



بررسی روش‌های مختلف کنترل هوشمند بیمارستان

جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی

حامد رشیدی اقدم^{۱*}، لیلا یارمحمدی^۲، سیدحسین ملکوتی^۳

۱. کارشناس ارشد، مهندسی برق الکترونیک، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران
 ۲. کارشناس ارشد، مهندسی برق قدرت، سازمان مجری ساختمانها و تاسیسات دولتی و عمومی، تهران
 ۳. کارشناس ارشد، مهندسی مکاترونیک، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران
- * تهران، صندوق پستی ۱۶۹۶-۱۳۱۴۵، h.rashidi@bhrc.ac.ir

چکیده

در این مقاله، به بررسی روشهای مختلف کنترل هوشمند بیمارستانها پرداخته و با استفاده از شبیه‌سازی یک بیمارستان به طور نمونه، روشی بهینه جهت هوشمندسازی آن ارائه شده است. هدف از انجام دادن این مقاله، بررسی فضاهای مختلف بیمارستانی از منظر نیازمندی به کنترل هوشمند و شناسایی روشها، تجهیزات و پروتکل‌های مناسب مانیتورینگ و هوشمندسازی مطابق با استاندارد EN 15232 است. با توجه به نقش حیاتی فاکتورهایی چون دقت، سرعت و اطمینان در حوزه درمانی و همچنین با توجه به آسیب‌پذیری سیستم بهداشتی و درمانی از خطاهای انسانی، مدیریت هوشمند و اتوماسیون این مراکز در تامین امنیت و آسایش بیماران، استفاده از نور طبیعی در فضاهای درمانی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کنترل مناسب دما، رطوبت و کیفیت هوا، نقش داشته و مدیریت اموال، پرسنل، بیماران و تجهیزات را در قالب یک سیستم یکپارچه در بر می‌گیرد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که حدود ۲۰ درصد مصرف انرژی کاهش یافته که تاثیرات قابل توجهی در کاهش هزینه‌های تاسیساتی جاری و آتی بیمارستان دارد.

کلیدواژگان

کنترل هوشمند ساختمان، اتوماسیون، مانیتورینگ، بهینه‌سازی مصرف انرژی

Studying Variety of Intelligent Control System Techniques in Hospitals for Optimization of Energy Consumption

Hamed Rashidi Aghdam^{1*}, Leila Yarmohammadi², Hosein Malakooti³

1. Department of Electrical Engineering, Road, Housing, and Urban Development Research Center, Tehran, Iran
 2. Commissioning organization for state & public Building Installation, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
 3. Department of Electrical Engineering, Road, Housing, and Urban Development Research Center, Tehran, Iran
- * P.O. Box. 13145-1696, Tehran, Iran, h.rashidi@bhrc.ac.ir

Abstract

In this paper, we studied a variety of intelligent control systems in hospitals and typically simulated a hospital to choose an optimum method. The purpose of this paper is research on variety of hospital areas which need intelligent control system and identifying method, equipment and proper protocols for monitoring and being intelligent based on EN 15232 Standard. According to the vital roles of factors such as accuracy, fast and reliability of Therapeutic area and according to Vulnerable Therapeutic system to human fault that intelligent management and automation of this places has important roles for supplying security and relaxing patient, use of natural light in this areas, to economize on energy consumption and proper control of temperature, humidity and quality of air, also this system manage to money, staff, patient and equipment. The results of simulation show that consumption of energy was reduced about 20 percent which has significant impact on current and future cost of electrical system.

Keywords

building intelligent control, automation, monitoring, optimization of energy consumption

۱- مقدمه

جهت هوشمندسازی بیمارستان پرداخته شده است، که این روش‌ها با توجه به هزینه و اهمیت پروژه می‌توانند متفاوت باشند؛ روش انتخابی بر روی یک بیمارستان نمونه شبیه‌سازی شده و در انتها با نتایج سیستم‌های معمولی تاسیسات آن بیمارستان، مقایسه می‌گردند.

۲- بررسی روش‌های مختلف کنترل هوشمند بیمارستان^۳

به‌طور کلی مدیریت هوشمندانه انرژی، با اهداف بهینه‌سازی مصرف انرژی و به منظور افزایش سطح رفاه، آسایش، زیبایی و دکوراسیون، ایمنی، دسترسی سریع، افزایش عمر مفید تجهیزات و کاهش هزینه نگهداری و تعمیرات آنها و در مجموع در جهت خدمت‌رسانی بهتر صورت می‌پذیرد. در این تحقیق سیستم‌های مختلف الکتریکی و مکانیکی انواع بیمارستانها که توسط سیستم هوشمند، کنترل و مانیتورینگ می‌شوند، مورد بررسی قرار گرفته شده، اما تنها سیستم روشنایی و تهویه مطبوع مباحث مورد ملاحظه در این زمینه هستند.

