Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

فصلنامه علمی انرژی ایران

دوره ۲۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صفحه ۱۳۴ – ۱۰۱

صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی تجهیزات اداری: روش چرخه هزینه عمر

[۱] سجاد سعدی، [۲] مسعود علیلو*، [۳] جواد غلامی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰ / ۳ / ۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰ / ۴ / ۷

کلمات کلیدی:
تجهیزات اداری،
روش چرخه هزینه عمر،
ساختمان اداری،
سیستم الکتریکی،
مصرف انرژی الکتریکی.

چکیده

میزان استفاده از تجهیزات اداری برای انجام امور اداری مختلف، روز به روز با پیشرفت تکنولوژی در حال افزایش است. خرید تجهیزات کم‌مصرف و بهره‌برداری مناسب از آنها باعث کاهش مصرف انرژی سیستم الکتریکی و هزینه برق ساختمان اداری خواهد شد. از این‌رو، در این مقاله، انتخاب بهینه تجهیزات اداری متداول جهت بهبود شاخص‌های فنی و اقتصادی ساختمان اداری مورد مطالعه قرار گرفته می‌شود. میزان مصرف انرژی الکتریکی، سرعت و هزینه‌های خرید و بهره–برداری تجهیزات از جمله معیارهای فنی و اقتصادی تجهیزات اداری هستند که با استفاده از روش چرخه هزینه عمر در تعیین بهینه‌ترین تکنولوژی آنها مورد نظر قرار گرفته می‌شوند. در نهایت با شبیه‌سازی عددی در نرم‌افزار متلب، مناسب‌ترین تکنولوژی جهت تجهیز کردن ساختمان اداری انتخاب می‌شود. سه طول دوره بهره‌برداری ۱، ۱۰ و ۲۰ سال که از مبدا زمانی سال ۱۴۰۰ هجری شمسی شروع می‌شوند، به عنوان طول دوره‌های مطالعاتی پژوهش در نظر گرفته شده‌اند. روش–هایی به جهت بهبود بیشتر شاخص‌های فنی و اقتصادی ساختمان اداری نیز پس از انتخاب مناسب‌ترین تکنولوژی تجهیزات، پیشنهاد شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. نتایج نشان‌دهنده بهبود قابل توجه بازدهی سیستم الکتریکی ساختمان اداری هستند به نحوی‌که با انتخاب مناسب تجهیزات اداری با استفاده از روش پیشنهادی، در حدود ۲۰ الی ۷۰ درصد مصرف و هزینه‌های انرژی الکتریکی در تجهیزات مختلف کاهش پیدا می‌کند.

۱. مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران s.sadi@modares.ac.ir
۲. دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (نویسنده مسئول) masoud.alilou@yahoo.com
۳. دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران javadgholami@mecheng.iust.ac.ir

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

۱. مقدمه

افزایش روز به روز پیچیدگی شبکه برق و وابستگی به این انرژی باعث شده است که پژوهشگران و بهره برداران شبکه برق، مدیریت بهینه آن را به عنوان یکی از مهم‌ترین اهداف خود در نظر بگیرند. ساختمان‌های اداری یکی از مهم‌ترین مکان‌هایی هستند که می‌توان با مدیریت بهینه انرژی در آنها، میزان گازهای گلخانه‌ای را کاهش داد. با توجه به آمارهای جهانی، حدود ۴۰ درصد از انرژی الکتریکی در ساختمان‌ها مصرف می‌شود. در نتیجه، مدیریت انرژی ساختمان‌های اداری تاثیر بسزایی بر روی کاهش مصرف انرژی الکتریکی و افزایش بهره وری شبکه خواهد داشت.

تجهیزات اداری نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی الکتریکی کل یک ساختمان اداری دارند. به عبارت دیگر، ساختمان‌های اداری به انتخاب بهینه و مدیریت مناسب تجهیزات الکتریکی احتیاج دارند زیرا بیش از ۳۰ درصد از کل انرژی مصرفی ساختمان‌ها را مصرف می‌نمایند و انتظار می‌رود این میزان تا سال ۲۰۲۵ به ۳۵ درصد افزایش یابد زیرا تعداد و همچنین میزان مصرف بارهای الکتریکی در حال افزایش است. البته لازم به ذکر است که منظور از افزایش میزان مصرف، افزایش توان بارهای الکتریکی در ضمن افزایش بهره‌وری آنها می‌باشد (گونای[1] و دیگران، ۲۰۱۶). از طرف دیگر، در اکثر مواقع، میزان تجهیزات الکتریکی پیش‌بینی شده بیشتر از میزان بار الکتریکی مصرفی واقعی ساختمان است. در حالت کلی، این شرایط زمانی اتفاق می‌افتد که افراد در حال اجاره یا خرید یک ساختمان اداری هستند. مطالعات نشان می‌دهد که مستاجرین یا خریداران درخواست می‌کنند که ساختمان تحمل بار ۴۰ الی ۸۰ وات بر مترمربع را داشته باشد در حالیکه در هنگام استفاده، میزان بار واقعی کمتر از ۵ وات بر مترمربع است (وانگ و دینگ[2]، ۲۰۱۵). در حالت کلی، جهت کاهش میزان بار الکتریکی تجهیزات اداری ساختمان می‌توان از دو اصل انتخاب تجهیزات اداری با میزان مصرف پایین و کنترل بهینه آنها استفاده کرد.

1 Gunay
2 Wang and Ding

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

از این‌رو در این مقاله، روشی براساس شاخص چرخه هزینه عمر به منظور انتخاب تکنولوژی مناسب تجهیزات اداری مورد مطالعه قرار گرفته می‌شود. شاخص‌های فنی و اقتصادی تجهیزات در مدل‌سازی شاخص چرخه هزینه عمر تجهیزات اداری مورد نظر قرار می‌گیرند. روش‌های پیشنهادی به منظور بهبود بیشتر شاخص‌های فنی و اقتصادی سیستم الکتریکی نیز پس از انتخاب مناسب‌ترین تکنولوژی تجهیزات با استفاده از کدنویسی کامپیوتری روش چرخه هزینه عمر در نرم‌افزار متلب، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در ادامه، در بخش ۲، مبانی نظری پژوهش شامل پیشینه، فرضیات، سوالات و نوآوری‌های پژوهش بیان شده است. تجهیزات اداری مورد مطالعه در بخش ۳ معرفی شده‌اند. روش پیشنهادی جهت ارزیابی تجهیزات اداری که مبتنی بر روش چرخه هزینه عمر می‌باشد، در بخش ۴ معرفی شده و مدل‌سازی شده است. بخش ۵ مربوط به نتایج اجرای روش پیشنهادی و ارزیابی نتایج می‌باشد. در بخش ۶ نیز نتیجه‌گیری پژوهش و پیشنهاداتی برای کارهای آتی ارائه شده است.

۲. مبانی نظری

کاهش مصرف انرژی ساختمان‌های اداری در حالی که باعث کاهش بهره‌وری کارکنان و کل اداره نشود یکی از بهترین راه‌حل‌ها برای کاهش مصرف انرژی شبکه برق بوده، چون که ساختمان‌های اداری در حدود ۲۰ درصد از انرژی الکتریکی تولیدی نیروگاه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. اگر تلفات انتقال و توزیع، مسائل زیست محیطی و اقتصادی نیز به این مسئله اضافه گردد، می‌توان نتیجه گرفت که ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین باید هرچه سریع‌تر مورد استفاده قرار گیرند (نکابیند[1] و دیگران، ۲۰۱۸). برای بهبود قابل توجه میزان انرژی مصرفی ساختمان‌ها، می‌توان از ایده‌های جاه‌طلبانه و جدیدی همچون ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین استفاده کرد (سانگ[2] و دیگران، ۲۰۱۶). ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین به نحوی طراحی می‌شوند که در ابتدا میزان انرژی الکتریکی مصرف‌شده در ساختمان به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا کند؛ سپس جهت تامین انرژی الکتریکی ساختمان بهتر است از انرژی‌های پاک استفاده شود. همانطور که بیان شد، مهم‌ترین بخش مصرف انرژی

1 Nkabinde
2 Song

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

الکتریکی ساختمان اداری، تجهیزات اداری متصل به سیستم الکتریکی ساختمان هستند. در نتیجه، تجهیزات اداری کم‌مصرف نقش بسزایی در تبدیل شدن ساختمان اداری به یک ساختمان اداری با مصرف انرژی پایین دارند (نیلسون[1] و دیگران، ۲۰۱۵).

۱-۲. مروری بر پیشینه پژوهش

در سال‌های اخیر، مطالعات و استانداردهای متعددی در مورد انرژی ساختمان‌ها و بخصوص ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین منتشر شده که در ادامه به برخی از آنها اشاره شده است. در کشورهای مختلف استانداردهای متعددی با توجه به شرایط هر کشور وجود دارند. در ایران استانداردها و دستورالعمل‌های مختلفی همچون استاندارد ملی ایران ۱۴۲۵۳ (۱۳۹۰) و استاندارد ملی ایران ۱۴۲۵۴ (۱۳۹۰) که شامل دستورالعمل‌هایی برای تعیین درجه کارایی در مصرف انرژی برای ساختمان‌های مسکونی و غیر مسکونی است استفاده می‌شود. این دو استاندارد همچنین دارای روابطی برای محاسبه مقدار بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان هستند. مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (۱۳۸۹) نیز شامل دستورالعمل‌هایی برای کاهش انرژی مصرفی ساختمان می‌باشد که شامل پیشنهادهایی به صورت کلی است. در کشورهای دیگر، استانداردها و کتاب‌های راهنمای مختلفی وجود دارد. در کشور آمریکا کتاب راهنمای انجمن مهندسین گرمایشی، برودتی و تهویه مطبوع آمریکا و استاندارد سازمان طراحی انرژی و محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرند. در کشورهای اروپایی نیز هر کدام از کشورها، استانداردهای خاص خود را معرفی می‌نمایند و هم اینکه، مهندسان می‌توانند از استانداردهای اتحادیه اروپا استفاده کنند.

مباحث کلی در مورد ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین در پیترسون[2] و دیگران (۲۰۱۵) بیان شده است. در این منبع به تعاریف کلی و مزایای ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین پرداخته شده است. به علاوه، مباحثی در مورد نحوه محاسبه میزان انرژی مصرفی یک ساختمان و تعیین نرخ انرژی پایین بودن آن مطالبی بیان شده است. همچنین در سال‌های اخیر، برخی از شرکت‌ها و سازمان‌ها که ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین را به عنوان یکی از اهداف خود معرفی کرده اند، استانداردها و مقالاتی برای رسیدن به آن منتشر کرده اند. کتابچه‌ای که انجمن مهندسین گرمایشی، برودتی و تهویه

1 Nilsson
2 Peterson

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

مطبوع آمریکا به همراه انجمن‌های دوست‌دار محیط زیست به چاپ رسانده است، یکی از همین منابع می‌باشد که مطالب کلی در مورد مزایای ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین بیان کرده و به مشکلاتی که در مسیر رسیدن به آن وجود دارد، اشاره کرده است. همچنین در این منبع، معیارهایی برای سنجیدن یک ساختمان با استانداردهای یک ساختمان با انرژی پایین معرفی شده است که می‌توان از آنها برای طراحی و مدیریت یک ساختمان با انرژی پایین استفاده کرد (انجمن مهندسین گرمایشی، برودتی و تهویه مطبوع آمریکا[1]، ۲۰۱۹). در بلوچر[2] (۲۰۱۸) به پژوهش‌های عملی که در کشورهای مختلف اروپایی برای رسیدن به یک ساختمان با انرژی پایین انجام شده، اشاره شده است. در این مطالعه، برخی از ساختمان‌هایی که به صورت انرژی پایین مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، مورد ارزیابی قرار گرفته شده‌اند. در کورتز و هیگنز[3] (۲۰۱۴) نیز پس از معرفی ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین، به قوانین و مزایای طراحی و استفاده از چنین ساختمان‌هایی پرداخته شده است. هدف اصلی این مطالعه، ساختمان‌های تجاری و اداری است. در این پژوهش همچنین به برخی از ساختمان‌های تجاری که به صورت بهینه در کشور آمریکا مورد استفاده قرار می‌گیرند، اشاره شده است. در یانگ[4] (۲۰۱۹) و مشکتی[5] (۲۰۱۹) ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین در یک کشور خاص مورد ارزیابی قرار گرفته شده و ویژگی‌ها و امکان اجرای این چنین ساختمان‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شده است. در السعد و شعبان[6] (۲۰۱۹) و فنگ[7] و دیگران (۲۰۱۹) میزان تأثیر شرایط آب و هوایی خاص بر روی کارایی ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شده اند. در هارکوس[8] و دیگران (۲۰۱۹) و لو[9] و دیگران (۲۰۱۹) نیز به نحوی انجام گرفته‌اند که با بهینه‌سازی مدیریت تجهیزات با در نظر گرفتن برخی معیارهای فنی، اقتصادی و زیست محیطی، ساختمان‌ها به یک ساختمان با انرژی

