل پاییز نشان می‌دهد که مصرف آب در این فصل به طور معنی‌داری بیشتر از سایر فصول است. این موضوع می‌تواند به علت شروع به کار سیستم گرمایشی بیمارستان مذکور در فصل پاییز (رادیاتورها) و انجام تست‌های نشتی و هواگیری انتقال گرمایش موتورخانه باشد با این حال در بررسی‌های انجام شده از بیمارستان علت مشخص دیگری برای این پدیده مشاهده نشد. پژوهش گودرزی و همکاران (۱۳۹۳) با عنوان ارتباط شاخص‌های عملکرد با میزان انرژی مصرفی، که در بیمارستان‌های منتخب دانشگاه علوم پزشکی تهران (بیمارستان‌های امام خمینی (ره)، ولیعصر (عج)، دکتر شریعتی، بهارلو، مرکز طبی کودکان و فارابی) در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ انجام شد، در طول مدت سه سال، میانگین مصرف آب به میزان ۱۵۲۴ متر مکعب به ازای تخت فعال و ۲/۹۹ برابر استاندارد جهانی مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد بین متغیرهای تعداد تخت فعال، درصد تخت روز اشغالی، متوسط روزهای بستری و تعداد کل ترخیص شدگان با مصرف آب همبستگی معنی‌دار و مثبتی وجود داشت (۴).

شباهت کلیدی هر دو مطالعه در تأیید رابطه مستقیم فعالیت بیمارستانی با مصرف آب است که منطقی و همسو به نظر می‌رسد. اما تفاوت اصلی در میزان مصرف مطلق است؛ مصرف در پژوهش حاضر نسبت به ۱۵۲۴ مترمکعب به ازای تخت فعال در مطالعه گودرزی و همکاران (۱۳۹۳) کمتر بوده که می‌تواند ناشی از تفاوت نوع بیمارستان (آموزشی-درمانی بزرگ و پرمراجعه تهران در مقابل بیمارستان نظامی منتخب با حجم کمتر)، پیشرفت‌های مدیریتی و بهینه‌سازی مصرف آب در سال‌های اخیر (مانند شیرآلات کم‌مصرف، تعمیر نشتی و آموزش)، دوره زمانی قدیمی‌تر مطالعه گودرزی و همکاران (۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹)، و احتمال فرسودگی سیستم لوله‌کشی یا حجم بالای خدمات تخصصی در بیمارستان‌های آموزشی باشد. در پژوهش ریاحی و همکاران (۱۳۹۰) در بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی همدان میانگین مصرف آب به ازای هر روز تخت اشغالی در بیمارستان های موردنظر ۳۳/۸ مترمکعب برآورد گردید (۱۰) که تقریبا با نتایج پژوهش حاضر مشابه است. تیمورزاده و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه بررسی شاخص‌های کلیدی بیمارستان سبز در یک بیمارستان منتخب نظامی که در آن اطلاعات میزان مصارف و هزینه انرژی، آب و همچنین میزان تولید زباله در بازه زمانی سه ساله (۱۳۹۵-۱۳۹۳) در سال ۱۳۹۶ جمع آوری گردیده و تحلیل شدند، خاطر نشان کردند؛ در سال‌های اخیر صنعت ساختمان‌سازی و به‌ویژه بیمارستانی متاثر از توسعه پایدار، مفاهیمی نظیر "ساختمان پایدار" و "بیمارستان سبز" را به وجود آوردند. با توسعه سیستم‌های اجرا و ارزیابی بیمارستان سبز، روش‌های متنوعی ارائه گردید. نقطه اشتراک تمامی این روش‌ها سه حیطه مصرف بهینه آب، انرژی و تولید پسماند کمتر بود. میانگین مصرف آب ۱۱۲۴ لیتر به ازای تخت روز فعال برآورد گردید (۷). در پژوهش تیمورزاده و همکاران (۱۳۹۹) همانند پژوهش حاضر برای برآورد میزان مصرف حامل های انرژی برای بازه یک ساله بیمارستان از شاخص عملکردی تخت روز اشغالی استفاده شده است. با این تفاوت که درمطالعه حاضر با توجه به جامع بودن بازه زمانی سایر شاخص های عملکردی نیز مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به میزان مصرف آب بیمارستان مورد مطالعه و قوانین بالادستی، ضرورت دارد نسبت به ایجاد یک سیستم کنترلی در زمینه مصرف آب و همچنین انتخاب راهکارهای پیشنهادی مطالعه در جهت کاهش مصرف آب اقدام نمود.