با توجه به مساحت، محل و نوع بیمارستان می‌توان کنترل هوشمند بیمارستان را در سطوح مختلف، مدیریت کرد. زمینه‌هایی که در بیمارستان‌های با مدیریت هوشمند پیاده می‌شوند، بسیار متنوع‌اند. هر طراح با توجه به تجربه‌ی خود در زمینه کنترل هوشمند به بخشی از سیستم، توجه بیشتری معطوف می‌دارد. از طرف دیگر با توجه به نیاز هر بهره‌بردار که مسایل امنیتی، انرژی، محیط زیست، و ... برایش مهم‌تر باشد، روش کار متفاوت است. براساس تحقیقات انجام شده، مهمترین کاربری‌ها و مواردی که در مدیریت هوشمند بیمارستان‌ها از نظر بهینه‌سازی مصرف انرژی و هزینه‌ی اقتصادی توجیه‌پذیرتر هستند، عبارت‌اند از:

۱) کنترل و تنظیم روشنایی^۴

- روشن و خاموش کردن چراغها^۵
- کنترل میزان روشنایی چراغها^۶ (کاهش یا افزایش نور هر لامپ):
لازمه انجام دادن این کار لامپهای مجهز به بالاست است. با در نظر گرفتن هزینه بسیار بالای این تجهیزات، تنها می‌توان در برخی از فضاها مانند بخش‌های مراقبت‌های ویژه، از آنها استفاده کرد.

- کنترل مرکزی برای سیستم روشنایی
- کنترل زمانی به منظور زمان‌بندی روشن بودن چراغها
- روشن و خاموش کردن چراغها براساس روز و شب
- تشخیص میزان و شدت روشنایی به کمک حسگرها
- روشنایی اضطراری^۷ که روشن کردن تمامی چراغها در وقت اضطراری نظیر زلزله و ... را شامل می‌شود.

۲) کنترل پرده و پشت‌پنجره^۸: این مقوله به دلیل وارداتی بودن این نوع پرده‌ها و موتورهای لازم برای آنها گران تمام شده و مقرون به صرفه نیست.

- کنترل زمان‌بندی شده‌ی پرده‌ها و پشت‌پنجره‌ها

چالش محدودیت منابع انرژی، یکی از مهمترین موضوعات مطرح در دنیا بوده و تامین نیازهای جوامع مدرن تنها با استفاده از منابع انرژی سنتی، امکان‌پذیر نیست [۱]. بر اساس تحقیقات انجام شده در این زمینه، می‌توان دریافت که میزان مصرف انرژی در نیم قرن گذشته به‌طور سرسام‌آوری افزایش یافته است؛ به همین علت کشورهای مصرف‌کننده‌ی انرژی، برای صرفه‌جویی و استفاده بهینه از انرژی‌های موجود و همچنین جایگزینی انرژی‌های جدید، گام برداشته‌اند. در این راستا، مسأله مهم دیگر در این جوامع، دستیابی به حداکثر آرامش، رفاه، و امنیت در محل زندگی و کار با صرف حداقل هزینه می‌باشد.

سیستم‌های کنترل هوشمند ساختمان در حدود سال ۱۹۹۰ میلادی به تدریج و به شکل استاندارد، پا به عرصه ظهور نهادند. علت‌های عمده این امر، افزایش بهای انرژی، افزایش جمعیت و نیاز مبرم به کنترل مصرف انرژی در ساختمان بوده است. تا قبل از قرن جدید میلادی اکثر شرکت‌های مطرح، از پروتکل‌های خاص خود جهت مدیریت هوشمند ساختمان‌ها استفاده می‌کردند، که این امر به دلیل ماهیت محدود پروژه‌های هوشمندسازی در آن برهه‌ی زمانی بوده است. پس از این دوره و به‌وجود آمدن پروتکل‌های فراوان جهت استفاده در ساختمان‌های هوشمند و گسترش هوشمندسازی ساختمان‌ها، جهت سهولت در توسعه‌ی این سیستم، کاهش هزینه‌ها و بالا رفتن راندمان در پروژه‌ها، تصمیم بر آن شد که یک سری استاندارد مشخص جهت مدیریت هوشمند ساختمان ایجاد گردد که حاصل آن چند استاندارد برگزیده به عنوان استانداردهای اصلی بوده است. ی‌کی از استانداردهای موجود در این زمینه، استاندارد اروپایی EN 15232 جهت اتوماسیون، کنترل و مدیریت ساختمانها می‌باشد که در این مقاله از آن استفاده شده است. در این استاندارد روش‌های معینی برای ارزیابی تاثیر سیستم کنترل و اتوماسیون ساختمان^۱ (BACS) و مدیریت فنی ساختمان^۲ (TBM) در میزان انرژی مصرفی ساختمان ارایه شده است و راهنمایی جهت شناسایی یک روش بهینه با تجهیزات کمینه بر اساس میزان پیچیدگی ساختمانها می‌باشد [۲].