1 ASHRAE
2 Blücher
3 Cortese and Higgins
4 Yang
5 Moschetti
6 Al-Saad and Shaaban
7 Feng
8 Harkouss
9 Lu

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

پایین تبدیل شوند یا به شرایط بهره برداری این چنین ساختمان‌ها نزدیک شوند. در مورد تجهیزات اداری نیز مطالعاتی انجام شده است که از اولین نمونه‌های آن می‌توان به داندریج[1] و دیگران (۱۹۹۴) اشاره کرد. در این مطالعه، استانداردهای کلی برای انتخاب مناسب تجهیزات اداری کم‌مصرف بیان شده است. میزان انرژی مصرفی تجهیزات اداری در شرایط بهره‌برداری مختلف در کاواموتو[2] و دیگران (۲۰۰۲) مورد بررسی قرار گرفته شده است. در وبر[3] و دیگران (۲۰۰۶) به انرژی مصرفی تجهیزات اداری در ساعات تعطیلی اداره و میزان تاثیر آن بر انرژی مصرفی کل تجهیزات اداری در طول سال پرداخته شده است. تخمین انرژی مصرفی تجهیزات اداری نیز در منزس[4] و دیگران (۲۰۱۴) مورد مطالعه قرار گرفته شده است. در این مطالعه، با بررسی اطلاعات آماری تجهیزات اداری در سال‌های گذشته و شرایط بهره‌برداری مختلف، انرژی مصرفی تجهیزات اداری به صورت تقریبی محاسبه شده است. در گکنور و کالفا[5] (۲۰۲۱)، روشی جهت استفاده از سایبان‌های خارجی برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری در طول ساعات فعالیت اداره ارائه شده است. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که میزان انرژی مصرفی سالانه ساختمان اداری را می‌توان با استفاده مناسب از سایبان‌های خارجی در حدود سی درصد کاهش داد. در قدیریان و ویسی (۲۰۲۱) روشی چندهدفه برای مدیریت بار ساختمان‌های اداری براساس الگوریتم چندهدفه ژنتیک ارائه شده است. کاهش هزینه‌های ساختمان اداری و افزایش راحتی ساکنین ساختمان اداری (کارکنان) از اهداف روش پیشنهادی هستند. در ایل‌بیگی و دیگران (۲۰۲۰) از شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی و همچنین مدیریت بار ساختمان‌های اداری استفاده شده است. کاهش انرژی مصرفی و هزینه‌های ساختمان اداری به عنوان اهداف مسئله پیش‌بینی و مدیریت بار در نظر گرفته شده است. در طلایی و دیگران (۲۰۲۱) جهت کاهش آلایندگی ساختمان‌های اداری روشی مبتنی بر استفاده از روشنایی طبیعی پیشنهاد شده است. تاثیر نوع پنجره‌های استفاده شده در ساختمان بر میزان استفاده از روشنایی طبیعی مورد مطالعه قرار گرفته شده است. افزایش شدت روشنایی طبیعی

1 Dandridge
2 Kawamoto
3 Webber
4 Menezes
5 Göknur and Kalfa

در بخش‌های مختلف ساختمان و کاهش مصرف انرژی الکتریکی، اهدافی هستند که در این مطالعه مورد نظر قرار گرفته شده‌اند.

۲-۲. فرضیات و سوالات پژوهش

از جمله فرضیاتی که در این پژوهش مدنظر قرار گرفته شده است، این نکته می‌باشد که انتخاب تجهیزات اداری کم‌مصرف باعث کاهش میزان مصرف انرژی الکتریکی ساختمان اداری می‌شود. علاوه بر این، فرض شده است که با مدیریت مناسب تجهیزات اداری می‌توان هزینه‌های ساختمان اداری را کاهش داد.

با توجه به فرضیات ذکر شده، از جمله سوالاتی که در این پژوهش به آنها پاسخ داده شده است می‌توان به این سوال اشاره کرد که با انتخاب تکنولوژی مناسب تجهیزات اداری براساس شاخص‌های فنی و اقتصادی به چه میزان می‌توان مصرف انرژی الکتریکی و هزینه‌های قبض برق سالانه ساختمان اداری را کاهش داد؟ علاوه بر این، سوال دیگری که مورد مطالعه قرار گرفته شده است، این سوال می‌باشد که مدیریت بهینه تجهیزات اداری در طول فعالیت اداره به چه میزان باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی ساختمان اداری می‌شود؟

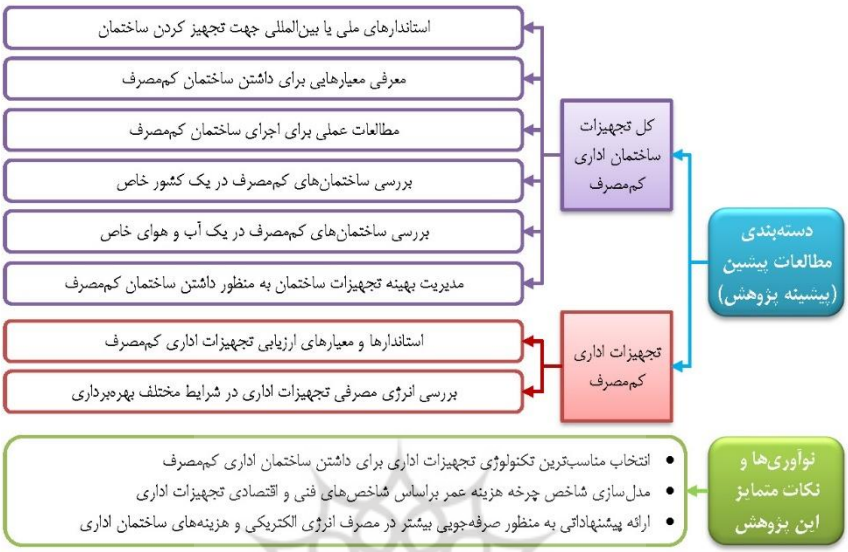
۲-۳. نوآوری‌های پژوهش

دسته‌بندی کلی مطالعات پیشین (پیشینه پژوهش) و نکته متمایز این پژوهش را می‌توان به صورت شکل(۱) بیان کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021



شکل ۱. دسته‌بندی کلی مطالعات پیشین و نکته متمایز این پژوهش

(منبع: برگرفته از مطالعات پژوهش براساس پیشینه تحقیق)

با توجه به پیشینه تحقیق، مطالعاتی در جنبه‌های مختلف تجهیزات اداری و ساختمان‌های اداری با مصرف انرژی پایین انجام گرفته شده است ولی تابحال مطالعه‌ای به صورت متمرکز بر روی نحوه انتخاب بهینه‌ترین تکنولوژی تجهیزات اداری به منظور کاهش مصرف انرژی الکتریکی ساختمان‌های اداری انجام نشده است. درنتیجه، به صورت کلی می‌توان نوآوری‌های این مقاله را به صورت زیر بیان کرد:

- انتخاب مناسب‌ترین تکنولوژی تجهیزات اداری به منظور کاهش مصرف انرژی الکتریکی و هزینه قبض برق ساختمان اداری
- مدل‌سازی شاخص چرخه هزینه عمر براساس شاخص‌های فنی و اقتصادی تجهیزات اداری در طول دوره بهره‌برداری
- ارائه پیشنهاداتی به منظور صرفه‌جویی بیشتر در مصرف انرژی الکتریکی و هزینه‌های ساختمان اداری با مدیریت بهینه تجهیزات اداری

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

۳. تجهیزات اداری مورد مطالعه در تحقیق

مانیتورها، کامپیوترها و تجهیزات چاپ و تکثیر از جمله تجهیزات اداری هستند که در همه ادارات مورد استفاده قرار می‌گیرند. انتخاب مناسب این تجهیزات اداری متداول، باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی ساختمان اداری می‌شود. دو اصل خرید و کنترل بهینه همواره باید در بهره‌برداری از تجهیزات اداری مد نظر قرار گیرند. اصل اول در مورد خرید تجهیزات الکتریکی مناسب بوده که بیانگر این موضوع است که تجهیزات اداری باید با توجه به انرژی مصرفی، ساختار و نیاز ساختمان انتخاب شوند. اصل دوم نیز در مورد کنترل بهینه تجهیزات در زمان‌های بی‌استفاده است. تجهیزات الکتریکی مناسب با توان نرمال در زمان‌های فعالیت در حال کار هستند و علاوه بر آن دارای این قابلیت می‌باشند که در زمان‌هایی که مورد نیاز نیستند با حداقل توان الکتریکی منتظر انجام فعالیت باشند. این قابلیت باعث می‌شود در زمان‌هایی که افراد در اداره در حال کار می‌باشند ولی ادوات الکتریکی مورد نیاز نیستند، تجهیزات الکتریکی کمترین توان الکتریکی ممکن را مصرف نمایند. البته در زمان‌هایی که اداره تعطیل می‌باشد، تجهیزات الکتریکی غیر مورد نیاز باید خاموش شوند. مطالعات نشان می‌دهد که اکثر ادوات برقی ادارات در حالت روشن با مصرف بار کامل یا بصورت کاهش یافته حتی در زمان‌هایی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و حتی مواقعی که اداره تعطیل می‌باشد، باقی می‌مانند (لی و وانگ[1]، ۲۰۲۰) (کاواموتو[2] و دیگران، ۲۰۰۴).

در نتیجه انتخاب مناسب نوع تکنولوژی آنها می‌تواند باعث کاهش انرژی مصرفی کل ساختمان شود. اگرچه در ساختمان‌های اداری مختلف با توجه به نیاز اداره ممکن است از تجهیزات اداری متفاوتی استفاده شود. از متداول‌ترین تجهیزات اداری ساختمان می‌توان به مانیتورها، کامپیوترها و دستگاه‌های تک یا چندمنظوره پرینت، اسکن، کپی و فکس اشاره کرد. تکنولوژی‌های مختلف تجهیزات اداری متداول در شکل (۲) نشان داده شده است. در بخش‌های بعدی، توضیحاتی در مورد تکنولوژی‌های مختلف این

1 Li, S. Wang
2 Kawamoto

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

تجهیزات اداری داده شده است (شیخ[1] و دیگران، ۲۰۱۴) (چاکرابورتی و پافالزر[2]، ۲۰۱۱) (تمپل برد[3] و دیگران، ۲۰۱۵).

