

نقش فناوریهای هوشمند در بهینه سازی بهداشت حرفه ای در بیمارستان



اعظم صالحی
دانشجوی دکتری تخصصی (Ph.D) مهندسی بهداشت حرفه ای
دانشکده بهداشت
دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

فهرست

مروری بر عوامل زیان آور

تعریف فناوری هوشمند، ویژگیها و کاربردها

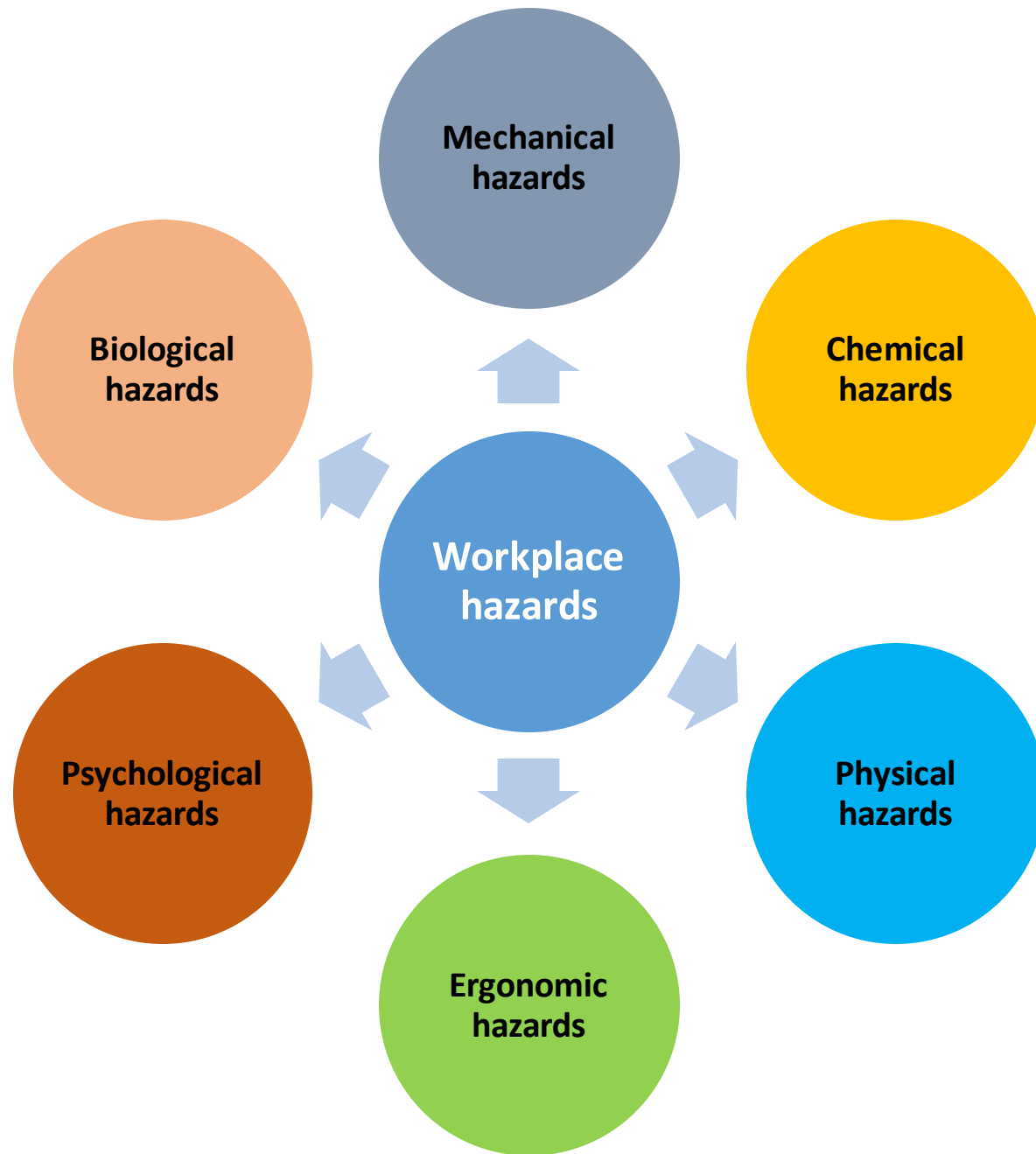
هوشمندسازی یا دیجیتالی کردن؟!

انواع معماری فناوریهای هوشمند

کنترل هوشمند عوامل زیان آور

مزایا و چالش های هوشمندسازی بیمارستان





فناوری هوشمند چیست ؟



فناوری‌های هوشمند شامل ابزارها و سیستم‌هایی هستند که با استفاده از داده‌ها، هوش مصنوعی (AI)، اینترنت اشیا (IoT)، یادگیری ماشین، و تحلیل داده‌ها به بهینه‌سازی فرآیندها کمک می‌کنند. این فناوری‌ها قابلیت تحلیل خودکار داده‌ها، تشخیص الگوها، و ارائه پیشنهادهای بهینه را دارند

ویژگی‌های کلیدی فناوری هوشمند



۱. اتصال و یکپارچگی: ارتباط بین دستگاه‌ها و سیستم‌ها برای تبادل اطلاعات و هماهنگی عملکردها.
۲. تحلیل داده‌ها: پردازش و تحلیل حجم بالای داده‌ها برای استخراج الگوها و پیش‌بینی‌ها.
۳. تصمیم‌گیری خودکار: اتخاذ تصمیمات بر اساس تحلیل داده‌ها بدون نیاز به مداخله انسانی.
۴. یادگیری و بهبود مستمر: توانایی یادگیری از تجربیات گذشته و بهبود عملکرد در طول زمان.

کاربردهای فناوری هوشمند



خانه‌های هوشمند: مدیریت خودکار روشنایی، دما، امنیت و سایر سیستم‌های خانگی.

شهرهای هوشمند: بهینه‌سازی مصرف انرژی، مدیریت ترافیک و خدمات شهری با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده.

صنعت هوشمند: بهبود فرآیندهای تولید، نگهداری پیشگیرانه و مدیریت زنجیره تأمین.

کشاورزی هوشمند: استفاده از حسگرها، پهپادها و سیستم‌های هوشمند برای مدیریت محصولات.

محیط زیست: بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها و صنایع / نظارت بر کیفیت هوا و آب.

بیمارستان‌های هوشمند: پایش سلامت بیماران، مدیریت منابع و بهبود کیفیت خدمات درمانی.

SMART HOME

Sleep sensors to monitor sleep rhythm



Fall detectors for fall detection and prevention



Robots to assist elderly in walking, bathing, moving around



Movement sensors to evaluate self-administration of medicine and to monitor compliance



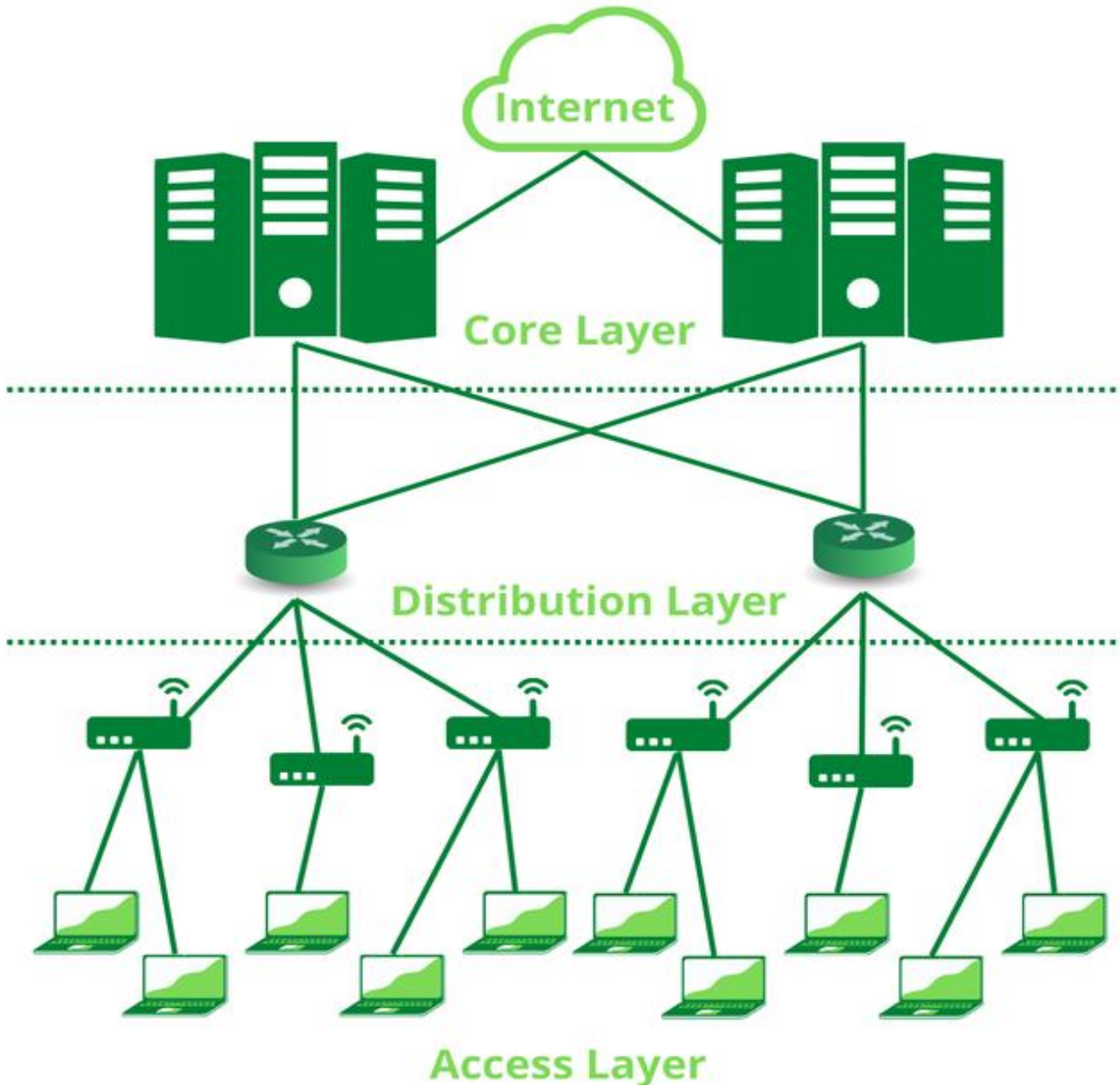
Smart gas detectors for air quality monitoring, to identify things like carbon monoxide poisoning, food spoilage



تفاوت هوشمندسازی با دیجیتالی کردن



ویژگی	دیجیتالی کردن	هوشمندسازی
سطح تغییرات	تغییرات اولیه (انتقال به فرمت دیجیتال)	تغییرات پیشرفته (افزودن توانایی تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی)
فناوری‌های مورد استفاده	فناوری‌های پایه مانند ذخیره‌سازی داده‌ها	فناوری‌های پیشرفته مانند AI و IoT
نتیجه نهایی	دسترسی آسان‌تر به داده‌ها و اطلاعات	بهبود فرآیندها و ایجاد سیستم‌های خودکار
مثال	ثبت دیجیتالی اطلاعات بیماران	سیستم هشدار هوشمند برای کنترل عفونت بیمارستانی



۱. معماری سه‌سطحی (Three-Tier Architecture)

لایه اول (حسگرها و دستگاه‌ها): شامل دستگاه‌های فیزیکی مانند سنسورها، دوربین‌ها، و دستگاه‌های هوشمند.