هنوز پس از گذشت سال‌ها، استاندارد واحدی در پهنه‌های مختلف جغرافیایی وجود ندارد. برای مثال، استاندارد KNX در اروپا به وفور استفاده می‌شود، در حالی که برای بسیاری از پروژه‌های مشابه، در قاره آمریکا استاندارد JONWORKS، استاندارد پیش فرض است.

در کشور ما با توجه به این موضوع که بحث هوشمندسازی به تازگی در ساختمان‌ها مطرح گردیده و نیاز به آن در گذشته؛ به دلیل ارزان بودن انرژی؛ خیلی محسوس نبوده است، وجود تحقیقاتی جامع و در عین حال خلاصه و عملیاتی جهت توضیح نحوه استفاده از سیستم‌های هوشمند و نکات عمومی طراحی و پیاده‌سازی آن در ساختمان‌ها، امری ضروری است. در این مقاله ابتدا به بررسی پروتکل‌های این سیستم و شناسایی فضاهای مختلف بیمارستانی از منظر نیازمندی به کنترل هوشمند پرداخته سپس با استفاده از مفاهیم استاندارد EN 15232 به بررسی چند روش مختلف،

3Building Management System (BMS)

4Lighting Control

5Switching

6Dimming

7Panic Lighting

8Blinds & Shutters Control

1Building Automation and Control System

2Technical Building Management

- عملیات کلی و بزرگ مقیاس؛ بدین معنا که بتوان یک سری از کارهای لازم را به‌عنوان یک کار بزرگ‌تر تعریف کرد و هم‌اکنون آن عملیات کنترلی کوچک به ترتیب و به‌صورت خودکار اجرا شوند.
- جمع‌آوری اطلاعات به کمک حسگرها از نقاط مختلف پروژه (۱۰) کنترل ایمنی^۳
- تشخیص خطرهایی از قبیل: آتش سوزی، نشت گاز، نشت آب
- اعلام خطر از طریق آژیر، تلفن، email, sms, fax, pager
- تعامل و هماهنگی با سایر زیرسیستم‌ها از قبیل: روشنایی، تهویه مطبوع، سیستم نظارت تصویری، قفل‌های دیجیتالی
- (۱۱) اتصال به سیستم‌های دیگر به کمک ورودی‌های آنالوگ یا دیجیتال
- دروازه‌ی ارتباطی^۴ به سیستم‌های دیگر (BON, OPC)
- (۱۲) کاربردهای دیگر
- کنترل از راه دور مدیریت انرژی و EIB-VISU

۳- مهمترین پروتکل‌های مانیتورینگ و کنترل هوشمند

در این قسمت رایج‌ترین پروتکل‌های ارتباطی برای کنترل هوشمند ساختمان به طور خلاصه شرح داده می‌شود.

الف- سیستم‌های روشنایی و استاندارد KNX

جهت مدیریت هوشمند سیستم روشنایی، پروتکل KNX پیشنهاد می‌گردد. پروتکل KNX که در گذشته EIB (European Installation Bus) نامیده می‌شد، یک پروتکل استاندارد جهت استفاده در ساختمان‌های هوشمند است، که برای اتصال سنسورها، عملگرها، کنترلرها و مانیتورها در ساختمان استفاده می‌شود. یکی از ویژگی‌های KNX توانایی آن در استفاده از رسانه‌های مختلف انتقال است. سیستم‌های مورد استفاده در KNX از سه مدل اصلی جهت پیکربندی استفاده می‌کنند که عبارت‌اند از: حالت اتوماتیک، ساده و سیستمی. دو حالت اتوماتیک (Auto) و ساده (Easy)، بدون دخالت سیستم جانبی انجام می‌شوند (طبق دفترچه راهنمای دستگاه مربوط)، اما در حالت سیستم، تمامی دستگاه‌ها توسط یک PC، به‌طور یکپارچه مورد تنظیم قرار می‌گیرند. این شیوه برای سیستم‌های بزرگ و متوسط، کاربرد فراوان دارد و نرم‌افزار مورد استفاده برای این امر، توسط بنیاد KNX تولید و نام آن ETS است. پرکاربردترین نسخه این نرم‌افزار ETS3 می‌باشد.