شکل ۲. تجهیزات متداول استفاده شده در ساختمان‌های اداری (منبع: شرکت آی‌تی بازار)

۱-۳. مانیتورها

مانیتور یا صفحه نمایش، یک بخش اصلی سیستم سخت افزاری بوده که برای نمایش اطلاعات استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر با پیشرفت تکنولوژی، فناوری استفاده شده در مانیتورهای کامپیوتری نیز پیشرفت کرده است. در حالت کلی می‌توان مانیتورها را به ۳ نوع سی‌آرتی[4]، ال‌سی‌دی[5] و ال‌ای‌دی[6] تقسیم کرد. مانیتورهای سی‌آرتی، مانیتورهای قدیمی اشعه کاتدی هستند که مصرف انرژی الکتریکی

1 Shaikh
2 Chakraborty and Pfaelzer
3 Temple-Bird
4 CRT
5 LCD
6 LED

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

بالایی داشته و برق زیادی را هدر می‌دهند. این مانیتورها علاوه بر داشتن تشعشعات مضر، بیشترین مصرف در بین تمامی مانیتورهای کامپیوترهای اداری را دارا هستند. مانیتورهای ال‌سی‌دی کیفیت تصویر بسیار بالایی دارند و می‌توانند رنگ‌ها را به خوبی از یکدیگر تفکیک کنند. وضوح تصویر در این مانیتورها رابطه مستقیمی با تعداد پیکسل‌ها دارد و هرچه تعداد پیکسل‌ها بیشتر باشد، وضوح تصویر هم بالاتر خواهد بود. مانیتورهای ال‌ای‌دی ضخامت بسیار کمی دارند و خیلی سبک و نازک هستند. صفحه این مانیتور مانند مانیتور ال‌سی‌دی، به صورت تخت بوده و داخل آن هم کریستال مایع وجود دارد. مانیتور ال‌ای‌دی کنتراست تصویر بسیار بالایی دارد و تصاویر را به خوبی و با کیفیت بالا نمایش می‌دهد. یکی از ویژگی‌های مهم این مانیتور آسیب نرساندن به چشم در صورت کار طولانی مدت با آن می‌باشد. مصرف انرژی در مانیتورهای ال‌سی‌دی و ال‌ای‌دی نسبت به مانیتورهای قدیمی بسیار پایین است. با توجه به اینکه مانیتورهای سی‌آرتی دیگر تولید نمی‌شوند، در این مقاله، فقط مانیتورهای ال‌سی‌دی و ال‌ای‌دی مورد مقایسه قرار می‌گیرند.

۲-۳. کامپیوترها

امروزه کامپیوترها نقش زیادی در امور روزانه همه افراد ایفا می‌کنند. در ساختمان‌های اداری نیز معمولا تعداد زیادی کامپیوتر برای اجرای امور مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. در نتیجه، انتخاب و استفاده مناسب از آنها می‌تواند به مقدار قابل توجهی انرژی الکتریکی مصرفی ساختمان را کاهش دهد. کامپیوترهای اداری را می‌توان به ۲ نوع کامپیوترهای رومیزی (دسکتاپی) و لپ‌تاپ‌ها تقسیم‌بندی کرد. کامپیوترهای رومیزی توان مصرفی بالاتری نسبت به لپ‌تاپ‌ها دارند. البته توان مصرفی در کامپیوترهای رومیزی وابستگی زیادی به نوع مانیتور آنها دارد. این بدین معنی است که توان مصرفی مانیتور این نوع کامپیوترها نیز باید به توان مصرفی کامپیوتر رومیزی اضافه شود. مصرف لپ‌تاپ‌ها در حدود ۱۰ الی ۲۵ درصد کمتر از مصرف کامپیوترهای رومیزی است.

۳-۳. دستگاه‌های چاپ و تکثیر

دستگاه‌های فکس، فتوکپی، اسکنر، پرینتر و دستگاه‌های چندمنظوره از جمله دستگاه‌های چاپ و تکثیر هستند که ساختمان‌های اداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. پیشنهاد می‌شود خدمات چاپ برای به حداقل رساندن تعداد دستگاه‌های مورد نیاز تلفیق شوند. در بخش ۴، با توجه به نتایج عددی، نحوه انتخاب

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

تجهیزات چاپ و تکثیر بیشتر مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. اما از لحاظ تکنولوژی‌های تجهیزات چاپ و تکثیر، دستگاه‌های فکس به سه نوع لیزری، کاربنی و حرارتی تقسیم می‌شوند. دستگاه‌های فکس لیزری دارای سرعت و مصرف انرژی الکتریکی بالاتری نسبت به فکس‌های کاربنی و حرارتی هستند. دستگاه‌های فتوکپی موجود در ساختمان‌های اداری از نوع لیزری می‌باشند که دارای سرعت چاپ بالایی هستند. دستگاه‌های پرینتر را نیز می‌توان به دو نوع پرینتر جوهرافشان و لیزری تقسیم‌بندی کرد. توان مصرفی پرینترهای جوهرافشان نسبت به نوع لیزری کمتر بوده و البته دارای سرعت چاپ کمتری نیز هستند. دستگاه‌های اسکنر دارای تکنولوژی یکسانی هستند که تصاویر را به صورت نوری به تصاویر دیجیتالی تبدیل کرده و بر روی رایانه ارسال می‌کنند. یکی از راه‌کارها برای کاهش تعداد تجهیزات و هزینه‌های ساختمان اداری، استفاده از دستگاه‌های چندمنظوره بجای خرید هر کدام از دستگاه‌های فوق است. دستگاه‌های چندمنظوره نیز در دو نوع لیزری و جوهرافشان موجود هستند که از لحاظ سرعت و مصرف انرژی متفاوت می‌باشند.

٤. روش پیشنهادی مبتنی بر چرخه هزینه عمر

تجهیزات اداری را از دید معیارهای مختلف همچون مصرف انرژی، قیمت خرید، هزینه بهره‌برداری و سرعت می‌توان مورد مقایسه قرار داد و در نتیجه از منظرهای مختلف، می‌توان یک تکنولوژی را به عنوان بهینه‌ترین وسیله انتخاب کرد. در این مقاله، برای اینکه معیارهای مختلف مورد نظر قرار گیرد، از روش چرخه هزینه عمر استفاده شده است. بدین صورت که تاثیر پارامترهای مختلف بر شاخص چرخه هزینه عمر اعمال شده است. در این بخش، نحوه مدل‌سازی رابطه نهایی شاخص چرخه هزینه عمر برای ارزیابی تکنولوژی‌های مختلف و انتخاب مناسب‌ترین آنها برای داشتن یک ساختمان اداری با مصرف انرژی پایین بیان می‌شود.

روش چرخه هزینه عمر یک ابزار تصمیم‌گیری اقتصادی بوده که با مقایسه بین حالت‌های مختلف تصمیم‌گیری، حالت بهینه را انتخاب می‌کند. ابزار چرخه طول عمر برای تصمیم‌گیری‌های ساختمانی همچون تجهیزات اداری ابزار بسیار مناسب و کاربردی محسوب می‌شود. مزیت این روش نسبت به روش‌های دیگر این است که در روش چرخه هزینه عمر، علاوه بر هزینه اولیه و هزینه عملیاتی، هزینه‌های جانبی دیگری نیز در نظر گرفته می‌شود. در واقع در روش چرخه هزینه عمر تمامی این هزینه‌ها به

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

یک مقدار پولی واحد تبدیل می‌شود که برای مقایسه بین سیستم‌ها استفاده می‌شود. این مقدار پولی، واحد ارزش فعلی نام دارد. بنابراین در این روش باید تمامی هزینه‌هایی که در سال‌های آینده صورت می‌گیرد، توسط روش چرخه عمر به هزینه در زمان حال تبدیل شود تا امکان مقایسه بین سیستم‌ها فراهم شود. در نتیجه می‌توان رابطه کلی شاخص چرخه هزینه عمر (LCC_D) برای یک تجهیز اداری را با استفاده از رابطه (۱) نوشت (جلائی و دیگران، ۲۰۲۰).

$$LCC_D = C_I + C_O + C_R - P_{RV} \quad (۱)$$

در رابطه (۱)، C_I بیانگر سرمایه اولیه است که هزینه‌های اولیه سیستم را شامل می‌شود. C_O بیانگر هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری از تجهیز مورد نظر در طول دوره بهره‌برداری می‌باشد. C_R مقدار هزینه ناشی از جایگزینی قطعات از کارافتاده با قطعات سالم است. معمولا زمانی که طول عمر قطعات از بازه مورد بررسی برای روش هزینه چرخه عمر کمتر باشد، هزینه جایگزینی بر روی هزینه سیستم اضافه می‌شود. در نهایت مقدار ارزش تجهیزات در پایان دوره روش هزینه چرخه عمر از هزینه کل کسر می‌شود. مقدار ارزش باقیمانده تجهیزات با P_{RV} نمایش داده می‌شود.

هزینه اولیه: هزینه اولیه یا سرمایه‌گذاری لازم برای خرید تجهیز مورد نظر در زمان شروع پروژه اتفاق می‌افتد و در نتیجه نیازی به رابطه خاصی برای تبدیل هزینه مذکور نیست. لازم به ذکر است که در ارزیابی شاخص چرخه هزینه عمر، کلیه پارامترهای اقتصادی با استفاده از روابط مربوطه به زمان شروع پروژه (زمان خرید تجهیز یا زمان تجهیز کردن ساختمان اداری) تبدیل می‌شوند. فقط با توجه اینکه مقادیر در نظر گرفته شده در این مقاله برای سال ۱۴۰۰ هجری شمسی می‌باشد، جهت استفاده کردن از روابط در سال‌های بعدی جهت انتخاب تجهیز مناسب، از رابطه (۲) برای در نظر گرفتن هزینه اولیه برای خرید تجهیز استفاده می‌شود.

$$C_I = C_{I_{now}} \times (1+i)^{year-1400} \quad (۲)$$

در رابطه فوق، C_I هزینه اولیه برای خرید تجهیز در سال شروع پروژه بوده و $C_{I_{now}}$ نیز هزینه اولیه برای خرید تجهیز در سال ۱۴۰۰ است. پارامترهای i و $year$ نیز به ترتیب نرخ تورم و سال شروع پروژه را نشان می‌دهند.

هزینه بهره‌برداری: هزینه بهره‌برداری مربوط به هزینه انرژی مصرفی دستگاه در طول دوره بهره‌برداری می‌باشد. لازم به ذکر است که میزان انرژی مصرفی دستگاه‌های اداری در زمان‌های مختلف

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

فعالیت، استراحت و خاموشی متفاوت است. در نتیجه میزان انرژی مصرفی یک دستگاه در طول شبانه‌روز را می‌توان با استفاده از رابطه (۳) محاسبه کرد.

$$E_{C_{day}} = \frac{(P_{on} \times T_{on}) + (P_{sleep} \times T_{sleep}) + (P_{off} \times T_{off})}{1000} \quad (۳)$$

در این رابطه، $E_{C_{day}}$ انرژی مصرفی تجهیز اداری را در طول شبانه‌روز براساس کیلووات ساعت نشان می‌دهد. پارامترهای P_{on}، P_{sleep} و P_{off} نیز به ترتیب توان مصرفی دستگاه در زمان‌های فعالیت، استراحت و خاموشی هستند که براساس وات می‌باشند. پارامترهای T_{on}، T_{sleep} و T_{off} نیز به ترتیب نشان‌دهنده مدت زمان فعالیت، استراحت و خاموشی دستگاه در طول ۲۴ ساعت را نشان می‌دهند که براساس ساعت محاسبه می‌شوند. برای استخراج زمان‌های فعالیت، استراحت و خاموشی دستگاه‌های اداری می‌توان از روابط (۴-۶) استفاده کرد.

$$T_{on} = \omega_O \times OT_d \quad (۴)$$

$$T_{sleep} = OT_d - T_{on} \quad (۵)$$

$$T_{off} = 24 - OT_d \quad (۶)$$

در روابط فوق، OT_d مدت زمان فعالیت اداره در طول یک شبانه‌روز می‌باشد. ω_O نیز ضریبی است به صورت درصدی (%) که میزان استفاده از تجهیز در ساعات فعالیت اداره را نشان می‌دهد. در تجهیزات اداری همچون مانیتورها و کامپیتورها می‌توان این درصد را با توجه به میزان فعالیت کارمندان در ۴ حالت کلی فعالیت کم ($\omega_O = 0.25$)، متوسط ($\omega_O = 0.50$)، زیاد ($\omega_O = 0.75$) و خیلی زیاد ($\omega_O =$ 1.00) تقسیم‌بندی کرد و تجهیزات اداری را در شرایط مختلف بهره‌برداری مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و در نتیجه، بهترین گزینه را با توجه به میزان فعالیت اداره انتخاب کرد.