لایه دوم (پردازش و ذخیره‌سازی): این پردازش می‌تواند در سرورها یا رایانه‌های ابری انجام شود.

لایه سوم (کاربرد و نمایش): نمایش داده‌های پردازش شده و دسترسی به آن‌ها برای کاربران نهایی یا سیستم‌ها.

معماری فناوری‌های هوشمند



۳. معماری پنج لایه Five-Layer Architecture

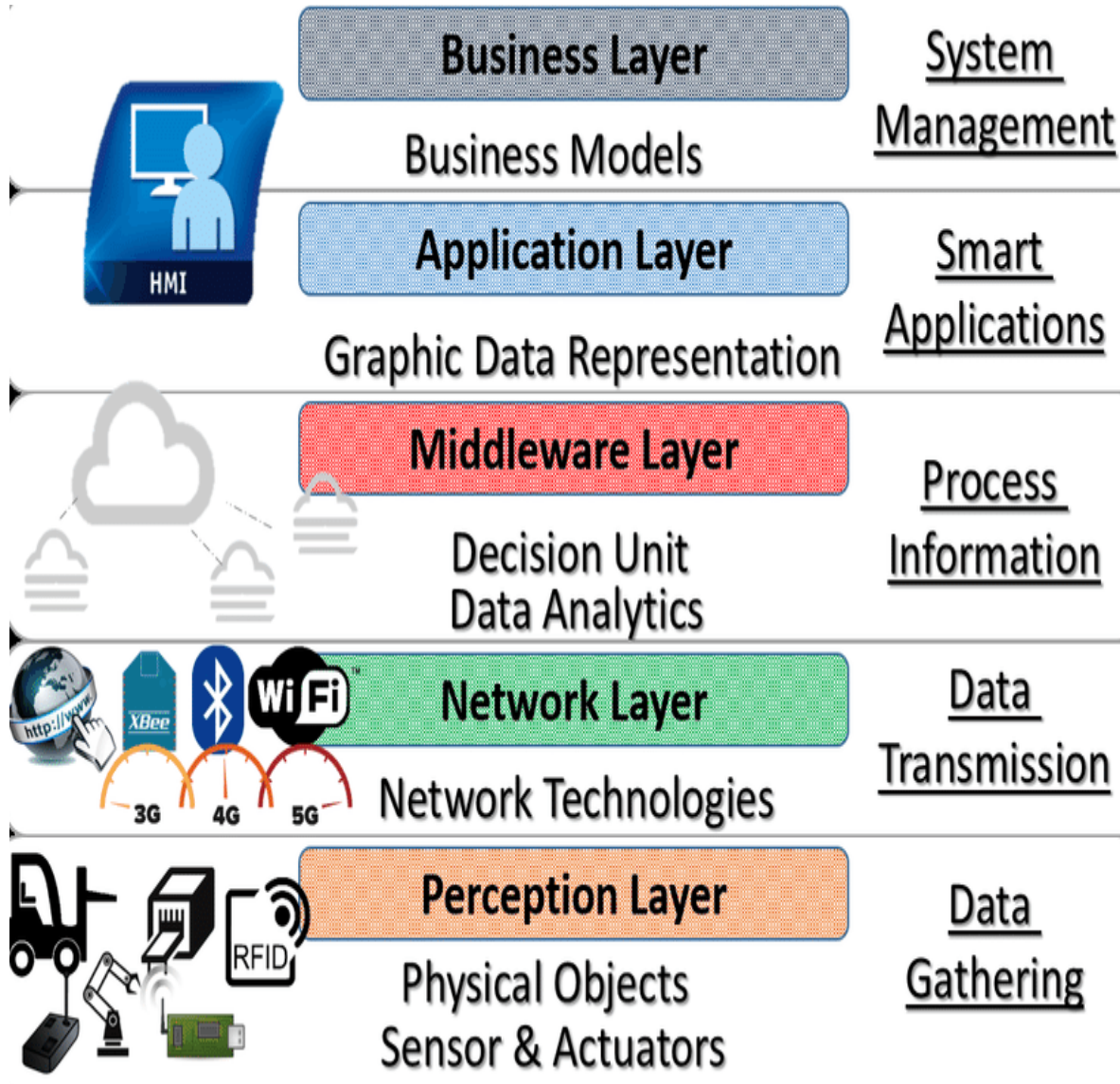
لایه اول (دستگاه‌ها و سنسورها): شامل دستگاه‌های فیزیکی و حسگرهای جمع‌آوری داده.

لایه دوم (شبکه ارتباطی): برای ارسال داده‌ها از دستگاه‌ها به سرورها و سیستم‌های پردازشی.

لایه سوم (پردازش و تجزیه و تحلیل): این لایه داده‌ها را تجزیه و تحلیل و پردازش می‌کند.

لایه چهارم (داده‌های ابری): داده‌ها برای ذخیره‌سازی و دسترسی بیشتر در فضای ابری ذخیره می‌شوند.

لایه پنجم (کاربرد نهایی): داده‌های پردازش شده به کاربران یا سیستم‌های دیگر ارسال می‌شود.



معماری فناوری‌های هوشمند

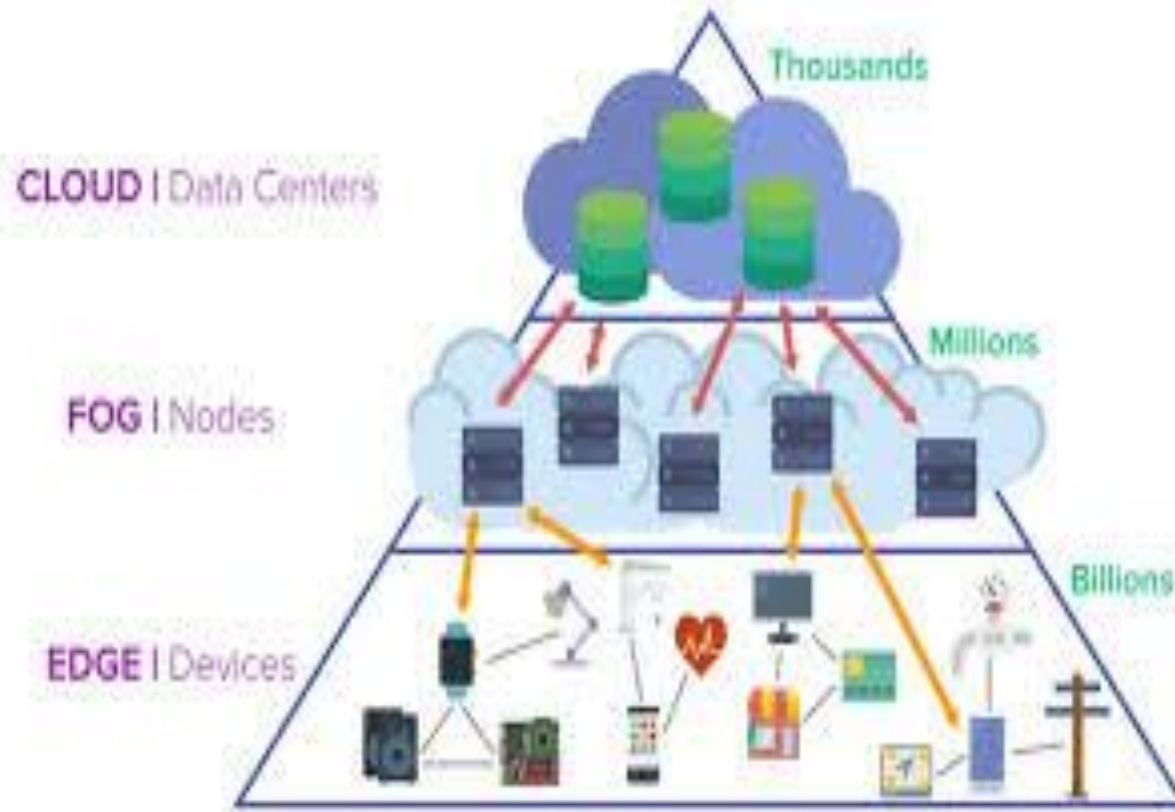


معماری مبتنی بر ابراز شبکه (Edge Computing)

لایه اول (دستگاه‌ها و حسگرها): دستگاه‌ها داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند.

لایه دوم (پردازش در لبه شبکه): پردازش داده‌ها به‌طور محلی (در نزدیکی دستگاه‌ها) انجام می‌شود.

لایه سوم (سرورها و سیستم‌های ابری): اطلاعات پردازش‌شده به سیستم‌های مرکزی ارسال می‌شود.



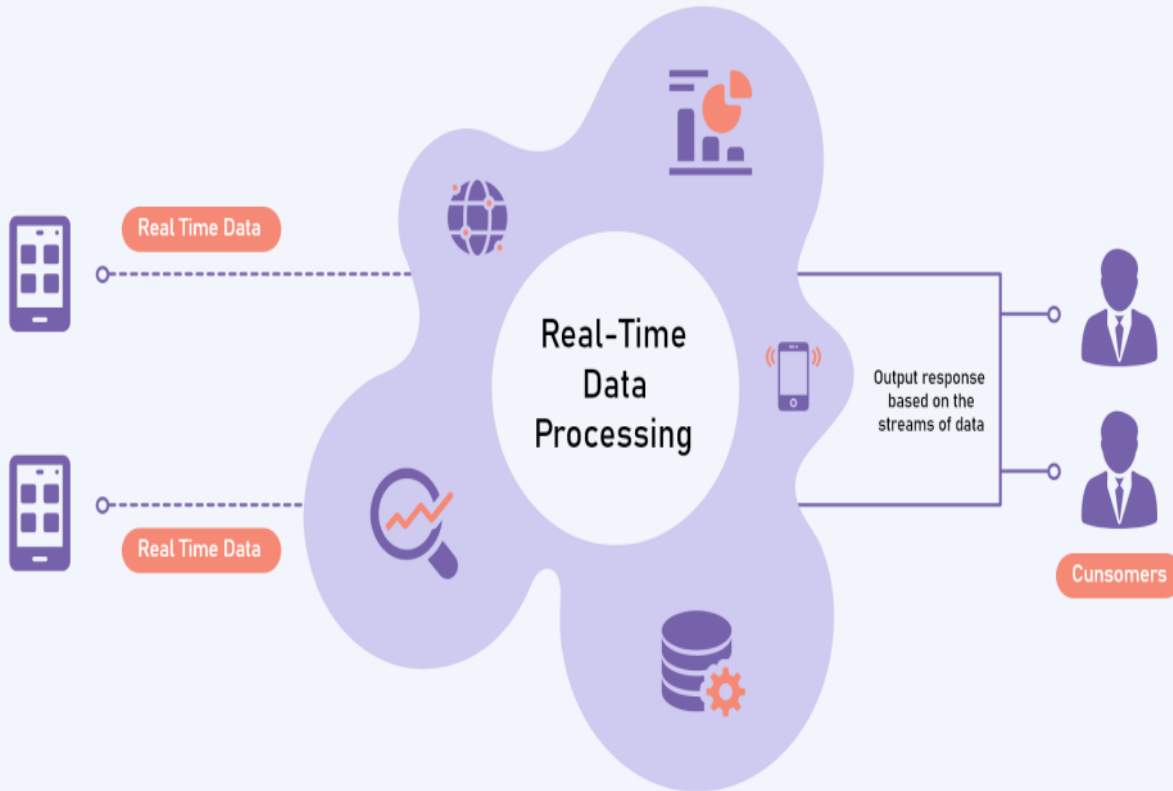


معماری بلادرنگ (Real-Time Architecture)

لایه اول (دستگاه‌ها و حسگرها): حسگرها داده‌ها را به طور لحظه‌ای جمع‌آوری می‌کنند.