ب- استاندارد DALI

DALI^۵ یک سیستم ارزان قیمت برای کنترل دیجیتال روشنایی محیط است، که به صورت یک استاندارد پذیرفته شده است. این سیستم هم می‌تواند به تنهایی به کار رود، هم اینکه به همراه پروتکل‌های دیگر در حوزه هوشمندسازی ساختمان استفاده شود. در گذشته برای کنترل روشنایی، Ballast ها از رابط 0-10V استفاده می‌کردند که سیستم DALI جهت جایگزین کردن آن پدید آمده است. استاندارد DALI تضمین می‌کند، که تولیدکنندگان متفاوت، لوازمی سازگار جهت صنعت روشنایی ایجاد نمایند. این استاندارد در IEC60929 Annex توضیح داده شده است. DALI یک

- کنترل وابسته به شرایط آب و هوایی؛ که بسته به آب و هوای مه‌آلود، بارانی و یا وزش باد، پرده‌ها را می‌توان کنترل کرد.
- بازگشت به وضعیت اولیه و از پیش برنامه‌ریزی شده
- کنترل وابسته به موقعیت خورشید؛ که بسته به زاویه تابش خورشید، نور را به‌طور مناسب متمایل می‌کند تا از شدت تابش مستقیم نور بکاهد.
- کنترل مرکزی پرده‌ها
- محافظت در برابر نور خورشید؛ تنظیم پرده یا پشت‌پنجره
- (۳) کنترل تهویه مطبوع^۱
- مانیتورینگ خطاهای سیستم‌های HVAC
- کنترل وابسته به وضعیت پنجره، بدین معنا که با توجه به میزان باز یا بسته بودن پنجره، سیستم‌های تهویه مطبوع فعالیت خود را تنظیم کنند.
- (۴) مدیریت میزان بار و انرژی مصرفی: به کمک پروتکل‌های ارائه شده امکان‌پذیر بوده و به‌صورت نرم‌افزاری اجرا می‌شود.
- اندازه‌گیری بار و توان مصرفی
- (۵) مانیتور کردن خطاها: به کمک پروتکل‌های سطح بالا امکان‌پذیر بوده و نرم‌افزاری اجرا می‌شود.
- مانیتور کردن خطاهای عمومی، بدین معنا که اگر هر یک از تجهیزات تحت کنترل نظیر روشنایی، چیلر و غیره خراب شوند، به‌صورت هوشمند نوع این خرابی، مکان آن و زمان بروز این عیب گزارش می‌شود.
- (۶) مدیریت امنیت
- کنترل هوشمند دوربین مداربسته^۲
- کنترل تردد در محیط‌های مجاز و غیرمجاز به کمک حسگرهای حضور و غیره
- کنترل دسترسی به مکان‌های خاص (اتاق‌های عمل و ...) و یا ابزارهای مختلف به کمک حسگرهای مختلف نظیر؛ اثر انگشت، اسکن قرنیه و غیره
- (۷) کنترل سیستم‌های نمایشگر
- کنترل نمایشگرهای LCD برای سنسورها یا سوئیچ‌ها
- کنترل پانل‌های نمایشگر
- کنترل سیستم آنتن مرکزی و توزیع سیگنال
- کنترل سیستم ویدئو کنفرانس برای اتاق جلسات
- کنترل سیستم ویدئو کنفرانس برای اتاق عمل
- (۸) کنترل و دسترسی از راه دور
- کنترل از راه دور به کمک اینترنت یا تلفن
- پیغام‌گذاری توسط نامه‌ی الکترونیکی، پیام کوتاه، یا دورنما
- (۹) هوشمندسازی مرکزی
- یکپارچه‌سازی سیستم‌های تاسیسات الکتریکی؛ عملیات منطقی پیچیده که بسته به هر شرایط امکان برنامه‌ریزی برای کاری خاص وجود داشته باشد.
- کنترل زمان‌بندی شده برای چراغها و ...

³Safety

⁴Gateway

⁵Digital Addressable Lighting Interface

¹Heating, Ventilation & Air Conditioning (HVAC)

²Closed Circuit TV (CCTV)

فراهم نمودن امکان بهره‌مندی از نور طبیعی؛ هر منطقه با توجه به ساعت روز و نوع قرارگیری آن در ساختمان، تعریف خاص خود را از نور بهینه دارد که مقادیر آن در استانداردهای مرجع موجود است.