در تجهیزات چاپ و تکثیر برای اینکه بتوان سرعت چاپ دستگاه را نیز در شاخص چرخه هزینه عمر اعمال کرد، جهت محاسبه ضریب فعالیت دستگاه در طول شبانه‌روز (ω_O) می‌توان از رابطه (۷) استفاده کرد.

$$\omega_O = \frac{N_P}{V_D \times OT_d \times 60} \quad (۷)$$

در رابطه فوق، V_D سرعت فعالیت دستگاه (چاپ، پرینت، اسکن و فکس) بر حسب تعداد صفحه در دقیقه می‌باشد. پارامتر N_P نیز تعداد صفحات متوسط چاپ، پرینت، اسکن یا فکس شده توسط دستگاه

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

مورد نظر در طول شبانه‌روز (ساعات فعالیت اداره) را نشان می‌دهد. در تجهیزات چاپ، تعداد صفحات متوسط چاپ، پرینت، اسکن یا فکس شده توسط دستگاه را با توجه به میزان فعالیت در ۴ حالت کلی فعالیت کم ($N_P = 50$)، متوسط ($N_P = 100$)، زیاد ($N_P = 500$) و خیلی زیاد ($N_P = 1000$) می‌توان تقسیم‌بندی کرد.

برای محاسبه میزان مصرف انرژی سالانه تجهیز از رابطه (۸) استفاده می‌شود.

$$E_{C_{year}} = E_{C_{day}} \times OT_Y \quad (۸)$$

در رابطه فوق، $E_{C_{year}}$ انرژی مصرفی سالانه تجهیز براساس کیلووات ساعت است. پارامتر OT_Y نیز تعداد روزهای فعالیت اداره در طول یک سال را نشان می‌دهد.

رابطه (۹) برای محاسبه هزینه بهره‌برداری تجهیز در طول یک سال مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$C_{O_{year}} = E_{C_{year}} \times E_{Cost} \quad (۹)$$

در این رابطه، $C_{O_{year}}$ هزینه بهره‌برداری از تجهیز مورد نظر در طول یک سال برحسب واحد پول بوده و E_{Cost} نیز هزینه انرژی الکتریکی برحسب ریال بر کیلووات ساعت است. این رابطه برای محاسبه هزینه بهره‌برداری در سال اول بهره‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه پژوهش در سال ۱۴۰۰ انجام شده است، برای محاسبه هزینه انرژی برای سال اول بهره‌برداری در سال‌های بعد با توجه به نرخ تورم می‌توان از رابطه (۱۰) استفاده کرد. در این رابطه، $E_{Cost_{now}}$ هزینه انرژی الکتریکی در سال ۱۴۰۰ بوده و E_{Cost} نیز هزینه انرژی الکتریکی در سال می‌باشد. پارامترهای i و $year$ نیز به ترتیب نشان‌دهنده نرخ تورم و سال مورد نظر هستند.

$$E_{Cost} = E_{Cost_{now}} \times (1+i)^{year-1400} \quad (۱۰)$$

در نهایت، برای محاسبه هزینه انرژی الکتریکی در طول دوره بهره‌برداری می‌توان از رابطه (۱۱) استفاده کرد.

$$C_O = \sum_{y=1}^{LP} \left[E_{C_y} \times (E_{Cost} \times (1+i)^y) \right] \quad (۱۱)$$

در این رابطه، C_O هزینه بهره‌برداری از تجهیز در طول دوره بهره‌برداری بوده که بر حسب واحد پول محاسبه می‌شود. LP نشان‌دهنده طول دوره بهره‌برداری بوده و i نیز نرخ تورم می‌باشد. E_{Cost}

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

هزینه انرژی الکتریکی برحسب ریال بر کیلووات ساعت می‌باشد. پارامتر E_{C_y} نیز نشان‌دهنده انرژی مصرفی تجهیز در سال y ام برحسب کیلووات ساعت است.

هزینه جایگزینی: هزینه جایگزینی زمانی در نظر گرفته می‌شود که طول دوره مورد مطالعه (طول دوره بهره‌برداری) از طول عمر تجهیز بیشتر باشد. با توجه به طول عمر دستگاه و نرخ تورم، برای تبدیل ارزش پولی که در آینده باید برای قطعه مورد نظر هزینه شود از رابطه (۱۲) استفاده می‌شود.

$$C_R = C_I \times (1+i)^{LD} \qquad if \qquad LD < LP \tag{۱۲}$$

در این رابطه، C_R هزینه جایگزینی تجهیز مورد نظر بوده و C_I نیز هزینه اولیه برای خرید تجهیز در سال شروع پروژه می‌باشد. پارامتر i نیز نرخ تورم را نشان می‌دهد. LD طول عمر تجهیز مورد نظر بوده که برابر با فاصله سال جایگزینی تجهیز با سال شروع پروژه می‌باشد. همانطور که در این رابطه نیز بیان شده است، هزینه جایگزینی زمانی در شاخص چرخه هزینه عمر محاسبه می‌شود که طول عمر دستگاه (LD) کوچک‌تر از طول دوره مورد مطالعه برای پروژه (LP) باشد.

ارزش باقیمانده: در محاسبه ارزش باقیمانده دستگاه در پایان دوره بهره‌برداری از دو مفهوم لاشه و قراضه می‌توان استفاده کرد. به عبارت دیگر، نباید مقدار ارزش قراضه با ارزش لاشه اشتباه گرفته شود. مقدار ارزش قراضه بر اساس وزن عناصر کاربردی تجهیز مانند آهن و آلومینیوم تخمین زده می‌شود در حالی که ارزش لاشه بر اساس سن دستگاه و ارزش اولیه دستگاه و طول عمر دستگاه محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه ارزش قراضه برای یک نوع تجهیز با توجه به مواد آن تقریبا یکسان می‌باشد، می‌توان آن را در بررسی چرخه هزینه عمر حذف کرد و در حالت کلی، ارزش باقی‌مانده تجهیز را با استفاده از رابطه (۱۳) تخمین زد.

$$P_{RV} = C_I \times \frac{L_D - A_D}{L_D} \tag{۱۳}$$

در این رابطه، P_{RV} ارزش باقیمانده دستگاه در پایان دوره بهره‌برداری را نشان می‌دهد و C_I نیز ارزش اولیه دستگاه در زمان شروع پروژه است. پارامترهای A_D و L_D نیز به ترتیب نشان‌دهنده سن و طول عمر پیش‌بینی شده برای تجهیز هستند. البته باید به این نکته توجه شود که اگر دستگاه مورد نظر در طول دوره بهره‌برداری، جایگزین شده باشد، C_I ارزش دستگاه در زمان تعویض بوده و سن دستگاه (A_D) نیز از زمان جایگزینی محاسبه خواهد شد.

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

رابطه نهایی برای ارزیابی روش چرخه هزینه عمر در تجهیزات اداری: با توجه به روابط معرفی شده برای محاسبه پارامترهای مختلف تجهیزهای اداری، رابطه نهایی برای محاسبه شاخص چرخه هزینه عمر در تجهیزات اداری به صورت رابطه (۱۴) بیان می‌شود.

$$LCC_D = C_I + C_O + C_R - P_{RV} = \left[C_{I\,now} \times (1+i)^{year-1400}\right] + \left[\sum_{y=1}^{LP}\left[\left[\left(\frac{(P_{on} \times T_{on}) + (P_{sleep} \times T_{sleep}) + (P_{off} \times T_{off})}{1000}\right) \times OT_Y\right] \times \left(E_{Cost} \times (1+i)^{y}\right)\right]\right] + \left[C_I \times (1+i)^{LD}\right] - \left[C_I \times \frac{L_D - A_D}{L_D}\right] \quad (۱۴)$$

۵. نتایج شبیه‌سازی روش پیشنهادی و ارزیابی نتایج

در این بخش، با استفاده از کدنویسی کامپیوتری رابطه نهایی بیان شده برای شاخص چرخه هزینه عمر تجهیزات اداری (رابطه (۱۴)) در نرم‌افزار متلب و براساس اطلاعات استخراج شده از بازار ایران در سال ۱۴۰۰ و همچنین ویژگی‌های فنی دستگاه‌ها، شاخص چرخه هزینه عمر برای تکنولوژی‌های مختلف محاسبه شده و با ارزیابی نتایج، مناسب‌ترین نوع تجهیزات اداری انتخاب می‌شود.

با احتساب شرایط متداول ایران، در این پژوهش مدت زمان فعالیت یک ساختمان اداری به مدت ۲۹۰ روز در طول سال و ۸ ساعت در طول هر شبانه‌روز در نظر گرفته شده است. میزان فعالیت تجهیزات اداری در طول شبانه‌روز در چهار حالت کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد در نظر گرفته شده است. طول دوره بهره‌برداری نیز به ۳ صورت کوتاه مدت (۱ سال)، میان مدت (۱۰ سال) و بلند مدت (۲۰ سال) در نظر گرفته شده است. با توجه به استانداردهای جهانی و مطالعات آزمایشگاهی، طول عمر مناسب تجهیزات اداری، ۵ سال در نظر گرفته شده است. نرخ تورم با توجه به گزارش شاخص قیمت مصرف‌کننده به تفکیک استان مرکز آمار ایران (۱۴۰۰) برابر با ۳۶/۴ درصد در نظر گرفته شده است. هزینه انرژی الکتریکی مصرفی نیز برابر با ۸۰۵۰ ریال برای هر کیلووات ساعت (معادل با تعرفه برق صادراتی) است (آمار صنعت برق). در نهایت، پارامترهای استفاده در شبیه‌سازی کامپیوتری در جداول (۱) و (۲) آورده شده‌اند. در جدول (۱)، پارامترهای کلی در نظر گرفته شده

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

بیان شده است در حالیکه قیمت، سرعت و مصرف متوسط انرژی الکتریکی هر کدام از تجهیزات اداری در جدول (۲) آورده شده است. همه مقادیر بیان شده در این جدول با توجه به بررسی تجهیزات اداری مختلف کم‌مصرف موجود در بازار ایران استخراج شده‌اند (آمار صنعت برق) (شرکت آی‌تی بازار) (همانذز[1] و دیگران، ۲۰۲۱)، (سحر[2] و دیگران، ۲۰۱۷)

جدول (۱): پارمترهای کلی استفاده شده در شبیه‌سازی کامپیوتری

پارامتر	واحد	مقدار
سال مورد مطالعه $(year)$	سال	۱۴۰۰
مدت زمان فعالیت ساختمان ادار در طول یک سال (OT_Y)	روز	۲۹۰
مدت زمان فعالیت ساختمان اداری در طول یک شبانه‌روز (OT_d)	ساعت	۸
طول دوره بهره‌برداری (LP)	سال	کوتاه مدت (۱ سال)، میان مدت (۱۰ سال) بلند مدت (۲۰ سال)
طول عمر مفید تجهیزات اداری (LD)	سال	۵
نرخ تورم (i)	درصد	۳۶/۴
هزینه انرژی الکتریکی (E_{Cost})	ریال بر کیلووات ساعت	۸۰۵۰

منبع: آمار صنعت برق، همانذز و دیگران (۲۰۲۱)، سحر و دیگران (۲۰۱۷)

1 Hernandez
2 Sehar

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

جدول ۲. مشخصات فنی و اقتصادی تجهیزات اداری مختلف استفاده شده در شبیه‌سازی کامپیوتری

نوع تجهیز	تکنولوژی تجهیز	مصرف انرژی الکتریکی (وات) در حالت			سرعت دستگاه‌های چاپ و تکثیر ($C_{I_{now}}$) (صفحه در دقیقه)	قیمت خرید (V_D) (ریال)
		فعالیت (P_{on})	استراحت (P_{sleep})	خاموش (P_{off})		
مانیتور	ال‌سی‌دی	۱۲/۷۵	۰/۲۰	۰/۱۵	-	۳۴۰۰۰۰۰۰
	ال‌ای‌دی	۱۱/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۰	-	۲۶۰۰۰۰۰۰
کامپیوتر	کامپیوتر رومیزی	۳۸/۵	۱/۲	۰/۴۵	-	۱۳۵۰۰۰۰۰۰
	لپ‌تاپ	۱۲/۵	۰/۶	۰/۳۰	-	۱۹۵۰۰۰۰۰۰
فکس	حرارتی	۱۱۰	۱/۶	۰/۱۵	۴	۲۰۰۰۰۰۰۰
	کاربنی	۱۳۵	۱/۵	۰/۱۵	۴	۳۵۰۰۰۰۰۰
	لیزری	۵۰۰	۲/۷	۰/۱۵	۸	۷۰۰۰۰۰۰۰
فتوکپی	لیزری	۱۵۰۰	۸۰	۱/۵	۵۰	۱۰۰۰۰۰۰۰۰
پرینتر	لیزری	۳۳۷/۵	۰/۸۵	۰/۱۵	۲۲	۳۲۵۰۰۰۰۰
	جوهرافشان	۱۵/۵	۰/۷۵	۰/۳۰	۶	۳۴۵۰۰۰۰۰
اسکنر	نوری	۲/۵	۱/۴	۰/۱	۷	۲۰۰۰۰۰۰۰
دستگاه چندمنظوره	لیزری	۴۲۰	۲	۰/۲	۲۵	۳۶۵۰۰۰۰۰
	جوهرافشان	۱۵	۰/۹	۰/۲	۵	۳۴۰۰۰۰۰۰