لایه دوم (پردازش بلادرنگ): داده‌ها به سرعت پردازش و تحلیل می‌شوند.

لایه سوم (عملکرد بلادرنگ): تصمیمات در همان لحظه اتخاذ می‌شود و اعمال می‌شود.





معماری فناوری‌های هوشمند



معماری مبتنی بر هوش مصنوعی (AI-based Architecture)

لایه اول (جمع‌آوری داده): از حسگرها، دستگاه‌ها یا منابع داده دیگر.

لایه دوم (پردازش داده و الگوریتم‌های هوش مصنوعی): داده‌ها پردازش و تجزیه و تحلیل می‌شوند و مدل‌های هوش مصنوعی آموزش داده می‌شوند.

لایه سوم (تصمیم‌گیری و عملیات خودکار): بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده، تصمیمات به‌طور خودکار گرفته می‌شود.



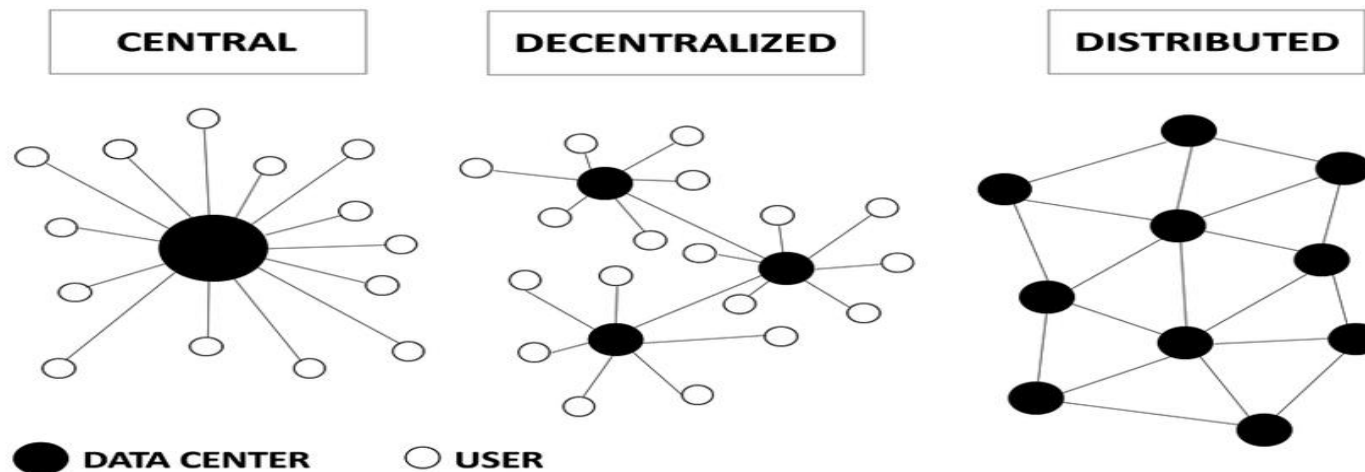
معماری مبتنی بر بلاک چین (Blockchain-based Architecture)

لایه اول (جمع‌آوری داده‌ها): حسگرها و دستگاه‌ها داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند.

لایه دوم (ثبت و ذخیره‌سازی در بلاک چین): داده‌ها به صورت ایمن در بلاک چین ذخیره می‌شوند.

لایه سوم (پردازش و تحلیل): داده‌ها برای تجزیه و تحلیل به سیستم‌های پردازش ارسال می‌شوند.

لایه چهارم (اتصال به سیستم‌های دیگر): داده‌ها برای استفاده در سیستم‌های دیگر به اشتراک گذاشته می‌شوند.





کنترل صدا:

۱. حسگرهای صوتی هوشمند:

عملکرد: حسگرهای صوتی هوشمند می‌توانند در نقاط مختلف بیمارستان نصب شوند تا سطح صدا را در زمان واقعی اندازه‌گیری کنند. این حسگرها داده‌های صوتی را به سیستم مرکزی ارسال می‌کنند و اگر سطح صدا از حد مجاز فراتر رود، هشدار می‌دهند و می‌توانند سیستم‌های کنترل صدا را فعال کنند.

این حسگرها می‌توانند به‌طور خاص در موتورخانه‌ها ، لندری‌ها و سیستم‌های تهویه نصب شوند تا منابع اصلی تولید صدا را شناسایی کنند. پس از شناسایی این منابع، سیستم‌های هوشمند می‌توانند به‌طور خودکار سرعت فن‌ها یا ماشین‌ها را تنظیم کنند یا از سیستم‌های عایق صوتی استفاده کنند.

۲. سیستم‌های کنترل خودکار صدا (Active Noise Control): قابل استفاده در بخشهای مختلف و متصل به حسگرها

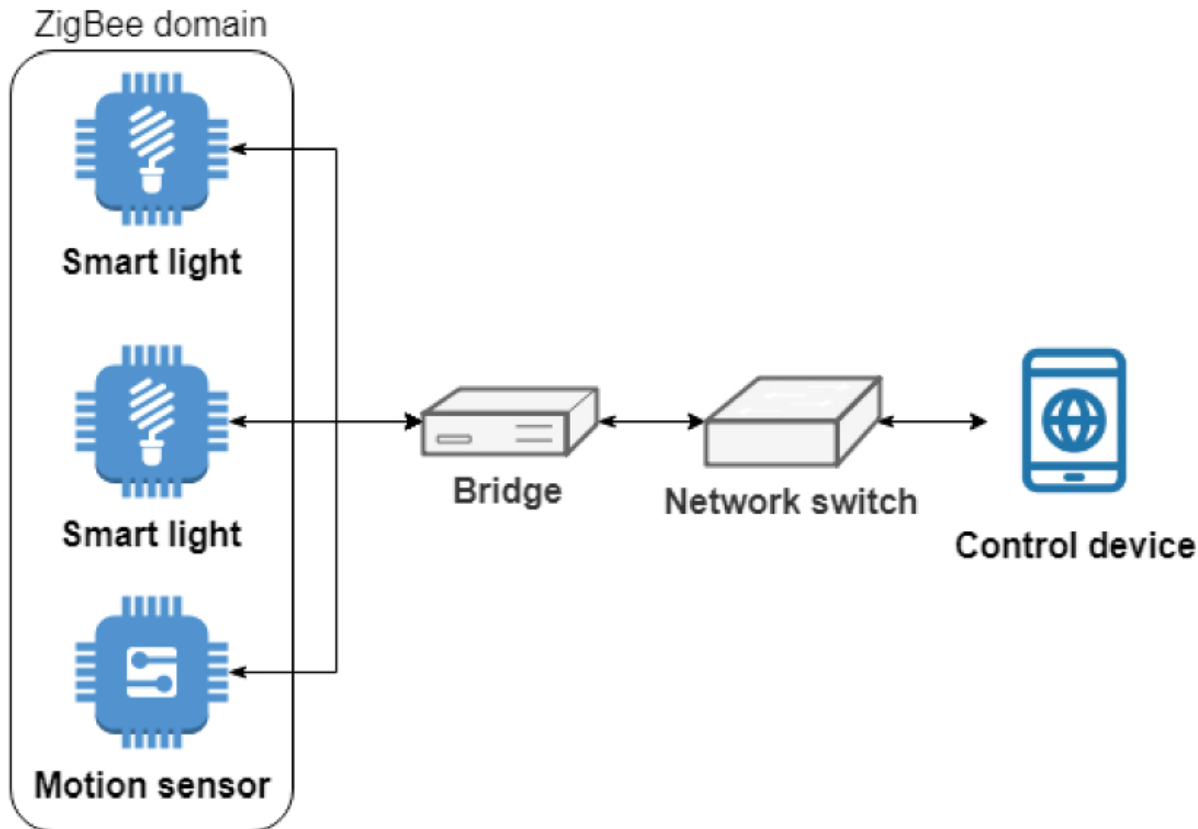
۳. **یادگیری ماشین برای شبیه‌سازی صدا:** هوش مصنوعی می‌تواند مدل‌های پیش‌بینی برای شبیه‌سازی رفتار صدا و تغییرات آن در بیمارستان بسازد و به‌طور هوشمند بهترین راه‌حل‌ها از جمله محاسبه عایق‌ها و جاذبه‌های صوتی را برای کاهش صدا ارائه دهد.



در کنترل صدای هوشمند بیمارستان‌ها، از معماری‌های مختلفی مانند Cloud Computing، IoT و AI و Edge Computing استفاده می‌شود. انتخاب معماری مناسب بستگی به نیاز خاص بیمارستان، منابع موجود و نوع تجهیزات و سیستم‌های صوتی دارد. معماری IoT و Cloud Computing به دلیل قابلیت‌های نظارتی بلادرنگ و پردازش داده‌های گسترده، بیشتر در بیمارستان‌های بزرگ و پیچیده با سیستم‌های متعدد کاربرد دارند. در حالی که معماری‌های مبتنی بر AI و Edge Computing می‌توانند در سیستم‌های نیازمند پردازش سریع و تصمیم‌گیری بلادرنگ، مانند موتورخانه‌ها و لندری‌ها، بسیار مفید باشند.



روشنایی هوشمند (Smart Lighting)



حسگرهای نور محیطی: این حسگرها به سیستم‌های نورپردازی این امکان را می‌دهند که شدت نور را با توجه به شرایط محیطی تغییر دهند. به‌عنوان مثال، در روزهای آفتابی، حسگرها نور طبیعی را شناسایی کرده و نور مصنوعی را کاهش می‌دهند.

سیستم‌های کنترل خودکار: سیستم‌های نورپردازی هوشمند می‌توانند بر اساس زمان، وضعیت بیمار، شرایط کاری یا حتی تعداد افرادی که در یک اتاق حضور دارند، به‌طور خودکار روشنایی را تنظیم کنند (اتاق بیمار، اتاق عمل، ایستگاه پرستاری).

سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی: در برخی بیمارستان‌ها، از هوش مصنوعی برای پیش‌بینی و تحلیل نیازهای نوری استفاده می‌شود. این سیستم‌ها می‌توانند الگوهای رفتاری بیماران و کارکنان را تحلیل کرده و بر اساس آن شرایط نوری را تنظیم کنند (مثلاً زمانهای ملاقات و...).