عدم تابش مستقیم نور به چشم و ایجاد خیرگی توانایی کنترل میزان نور توسط پرده، کرکره و سایبان در صورت توجیه اقتصادی

تامین نور مناسب برای مطالعه تناسب ارتفاع پنجره از کف جهت گشایش دید بیمار خوابیده روی تخت تامین طیف کامل نوری در اتاق بیمار منطقه‌بندی هر فضا بر اساس کاربری فضا، زمان‌بندی روشنایی، طرح معماری و دسترسی به نور روز

کنترل نور با استفاده از حضور افراد و میزان اشغال فضا کنترل روشنایی با روش کلیدزنی چند حالتی، و یا با استفاده از کم‌سوگرها رنج کنترلی برای تنظیم بالاست در سه تیپ ۲۵-۱۰۰ درصد، ۱۰-۱۰۰ درصد و ۵-۱۰۰ درصد می‌باشد، معیار انتخاب هر یک از این تیپ‌ها میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی و اهداف نورپردازی معماری است. در مواقع خاص مانند آب و هوای ابری و یا غبار و مه، سیستم بایستی به‌طور اتوماتیک با توجه به سنسور لوکس سنج محیط بیرونی، میزان لوکس مجاز هر فضا را تامین نماید.

سرویس‌های بهداشتی در طول روز و شب، در هنگام ورود و خروج فرد از محیط، بایستی اقدام به روشن و خاموش کردن روشنایی نمایند.

روشنایی فضاهای محصور که مساحتی برابر ۱۰ مترمربع یا بیشتر داشته و بار روشنایی آن بیش از ۱۲ وات بر مترمربع باشد و توسط بیش از یک منبع صورت گیرد، باید به نحوی کنترل گردد که بار روشنایی چراغها تا نصف قابل کاهش باشد [۴].

در هر طبقه، تمامی سیستم‌های روشنایی باید توسط یک کلید مرکزی دستی قابل کنترل، و یا یک کلید اتوماتیک و به روش تشخیص حضور، یا به‌صورت زمانی و یا با سیستم اتوماتیک دیگری که قابل کنترل باشد، استفاده کرد.

در صورتی که یک سیستم کلیدی زمانی پیش‌بینی شده باشد، باید شرایط زیر برقرار باشد:

الف- به راحتی در دسترس باشد.
ب- در جایی واقع شده باشد، که شخص استفاده کننده بتواند به راحتی حدس بزند، کلید مربوط کدام فضا را روشن می‌نماید.

ج- به صورت دستی نیز کار کند.

د- اجازه دهد روشنایی حداکثر ۲ ساعت، روشن باقی بماند.

و- فضایی کمتر از ۲۰۰۰ متر مربع را کنترل نماید.

ه- در صورتی که از سیستم برنامه‌ریزی (زمانی) استفاده شود، باید قابلیت دادن برنامه‌های خاص برای روزهای تعطیل، تمامی سیستم‌های روشنایی را خاموش نگه‌داشت.

مانیتورینگ و کنترل هوشمند بیمارستان یک لایه‌ی نرم‌افزاری و یک لایه‌ی سخت‌افزاری دارد. این لایه‌ها با تعیین پروتکل، بیشتر مشخص می‌شوند. برای مثال اگر KNX مبنای کار باشد، می‌توان از نرم‌افزار ETS برای لایه‌ی نرم‌افزاری استفاده کرد. برای LON و BACNet هم به همین صورت نرم‌افزارهای مشابه وجود دارد. تیم پیمانکار مدیریت هوشمند

روش دیجیتال ایده‌آل، به منظور کنترل روشنایی محیط ایجاد می‌کند و در آن ارتباطات و پروسه نصب تا حد ممکن ساده شده‌اند. در این باس احتیاجی به استفاده از کابل انتقال داده خاص و مقاومت ترمیناتور نمی‌باشد.

ج- استاندارد BACnet

BACnet توسط انجمن مهندسين ASHRAE، جهت استفاده در ساختمان‌های هوشمند ایجاد گردید. این پروتکل در سال ۲۰۰۳ به صورت استاندارد بین المللی ISO 16484-5 درآورده شد و هم اکنون در بسیاری از ساختمان‌های بزرگ استفاده می‌گردد. از مزایای اصلی این پروتکل باز بودن حق استفاده از آن است. در نتیجه تولیدکنندگان مختلف، قادر به استفاده از این استاندارد در تولیدات خود، هستند.

آخرین نسخه این استاندارد، BACnet- ANSI/ASHRAE Std. 135، "2009 پروتکل ارتباطی داده، برای شبکه‌های اتوماسیون و کنترل ساختمان است، که در حال به روزرسانی مداوم می‌باشد. لبراتورهای تست BTL، سازمان بسیار مهم دیگری است، که مسؤول بررسی محصولات متنوع تولیدکنندگانی است که پروتکل BACnet را به‌کار می‌برند. از این رو، تطابق‌پذیری میان محصولات تأیید شده، تضمین می‌شود.

BACnet بیشتر در ساختمان‌های تجاری بزرگ و به عنوان Backbone استفاده می‌گردد، به این معنا که در لایه‌های پایین‌تر، معمولاً از پروتکل‌های KNX یا LON استفاده کرده و در لایه مدیریتی بالایی از BACnet به عنوان پروتکل اصلی استفاده می‌گردد.