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0
[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]

دیگر نتایج پژوهش حاضر نشان داد میانگین ده ساله‌ی مصرف برق در بیمارستان مورد مطالعه ۲۴۳/۳۹ ± ۱۹۱۹/۶۶ کیلووات به ازای هر تخت فعال بود. بیشترین میانگین سالانه مصرف برق مربوط به سال ۱۳۹۲ با ۲۱۸۲/۴۹ و کمترین میانگین سالانه مصرف برق مربوط به سال ۱۴۰۰ با ۱۴۴۳/۹۶ کیلووات به ازای هر تخت فعال بود. در خصوص مصرف برق در بیمارستان مورد مطالعه نتایج نشان داد فقط تعداد اعمال جراحی رابطه مستقیم مثبت و معنی‌داری با مصرف برق داشت، به‌طوریکه با افزایش تعداد اعمال جراحی میزان مصرف برق نیز افزایش داشت و مصرف برق بیشتر تحت تاثیر تغییرات فصلی بوده به‌طوریکه در تابستان تمام دوره‌ها افزایش مصرف برق را شاهد بودیم. در مطالعه‌ای که توسط شیخ ابومسعودی و همکاران (۱۳۸۴) در رابطه با مقایسه میزان مصرف انرژی در ۵ بیمارستان شهر اصفهان (دو بیمارستان دولتی، دو بیمارستان خصوصی و یک بیمارستان نیمه دولتی) در یک مقطع زمانی ۵ ساله (۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲) انجام شده است، میانگین مصرف برق به ازای تخت روز در ۵ بیمارستان مورد مطالعه ۲۰/۵۷ کیلووات بوده است (۱۱). میانگین مصرف برق در بیمارستان‌های خصوصی و دولتی متفاوت بوده و بیمارستان‌های دولتی بیش از ۲ برابر بیمارستان‌های خصوصی برق مصرف می‌کنند (۱۲). در پژوهش گودرزی و همکاران (۱۳۹۳) در بیمارستان‌های منتخب دانشگاه علوم پزشکی تهران در مدت سه سال، میانگین مصرف برق به میزان ۸۰/۲۸ کیلو وات ساعت به ازای تخت فعال بود؛ باتوجه به اینکه متوسط استاندارد جهانی بین ۴/۲ تا ۷ کیلووات ساعت می‌باشد، ۱۳/۳۸ برابر استاندارد جهانی بوده‌است. همچنین نتایج نشان داد بین متغیرهای تعداد تخت فعال، درصد تخت روز اشغالی، متوسط روزهای بستری و تعداد کل ترخیص شدگان با مصرف برق همبستگی معنی‌دار مثبت وجود داشت (۴). در پژوهش ریاحی و همکاران (۱۳۹۰) در بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی همدان، میانگین مصرف برق به ازای هر روز تخت اشغالی، ۴۲/۵ کیلووات ساعت برآورد شد (۱۰). در مطالعه تیمورزاده و همکاران (۱۳۹۹) در یک بیمارستان منتخب نظامی، میانگین مصرف برق ۷۰ کیلووات ساعت به ازای تخت روز فعال برآورد گردید (۷). در مطالعه جباروند و همکاران (۱۳۹۰) که با هدف بررسی مقایسه‌ای مصرف انرژی و مدیریت آن در بیمارستان چشم پزشکی فارابی تهران طی بازه سه ساله (۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹) صورت گرفت، میانگین مصرف برای برق برابر ۶۶ کیلو وات ساعت به ازای هر تخت فعال بوده است. ازآنجایی‌که در بیمارستان‌ها قابل مدیریت‌ترین هزینه، هزینه انرژی است، بنابراین می‌توان در این حوزه مداخله هوشمندانه انجام داد (۸). در مقایسه با مطالعه جباروند و همکاران (۱۳۹۰) اختلاف عمده احتمالاً ناشی از تفاوت نوع بیمارستان (بیمارستان تخصصی چشم‌پزشکی با مصرف کمتر در مقابل بیمارستان نظامی عمومی با تجهیزات سنگین‌تر) و دوره زمانی جدیدتر با اقدامات بهینه‌سازی (مانند استفاده از لامپ‌های LED و سیستم‌های مدیریت انرژی) است. شباهت هر دو در اهمیت مداخله هوشمندانه برای کاهش هزینه انرژی بیمارستان‌هاست. روند کاهشی مصرف در سال‌های اخیر پژوهش حاضر (به‌ویژه سال ۱۴۰۰) نشانه بهبود مدیریت انرژی طی دهه گذشته است. همچنین در پژوهش حاضر نیز هوشمندسازی تجهیزات بیمارستان درجهت مصرف کمتر و بهینه حامل‌های انرژی مورد تاکید قرار گرفته و به صورت جامع ارائه راهکار صورت پذیرفته است.