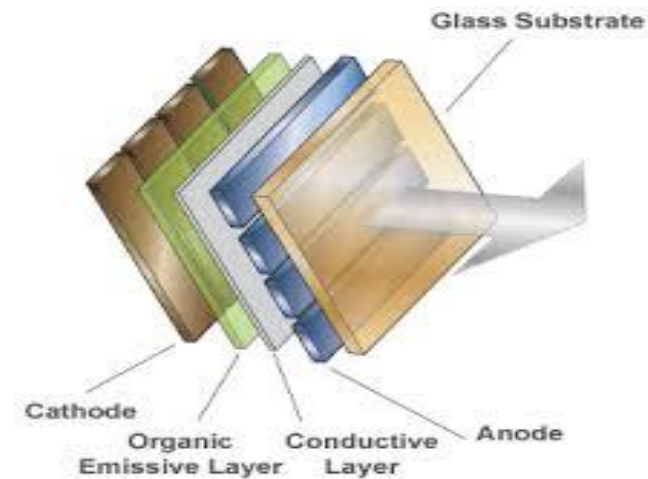
Color-Tunable Lighting



• Adaptive Lighting



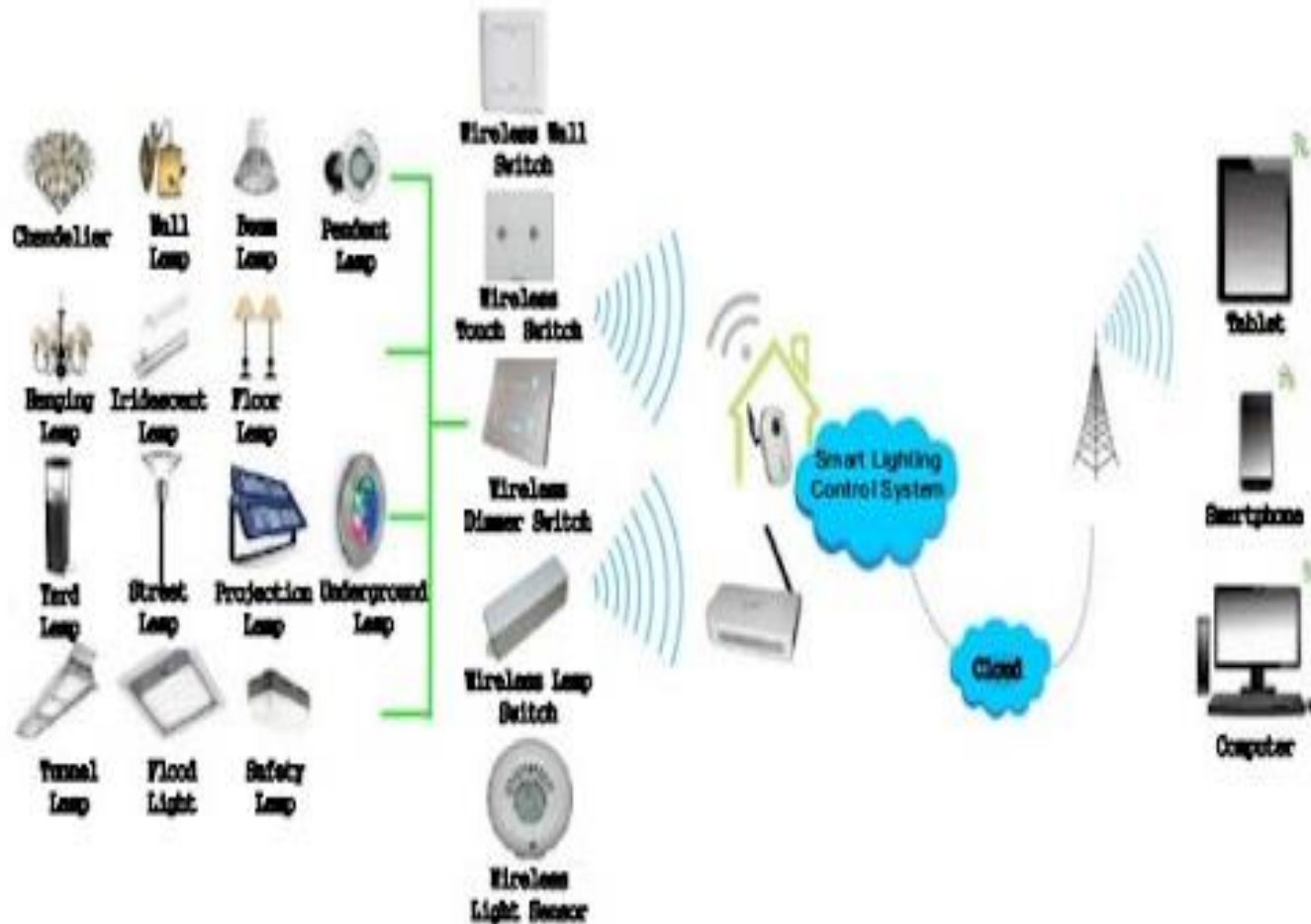
• Motion-Sensor Lighting



OLED (Organic Light Emitting Diodes)



Smart Lighting Systems



بیمارستان‌ها برای طراحی سیستم‌های نورپردازی هوشمند از معماری‌های مختلفی استفاده می‌کنند که هر کدام مزایا و کاربردهای خاص خود را دارند. معماری‌های مبتنی بر **IoT و پردازش ابری** معمولاً در بیمارستان‌های بزرگ و پیچیده با سیستم‌های مختلف به کار می‌روند. در حالی که معماری‌های مبتنی بر **هوش مصنوعی و پردازش لبه‌ای** برای سیستم‌های نیازمند واکنش سریع و تحلیل بلادرنگ استفاده می‌شوند. انتخاب معماری مناسب بستگی به نیاز خاص بیمارستان و پیچیدگی سیستم‌های موجود دارد.



استرس حرارتی :



۱. کنترل دما و رطوبت محیط با حسگرهای هوشمند
۲. تهویه هوشمند با قابلیت کنترل منطقه‌ای (تهویه با جریان متغیر VAV یا سیستم‌های VRF که از هوش مصنوعی برای تنظیم بهینه بهره می‌برند)
۳. سامانه‌های مدیریت هوشمند ساختمان (BMS=Building Management System): هماهنگی بین عملکرد دستگاه‌ها، پیش‌بینی نیاز حرارتی، و واکنش خودکار به افزایش دما یا CO₂.
۴. پایش سلامت کارکنان با پوشیدنی‌های هوشمند: پایش لحظه‌ای دمای بدن، تعریق، ضربان قلب و هشدار در صورت نشانه‌های استرس حرارتی از طریق دستبندها یا سنسورهای پوشیدنی متصل به سیستم مرکزی هشداردهی.



استرس حرارتی:

بخش	مشکل حرارتی	فناوری هوشمند	کاربرد
لندری	دمای بالا و رطوبت	سنسور دما + BMS + تهویه هوشمند	تنظیم دما و تهویه متناسب
CSR	گرمای ناشی از اتوکلاو	کنترل منطقه‌ای و سنسورهای رطوبت	جلوگیری از استرس گرمایی
موتورخانه	حرارت شدید موتور و دیگ‌ها	HVAC هوشمند + پیش‌بینی نیاز گرمایی	کنترل خودکار جریان هوا

کنترل هوشمند عوامل فیزیکی



ویژگی	VAV(Variable Air Volume)	VRF(Variable Refrigerant Flow)
نوع کنترل	جریان هوا	جریان مبرد
دقت تنظیم دما	متوسط	بالا
کارایی انرژی	خوب	بسیار بالا
مناسب برای	CSR) مثل فضاهای بزرگ	فضاهای کوچک تر و حساس (اتاق عمل)
قابلیت هوشمندسازی با AI	بله	بله



الف) حسگرها و پایش لحظه‌ای عملکرد: حسگرهای نصب‌شده در سراسر بیمارستان اطلاعات دقیق و لحظه‌ای درباره دما، رطوبت، فشار هوا، غلظت گازهای مضر (مانند CO_2 و VOCs)، و میزان ذرات معلق ارائه می‌دهند.

کاربرد: داده‌های حسگرها به یک سیستم مرکزی ارسال می‌شوند تا تصمیمات بهینه درباره جریان هوا و تصفیه آن اتخاذ شود.

برای مثال: افزایش تهویه در صورت تشخیص افزایش غلظت پاتوژن‌ها یا کاهش اکسیژن.

تنظیم فشار هوا برای حفظ استانداردهای اتاق‌های ایزوله (فشار منفی) یا اتاق عمل (فشار مثبت).



ب) تصفیه هوای پیشرفته

تکنولوژی‌های مورد استفاده :

- فیلترهای HEPA: حذف ذرات معلق و پاتوژن‌های کوچک‌تر از ۰.۳ میکرون.
- اشعه UV-C: غیرفعال‌سازی میکروب‌ها و ویروس‌ها از طریق نور فرابنفش.
- پلاسمای سرد: فناوری جدید برای از بین بردن ترکیبات آلی فرار (VOCs) و میکروارگانیسم‌ها.
- تصفیه با یونیزاسیون: حذف آلاینده‌ها از طریق بار الکتریکی.



ج) هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی

کاربردها: تجزیه و تحلیل داده‌های حسگرها برای پیش‌بینی شرایط بحرانی، مثل شیوع عفونت‌های بیمارستانی.
بهینه‌سازی عملکرد سیستم تهویه با استفاده از الگوهای مصرف انرژی و داده‌های تاریخی.

استانداردها و پروتکل‌های طراحی

سیستم‌های تهویه بیمارستانی هوشمند براساس استانداردهای بین‌المللی طراحی می‌شوند:

ASHRAE 170: استانداردهای تهویه در مراکز درمانی.

ISO 14644: استانداردهای هوای تمیز و کنترل آلودگی در محیط‌های حساس.

CDC Guidelines: توصیه‌های کنترل عفونت.

فناوری‌های هوشمند در سیستم‌های تهویه بیمارستانی



معماری طراحی سیستم‌های تهویه هوشمند

الف) لایه حسگرها (Sensors Layer)

شامل انواع حسگرهای دما، رطوبت، گازهای مضر و ذرات معلق.

ب) لایه کنترلی (Control Layer)

سیستم‌های PLC یا کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی برای دریافت اطلاعات از حسگرها و اجرای دستورات مانند:
• روشن/خاموش کردن فن‌ها.
• تنظیم سرعت تهویه یا تغییر مسیر جریان هوا.

ج) لایه داده و تحلیل (Data and Analysis Layer)

- هوش مصنوعی: برای تحلیل داده‌ها و شناسایی الگوها.
- داده‌کاوی: برای بهبود تصمیم‌گیری و پیش‌بینی نیازهای آینده.