۴- نکات کلی طراحی و اجرای سیستم BMS

در سیستم روشنایی طراحی طراحان باید پس از دریافت نقشه‌های سیستم‌های تأسیساتی، آنها را به دقت بررسی نمایند و موارد مورد نیاز بهره‌برداران را استخراج کنند. پس از مشخص شدن محدوده کار و نیازهای متولیان امر، می‌توان برنامه‌ریزی را در سه فاز طراحی، خرید و اجرا انجام داد. در مدیریت هوشمند بیمارستان‌ها، از قطعات و تجهیزات زیادی استفاده می‌شود. انتخاب این قطعات به هزینه، دسترسی آسان برای خرید، قابلیت‌های قطعات تولیدکننده‌های مختلف، سطح سازگاری با پروتکل استفاده شده، سلیقه و آراستگی ظاهری کار و تجربه‌ی کار با نمونه‌های مشابه بستگی دارد. تنوع تولیدکنندگان و به تبع آن تنوع خود این قطعات، بسیار زیاد است. در طراحی بایستی به خواسته‌های بهره‌برداران طبق جدول محدوده کار و استانداردهای مرجع توجه شود [۳].

با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از انرژی در ساختمان‌های عمومی برای ایجاد روشنایی به کار می‌رود، به همین منظور با کنترل این بخش می‌توان تا حد زیادی از هدر رفتن انرژی جلوگیری کرد. کنترل و فرمان چراغ‌های روشنایی بایستی با توجه به صرفه‌جویی در مصرف انرژی انجام شود، به گونه‌ای که در هنگام روز که روشنایی با استفاده از نور روز تامین می‌گردد، روشنایی مصنوعی قطع و یا به حداقل برسد و همچنین با توجه به اینکه نور طبیعی بر افسردگی، خواب بیماران، توازن ریتم بدن آنها و نیز بیماران درد مفصلی، موثر است و نیز با در نظر گرفتن تاثیرات استفاده از نور طبیعی در نتایج درمانی از جمله: دوره بستری کوتاه‌تر، استرس و درد کمتر، نیازمندی کمتر به داروهای مسکن و حتی تعداد مرگ و میر کمتر، رعایت تمهیدات زیر در تامین نور مورد نیاز کاربران مرکز درمانی توصیه می‌گردد:

می‌تواند بسته به هزینه، تجربه، سرمایه‌ی انسانی، تجهیزات در دسترس و نیاز هوشمندسازی از KNX یا LON استفاده کنند. هر چند که با توجه به در دسترس بودن تجهیزات و نیروی انسانی در ایران KNX از LON مزیت بیشتری دارد. در لایه‌ی مدیریت و همچنین کنترل HVAC نیز از BACNet استفاده می‌شود.

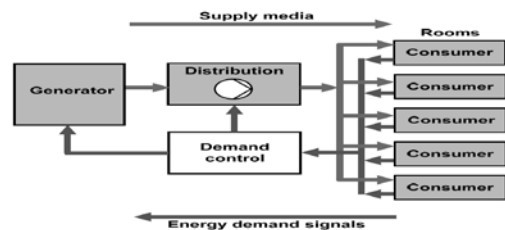
تجهیزات سخت‌افزاری شامل دو بخش عمده هستند:

تجهیزاتی که زیرساخت و باس ارتباطی را تشکیل می‌دهند. در این صورت بسته به پروتکل انتخابی و با توجه به راهنمایی بخش پیش، از قطعاتی نظیر Power Supply, Line Coupler و ... استفاده می‌شود. بسته به سایز بستر و تعداد خطوط و سطوح مدیریت هوشمند برای هر پروتکل، می‌توان زیرساخت لازم را ارایه داد.

تجهیزاتی که در اتاقها و یا راهروها و ... نصب می‌شوند، که به کمک بستر ارتباطی، هوشمندسازی را پیاده می‌کنند. این تجهیزات شامل: سنسور سوئیچ، سنسورهای دما، کنترلرها و ... می‌شوند.

۵- مدل سازی یک بیمارستان نمونه

در این مقاله بررسی مزایای کیفی و کمی سیستم کنترل و اتوماسیون ساختمان بر اساس شبیه‌سازی یک بیمارستان به‌طور نمونه انجام می‌گیرد. در اینجا کلیه توابع و تجهیزات ساختمان مدل گردیده است. توابع BACS با توجه به استاندارد EN 15232 بر مبنای انرژی مورد نیاز و منابع تغذیه برای یک ساختمان به صورت دیاگرام ۱ می‌باشد.