منبع: آمار صنعت برق، شرکت آی‌تی بازار، هماندز و دیگران (۲۰۲۱)، سحر و دیگران (۲۰۱۷)

بعد از وارد کردن مقادیر ذکر شده در نرم افزار متلب و کدنویسی روابط مربوطه جهت محاسبه شاخص چرخه هزینه عمر، مقادیر این شاخص‌ها در ادامه آورده شده و براساس نتایج ذکر شده، مناسب‌ترین تکنولوژی تجهیزات پیشنهاد شده است. با توجه به نتایج حاصل شده، کارایی روش پیشنهادی

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شده است. مقادیر شاخص چرخه هزینه عمر در تکنولوژی‌های مختلف مانیتورها در جدول (۳) ارائه شده است. با توجه به نتایج این جدول، مشاهده می‌شود که در همه حالت‌های بهره‌برداری براساس طول دوره بهره‌برداری و تعداد ساعات فعال بودن مانیتور در طول شبانه‌روز، مانیتورهای ال‌ای‌دی از مقدار شاخص چرخه هزینه عمر کمتری برخوردار هستند. به عنوان مثال، در طول دوره بهره‌برداری بلندمدت (۲۰ سال) و شدت فعالیت متوسط روزانه از مانیتور، مانیتورهای ال‌ای‌دی در حدود ۳۵ میلیون ریال، شاخص چرخه هزینه عمر کمتری نسبت به مانیتورهای ال‌سی‌دی دارد. در سایر حالت‌های بهره‌برداری نیز مانیتورهای ال‌ای‌دی باعث کاهش هزینه‌های ساختمان اداری نسبت به مانیتورهای ال‌سی‌دی براساس نتایج این جدول می‌شوند. در نتیجه، مانیتورهای ال‌ای‌دی در حدود ۲۲ الی ۲۴ درصد نسبت به مانیتورهای ال‌سی‌دی از شاخص چرخه هزینه عمر کمتری در حالت‌های مختلف برخوردار هستند. درنتیجه، مناسب‌ترین نوع مانیتورها برای تجهیز کردن ساختمان اداری، مانیتورهای ال‌ای‌دی هستند.

جدول ۳. مقادیر شاخص چرخه هزینه عمر در تکنولوژی‌های مختلف مانیتورها

طول دوره بهره‌برداری	تکنولوژی مانیتور	مقدار شاخص چرخه هزینه عمر (ریال) براساس شدت فعالیت مانیتور			
		کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
کوتاه مدت	ال‌سی‌دی	۶۸۹۲۶۶۲	۶۹۷۲۵۸۷	۷۰۵۲۵۱۲	۷۱۳۲۴۳۷
	ال‌ای‌دی	۵۲۸۰۵۶۲	۵۳۵۰۹۳۴	۵۴۲۱۳۰۶	۵۴۹۱۶۷۸
میان مدت	ال‌سی‌دی	۸۵۷۹۶۱۴۳	۹۰۴۷۱۲۴۹	۹۵۱۴۶۳۵۵	۹۹۸۲۱۴۶۱
	ال‌ای‌دی	۶۶۱۷۶۳۵۸	۷۰۲۹۲۶۸۶	۷۴۴۰۹۰۱۵	۷۸۵۲۵۳۴۳
بلند مدت	ال‌سی‌دی	۱۴۵۹۳۸۱۷۶۴	۱۵۶۸۲۷۳۰۵۳	۱۶۷۷۱۶۴۳۴۳	۱۷۸۶۰۵۵۶۳۳
	ال‌ای‌دی	۱۱۲۹۲۱۶۸۷۰	۱۲۲۵۰۹۳۲۶۴	۱۳۲۰۹۶۹۶۵۹	۱۴۱۶۸۴۶۰۵۳

منبع: یافته‌های پژوهش

مقادیر شاخص‌های چرخه هزینه عمر انواع کامپیوترها در جدول (۴) بیان شده است. همانطور که قبلا نیز بیان شده بود، مقادیر مانیتور نیز به مقادیر کامپیوتر رومیزی اضافه شده است. با توجه به اینکه مانیتورهای ال‌ای‌دی به عنوان مناسب‌ترین مانیتور انتخاب شدند، مقادیر این نوع مانیتورها به مقادیر پایه کامپیوتر رومیزی اضافه شده است. با توجه به ارزیابی نتایج، مشاهده می‌شود که در همه حالت‌های

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

بهره‌برداری براساس طول دوره بهره‌برداری و تعداد ساعات فعال بودن کامپیوتر در طول شبانه‌روز، کامپیوترهای رومیزی در حدود ۱۳ الی ۱۷ درصد نسبت به لپ‌تاپ‌ها از مقدار شاخص چرخه هزینه عمر کمتری برخوردار هستند. به عنوان مثال، در طول دوره بهره‌برداری میان مدت (۱۰ سال)، در شدت فعالیت‌های کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد روزانه از کامپیوترها، ساختمان اداری با استفاده از کامپیوتر رومیزی به ترتیب در حدود ۶/۵، ۵/۲، ۳/۸ و ۲/۴ میلیون ریال هزینه کمتری نسبت به حالت استفاده از لپ‌تاپ متحمل خواهد شد. درنتیجه، مناسب‌ترین نوع کامپیوترها برای تجهیز کردن ساختمان اداری، کامپیوترهای رومیزی می‌باشند.

جدول ۴. مقادیر شاخص چرخه هزینه عمر در تکنولوژی‌های مختلف کامپیوترها

طول دوره بهره‌برداری	تکنولوژی کامپیوتر	مقدار شاخص چرخه هزینه عمر (ریال) براساس شدت فعالیت کامپیوتر			
		کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
کوتاه مدت	کامپیوتر رومیزی	۳۲۵۷۱۶۰۳	۳۲۸۷۹۵۲۱	۳۳۱۸۷۴۳۸	۳۳۴۹۵۳۵۶
	لپ‌تاپ	۳۹۱۰۶۳۵۴	۳۹۱۸۲۱۴۰	۳۹۲۵۷۹۲۵	۳۹۳۳۳۷۱۰
میان مدت	کامپیوتر رومیزی	۴۰۲۳۴۰۴۹	۴۲۰۳۵۱۷۱۴	۴۳۸۳۶۲۹۷۹	۴۵۶۳۷۴۲۴۴
	لپ‌تاپ	۴۶۷۲۱۰۵۷	۴۷۱۶۳۴۰۲۶	۴۷۶۰۶۶۹۹۵	۴۸۰۴۹۹۹۶۵
بلند مدت	کامپیوتر رومیزی	۶۸۱۹۰۷۶۵۴۴	۷۲۳۸۵۸۹۹۹۸	۷۶۵۸۱۰۳۴۵۳	۸۰۷۷۶۱۶۹۰۸
	لپ‌تاپ	۷۷۹۰۸۳۳۵۶۸	۷۸۹۴۰۸۵۰۷۰	۷۹۹۷۳۳۶۵۷۱	۸۱۰۰۵۸۸۰۷۳

منبع: یافته‌های پژوهش

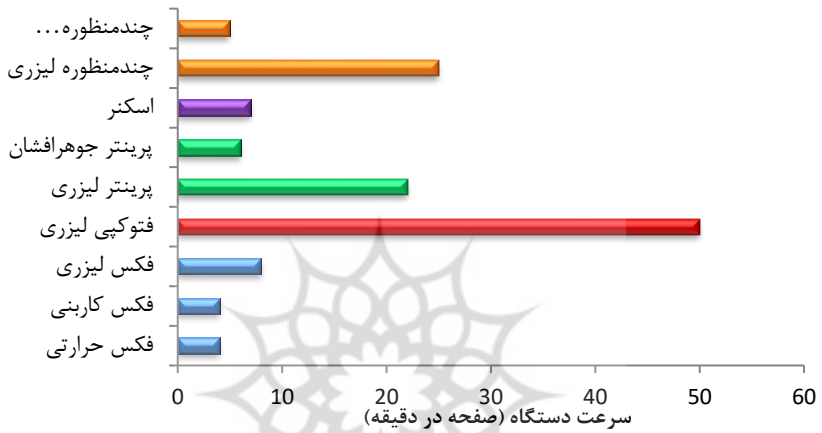
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

تجهیزات چاپ و تکثیر در دو حالت مورد مقایسه قرار می‌گیرند. ابتدا فرض بر این است که اداره به هر کدام از تجهیزات به صورت جداگانه نیازمند است. در نتیجه در حالت اول، تکنولوژی‌های مختلف دستگاه‌ها به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و بهترین تکنولوژی هر کدام از تجهیزات چاپ و تکثیر انتخاب می‌شود. در حالت دوم، این مسئله مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که ترکیبی از تجهیزات مختلف بهینه‌تر می‌باشد یا اینکه بهتر است از یک دستگاه چندمنظوره در ساختمان اداری استفاده شود.

اگرچه در مدل‌سازی شاخص چرخه هزینه عمر، سرعت دستگاه‌ها نیز مورد نظر قرار گرفته شده است، اما ابتدا دستگاه‌ها براساس سرعت‌شان نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. سرعت تکنولوژی‌های مختلف در شکل (۳) نشان داده شده است. همانطور که در این شکل نیز قابل مشاهده می‌باشد، تجهیزات

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

لیزری از سرعت بالاتری نسبت به سایر تکنولوژی‌ها برخوردار هستند. در نتیجه، اگر سرعت دستگاه ملاک انتخاب تجهیزات باشد، فکس لیزری، فتوکپی لیزری، پرینتر لیزری، اسکنر و دستگاه چندمنظوره لیزری مناسب‌ترین گزینه‌ها برای تجهیز کردن ساختمان اداری هستند.



شکل ۳. سرعت دستگاه‌های مختلف چاپ و تکثیر (منبع: شرکت آی‌تی بازار)

در جدول (۵)، مقادیر شاخص چرخه هزینه عمر تکنولوژی‌های مختلف تجهیزات چاپ و تکثیر آورده شده است. در این جدول، تکنولوژی‌های مختلف دستگاه‌های فکس، فتوکپی، پرینتر، اسکنر و چندمنظوره در حالت‌های مختلف بهره‌برداری (طول دوره و شدت استفاده) براساس شاخص چرخه هزینه عمر مورد مقایسه قرار گرفته شده است. دستگاه‌های فکس دارای سه تکنولوژی حرارتی، کاربنی و لیزری هستند. با توجه به نتایج، فکس‌های حرارتی مقدار شاخص چرخه هزینه عمر کمتری دارند و باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی و هزینه‌های ساختمان اداری می‌شوند. با استفاده از فکس‌های حرارتی، میزان هزینه‌های اداره براساس شاخص چرخه هزینه عمر در حدود ۷۰ درصد نسبت به فکس‌های لیزری و ۴۰ درصد نسبت به فکس‌های کاربنی کاهش پیدا می‌کند. البته اگر از فکس‌های کاربنی نیز استفاده شود، هزینه‌های اداره براساس شاخص چرخه هزینه عمر در حدود ۴۹ درصد نسبت به فکس‌های لیزری کاهش پیدا می‌کند. از دید مصرف و هزینه دستگاه‌های پرینتر مشاهده می‌شود که در حالاتی که تعداد صفحات

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

پرینت شده در طول شبانه‌روز کم و متوسط می‌باشد، دستگاه پرینتر لیزری مناسب‌ترین گزینه می‌باشد ولی هرچقدر تعداد صفحات پرینت شده در طول شبانه‌روز بیشتر می‌شود، استفاده کردن از دستگاه‌های پرینتر جوهرافشان از دید شاخص چرخه هزینه عمر مناسب‌تر است. دستگاه‌های فتوکپی و اسکن با توجه به اینکه دارای تکنولوژی یکسانی هستند، فقط به جهت آگاهی از مقدار شاخص چرخه هزینه عمر مورد بررسی قرار گرفته شدند و نتایج شاخص چرخه هزینه عمر آنها در انتخاب نوع تکنولوژی دستگاه‌های فتوکپی و اسکن تاثیرگذار نیستند.