د) لایه اجرا (Execution Layer)

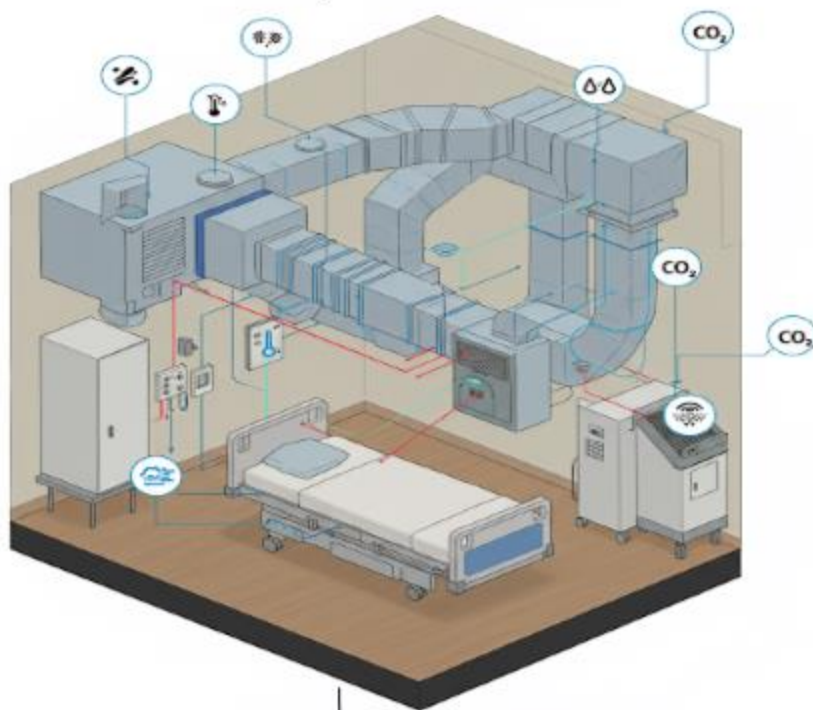
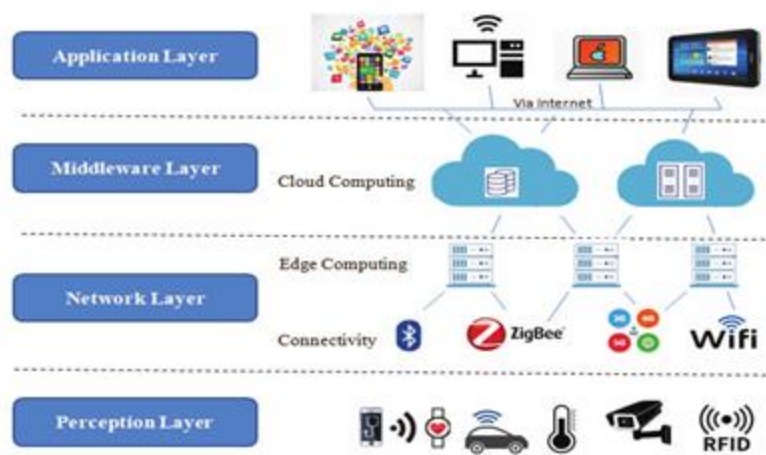
تجهیزات اصلی شامل هواسازها، کانال‌های تهویه، فن‌ها، و فیلترها که عملکرد آنها توسط سیستم‌های کنترل هوشمند مدیریت می‌شود.

ه) لایه تعامل انسانی (Human Interaction Layer)

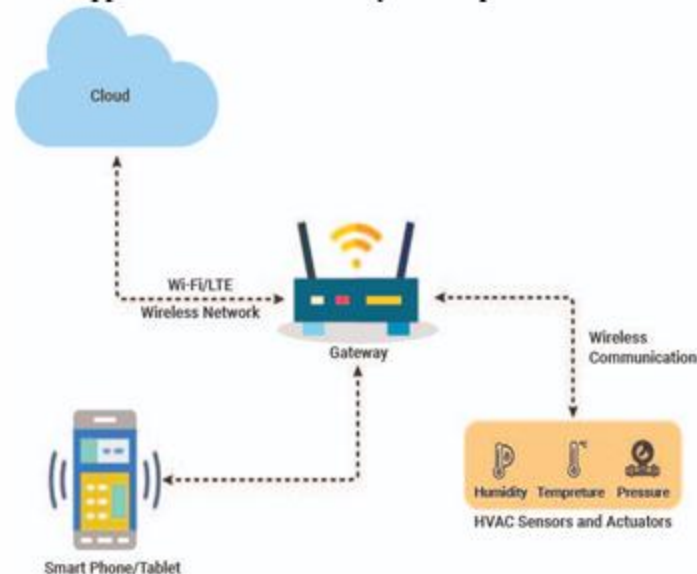
رابط‌های گرافیکی و نرم‌افزارهای مدیریتی که امکان مشاهده و کنترل دستی سیستم را برای پرسنل فنی فراهم می‌کنند.

Indoor Air Quality and HVAC Optimization in Smart Hospitals

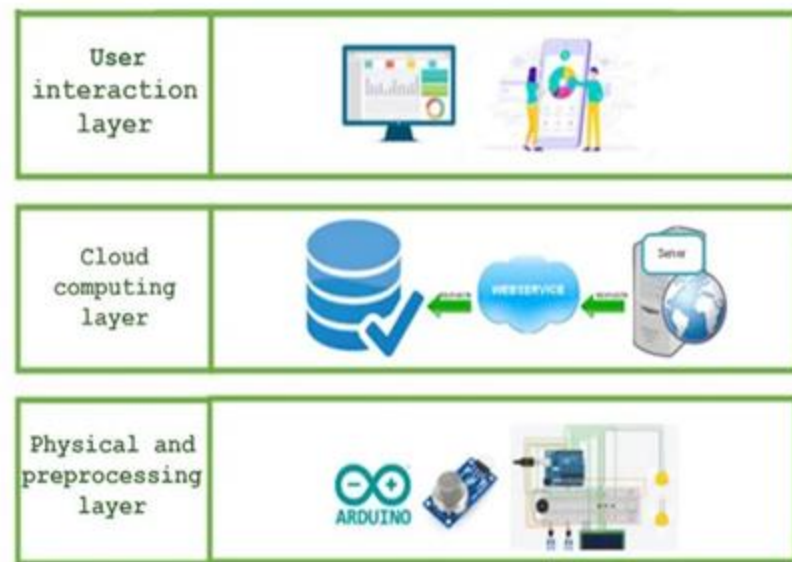
IoT Architecture



IoT Applications for HVAC System Optimization



IoT Applications for Indoor Air Quality Management



کاربردهای فناوری‌های هوشمند در کنترل عفونت‌های بیمارستانی



هوش مصنوعی و یادگیری ماشین: این فناوری‌ها با تحلیل داده‌های بالینی و تصویربرداری پزشکی، به تشخیص زودهنگام عفونت‌ها و پیش‌بینی شیوع آن‌ها کمک می‌کنند. برای مثال، استفاده از هوش مصنوعی در تصویربرداری پزشکی می‌تواند به تشخیص سریع‌تر عفونت‌های ریه کمک کند.

اینترنت اشیاء (IoT): حسگرهای متصل به اینترنت می‌توانند وضعیت بهداشتی محیط بیمارستان را در زمان واقعی نظارت کنند. این حسگرها می‌توانند اطلاعاتی مانند دما، رطوبت و کیفیت هوا را جمع‌آوری کرده و به سیستم‌های مرکزی ارسال کنند تا در صورت نیاز اقدامات پیشگیرانه انجام شود.

نانو فناوری: استفاده از نانو زخم‌پوش‌های هوشمند که دارای حسگرهای زیستی هستند، امکان تشخیص عفونت در زخم‌های حاد را فراهم می‌کند. این حسگرها تغییرات دی‌الکتریک هیدروژل را شناسایی کرده و اطلاعات آن را به گوشی‌های هوشمند منتقل می‌کنند.

تجزیه و تحلیل داده‌های کلان (Big Data): با جمع‌آوری و تحلیل داده‌های گسترده از منابع مختلف، می‌توان الگوهای شیوع عفونت را شناسایی کرده و استراتژی‌های پیشگیری مؤثرتری را تدوین کرد.

استفاده از ربات‌های هوشمند جهت ضدعفونی کردن

نمونه استفاده از ربات هوشمند جهت ضد عفونی بخشهای بیمارستان در زمان کرونا





۱- حسگرهای شیمیایی هوشمند (Smart Chemical Sensors)

عملکرد: این حسگرها قادر به شناسایی گازهای مضر (مانند فرمالدهید، کلروفرم، آمونیاک، و اتیلن اکساید) و ترکیبات آلی فرار (VOCs) هستند. غلظت دقیق مواد شیمیایی را اندازه‌گیری و اطلاعات آن را در زمان واقعی به سیستم‌های مدیریتی ارسال می‌کنند.

کاربردها: شناسایی نشتی مواد شیمیایی در بخش‌هایی مانند آزمایشگاه‌ها، رادیولوژی، یا اتاق‌های عمل. پایش کیفیت هوا در محیط‌های پرخطر.

نمونه فناوری: حسگرهای مبتنی بر نانوذرات که حساسیت بالایی به غلظت‌های بسیار پایین گازهای شیمیایی دارند.



۲- سیستم‌های تهویه هوشمند (Smart Ventilation Systems)

عملکرد:

استفاده از فیلترهای کربن فعال و فیلترهای شیمیایی اختصاصی برای جذب گازهای مضر و VOCs .
تنظیم خودکار جریان هوا بر اساس داده‌های حسگرهای شیمیایی.
انتشار هوای پاک به محیط و دفع هوای آلوده به بیرون با حداقل تأثیر بر محیط زیست.

کاربردها:

کنترل گازهای ضد عفونی کننده در اتاق‌های جراحی و استریلیزاسیون.
مدیریت گازهای آزاد شده از مواد دارویی یا مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمایشگاه‌ها.



۳. پایش خودکار و بلادرنگ (Real-Time Monitoring Systems)

عملکرد: سیستم‌های پایش خودکار، داده‌های حسگرهای شیمیایی را به صورت لحظه‌ای پردازش می‌کنند. از اینترنت اشیاء (IoT) برای ارسال داده‌ها به سیستم مرکزی و یا نرم‌افزارهای مدیریتی استفاده می‌شود. در صورت تشخیص غلظت بالای یک ماده خطرناک، هشدار خودکار ارسال می‌شود.

کاربردها: پیشگیری از وقوع بحران‌های شیمیایی (مانند نشتی گازهای بیهوشی). شناسایی زودهنگام آلودگی شیمیایی در مناطق حساس.



۴. ربات‌های هوشمند برای مدیریت مواد شیمیایی (Smart Robots)

عملکرد: ربات‌های مجهز به حسگرهای شیمیایی برای جابجایی، ذخیره‌سازی و دفع ایمن مواد شیمیایی. این ربات‌ها از هوش مصنوعی برای شناسایی مواد شیمیایی و پیش‌بینی خطرات احتمالی استفاده می‌کنند.