شکل ۱ دیاگرام مدلینگ یک ساختمان بر اساس فضاها و منابع تغذیه

در این دیاگرام، اتاقها نشان‌دهنده منابع متقاضی انرژی محسوب می‌شوند. انرژی مورد نیاز اتاقها شامل عملکرد مناسب دستگاههای HVAC با توجه به درجه حرارت و ایجاد شرایط مطلوب برای افراد، رطوبت، کیفیت مناسب هوا و همچنین روشنایی مورد نیاز اتاقهاست. در اینجا تغذیه کردن مصرف‌کننده‌ها با توجه به میزان تقاضای انرژی و طوری است که میزان تلفات سیستم توزیع و تولید انرژی کمینه گردد.

بر اساس استاندارد EN 15232 ابتدا باید کلاس بهینه‌سازی انرژی ساختمان مورد نظر، بر اساس چهار کلاس (A,B,C,D) مشخص گردد. این طبقه‌بندی بر اساس جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱ طبقه‌بندی عملکرد سیستم اتوماسیون	
کلاس	بهره انرژی
A	بیانگر عملکرد بالای انرژی سیستم BACS و TBM به صورت زیر: <ul style="list-style-type: none"> ▪ اتوماسیون اتاقها بر اساس کنترل میزان اتوماتیک مورد نیاز ▪ برنامه ریزی تعمیر و نگهداری ▪ مانیتورینگ میزان انرژی
B	بیانگر عملکرد متوسط انرژی سیستم BACS و TBM به صورت زیر: <ul style="list-style-type: none"> ▪ اتوماسیون اتاقها بدون درنظر گرفتن کنترل بر اساس میزان اتوماتیک مورد نیاز ▪ مانیتورینگ انرژی
C	بیانگر عملکرد استاندارد انرژی سیستم BACS و TBM به صورت زیر: <ul style="list-style-type: none"> ▪ اتوماسیون ساختمان بر اساس نیازهای اولیه ▪ عدم اتوماسیون کردن تجهیزات الکتریکی اتاقها، شیرهای رادیاتورها ▪ عدم مانیتورینگ انرژی
D	بیانگر عدم عملکرد انرژی سیستم BACS و TBM است و چنین سیستمهایی باید در آینده به روز شوند و در حال حاضر ساختمانهای جدید نباید با این سیستم‌ها تجهیز شوند: <ul style="list-style-type: none"> ▪ بدون توابع اتوماسیون ساختمان ▪ عدم اتوماسیون کردن تجهیزات الکتریکی اتاقها ▪ عدم مانیتورینگ انرژی

سپس با توجه به نوع کلاس و تجهیزات قابل کنترل و بر اساس جداول مندرج در استاندارد EN 15232 می‌توان میزان کنترل آن تجهیز را مشخص کرده و در انتها بر اساس محاسبات، میزان عملکرد سیستم اتوماسیون را تعیین نمود. این محاسبات به ترتیب زیر انجام می‌شود:

گام ۱: تعیین ضریب بهره BACS

میزان تاثیر توابع BACS از نسبت میزان انرژی یک کلاس موردنظر بر روی انرژی مورد نیاز ساختمان کلاس مبنا، توسط ضرایب بهره تخمین زده

می‌شود. ضریب بهره برای همه مدل ساختمان در کلاس C به صورت مبنا یک در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر، میزان انرژی مورد نیاز هر ساختمان کلاس مبنا ۱۰۰٪ است. ضریب بهره BACs بر اساس رابطه ۱-۱ تعریف می‌شود.

$$K = M/B \quad (1)$$

K: ضریب بهره BACs

M: میزان انرژی مورد نیاز سیستم BACs جهت کلاس طراحی شده

B: میزان انرژی مورد نیاز سیستم BACs کلاس C

گام ۲: تعیین انرژی ذخیره شده توسط توابع BACs

انرژی ذخیره شده توسط توابع BACs برای کلاس بهره سیستم‌های مختلف با استفاده از رابطه ۱-۱ به دست می‌آید و از آنجا می‌توان نتیجه گرفت:

$$\text{saving} = 100 \times \text{energy demand BAC}_{\text{class C}} (1 - \text{BAC efficien factor}_{\text{planned}}) [\%] \quad (2)$$

با توجه به رابطه‌های به دست آمده و بر اساس نکات طراحی بخش ۴ و نقاط تنظیم^۱ آورده شده استانداردها می‌توان سیستم اتوماسیون را در بیمارستان طراحی کرده و از آنجایی که میزان انرژی مورد نیاز یک ساختمان در کلاس C را می‌توان در هنگام طراحی به دست آورد، در نتیجه به راحتی با تعیین ضریب بهره سیستم اتوماسیون مقدار انرژی ذخیره شده را بر حسب kWh به دست آورد.