دستگاه‌های چندمنظوره که قابلیت فکس، کپی، پرینت و اسکن را دارا می‌باشند نیز مورد ارزیابی قرار گرفته شدند. با توجه به نتایج جدول (۵)، مشاهده می‌شود که با استفاده از دستگاه‌های چندمنظوره جوهرافشان، میزان هزینه‌های اداره براساس شاخص چرخه هزینه عمر در حدود ۱۵ الی ۲۶ درصد در حالت‌های مختلف بهره‌برداری نسبت به دستگاه‌های لیزری کاهش پیدا می‌کند. به عنوان مثال، در طول یک سال (دوره بهره‌برداری کوتاه‌مدت)، هزینه‌های ساختمان اداری با استفاده از دستگاه چندمنظوره جوهرافشان در حدود ۱ الی ۲ میلیون ریال نسبت به حالت استفاده از دستگاه لیزری در شدت فعالیت‌های مختلف کاهش می‌یابد.

درنتیجه، با توجه به شاخص چرخه هزینه عمر، فکس حرارتی، فتوکپی لیزری، پرینتر لیزری (در میزان فعالیت کم و متوسط) یا پرینتر جوهرافشان (در میزان فعالیت زیاد و خیلی زیاد)، اسکنر و دستگاه چندمنظوره جوهرافشان مناسب‌ترین نوع دستگاه‌های چاپ و تکثیر برای تجهیز کردن ساختمان اداری به منظور کاهش انرژی مصرفی و قبض برق ساختمان اداری هستند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

جدول ۵. مقادیر شاخص چرخه هزینه عمر در تکنولوژی‌های مختلف تجهیزات چاپ و تکثیر

طول دوره بهره‌برداری	تجهیز و تکنولوژی آن	مقدار شاخص چرخه هزینه عمر (ریال) براساس شدت فعالیت			
		کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
کوتاه مدت	فکس حرارتی	۴۱۲۰۳۱۲	۴۱۹۲۲۲۳	۴۷۶۷۵۱۲	۵۴۸۶۶۲۴
	فکس کاربنی	۷۱۳۴۴۱۵	۷۲۲۲۹۷۸	۷۹۳۱۴۷۵	۸۸۱۷۰۹۷
	فکس لیزری	۱۴۲۴۱۳۷۳	۱۴۴۰۶۳۲۵	۱۵۷۲۵۹۳۴	۱۷۳۷۵۴۴۶
	فتوکپی لیزری	۲۲۱۸۹۷۰۸	۲۲۲۶۵۰۶۹	۲۲۸۶۷۹۵۵	۲۳۶۲۱۵۶۳
	پرینتر لیزری	۶۵۶۹۹۰۰	۶۶۱۰۵۰۶	۶۹۳۵۳۴۸	۷۳۴۱۴۰۲
	پرینتر جوهرافشان	۶۹۴۰۹۱۳	۶۹۴۷۴۳۷	۶۹۹۹۶۲۳	۷۰۶۴۸۵۶
	اسکنر	۴۰۴۱۱۷۵	۴۰۴۱۵۹۲	۴۰۴۴۹۲۸	۴۰۴۹۰۹۸
	چندمنظوره لیزری	۷۴۰۵۵۰۵	۷۴۴۹۸۷۲	۷۸۰۴۸۱۱	۸۲۴۸۴۸۴
	چندمنظوره جوهرافشان	۶۳۴۰۵۹۹	۶۳۴۸۰۸۲	۶۴۰۷۹۴۶	۶۴۸۲۷۷۶
میان مدت	فکس حرارتی	۵۴۳۱۷۴۹۴	۵۸۵۲۳۸۴۷	۹۲۱۷۴۶۷۷	۱۳۴۲۳۸۲۱۳
	فکس کاربنی	۹۰۶۰۲۴۶۷	۹۵۷۸۲۸۰۱	۱۳۷۲۲۵۴۷۳	۱۸۹۰۲۸۸۱۴
	فکس لیزری	۱۷۹۵۹۸۸۳۶	۱۸۹۲۴۷۴۵۰	۲۶۶۴۳۶۳۶۹	۳۶۲۹۲۲۵۱۶
	فتوکپی لیزری	۳۶۴۴۸۴۲۴۵	۳۶۸۸۹۲۳۸۰	۴۰۴۱۵۷۴۵۶	۴۴۸۲۳۸۸۰۱
	پرینتر لیزری	۸۰۹۱۸۷۴۲	۸۳۲۹۳۹۰۰	۱۰۲۲۹۵۱۶۱	۱۲۶۰۴۶۷۳۷
	پرینتر جوهرافشان	۸۳۹۵۱۱۷۲	۸۴۳۳۲۷۴۵	۸۷۳۸۵۳۲۶	۹۱۲۰۱۰۵۳
	اسکنر	۴۹۶۸۸۵۰۹	۴۹۷۱۲۹۰۰	۴۹۹۰۸۰۲۹	۵۰۱۵۱۹۴۰
	چندمنظوره لیزری	۹۲۴۵۷۳۸۸	۹۵۰۵۲۶۰۰	۱۱۵۸۱۴۲۹۲	۱۴۱۷۶۶۴۰۸

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

طول دوره بهره‌برداری	تجهیز و تکنولوژی آن	مقدار شاخص چرخه هزینه عمر (ریال) براساس شدت فعالیت			
		کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
	چندمنظوره جوهرافشان	۷۶۸۴۰۸۰۵	۷۷۲۷۸۵۱۴	۸۰۷۸۰۱۸۷	۸۵۱۵۷۲۷۸
بلند مدت	فکس حرارتی	۹۴۸۱۱۳۷۷۵	۱۰۴۶۰۸۷۰۱۳	۱۸۲۹۸۷۲۹۲۳	۲۸۰۹۶۰۵۳۱۰
	فکس کاربنی	۱۵۵۵۴۷۷۶۲۱	۱۶۷۶۱۳۶۵۴۵	۲۶۴۱۴۰۷۹۳۸	۳۸۴۷۹۹۷۱۷۹
	فکس لیزری	۳۰۷۳۵۴۶۴۵۷	۳۲۹۸۲۷۹۳۵۲	۵۰۹۶۱۴۲۵۱۱	۷۳۴۳۴۷۱۴۶۰
	فتوکپی لیزری	۶۹۰۴۲۹۵۱۹۶	۷۰۰۶۹۶۸۲۵۸	۷۸۲۸۳۵۲۷۵۴	۸۸۵۵۰۸۳۳۷۴
	پرینتر لیزری	۱۳۶۹۵۵۶۲۶۶	۱۴۲۴۸۷۷۷۸۷	۱۸۶۷۴۴۹۹۵۵	۲۴۲۰۶۶۵۱۶۵
	پرینتر جوهرافشان	۱۴۰۸۴۸۳۳۴۹	۱۴۱۷۳۷۰۸۳۶	۱۴۸۸۴۷۰۷۲۶	۱۵۷۷۳۴۵۵۸۹
	اسکنر	۸۴۰۲۹۶۷۳۰	۸۴۰۸۶۴۸۴۱	۸۴۵۴۰۹۷۲۵	۸۵۱۰۹۰۸۳۰
	چندمنظوره لیزری	۱۵۷۴۹۰۴۳۶۷	۱۶۳۵۳۵۱۳۲۵	۲۱۱۸۹۲۶۹۸۶	۲۷۲۳۳۹۶۵۶۲
	چندمنظوره جوهرافشان	۱۲۹۰۴۲۵۷۸۵	۱۳۰۰۶۲۰۷۸۶	۱۳۸۲۱۸۰۷۹۶	۱۴۸۴۱۳۰۸۰۸

منبع: یافته‌های پژوهش

بعد از اینکه دستگاه‌های مختلف چاپ براساس تکنولوژی‌هایی که داشتند مورد ارزیابی قرار گرفته شد و مناسب‌ترین آنها با توجه به شاخص چرخه هزینه عمر تعیین گردید، حال به این موضوع پرداخته می‌شود که بهتر است چندین دستگاه تک کاره شامل ۱ دستگاه فکس، ۱ دستگاه فتوکپی، ۱ دستگاه پرینت و ۱ دستگاه اسکن در ساختمان اداری استفاده شود یا اینکه بهتر است ۱ دستگاه چندمنظوره که همه کارهای فکس، فتوکپی، پرینت و اسکن را انجام می‌دهد، مورد استفاده قرار گیرد. برای ارزیابی بهتر شاخص چرخه هزینه عمر در حالات مختلف، ۸ حالت زیر برای تجهیز اداره در نظر گرفته شده است:

حالت اول: ۱ دستگاه فکس حرارتی، ۱ دستگاه فتوکپی لیزری، ۱ دستگاه پرینتر لیزری، ۱ دستگاه اسکنر

حالت دوم: ۱ دستگاه فکس حرارتی، ۱ دستگاه فتوکپی لیزری، ۱ دستگاه پرینتر جوهرافشان، ۱ دستگاه اسکنر

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

حالت سوم: ۱ دستگاه فکس کاربنی، ۱ دستگاه فتوکپی لیزری، ۱ دستگاه پرینتر لیزری، ۱ دستگاه اسکنر

حالت چهارم: ۱ دستگاه فکس کاربنی، ۱ دستگاه فتوکپی لیزری، ۱ دستگاه پرینتر جوهرافشان، ۱ دستگاه اسکنر

حالت پنجم: ۱ دستگاه فکس لیزری، ۱ دستگاه فتوکپی لیزری، ۱ دستگاه پرینتر لیزری، ۱ دستگاه اسکنر

حالت ششم: ۱ دستگاه فکس لیزری، ۱ دستگاه فتوکپی لیزری، ۱ دستگاه پرینتر جوهرافشان، ۱ دستگاه اسکنر