همچنین دیگر نتایج پژوهش حاضر نشان داد میانگین ده ساله مصرف گاز در بیمارستان مورد مطالعه ۳۸/۹۶ ± ۳۴۱/۴۶ متر مکعب به ازای هر تخت فعال بود. بیشترین میانگین سالانه مصرف گاز مربوط به سال ۱۳۹۸ با ۴۰۳/۷۱ متر مکعب به ازای هر تخت فعال و کمترین میانگین سالانه مصرف گاز مربوط به سال ۱۳۹۳ با ۲۸۲/۶۹ متر مکعب به ازای هر تخت فعال بود. در خصوص مصرف گاز بیمارستان مورد مطالعه نیز ارتباط آماری تعداد اعمال جراحی و تعداد بیماران بخش مراقبت‌های ویژه نشان داده شد، به‌طوریکه با افزایش تعداد بیماران بخش مراقبت‌های ویژه مصرف گاز نیز افزایش می‌یابد. همچنین مصرف گاز در فصل زمستان در تمام دوره‌های مورد بررسی بیشتر از سایر فصول سال بود. براساس نتایج افزایش تعداد عمل‌های جراحی مصرف گاز را کاهش می‌دهد ولی مصرف برق را زیاد می‌کند. البته این ضریب کاهشی مصرف گاز بسیار کوچک و نزدیک به صفر است ولی می‌تواند ناشی از مدت اقامت کوتاه بیماران جراحی در برابر بیماران با مدت اقامت طولانی (مثل روانپزشکی) باشد. در حالیکه مصرف برق قطعاً در بخش جراحی و اتاق عمل بیشتر است. در مطالعه شیخ ابومسعودی و همکاران (۱۳۸۴) در یک مقطع زمانی ۵ ساله،

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]
Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0

میانگین مصرف گاز به ازای تخت روز در ۵ بیمارستان مورد مطالعه ۱۹/۵ کیلووات بوده است (۱۱). همچنین در مطالعه جباروند و همکاران (۱۳۹۰) در بیمارستان چشم پزشکی فارابی تهران طی بازه ۳ ساله، میانگین مصرف برای گاز برابر ۱۵/۳۳ مترمکعب به ازای هر تخت فعال بوده‌است (۸).

الگوی فصلی مصرف انرژی در مطالعه حاضر (پیک مصرف آب در پاییز، برق در تابستان و گاز در زمستان) با یافته‌های تیمورزاده و همکاران (۱۳۹۹) و مطالعات بین‌المللی همخوانی دارد. با این حال، برخلاف پژوهش جباروند و همکاران (۱۳۹۰) که مصرف را بر حسب مترمربع زیربنا گزارش کرده‌اند، در مطالعه حاضر استانداردسازی بر مبنای تخت فعال انجام شد که اثر تغییرات ساختاری بیمارستان را بهتر کنترل می‌کند. همچنین به‌کارگیری مدل SARIMAX با متغیرهای برون‌زا (شاخص‌های عملکردی) قدرت توضیحی بالاتری نسبت به مدل‌های ARIMA ساده در مطالعات پیشین نشان داد.