کاربردها:

جلوگیری از تماس انسانی با مواد شیمیایی خطرناک. بهبود ایمنی در حمل و نقل داخلی مواد شیمیایی و نمونه‌های آزمایشگاهی

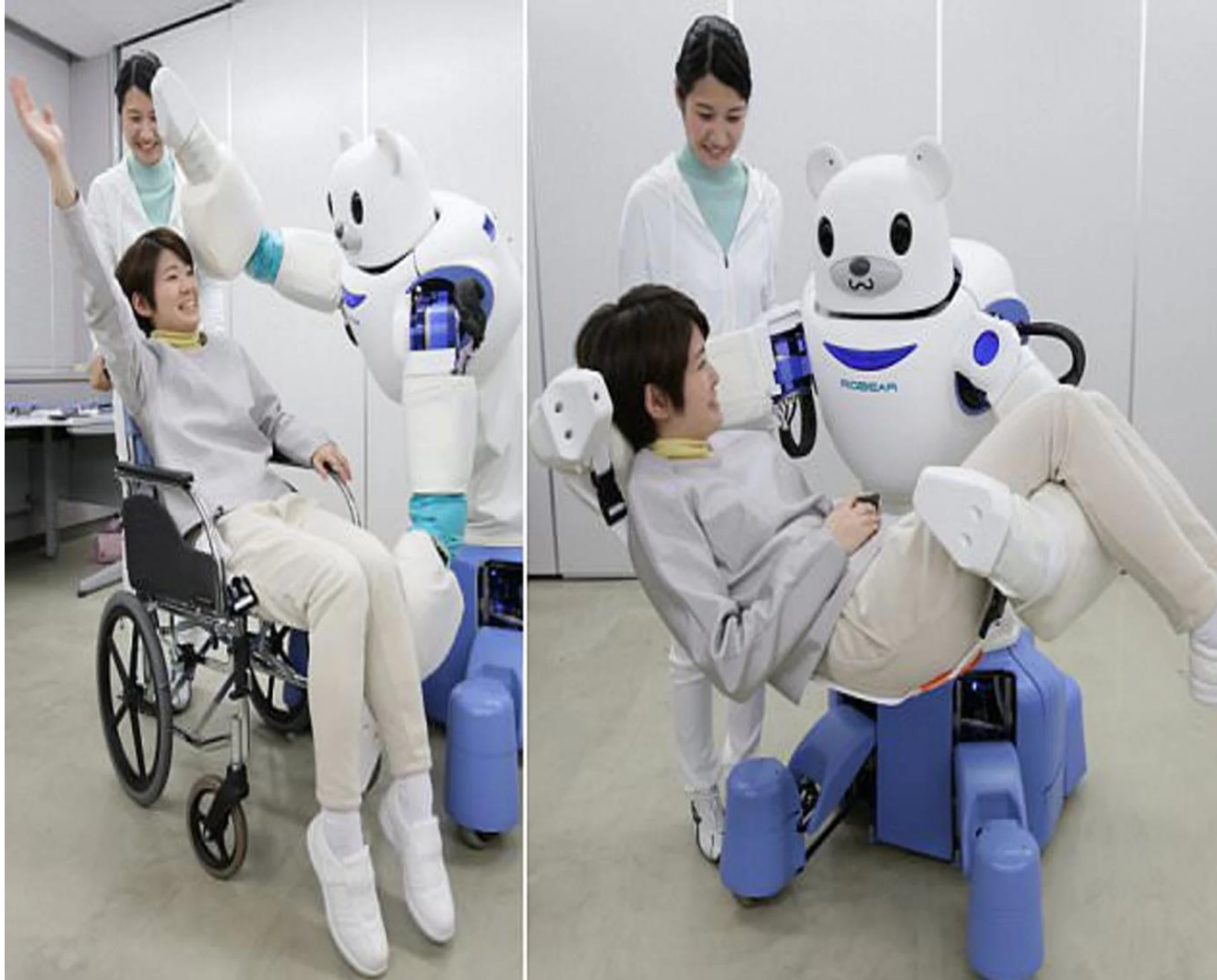




رباتهای بازرسی!



کنترل عوامل ارگونومیک



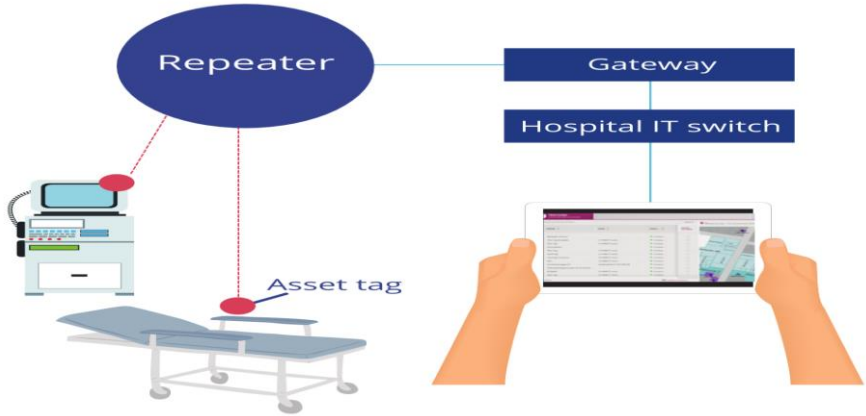
۱. ربات‌های کمکی برای حمل و جابجایی بیماران:

عملکرد: ربات‌های کمکی با استفاده از حسگرها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی، قادر به شناسایی و جابجایی بیماران با دقت و ایمنی بالا هستند.

کاربرد: این ربات‌ها در بخش‌های اورژانس و مراقبت‌های ویژه برای انتقال بیماران به تخت یا برانکارد استفاده می‌شوند.

مثال: ربات‌های کمکی مانند Robear و Tug Robots برای حمل و جابجایی بیماران و تجهیزات در بیمارستان‌ها

کنترل عوامل ارگونومیک



۲. سیستم‌های مکان‌یابی و ردیابی هوشمند (RTLS):

سیستم‌های مکان‌یابی و ردیابی هوشمند (Real-Time Location Systems - RTLS) یکی از فناوری‌های کلیدی در بیمارستان‌های هوشمند هستند که با استفاده از فناوری‌های بی‌سیم مانند RFID، بلوتوث، Wi-Fi، و UWB (Ultra-Wideband)، امکان ردیابی و نظارت لحظه‌ای بر تجهیزات، پرسنل، بیماران و مدیریت زنجیره تأمین را فراهم می‌کنند.

سیستم RTLS از اجزای زیر تشکیل می‌شود:

حسگرها و تگ‌ها: این دستگاه‌ها روی اشیاء، بیماران یا پرسنل نصب می‌شوند و اطلاعات مکانی آن‌ها را به سیستم مرکزی ارسال می‌کنند.

گیرنده‌ها یا آنتن‌ها: این اجزا سیگنال‌های ارسال شده توسط تگ‌ها را دریافت کرده و اطلاعات مکانی را به سرور ارسال می‌کنند.

سیستم مرکزی (سرور): داده‌های مکانی را پردازش کرده و موقعیت دقیق را در نرم‌افزار مدیریت نمایش می‌دهد.

نرم‌افزار مدیریت: رابط کاربری برای مشاهده و مدیریت اطلاعات مکانی در زمان واقعی.

کنترل عوامل ارگونومیک



۳. تخت‌های بیمار هوشمند:

حسگرهای پیشرفته

حسگرهای فشار: برای شناسایی فشار نقاط مختلف بدن بیمار، به‌منظور پیشگیری از زخم بستر.
حسگرهای تشخیص حرکت: برای پایش حرکات بیمار و اطلاع‌رسانی در صورت افتادن یا حرکت غیرمنتظره.
حسگرهای بیومتریک: اندازه‌گیری علائم حیاتی مانند ضربان قلب، سطح اکسیژن خون، و دمای بدن.
اتصال به اینترنت اشیاء: پایش لحظه‌ای و ارسال هشدار به کادر درمان در صورت بروز شرایط اضطراری (مانند افت فشار خون یا تشنج بیمار).

تنظیمات خودکار

تنظیم ارتفاع و زاویه: تخت‌ها می‌توانند ارتفاع و زاویه را بر اساس وضعیت بدن بیمار به‌طور خودکار تنظیم کنند.
حالت‌های درمانی: تخت می‌تواند به حالت‌های مختلف (مانند وضعیت نیمه‌نشسته برای بهبود تنفس) تغییر یابد.

سیستم هشدار سقوط

پایش حرکات غیرطبیعی: در صورتی که بیمار قصد خروج ناگهانی از تخت داشته باشد، تخت هشدار می‌دهد.
اطلاع‌رسانی سریع: سیستم هشدار به پرستاران پیام ارسال می‌کند تا از حوادث جلوگیری شود.

سیستم تهویه و دما

کنترل دما: تخت‌های هوشمند می‌توانند دمای سطح خود را برای راحتی بیمار تنظیم کنند.
تهویه داخلی: تخت‌ها دارای سیستم‌های تهویه هستند که جریان هوای مناسب را برای پیشگیری از تعریق یا عفونت فراهم می‌کنند.

امکانات ارتباطی

ارتباط با کادر درمان: تخت هوشمند به بیمار اجازه می‌دهد از طریق صفحه‌نمایش یا سیستم صوتی با پرستاران یا پزشکان ارتباط برقرار کند.
سرگرمی بیمار: امکان دسترسی به اینترنت، تلویزیون و برنامه‌های تفریحی برای بیمار.



کنترل عوامل ارگونومیک



فناوری‌های استفاده شده در تخت‌های هوشمند

۱. اینترنت اشیاء (IoT)

اتصال تخت‌ها به شبکه مرکزی بیمارستان برای ارسال داده‌های حیاتی بیمار. ادغام با سیستم‌های مدیریت بیمارستانی (HIS) برای به‌روزرسانی مداوم پرونده بیمار.

۲. هوش مصنوعی (AI)

تحلیل داده‌های حسگرها برای پیش‌بینی شرایط اضطراری (مانند تشنج یا افت فشار خون). تنظیم خودکار وضعیت تخت بر اساس نیازهای درمانی بیمار.

۳. یادگیری ماشین

شناسایی الگوهای حرکتی بیمار برای پیشگیری از سقوط. ارائه توصیه‌های بهینه‌سازی بر اساس داده‌های قبلی بیماران مشابه.

۴. حسگرهای بیومتریک

اندازه‌گیری مداوم علائم حیاتی بیمار. ارسال داده‌ها به سیستم‌های تحلیلی برای نظارت پزشکی.

۵. رایانش لبه Edge Computing

پردازش داده‌ها به صورت محلی برای کاهش تأخیر در واکنش‌ها.

کنترل عوامل ارگونومیک



۴. ایستگاه کاری هوشمند :

۱. طراحی ارگونومیک و قابل تنظیم

ارتفاع قابل تنظیم : امکان تغییر ارتفاع میز برای کار در حالت ایستاده یا نشسته.
سیستم‌های ضد خستگی : استفاده از سطوح ضد لغزش و صندلی‌های ارگونومیک.

۲. یکپارچگی با سیستم‌های بیمارستانی

۳. استفاده از نمایشگرهای پیشرفته

نمایشگرهای چندلمسی با کیفیت بالا برای کاربری آسان‌تر.
قابلیت استفاده از قلم دیجیتال برای یادداشت‌برداری مستقیم.
امکان تقسیم صفحه برای دسترسی هم‌زمان به چند سیستم.