حالت هفتم: ۱ دستگاه چندمنظوره لیزری

حالت هشتم: ۱ دستگاه چندمنظوره جوهرافشان

جدول ۶. مقادیر شاخص چرخه هزینه عمر در ترکیب‌های مختلف دستگاه‌های چاپ و تکثیر

طول دوره بهره‌برداری	نحوه ترکیب دستگاه‌ها	مقدار شاخص چرخه هزینه عمر (ریال) براساس شدت فعالیت			
		کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
کوتاه مدت	حالت اول	۳۶۹۲۱۰۹۶	۳۷۱۰۹۳۹۰	۳۸۶۱۵۷۴۴	۴۰۴۹۸۶۸۶
	حالت دوم	۳۷۲۹۲۱۰۹	۳۷۴۴۶۳۲۱	۳۸۶۸۰۰۱۹	۴۰۲۲۲۱۴۱
	حالت سوم	۳۹۹۳۵۲۰۰	۴۰۱۴۰۱۴۵	۴۱۷۷۹۷۰۷	۴۳۸۲۹۱۵۹
	حالت چهارم	۴۰۳۰۶۲۱۲	۴۰۴۷۷۰۷۶	۴۱۸۴۳۹۸۲	۴۳۵۵۲۶۱۴
	حالت پنجم	۴۷۰۴۲۱۵۷	۴۷۳۲۳۴۹۲	۴۹۵۷۴۱۶۶	۵۲۳۸۷۵۰۹
	حالت ششم	۴۷۴۱۳۱۷۰	۴۷۶۶۰۴۲۳	۴۹۶۳۸۴۴۱	۵۲۱۱۰۹۶۳
	حالت هفتم	۷۵۳۸۶۰۷	۷۷۱۶۰۷۶	۹۱۳۵۸۳۱	۱۰۹۱۰۵۲۴
	حالت هشتم	۶۳۶۳۰۴۸	۶۳۹۲۹۸۰	۶۶۳۲۴۳۷	۶۹۴۳۶۴۵
میان مدت	حالت اول	۵۴۹۴۰۸۹۹۰	۵۶۰۴۲۳۰۲۷	۶۴۸۵۳۵۳۲۲	۷۵۸۶۷۵۶۹۰
	حالت دوم	۵۵۲۴۴۱۴۲۰	۵۶۱۴۶۱۸۷۲	۶۳۳۶۲۵۴۸۷	۷۲۳۸۳۰۰۰۶
	حالت سوم	۵۸۵۶۹۳۹۶۳	۵۹۷۶۸۱۹۸۰	۶۹۳۵۸۶۱۱۹	۸۱۳۴۶۶۲۹۱
	حالت چهارم	۵۸۸۷۲۶۳۹۳	۵۹۸۷۲۰۸۲۵	۶۷۸۶۷۶۲۸۴	۷۷۸۶۲۰۶۰۷
	حالت پنجم	۶۷۴۶۹۰۳۳۲	۶۹۱۱۴۶۶۳۰	۸۲۲۷۹۷۰۱۴	۹۸۷۳۵۹۹۹۳
	حالت ششم	۶۷۷۷۲۲۷۶۲	۶۹۲۱۸۵۴۷۵	۸۰۷۸۸۷۱۷۹	۹۵۲۵۱۴۳۰۹
	حالت هفتم	۱۰۰۲۴۳۰۲۳	۱۱۰۶۲۳۸۶۹	۱۹۳۶۷۰۶۳۹	۲۹۷۴۷۹۱۰۲
	حالت هشتم	۷۸۱۵۳۹۳۲	۷۹۹۰۴۷۶۹	۹۳۹۱۱۴۶۱	۱۱۲۱۱۵۱۹۴

طول دوره بهره‌برداری	نحوه ترکیب دستگاه‌ها	مقدار شاخص چرخه هزینه عمر (ریال) براساس شدت فعالیت			
		کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
بلند مدت	حالت اول	۱۰۰۶۲۲۶۱۹۶۷	۱۰۳۱۸۷۹۷۸۹۹	۱۲۳۷۱۰۸۵۳۵۷	۱۴۹۳۶۴۴۴۶۷۹
	حالت دوم	۱۰۱۰۱۱۸۹۰۵۰	۱۰۳۱۱۲۹۰۹۴۷	۱۱۹۹۲۱۰۶۱۲۷	۱۴۰۹۳۱۲۵۱۰۲
	حالت سوم	۱۰۶۶۹۶۲۵۸۱۴	۱۰۹۴۸۸۴۷۴۳۱	۱۳۱۸۲۶۲۰۳۷۲	۱۵۹۷۴۸۳۶۵۴۷
	حالت چهارم	۱۰۷۰۸۵۵۲۸۹۷	۱۰۹۴۱۳۴۰۴۷۹	۱۲۸۰۳۶۴۱۱۴۲	۱۵۱۳۱۵۱۶۹۷۱
	حالت پنجم	۱۲۱۸۷۶۹۴۶۵۰	۱۲۵۷۰۹۹۰۲۳۸	۱۵۶۳۷۳۵۴۹۴۵	۱۹۴۷۰۳۱۰۸۲۹
	حالت ششم	۱۲۲۲۶۶۲۱۷۳۲	۱۲۵۶۳۴۸۳۲۸۶	۱۵۵۸۳۷۵۷۱۵	۱۸۶۲۶۹۹۱۲۵۲
	حالت هفتم	۱۷۵۶۲۴۵۲۴۰	۱۹۹۸۰۳۳۰۷۰	۳۹۳۲۳۳۵۷۱۴	۶۳۵۰۲۱۴۰۱۹
	حالت هشتم	۱۳۲۱۰۱۰۷۸۸	۱۳۶۱۷۹۰۷۹۳	۱۶۸۸۰۳۰۸۳۳	۲۱۱۲۰۲۷۱۹۶

منبع: یافته‌های پژوهش

مقادیر شاخص چرخه هزینه عمر در انواع حالت‌های تجهیز اداره و در حالت‌های متفاوت بهره‌برداری در جدول (۶) ارائه شده است. با توجه به ارزیابی نتایج، مشاهده می‌شود که در همه حالت‌های بهره‌برداری براساس طول دوره بهره‌برداری و تعداد صفحات استفاده شده از دستگاه‌ها در طول شبانه‌روز، دستگاه‌های چندمنظوره از میزان شاخص چرخه هزینه عمر کمتری نسبت به ترکیب دستگاه‌های تک‌کاره برخوردار هستند. با استفاده از دستگاه‌های چندمنظوره، هزینه‌های ساختمان اداری بیش از ۶۰ درصد نسبت به استفاده از چندین دستگاه تک‌کاره کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه، استفاده از یک دستگاه چندمنظوره مناسب‌تر از استفاده از چندین دستگاه تک‌منظوره می‌باشد. با توجه به نتایج، دستگاه چندمنظوره جوهرافشان کمترین شاخص چرخه هزینه عمر را داشته و مناسب‌ترین گزینه برای تجهیز کردن ساختمان اداری است. البته همانطور که قبلا نیز بیان شده است، این انتخاب براساس شاخص چرخه هزینه عمر بوده و انتخاب دستگاه چندکاره جوهرافشان باعث کاهش هزینه‌های ساختمان اداری می‌شود. به عبارت دیگر، اگر سرعت پاسخگویی ملاک قرار گیرد، مناسب‌ترین گزینه، دستگاه چندمنظوره لیزری می‌باشد.

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

۱-۵. روش‌های صرفه‌جویی بیشتر در مصرف انرژی الکتریکی

در ادامه، راه‌هایی برای کاهش بیشتر مصرف انرژی الکتریکی ساختمان اداری پیشنهاد می‌شوند. در بخش‌های قبلی، مناسب‌ترین تکنولوژی تجهیزات مختلف اداری با ارزیابی شاخص چرخه هزینه عمر پیشنهاد گردید. اکثر تجهیزات اداری امروزی دارای سیستم کنترل اتوماتیکی هستند. این سیستم کنترلی باعث می‌شود که حالت دستگاه پس از گذشت زمانی مشخص به حالت استراحت یا خاموش تبدیل شده و در نتیجه انرژی مصرفی دستگاه کاهش یابد. با توجه به اینکه تجهیزات اداری در حالات استراحت و خاموش نیز تا حدودی انرژی الکتریکی مصرف می‌نمایند، در این بخش دو روش زیر برای کاهش هر چه بیشتر انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه‌ها پیشنهاد شده است:

۱. از برق کشیدن تجهیز اداری در ساعات تعطیلی اداره در طول هفته و همچنین روزهای تعطیل

۲. خاموش کردن دستگاه در زمان‌های بلااستفاده در طول ساعات کاری اداره

در ادامه، میزان کارایی هر کدام از روش‌های فوق با محاسبات عددی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

از برق کشیدن دستگاه در ساعات تعطیلی اداره: اکثر تجهیزات اداری پس از ساعات فعالیت اداره در حالت خاموش و متصل به شبکه برق قرار دارند. همانطور که در بخش‌های قبلی نیز بیان شد، تجهیزات اداری حتی در حالت خاموش نیز تا حدودی انرژی الکتریکی مصرف می‌نمایند. در جدول (۲)، انرژی مصرفی متوسط تجهیزات اداری مختلف در حالت خاموشی قابل مشاهده است.

اگر انرژی مصرفی تجهیزات اداری در حالت خاموش بر تعداد ساعات تعطیلی اداره در روزهای کاری در طول هفته و همچنین ۲۴ ساعت تعطیلی در روزهای آخر هفته و تعطیل ضرب شود، مشاهده می‌شود که مقدار قابل توجهی انرژی الکتریکی در حالتی که دستگاه‌ها هیچ فعالیتی ندارند، مصرف می‌شود. میزان انرژی مصرفی تجهیزات اداری در حالت خاموش در ساعات تعطیلی اداره در روزهای کاری با احتساب ۸ ساعت فعالیت اداره در هر روز و همچنین انرژی مصرفی در روزهای تعطیل در جدول (۷) آورده شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، اگر تجهیزات اداری در ساعاتی که فعالیتی در اداره انجام نمی‌شود (ساعات تعطیلی اداره در طول هفته و روزهای آخر هفته)، سیستم برق‌رسانی آنها قطع شود، مقدار قابل توجهی در مصرف انرژی الکتریکی ساختمان اداری در طول شبانه‌روز، ماه و سال صرفه‌جویی خواهد شد. این میزان کاهش در طول سال در مانیتورها و کامپیوترها به ترتیب در حدود ۱ و ۳ کیلووات ساعت می‌باشد. در تجهیزات چاپ و تکثیر نیز در حدود ۱ الی ۱۰ کیلووات ساعت با توجه به نوع دستگاه با خاموش

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

کردن تجهیز در ساعات تعطیلی اداره صرفه جویی در مصرف انرژی اتفاق می‌افتد. البته لازم به ذکر است، که مقادیر انرژی مصرف شده در این جدول، برای یک تجهیز می‌باشد. به عبارت دیگر، یک ساختمان اداری تعداد زیادی از هر کدام تجهیزات اداری ذکر شده را در بر می‌گیرد. در نتیجه، مجموع انرژی مصرفی همه تجهیزات اداری در ساعات تعطیلی اداره مقدار قابل توجهی خواهد بود.

جدول ۷. میزان انرژی مصرفی تجهیزات اداری در ساعات تعطیلی اداره

نوع تجهیز اداری	تکنولوژی تجهیز	انرژی مصرفی تجهیز اداری در حالت خاموش (kWh)		
		در طول ساعات تعطیلی اداری در یک روز کاری (۱۶ ساعت)	در طول یک روز تعطیل (۲۴ ساعت)	در طول سال
مانیتور	ال‌سی‌دی	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۳۶	۰/۹۶۶۰
	ال‌ای‌دی	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۲۴	۰/۶۴۴۰
کامپیوتر	کامپیوتر رومیزی	۰/۰۰۷۲	۰/۰۱۰۸	۲/۸۹۸۰
	لپ‌تاپ	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۷۲	۱/۹۳۲۰
فکس	حرارتی	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۳۶	۰/۹۶۶۰
	کاربنی	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۳۶	۰/۹۶۶۰
	لیزری	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۳۶	۰/۹۶۶۰
فتوکپی	لیزری	۰/۰۲۴۰	۰/۰۳۶۰	۹/۶۶۰۰
پرینتر	لیزری	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۳۶	۰/۹۶۶۰
	جوهرافشان	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۷۲	۱/۹۳۲۰
اسکنر	اسکنر نوری	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۲۴	۰/۶۴۴۰
دستگاه چندمنظوره	لیزری	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۴۸	۱/۲۸۸۰
	جوهرافشان	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۴۸	۱/۲۸۸۰

منبع: یافته‌های پژوهش

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

جدول ۸. میزان کاهش انرژی مصرفی تجهیزات اداری با تغییر حالت از استراحت به خاموشی

نوع تجهیز اداری	تکنولوژی تجهیز	میزان کاهش مصرف انرژی دستگاه با تغییر حالت دستگاه از استراحت به خاموش (خاموش کردن دستگاه به جای حالت استراحت)	
		وات ساعت	درصد
مانیتور	ال‌سی‌دی	۰/۰۵۰۰۰	۲۵/۰۰
	ال‌ای‌دی	۰/۱۰۰۰۰	۵۰/۰۰
کامپیوتر	کامپیوتر رومیزی	۰/۷۵۰۰۰	۶۲/۵۰
	لپ تاپ	۰/۳۰۰۰۰	۵۰/۰۰
فکس	حرارتی	۱/۴۵۰۰۰	۹۰/۶۳
	کاربنی	۱/۳۵۰۰۰	۹۰/۰۰
	لیزری	۲/۵۵۰۰۰	۹۴/۴۵
فتوکپی	لیزری	۷۸/۵۰۰۰	۹۸/۱۳
پرینتر	لیزری	۰/۷۰۰۰۰	۸۲/۳۵
	جوهرافشان	۰/۴۵۰۰۰	۶۰/۰۰
اسکنر	اسکنر نوری	۱/۳۰۰۰۰	۹۲/۸۶
دستگاه چندمنظوره	لیزری	۱/۸۰۰۰۰	۹۰/۰۰
	جوهرافشان	۰/۷۰۰۰۰	۷۷/۷۸

منبع: یافته‌های پژوهش

خاموش کردن دستگاه در ساعات بلااستفاده در طول ساعات کاری اداره: اکثر تجهیزات اداری معمولا اول صبح در شروع فعالیت اداره روشن شده و در پایان فعالیت اداره خاموش می‌شوند. از طرف دیگر، نه تنها در همه ساعات فعالیت اداره، بلکه گاهی اوقات در زمان‌های بسیار محدودی، تجهیزات اداری مورد استفاده کارمندان قرار می‌گیرند. در ساعات بلااستفاده، تجهیزات اداری معمولا در حالت استراحت قرار دارند. در این بخش، پیشنهاد می‌شود که تجهیزات اداری در صورت امکان به جای قرار گرفتن در حالت استراحت، به صورت کامل خاموش شوند. انرژی مصرفی تجهیزات اداری مختلف در

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

۲حالت استراحت و خاموش در جدول (۲) قابل مشاهده است. در جدول (۸) میزان انرژی الکتریکی کاهش یافته با تغییر حالت تجهیز اداری از حالت استراحت به خاموشی محاسبه شده است.