بر اساس استاندارد EN 15232 برای بیمارستان‌ها ضریب بهره انرژی گرمایی (سیستم گرمایش، سرمایش و DHW) با طراحی کلاس‌های مختلف سیستم اتوماسیون به صورت جدول ۲ است.

جدول ۲ ضریب بهره سیستم اتوماسیون برای بیمارستانها

ضرایب بهره انرژی گرمایی سیستم اتوماسیون		A	B	C	D
نوع ساختمان	عملکرد انرژی بالا	بهره انرژی متوسط	استاندارد (مبنا)	بدون بهره انرژی	
	عملکرد انرژی بالا	بهره انرژی متوسط	استاندارد (مبنا)	بدون بهره انرژی	
		۰/۸۶	۰/۹۱	۱	۱/۳۱
	بیمارستان				

1Set point

بر اساس استاندارد EN 15232 برای بیمارستان‌ها ضریب بهره انرژی الکتریکی (سیستم روشنایی و تجهیزات جانبی الکتریکی سایر سیستمها) با طراحی کلاسهای مختلف سیستم اتوماسیون به صورت جدول ۳ است.

جدول ۳ ضریب بهره سیستم اتوماسیون برای بیمارستانها

ضرایب بهره سیستم روشنایی و تجهیزات جانبی الکتریکی در سیستم اتوماسیون		A	B	C	D
نوع ساختمان	عملکرد انرژی بالا	بهره انرژی متوسط	استاندارد (مبنا)	بدون بهره انرژی	
	عملکرد انرژی بالا	بهره انرژی متوسط	استاندارد (مبنا)	بدون بهره انرژی	
	بیمارستان	۰/۹۶	۰/۹۸	۱	۱/۰۵

گام ۳: نتایج به دست آمده از بیمارستان نمونه

نتایج به دست آمده از میزان ذخیره انرژی یک بیمارستان ۱۰۰ تختخوابی با مساحت حدود ۸۰۰۰ مترمربع، دارای کنترل هوشمند و طراحی شده در کلاس B به طور خلاصه در جدول ۴ آورده شده است.

مصرف انرژی		جدول ۴ انرژی مورد نیاز بیمارستان نمونه				تهویه مطبوع		روشنایی	
برای کلاس B	۱۰	$\frac{kWh}{m^2 \times a}$	۱۳/۷	۱۱/۸	۲۰	۳۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
							رديف	محاسبات	واحد
انرژی گرمایی									
طبق نتایج به‌دست آمده، با طراحی سیستم اتوماسیون از کلاس C به کلاس B مقدار انرژی ذخیره شده به شرح زیر است:									
انرژی ذخیره شده سیستم گرمایش: ۹۱٪									
انرژی ذخیره شده سیستم سرمایش: ۹۱٪									
انرژی ذخیره شده سیستم الکتریکی: ۰/۹۸									
بر اساس محاسبات مقدار انرژی ذخیره شده این بیمارستان حدود ۲۱۶۰۰۰ کیلووات ساعت است که ملاحظه می‌گردد در هزینه‌های مربوط به تأسیسات کاهش قابل‌ملاحظه‌ای انجام شده است.									
۶- نتایج									
مصرف انرژی برای کلاس C									
$\sum_{i=1}^3 \frac{kWh}{m^2 \times a}$									
۱۲۸									
۱۳۳									
۳									
ضریب بهره انرژی گرمایی کلاس C									
۱									
۱									
۴									
ضریب بهره انرژی گرمایی کلاس B									
۰/۹۱									
۰/۹۱									
۵									
مورد نظر (کلاس B)									
مصرف انرژی برای کلاس B									
۱۱۶									
۱۲۱									
۶									
۷- منابع									
[1] Chen-xu Liu, Qing-An Zeng, Yun Liu, "A Dynamic Load Control Scheme Grid Systems," <i>EISEVIER</i> , pp. 200-205, Sep. 30, 2011.									
[2] Eu.bac product certification "Building automation impact on energy efficiency," <i>Application per EN 15232</i> .									
[۳] اصول و مبانی سیستم های هوشمند کنترل و BMS، تالیف رسول حدادی نیستانک									
[۴] صرفه‌جویی در مصرف انرژی "مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان"									
انرژی الکتریکی									
سیستم روشنایی و تجهیزات جانبی الکتریکی سیستمها									
$\frac{kWh}{m^2 \times a}$									
۳۴									
۲۱									
۱۲									
۱۴									
۷									
ضریب بهره انرژی الکتریکی کلاس C									
۱									
۱									
۱									
۸									
ضریب بهره انرژی الکتریکی کلاس B									
۰/۹۸									
۰/۹۸									
۰/۹۸									
۰/۹۸									
۹									