این تفاوت روش‌شناختی باعث افزایش قابلیت تعمیم‌پذیری نتایج به سایر بیمارستان‌های آموزشی-درمانی با ساختار مشابه می‌شود و پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده نیز از استاندارد تخت فعال استفاده کنند تا مقایسه بین بیمارستان‌ها دقیق‌تر انجام گیرد.

در مطالعه سادات حدادی و همکاران (۱۳۹۴) که مدلی جدید برای مدیریت هوشمند مصرف برق تجهیزات بیمارستانی با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی (goal programming) ارائه کرده‌اند، تمرکز بر بهینه‌سازی هوشمند تجهیزات و کاهش هزینه‌ها بوده است (۱۲). وجه مشترک پژوهش حاضر با مطالعه حدادی و همکاران (۱۳۹۴) ارائه راهکارهایی در جهت هوشمندسازی بیمارستان‌های مورد مطالعه می‌باشد. مصرف برق بیمارستان مطالعه حاضر با یافته‌های نظری مدل مطالعه حدادی همخوانی دارد، به‌ویژه در پیک مصرف فصلی و تأثیر تجهیزات پزشکی، اما تفاوت اصلی در این است که مطالعه حاضر بر تحلیل روند واقعی مصرف (با داده‌های ماهانه) تمرکز دارد، درحالیکه مدل حدادی بیشتر جنبه نظری و شبیه‌سازی برای مدیریت هوشمند دارد. شباهت قابل توجه در تأکید بر نیاز به سیستم‌های هوشمند و ممیزی انرژی برای کاهش مصرف وجود دارد، که می‌تواند راهکاری عملی برای بیمارستان‌های فوق‌تخصصی ایران باشد.

شن و همکاران (۲۰۱۹) طی پژوهشی با عنوان "تحلیل مصرف انرژی ساختمان در یک بیمارستان در بازه زمانی تابستان و زمستان" در چین می‌افزایند؛ یک ساختمان بیمارستان دارای تعدادی از مناطق عملکردی مختلف است. تجهیزات و سیستم‌هایی که به ساختمان و نیازهای پزشکی آن خدمت می‌کنند، پیچیده هستند و به اشکال مختلف انرژی از جمله برق، گاز، بخار، آب گرم و آب سرد نیاز دارند. داده‌های این پژوهش نشان می‌دهد که مصرف انرژی در واحد سطح ساختمان‌های بیمارستانی دو برابر ساختمان‌های عمومی است (۱۳). در ادامه دادی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان معیار عملکرد انرژی بیمارستان خصوصی با استفاده از داده‌های ممیزی انرژی در ایتالیا، اظهار می‌دارند که با تکیه بر یک پایگاه داده قابل توجه (significant database) حاوی داده‌های واقعی از ممیزی‌های انرژی می‌توان تا حد قابل توجهی میزان مصرف حامل‌های انرژی را بهینه نمود (۱۴). در پژوهش حاضر نیز یکی از راهکارهای پیشنهادی داشتن پایگاه داده و تشکیل کمیته انرژی در بیمارستان مورد مطالعه می‌باشد.

کائو و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان پیش‌بینی بار الکتریکی ساختمان‌های مراقبت‌های بهداشتی در شانگهای چین مدل‌های یادگیری ماشینی، یادگیری تکی و یادگیری گروهی برای پیش‌بینی مصرف انرژی تجهیزات مراقبت‌های بهداشتی ارائه کردند که از این مدل‌های پیشنهادی می‌توان در تحقیق‌های آینده و توانمندسازی‌های مدیران بهداشت و درمان استفاده نمود (۱۵). در مطالعه مروری پسیلاکی و همکاران (۲۰۲۳) نشان داده شده است که بهره‌وری انرژی واحدهای بیمارستانی با سطح آگاهی مدیریت و نیروی کار در زمینه صرفه‌جویی منابع انرژی ارتباط مستقیمی دارد و این آگاهی را عامل ضروری می‌دانند. نویسندگان بر لزوم آموزش مدیریت و نیروی کار شاغل در بیمارستان برای رعایت الگوی مصرف انرژی تأکید کرده‌اند (۱۶). این راهکار در پژوهش حاضر نیز به عنوان یکی از پیشنهادهای کلیدی ارائه شده است.