۴. هوش مصنوعی و یادگیری ماشین : پیشنهادات هوشمند / تحلیل داده‌ها / مدیریت وظایف

۵. ارتباطات هوشمند : سیستم هشدار / ارتباط صوتی و تصویری / ترجمه لحظه‌ای

۶. تجهیزات داخلی هوشمند : ایستگاه شارژ / سیستم استریلیزاسیون داخلی / دستگاه اسکن



کنترل عوامل ارگونومیک



آینده ایستگاه‌های کاری هوشمند

ادغام با ربات‌ها: ربات‌هایی که در کنار ایستگاه‌ها برای ارائه خدمات خودکار (مانند جابجایی داروها) کار می‌کنند.

کاربری در خانه: امکان استفاده از ایستگاه‌های هوشمند برای مانیتورینگ بیماران در خانه.

توسعه رابط‌های کاربری هوشمند: بهبود تجربه کاربری با سیستم‌های پیشرفته‌تر.



کنترل عوامل ارگونومیک



۵. سامانه‌های توان‌افزا و فناوری‌های پوشیدنی:

مکانیسم عمل سامانه‌های توان‌افزا (Exoskeletons) و فناوری‌های پوشیدنی بر پایه ترکیبی از مهندسی بیومکانیک، حسگرهای هوشمند، محرک‌های الکترومکانیکی و گاهی هوش مصنوعی طراحی شده است. این سامانه‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که با حرکات بدن فرد هماهنگ شوند و به صورت فعال یا غیرفعال نیروی پشتیبانی ایجاد کنند.

- حسگرهای زیستی و حرکتی (Biosensors & Motion Sensors)

- محرک‌ها (Actuators)

- واحد کنترل مرکزی (Central Control Unit)

- قاب مکانیکی سبک و ارگونومیک

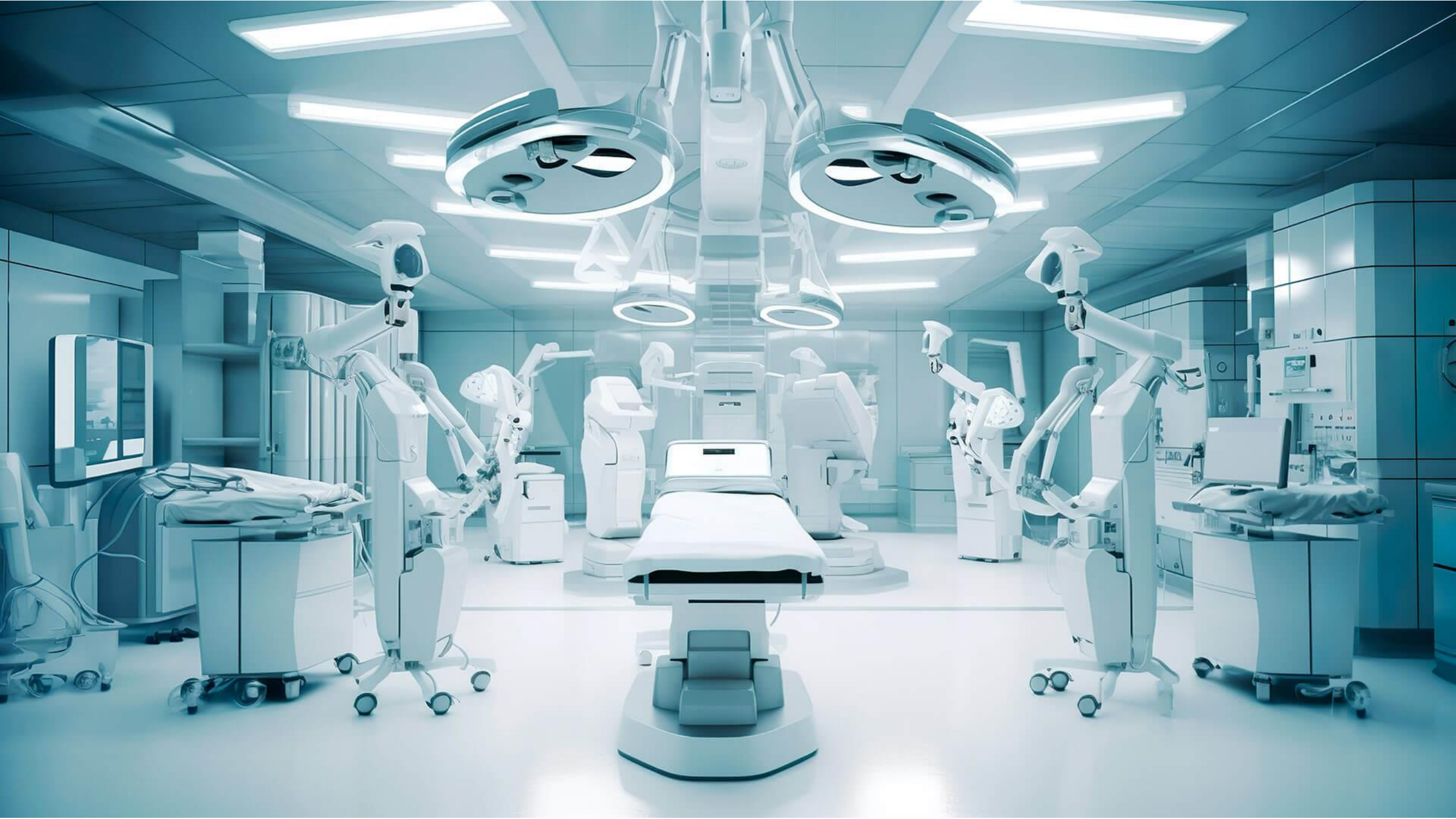
در یک محیط بیمارستانی، کمک پرستاری که از اسکلت بیرونی استفاده می‌کند، هنگام بلند کردن بیمار از تخت، سیستم حسگرها تشخیص می‌دهند که کاربر در حال خم شدن است، سپس محرک‌ها به صورت همزمان فعال می‌شوند و نیروی لازم برای بالا آوردن بیمار را بدون اعمال فشار به کمر پرستار فراهم می‌کنند.



سامانه‌های توان‌افزا و فناوری‌های پوشیدنی









فناوری هوشمند در مدیریت پرونده‌های طب کار



ذخیره و مدیریت تمامی اطلاعات پزشکی در یک پایگاه داده یکپارچه.

قابلیت اتصال به سیستم‌های مدیریت منابع انسانی (HR) برای یکپارچگی اطلاعات پرسنل

پیش‌بینی بیماری‌های شغلی با تحلیل داده‌های سلامت و محیط کاری.

شناسایی الگوها و ارائه توصیه‌های بهینه‌سازی شرایط بهداشتی.

ارائه تحلیل‌های پیشرفته برای شناسایی گروه‌های پرخطر.

کاهش احتمال خطاهای انسانی در ثبت و نگهداری اطلاعات.

ارائه توصیه‌های شخصی‌سازی شده برای بهبود سلامت و کاهش عوامل خطر.

ثبت تاریخ واکسیناسیون و یادآوری برای نوبت‌های بعدی.

سیستم‌های هوشمند پرونده‌ها را با نتایج جدید آزمایش‌ها یا معاینات به صورت خودکار به روزرسانی می‌کنند.

و

فناوری‌های هوشمند در مدیریت پسماند بیمارستانی



۱. **اینترنت اشیاء و حسگرهای هوشمند:** استفاده از حسگرهای متصل به اینترنت در سطوح زباله پزشکی امکان نظارت بلادرنگ بر سطح پرشدگی، دما و نوع پسماند را فراهم می‌کند. این اطلاعات به سیستم‌های مرکزی ارسال می‌شود تا زمان‌بندی جمع‌آوری بهینه شود و از پر شدن بیش از حد یا نشت پسماندهای خطرناک جلوگیری گردد.

۲. **هوش مصنوعی و یادگیری عمیق:** الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری عمیق برای طبقه‌بندی و تفکیک پسماندهای پزشکی به کار می‌روند. این سیستم‌ها با تحلیل تصاویر و داده‌ها می‌توانند پسماندهای عفونی، شیمیایی و غیره را به‌طور دقیق شناسایی و دسته‌بندی کنند، که منجر به کاهش خطاهای انسانی و افزایش بهره‌وری می‌شود.

۳. **مدیریت مسیرهای جمع‌آوری با الگوریتم‌های بهینه‌سازی:** استفاده از الگوریتم‌های ژنتیکی و بهینه‌سازی برای تعیین مسیرهای بهینه جمع‌آوری پسماندها باعث کاهش زمان و هزینه‌های حمل‌ونقل می‌شود. این رویکرد به بهبود کارایی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند.

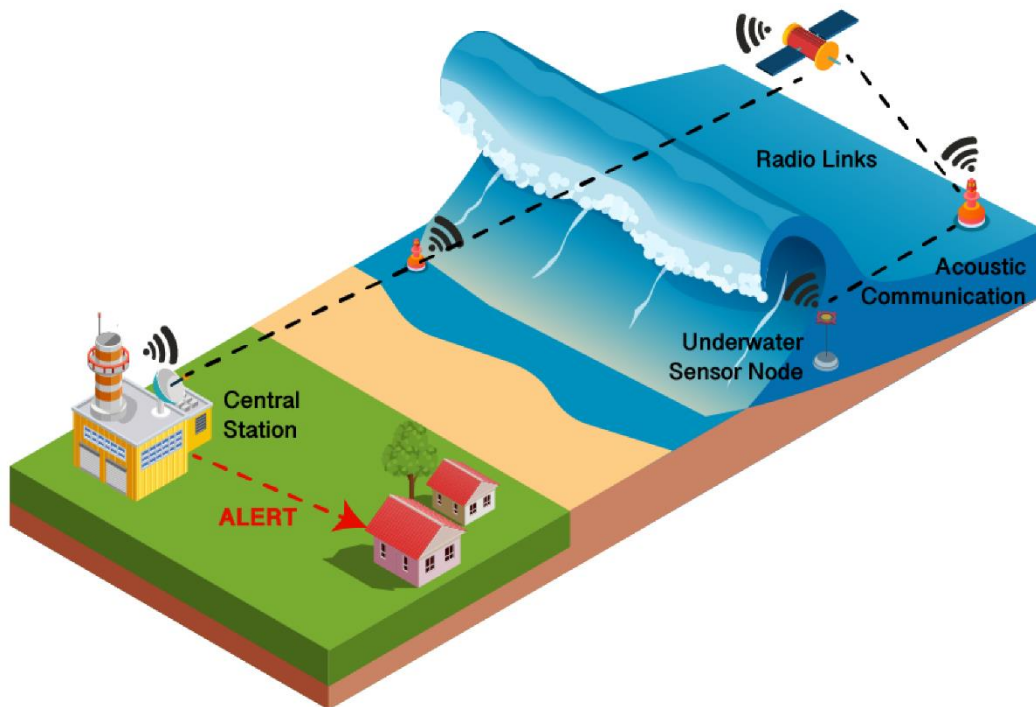
۴. **مدل‌های اقتصاد چرخشی:** مدیریت پسماندهای زیستی بیمارستانی با رویکرد اقتصاد چرخشی شامل تفکیک در مبدأ، بازیافت و استفاده مجدد از منابع است. این مدل‌ها به کاهش تولید پسماند و بهره‌برداری مؤثر از منابع کمک می‌کنند.