همانطور که در جدول (۸) مشاهده می‌شود، میزان انرژی مصرفی تجهیزات اداری در حالت استراحت چندبرابر حالت خاموشی است. در نتیجه، با خاموش کردن دستگاه در مدت زمان‌های طولانی که از دستگاه استفاده نمی‌شود، می‌توان میزان انرژی مصرفی تجهیز اداری را کاهش داد. با توجه به نتایج حاصل شده، با خاموش کردن تجهیزات اداری در زمان‌هایی که بلااستفاده هستند، می‌توان در تجهیزات اداری مختلف در حدود ۲۵ الی ۹۸ درصد انرژی مصرفی آنها را کاهش داد. بیشترین مقدار کاهش انرژی مصرفی در دستگاه‌های فتوکپی لیزری اتفاق می‌افتد چون‌که توان مصرفی این دستگاه‌ها در حالت استراحت ۸۰ وات بوده در حالیکه در حالت خاموش، فقط ۱/۵ وات توان الکتریکی مصرف می‌نمایند.

٦. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله، تجهیزات اداری با توجه به شاخص چرخه مورد ارزیابی قرار گرفته شدند. به عبارت دیگر، تکنولوژی‌های مختلف تجهیزات پس از کدنویسی رابطه شاخص چرخه هزینه عمر در نرم‌افزار متلب، با استفاده از اطلاعات استخراج شده از بازار ایران در سال ۱۴۰۰ و همچنین ویژگی‌های تکنولوژی‌های مختلف، شاخص چرخه هزینه عمر برای تکنولوژی‌های مختلف محاسبه شده و با ارزیابی نتایج، مناسب‌ترین نوع تجهیزات اداری برای تجهیز کردن ساختمان اداری به منظور کاهش انرژی مصرفی سیستم الکتریکی پیشنهاد شدند. نتایج نشان‌دهنده این موضوع هستند که با انتخاب مناسب تجهیزات اداری می‌توان میزان انرژی مصرفی ساختمان را به مقدار قابل توجهی کاهش داد. مانیتورهای ال‌ای‌دی در حدود ۲۳ درصد مصرف انرژی پایین‌تری نسبت به مانیتورها ال‌سی‌دی دارند. با استفاده از کامپیوترهای رومیزی نیز در حدود ۱۵ درصد هزینه‌های قبض برق ساختمان اداری نسبت به استفاده از لپ‌تاپ‌ها کاهش پیدا می‌کند. در تجهیزات چاپ و تکثیر، دستگاه‌های چندمنظوره از بازدهی بالاتری نسبت به ترکیبی از دستگاه‌های تک‌منظوره برخوردار هستند به نحوی‌که شاخص چرخه هزینه عمر را در حدود ۷۰ درصد کاهش می‌دهند. از طرف دیگر، تجهیزاتی که دارای سرعت عملکرد بالاتری هستند، از دید مصرف انرژی الکتریکی، کارایی مناسبی نداشته و انرژی زیادی مصرف می‌کنند. به عبارت دیگر، اگرچه تکنولوژی‌های لیزری دارای سرعت ۴ برابری نسبت به تکنولوژی‌های جوهرافشان هستند، مصرف انرژی

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

الکتریکی آنها نیز در زمان فعالیت تقریبا ۲۵ برابر تکنولوژی‌های جوهرافشان است. به منظور کاهش بیشتر انرژی مصرفی تجهیزات اداری ساختمان بهتر است که دستگاه‌ها بعد از ساعات اداری از برق کشیده شوند و همچنین در طول ساعات اداری نیز اگر بلااستفاده هستند، حداقل به جای قرار دادن در حالت استراحت، به صورت کامل خاموش شوند. در نهایت می‌توان بیان کرد که انتخاب و بهره‌بردای مناسب از تجهیزات اداری در تبدیل شدن ساختمان اداری به یک ساختمان با مصرف انرژی پایین نقش بسزایی ایفا می‌کنند.

با توجه به مطالعات انجام گرفته در طول انجام این پژوهش، پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی، نحوه تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز ساختمان‌های اداری با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر همچون پنل‌های فتوولتائیک مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌گردد تاثیر سیستم‌های مدیریت انرژی بر نحوه بهره‌برداری از تجهیزات اداری و بر روی میزان مصرف ساختمان‌های اداری مورد مطالعه قرار گرفته شود.

منابع

استاندارد ملی ایران، (۱۳۹۰)، "ساختمان‌های مسکونی- تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی (ISIRI 14253)"، سازمان ملی استاندارد ایران، چاپ اول.

استاندارد ملی ایران، (۱۳۹۰)، "ساختمان‌های غیرمسکونی- تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی (ISIRI 14254)"، سازمان ملی استاندارد ایران، چاپ اول.

مرکز آمار ایران، (۱۴۰۰)، "گزارش شاخص قیمت مصرف‌کننده به تفکیک استان".

مقررات ملی ساختمان ایران، (۱۳۸۹)، "مبحث نوزدهم- صرفه‌جویی در مصرف انرژی"، وزارت مسکن و شهرسازی- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ویرایش سوم.

انجمن مهندسین گرمایشی، برودتی و تهویه مطبوع آمریکا، https://www.ashrae.org

سازمان طراحی انرژی و محیط زیست، https://leed.usgbc.org

آمار صنعت برق، https://amar.tavanir.org.ir

شرکت آی‌تی بازار، https://www.itbazar.com

Al-Saad. S, Shaaban. A, (2019), "Zero energy building (ZEB) in a cooling dominated climate of Oman: Design and energy performance analysis", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 112: 299-316.

ASHRAE Committees, (2019), "Advanced energy design guide for small to medium office buildings, achieving zero energy", ASHRAE-The American Institute

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

of Architects Illuminating Engineering Society-U.S. Green Building Council-U.S. Department of Energy.

Blücher. M, (2018), "Defining the nearly zero energy building - passive house and renewables", Passive House Institute.

Chakraborty. A, Pfaelzer. A, (2011), "An overview of standby power management in electrical and electronic power devices and appliances to improve the overall energy efficiency in creating a green world", Journal of Renewable and Sustainable Energy, 3: 023112.

Cortese. A, Higgins. C, (2014), "Getting to zero status update", New Buildings Institute.

Dandridge. C, Roturier. J, Norford. L, (1994), "Energy policies for energy efficiency in office equipment", Energy Policy, 22: 735-747.

Feng. W et al., (2019), "A review of net zero energy buildings in hot and humid climates: Experience learned from 34 case study buildings", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 114.

Ghaderian. M, Veysi. F, (2021), "Multi-objective optimization of energy efficiency and thermal comfort in an existing office building using NSGA-II with fitness approximation: A case study", Journal of Building Engineering, 41: 102440.

Göknur. S, Kalfa. S, (2021), "The effects of shading devices on office building energy performance in Mediterranean climate regions", Journal of Building Engineering, 44: 102653.

Gunay. H, O'Brien. W, Morrison. I, Gilani. G, (2016), "Modeling plug-in equipment load patterns in private office spaces", Energy and Buildings, 121: 234-249.

Harkouss. F, Fardoun. F, Biwole. P, (2019), "Optimal design of renewable energy solution sets for net zero energy buildings", Energy, 179: 1155-75.

Hernandez. D et al., (2021), "A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis", Journal of Building Engineering, 33: 101692.

Ilbeigi. M, Ghomeishi. M, Dehghanbanadaki. A, (2021), "Prediction and optimization of energy consumption in an office building using artificial neural network and a genetic algorithm", Sustainable Cities and Society, 61: 102325.

Jalaei. F, HamediRad M., ShirzadiJavid A., (2020), "BIM-based approach for Estimating life cycle costs of building in conceptual design phase using Iran's national price list", Amirkabir Journal of Civil Engineering, 52: 1-22.

Kawamoto. K et al., (2002), "Electricity used by office equipment and network equipment in the US", Energy, 27: 255-69.

Kawamoto. K, Shimoda. Y, Mizuno. M, (2004), "Energy saving potential of office equipment power management", Energy and buildings, 36: 915-23.

Lee. D, Cheng. C, (2016), "Energy savings by energy management systems: A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 56: 760-77.

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

Li. H, Wang. S, (2020), "Model-based multi-objective predictive scheduling and real-time optimal control of energy systems in zero/low energy buildings using a game theory approach", Automation in Construction, 113: 103139.

Lu. Y et al., (2019), "Design of a reward-penalty cost for the promotion of net-zero energy buildings", Energy, 180: 36-49.

Menezes. A et al., (2014), "Estimating the energy consumption and power demand of small power equipment in office buildings", Energy and Buildings, 75: 199-209.

Moschetti. R, Bratteb. H, Sparrevik. M, (2019), "Exploring the pathway from zero-energy to zero emission building solutions: A case study of Norwegian office building", Energy and Buildings, 188: 84-97.

Nkabinde. S, Okonkwo. J, Olukunle. O, Daso. A, (2018), "Determination of legacy and novel brominated flame retardants in dust from end of life office equipment and furniture from pretoria, south africa", Science of the Total Environment, 622: 275-281.

Nilsson. A, Andersson. K, Bergstad. C, (2015), "Energy behaviors at the office: an intervention study on the use of equipment", Applied Energy, 146: 434-41.

Peterson. K, Torcellini. P. Grant. R, (2015), "A common definition for zero energy buildings", U.S. Department of Energy and the National Institute of Building Sciences.

Sehar. F, Pipattanasomporn. M, Rahman. S, (2017), "Integrated automation for optimal demand management in commercial buildings considering occupant comfort", Sustainable Cities and Society, 28: 16-29.

Shaikh. P et al., (2014), "A review on optimized control systems for building energy and comfort management of smart sustainable buildings", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 34: 409-29.

Song. Q et al., (2016), "Measuring the generation and management status of waste office equipment in china: a case study of waste printers", Journal of Cleaner Production, 112: 4461-68.

Talaei. M et al., (2021), "Multi-objective optimization of building-integrated microalgae photobioreactors for energy and daylighting performance", Journal of Building Engineering, In press: 102832.

Temple-Bird. C, Kawohl. W, Lenel. A, Kaur. M, (2015), "How to Plan and Budget for your Healthcare Technology", Healthcare Technology Management Consultant, Ziken International Consultants Ltd, UK.

Yang. X, Zhang. S, Xu. W, (2019), "Impact of zero energy buildings on medium-to-long term building energy consumption in China", Energy Policy, 129: 574-586.

Wang. Z, Ding. Y, (2015), "An occupant-based energy consumption prediction model for office equipment", Energy and Buildings, 109: 12-22.

Webber. C et al., (2006), "After-hours power status of office equipment in the USA", Energy, 31: 2823-38.