نقاط قوت پژوهش حاضر شامل پوشش جامع بازه زمانی ده‌ساله بیمارستان مورد مطالعه و ارائه راهکارهای سیاستی کاربردی و عملی، استفاده از جدیدترین متدهای اقتصاد سنجی است. بااین حال، مطالعه حاضر با محدودیت‌هایی نیز همراه بوده است. به دلیل بازه ده‌ساله مورد بررسی، در برخی ماه‌های

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0
[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]

سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ مقدار مصرف حامل‌های انرژی در دسترس نبود که این کمبود با مراجعه حضوری به شرکت‌های توزیع استان، دریافت میزان هزینه کارکرد و تقسیم آن بر قیمت واحد حامل انرژی در ماه مربوطه جبران شد. علاوه بر این، امکان تفکیک مصرف انرژی بین بخش‌های سرپایی، بستری و اداری وجود نداشت و همانند بسیاری از مطالعات مشابه، مصرف کل بیمارستان مورد تحلیل قرار گرفت که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرد. محدودیت دیگر، عدم امکان بررسی تأثیر تغییرات تکنولوژیکی و نوسازی تجهیزات در طول دوره ده‌ساله است. همچنین داده‌ها تنها از یک بیمارستان آموزشی-درمانی جمع‌آوری شده و تعمیم نتایج به سایر بیمارستان‌ها (به‌ویژه بیمارستان‌های کوچک یا غیرآموزشی) باید با احتیاط انجام شود. عدم دسترسی به داده‌های ساعتی مصرف انرژی نیز مانع از تحلیل دقیق‌تر الگوهای روزانه شد و برخی متغیرهای خارجی مانند دمای دقیق روزانه یا تغییرات سیاست‌های انرژی در دوره مورد مطالعه کنترل نگردید.

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد مصرف حامل‌های انرژی در بیمارستان مورد مطالعه بیشتر تحت تاثیر نوسات فصلی می‌باشد لذا با بهینه‌سازی ساختار ساختمانی بیمارستان از جهت عایق بندی حرارتی و همچنین سیاستگذاری در حوزه انرژی می‌توان تا حد زیادی از هدر رفت انرژی در بیمارستان‌ها جلوگیری نمود. همچنین ارتباط جهت دار بین مصرف حامل‌های انرژی و برخی از شاخص‌های عملکردی بیمارستان وجود داشت. با توجه به سیاست‌های برنامه توسعه اقتصادی کشور و احتمال آزاد شدن هزینه‌های انرژی در سال‌های آتی، به مدیران و سیاستگذاران سلامت پیشنهاد می‌گردد با تشکیل کمیته اصلاح الگوی مصرف و همچنین با استفاده از سیستم‌های تأسیساتی کارآمد متکی بر دانش فنی روز به اهداف موردنظر در زمینه صرفه جویی و کاهش مصرف حامل‌های انرژی دست یابند. پژوهش‌های آتی می‌توانند به بررسی تأثیر راهکارهای اجرا شده در قالب یک مطالعه مداخله‌ای آینده‌نگر بپردازند. همچنین اولویت‌بندی راهکارها بر اساس سهولت اجرا، هزینه، تأثیرگذاری یا زمان بازگشت سرمایه با استفاده از روش‌هایی مانند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یا شاخص هزینه-اثربخشی و بررسی صرفه‌جویی مالی احتمالی ناشی از اجرای راهکارها نیز از دیگر پیشنهادات پژوهشی مطالعه حاضر است. همچنین بررسی راهکارهای کوتاه‌مدت و بلندمدت با اولویت‌بندی هزینه-اثربخشی، استفاده از شبیه‌سازی دینامیک سیستم‌ها برای پیش‌بینی تأثیر راهکارها در بلندمدت، تحلیل رفتار مصرف انرژی در بخش‌های مختلف بیمارستان (اورژانس، اتاق عمل، ICU) به صورت مجزا و برآورد میزان کاهش انتشار کربن ناشی از صرفه‌جویی انرژی از جمله دیگر پیشنهادات پژوهش حاضر می‌باشند.