۵. **فناوری‌های پوشیدنی و توان‌افزا برای کارکنان:** استفاده از اسکلت‌های بیرونی و تجهیزات پوشیدنی به کارکنان کمک می‌کند تا پسماندهای سنگین یا خطرناک را با ایمنی و کارایی بیشتری جابجا کنند، که منجر به کاهش آسیب‌های اسکلتی-عضلانی می‌شود.



۱. سامانه‌های هشدار و تخلیه اضطراری مبتنی بر اینترنت اشیاء

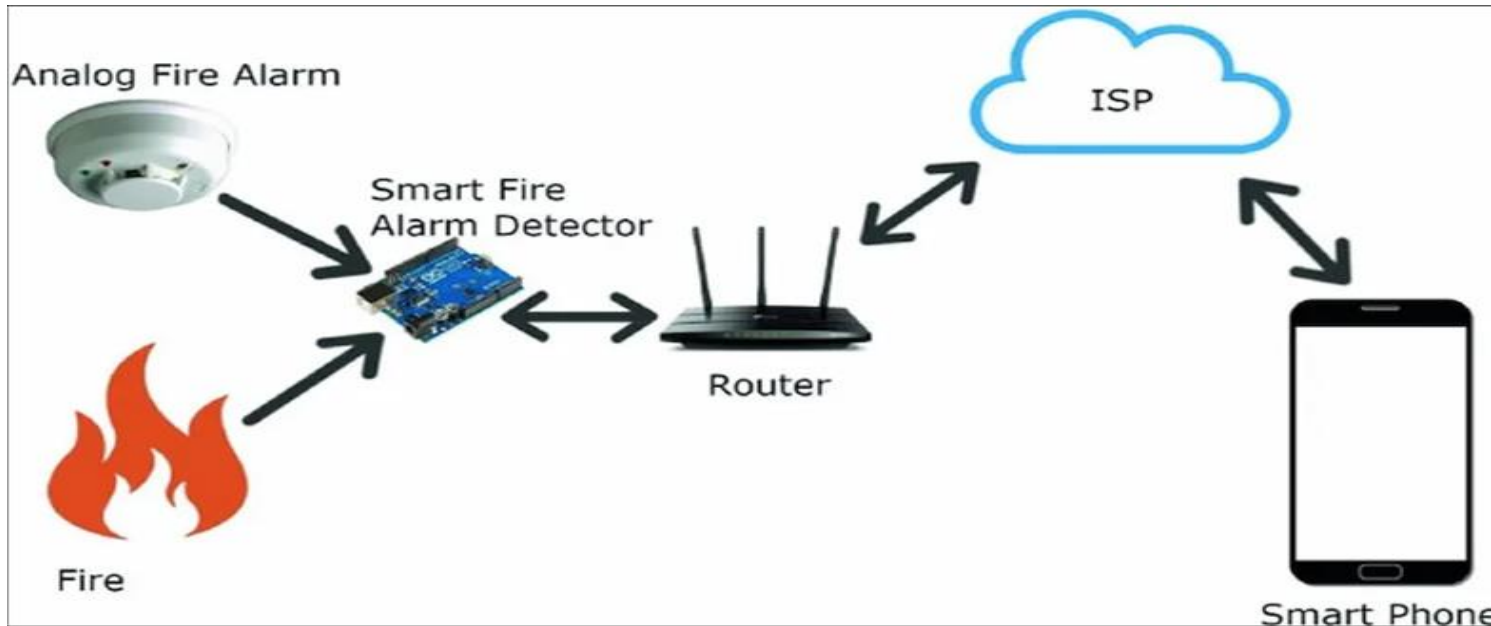
حسگرهای هوشمند نصب‌شده در بخش‌های مختلف بیمارستان (مانند حسگرهای دود، دما و لرزش) به‌صورت بلادرنگ شرایط بحرانی را شناسایی می‌کنند. این اطلاعات به سامانه‌های مرکزی ارسال می‌شود تا تخلیه اضطراری به‌صورت خودکار و با هدایت مسیرهای ایمن انجام شود. مطالعات نشان داده‌اند که سامانه‌های تخلیه مبتنی بر IoT می‌توانند مسیرهای خروجی را بهینه‌سازی کرده و زمان تخلیه را کاهش دهند.





۲. **هوش مصنوعی و یادگیری ماشین:** در پیش‌بینی و واکنش به بحران الگوریتم‌های هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های حسگرها، سوابق حوادث و شرایط محیطی، می‌توانند وقوع بحران‌ها را پیش‌بینی کرده و واکنش‌های مناسب را پیشنهاد دهند. این فناوری‌ها به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا اقدامات مؤثرتری در زمان بحران انجام دهند.

۳. **سامانه‌های هوشمند اطفای حریق و اعلام خطر درون‌سازمانی**





۴. سامانه‌های هوشمند مدیریت انرژی و پیشگیری از انفجار

در تجهیزات حیاتی مانند کپسول‌های اکسیژن یا دیگ بخار، سیستم مانیتورینگ هوشمند پارامترهایی مثل فشار، دما و نشتی را بررسی می‌کند (هشدار بلادرنگ به پرسنل، قطع خودکار برق یا گاز در ناحیه پرخطر)

۵. سیستم‌های موقعیت‌یابی داخلی (RTLS) برای کنترل بحران انسانی:

ردیابی موقعیت بیماران، کارکنان و تجهیزات از طریق تگ‌های RFID یا Wi-Fi در مواقع بحران (مثلاً برای تخلیه اولویت‌دار ICU یا اتاق عمل) و هدایت سریع پرسنل به خروج اضطراری یا شناسایی پرسنل گم‌شده.

۶. داشبورد مرکزی فرماندهی بحران (Smart Command Center)

همه داده‌های حسگرها، ویدیوهای دوربین‌ها، وضعیت بیماران و تجهیزات در لحظه به یک پنل مرکزی در اتاق فرمان منتقل می‌شود (تصمیم‌گیری سریع، هماهنگی خودکار با تیم‌های درمانی، تخلیه، و ایمنی)



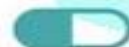
The Smart Hospital

 context-aware
measuring & recording 

 location-aware
asset tracking 

 location-aware access
to nearest doctor 

 context-aware
data & analytics 

 context-aware
post-visit care 

 context-aware
patient privacy

 smart access
control

 automated check-in

 indoor navigation &
optimized patient flow 



مزایای استفاده از فناوری‌های هوشمند در بهینه سازی بهداشت حرفه ای در بیمارستان



۱. کاهش مصرف انرژی و برق :

کاهش ۵ تا ۱۵ درصدی مصرف انرژی کلی: استفاده از سیستم‌های هوشمند مدیریت ساختمان و حسگرهای متصل به شبکه برای کنترل روشنایی و سیستم‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع می‌تواند منجر به کاهش ۵ تا ۱۵ درصدی در مصرف انرژی کلی بیمارستان‌ها شود.

صرفه‌جویی تا ۲۰ درصد در هزینه‌های انرژی: استفاده از سیستم‌های HVAC مجهز به اینترنت اشیا در بیمارستان‌ها می‌تواند تا ۲۰ درصد در هزینه‌های انرژی صرفه‌جویی کند.

کاهش ۱۷ درصدی مصرف انرژی در ساختمان‌های عمومی: مطالعه‌ای در بریتانیا نشان داده است که استفاده از حسگرهای هوشمند برای کنترل روشنایی و گرمایش بر اساس حضور افراد می‌تواند منجر به کاهش ۱۷ درصدی در مصرف انرژی ساختمان‌های عمومی، از جمله بیمارستان‌ها، شود.

پروژه ملی روشنایی در بیمارستان‌های ژاپن: مصرف انرژی تا ۴۰٪ کاهش یافته و محیط آرامش‌بخش‌تری برای بیماران فراهم شده است. همچنین، کاهش روشنایی در ساعات شب به بهبود کیفیت خواب بیماران کمک کرده است.

مزایای استفاده از فناوری‌های هوشمند در بهینه سازی بهداشت حرفه ای در بیمارستان



۲. کاهش ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی: کاهش ۵۵ درصدی آسیب‌های اسکلتی-عضلانی: استفاده از فناوری‌های پوشیدنی هوشمند مانند SoterCoach، که بازخورد بلادرنگ در مورد وضعیت بدنی ارائه می‌دهند، می‌تواند منجر به کاهش ۵۵ درصدی در آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در محیط‌های کاری شود.

۳. افزایش سرعت پاسخ در شرایط اضطراری
کاهش ۴۶ درصدی ایست‌های قلبی در بیمارستان: استفاده از سیستم‌های الکترونیکی پایش بیماران در کنار تخت در بیمارستان‌های NHS انگلستان منجر به کاهش ۴۶ درصدی در موارد ایست قلبی از طریق شناسایی زودهنگام بیماران در حال وخامت شده است.
کاهش ۳۰ درصدی زمان رسیدن آمبولانس‌ها: استفاده از سیستم‌های هوشمند مدیریت پارکینگ، مانند ANPR Watch، در بیمارستان‌ها منجر به کاهش ۳۰ درصدی در زمان رسیدن آمبولانس‌ها به دلیل کاهش ازدحام و بهبود مدیریت پارکینگ شده است.

۴. پیش‌بینی دقیق مصرف انرژی با استفاده از هوش مصنوعی: مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی ANNs می‌تواند به پیش‌بینی دقیق مصرف انرژی در بیمارستان‌ها کمک کند، که این امر منجر به بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه‌ها می‌شود.



چالش های استفاده از فناوری های هوشمند در بهینه سازی بهداشت حرفه ای در بیمارستان



-هزینه های بالای پیاده سازی و نگهداری

-پیچیدگی فنی و نیاز به تخصص

-حفظ حریم خصوصی و امنیت داده ها (حملات سایبری)

-وابستگی به زیرساخت های ارتباطی و اینترنت اشیا (در مناطقی که دسترسی به اینترنت پایدار نیست)

-سازگاری با زیرساخت های قدیمی

-مشکلات مربوط به کیفیت داده ها (داده های دقیق و به روز)

-چالش های زیست محیطی و افزایش زباله های الکترونیکی (حسگرها و قطعات الکترونیکی)

-محدودیت های آب و هوایی و محیطی (دمای بسیار پائین یا بسیار بالا ، گردوغبار ، رطوبت و...)

نمونه هایی از بیمارستانهای هوشمند



-بیمارستان جانز هاپکینز (Johns Hopkins Hospital) ایالات متحده آمریکا

-کلینیک مایو (Mayo Clinic) ایالات متحده آمریکا

-بیمارستان بریکهام و زنان (Brigham and Women's Hospital) ایالات متحده آمریکا

-بیمارستان سیوداد دل کارمن (Ciudad del Carmen Hospital) مکزیک

-بیمارستان لایپزیگ (Leipzig University Hospital) آلمان

-بیمارستان شیخ خلیفه (Sheikh Khalifa Medical City) امارات متحده عربی

-بیمارستان دانشگاه فودان (Fudan University Hospital) شانگهای چین

-بیمارستان Peking Union Medical College (PUMC) پکن

-بیمارستان Tongji ووهان چین





Sheikh Khalifa Medical City

Thank you for
your hard work