ملاحظات اخلاقی

در این مطالعه کلیه ملاحظات اخلاقی مربوطه رعایت گردیده، تأییدیه کمیته ملی اخلاق در پژوهش‌های زیستی ایران با کد IR.BMSU.BAQ.REC.1402.040 اخذ گردید و کلیه ضوابط مرتبط با اصول اخلاق در پژوهش رعایت شد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از پرسنل واحد آمار و اطلاعات و کارکنان بیمارستان مورد مطالعه و تمامی عزیزانی که در این پژوهش نویسندگان را یاری کردند، تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

مشارکت نویسندگان

طراحی پژوهش: م ج. ن، س م. ح ش، م. الف الف، ن. ش، ق. غ، م. ر

جمع آوری داده‌ها: م ج. ن، ن. ش، م. الف الف

تحلیل داده‌ها: م ج. ن، س م. ح ش، م. الف الف، ن. ش

نگارش و اصلاح مقاله: م ج. ن، م. الف الف، ن. ش، م. ر، س م. ح ش، ق. غ

سازمان حمایت کننده

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه مصوب مقطع کارشناسی ارشد رشته مدیریت خدمات بهداشتی و درمانی از دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله (عج) بوده و فاقد سازمان حمایت‌کننده می‌باشد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir
CC BY-NC 4.0
[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]

References

1) Jiang C, Xing J, Ling J, Qin X. Energy consumption and carbon emissions of hospitals in Tianjin. Frontiers in Energy 2012; 6: 427-35. doi: 10.1007/s11708-012-0199-5.
2) Jonaidi N, Sadeghi M, Izadi M, Ranjbar R. Comparison of performance indicators in one of hospitals of Tehran with national standards. Journal of Military Medicine 2011; 12: 223-8. [Persian]
3) Ebadi F, Ansari H, Rezapoor A. Study of daily bed occupancy costs performance indexes in selected hospitalat of Iran university of medical sciences in 1381. Journal of Health Administration 2005; 7(18): 37-44. [Persian]
4) Goodarzi S, Pourreza A, Kavosi Z, Kia AA. Relationship between hospital functional indices and energy consumption. Payesh (Health Monitor) 2014; 13(3): 277-83. [Persian]
5) Hueng CJ. Alternative economic indicators. Kalamazoo: W.E. Upjohn institute, Inc.; 2020: 1-134.
6) D'Alessandro D, Coppola M, Chiarello P. Energy consumptions in hospitals: preliminary results of the ICEOs Project. Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors 2007: 1-7.
7) Teymurzadeh E, Ghanizadeh G, Zaboli R, Yaghoubi R. Study on key indicators of "green hospital" in a selected military hospital. Journal of Military Medicine 2020; 22(4): 401-9. doi: 10.30491/JMM.22.4.10. [Persian]
8) Jabbarvand M, Mokhtare H, Sharifi R, Shafiei M, Negahban Z. Comparative study on energy usage status and its management in farabi eye hospital. Ebnesina 2011; 14(3): 41-8. [Persian]
9) Pinzone M, Lettieri E, Masella C. Proactive environmental strategies in healthcare organisations: drivers and barriers in Italy. Journal of Business Ethics 2015; 131(1): 183-97.
10) Riahi L, Hajinabi K, Aghamohammadi V. The relation of hospital bed indicators with electricity consumption rate in Hamedan university of medical science hospitals. Journal of Healthcare Management Research 2011; 2(3-4): 59-66. [Persian]
11) Sheikh Abumasoudi A, Ahmadi S, Bostani L. The study of the rate of energy consumption in a number of hospitals in Isfahan. Health Information Management 2005; 2(2): 17-25. [Persian]
12) Haddadi HS, Shakouri Ganji H, Kazemi A, Aaliyeh, Dehnad A. Presenting a novel model for intelligent electrical consumption management of hospital equipment by using goal programming. Journal of Strategic Management Researches 2016; 21(59): 15-35. [Persian]
13) Shen C, Zhao K, Ge J, Zhou Q. Analysis of building energy consumption in a hospital in the hot summer and cold winter area. Energy Procedia 2019; 158: 3735-40. doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.883.
14) Dadi D, Introna V, Santolamazza A, Salvio M, Martini C, Pastura T, et al. Private hospital energy performance benchmarking using energy audit data: an Italian case study. Energies 2022; 15(3): 806. doi: 10.3390/en15030806.
15) Cao L, Li Y, Zhang J, Jiang Y, Han Y, Wei J. Electrical load prediction of healthcare buildings through single and ensemble learning. Energy Reports 2020; 6: 2751-67. doi: 10.1016/j.egyr.2020.10.005.
16) Psillaki M, Apostolopoulos N, Makris I, Liargovas P, Apostolopoulos S, Dimitrakopoulos P, et al. Hospitals' energy efficiency in the perspective of saving resources and providing quality services through technological options: a systematic literature review. Energies 2023; 16(2): 755. doi: 10.3390/en16020755.

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, www.mshsj.ssu.ac.ir CC BY-NC 4.0

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]

Manage Strat Health Syst

Research Article

Analyzing the Trend of Energy Carriers Consumption in a Super-Specialized Hospital and Presenting Necessary Strategies for Optimal Consumption

Mohammad Javad Najafi [1], Mohammad Amiri Ara [2], Naeim Shokri [3,4], Ghader Ghanizadeh [5,6], Mehdi Raei [7,8], Sayyed Morteza Hosseini Shokoh [*2,9]

[1] MSc in Healthcare Services Management, Student Research Committee, School of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2] Associate Professor, Health Management Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3] Assistant Professor, Health Management Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[4] Assistant Professor, Department of Health Economics, School of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[5] Professor, Health Management Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[6] Professor, Department of Environmental Health, School of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[7] Associate Professor, Artificial Intelligence in Health Research Center, Biomedical Technology Research Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[8] Associate Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[9] Associate Professor, Department of Health Economics, School of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

* **Corresponding Author:** Sayyed Morteza Hosseini Shokoh
hosainysh.morteza@gmail.com

Citation: Najafi MJ, Amiri Ara M, Shokri N, Ghanizadeh G, Raei M, Hosseini Shokoh SM. Analyzing the Trend of Energy Carriers Consumption in a Super-Specialized Hospital and Presenting Necessary Strategies for Optimal Consumption. Manage Strat Health Syst 2026; 10(4): 276-91.

Received: November 11, 2025
Revised: February 17, 2026
Accepted: February 21, 2026

Funding: The authors have no support or funding to report.

Competing Interests: The authors have declared that no competing interest exist.

ABSTRACT

Background: Neglecting the optimal consumption of energy carriers not only increases hospital costs but also leads to the waste of energy resources. This study was conducted to investigate the consumption trends of energy carriers in a super-specialized hospital and to provide optimization strategies.

Methods: This mixed-methods (quantitative-qualitative) study was conducted in three phases. In the first phase, time-series data of water, gas, and electricity consumption over a ten-year period (2011–2021) were collected from the studied hospital. In the second phase, the relationship between hospital performance indicators and energy carriers consumption was examined using the SARIMAX regression model. In the third phase, strategies for improving energy efficiency were identified through a review of previous studies and a survey of experts.

Results: The ten-year average consumption of water, electricity, and gas per active bed was 33.76 ± 1.63 cubic meters, 1919.66 ± 243.39 kilowatts, and 341.46 ± 38.96 cubic meters, respectively. Indicators such as occupied bed days, bed turnover interval, and average length of stay had a significant impact on water consumption. Electricity consumption was significantly influenced by the number of surgeries, and gas consumption was significantly influenced by the number of surgeries and intensive care unit patients. Water consumption was significantly higher in autumn, electricity in summer, and gas in winter compared to other seasons. Thirty-three optimization strategies were categorized into five general areas, including modification of electrical systems, cooling and heating systems, water resource management, optimization of the building structure, and energy policy-making.

Conclusion: The consumption of energy carriers in this hospital was primarily subject to seasonal variations. Optimizing the building structure in terms of thermal insulation and formulating effective energy policies can significantly prevent energy waste.

Keywords: Hospital, Energy carriers consumption, Improvement projects, Performance indicators

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-05-05]

Copyright: © 2026 The Author(s); Published by Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International license (https://creativecommons. org/licenses/by-nc/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.