

## کاربرد مصالح هوشمند در طراحی فضاهای درمانی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۳۱

کد مقاله: ۳۸۱۵۳

ساره نصیری<sup>۱</sup>، وجیهه ملائی شمس<sup>۲\*</sup>

### چکیده

در طول دو دهه ی اخیر ساختمان ها و زندگی در آنها بسیار تغییر کرده است. در واقع می توان گفت که به جز تعداد کمی از استثناهای موجود، ساختمان های کنونی از آن نوع زیستگاه ها نیستند که به حال حاضر تعلق داشته باشند. با توسعه در زمینه مصالح، فرآورده ها و روش های ساخت ابداعی، حرکت به سوی ساختمان‌هایی با کارایی بالاتر و صرفه اقتصادی بهتر و سازگار با محیط زیست امری ضروری می نماید. ما در حال حاضر در آستانه نسل بعدی ساختمان ها هستیم؛ ساختمان هایی با درجات متعددی از تکنولوژی جدید که کاملاً رفتار اکولوژیکی دارند و قادرند با بهره گیری هوشمندانه از مصالح سازگار و عملکرد مناسب، در برابر تغییرات مستقیم و غیر مستقیم پیرامون خود واکنش نشان دهند و خود را با شرایط مناسب تطبیق دهند. این نوآوری ها وظایف جدیدی را برای طراحان و معماران ایجاد می کند که از قافله پرسرعت تکنولوژی عقب نمانده و آنها را در طرح های خود به کار گیرند. لذا امروزه ایجاد محیطی با حداکثر قابلیت های آسایش و ایمنی از اهداف طراحی ساختمان ها به شمار می آید، با توجه به مهم بودن نقش فضاهای درمانی در زندگی بشر توجه به این موضوع در خصوص این مراکز بسیار قابل توجه است. همچنین استفاده از مصالح هوشمند طی سالیان اخیر پیشرفت چشمگیری در عرصه طراحی فضاهای درمانی داشته است. بنابراین این مصالح می توانند به راحتی با نیازهای مختلف فضایی منطبق گردند و قادر خواهند بود بر کیفیت مراحل درمانی، مراقبتی بیمار بیفزایند و بار سنگین وظایف پزشکی را کاهش بخشند. هدف از انجام این پژوهش شناخت مصالح هوشمند و کاربردهای آن در انواع محیط های درمانی است که داده های اولیه آن به روش کیفی از طریق مطالعات کتابخانه ای جمع آوری شده و به روش تحلیلی-کیفی ب بررسی آنها و اطلاعات به دست آمده پرداخته ایم. نتایج حاصل نشان می دهد استفاده از مصالح هوشمند در مراکز درمانی سبب ارتقای کیفیت محیط و افزایش بهداشت فضاهای داخلی می شود که این موضوع تاثیر مثبت بر روند بهبود و درمان بیماران و افزایش رضایت مندی کارکنان، مراجعین و همراهان آن ها را به دنبال دارد.

واژگان کلیدی: فضاهای درمانی، مصالح هوشمند، تکنولوژی هوشمند، نانو مواد

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری داخلی، موسسه آموزش عالی خاوران

۲- (نویسنده مسئول) عضو هیئت علمی و استادیار معماری، گروه معماری موسسه آموزش عالی اسرار

## ۱- مقدمه

امروزه نقش فضاهای بهداشتی- درمانی در زندگی افراد به دلیل پیشرفت های چشمگیر دانش پزشکی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. در ابتدای قرن بیستم، سلامت، تناسب اندام و مراقبت از جسم و روان در میان دغدغه های اصلی جوامع پیشرفته قرار گرفته است. از آن زمان تا به امروز، بیمارستان ها در امکانات پیشرفته، تخصصی و چند عملکردی فراوانی توسعه یافته اند. بناهای درمانی در جهت پاسخگویی به نیازهای مختلف درمانی بشر رشد و پیشرفت روزافزونی داشته است (طالبیان، ۱۳۶۰). بیمارستان ها و فضاهای درمانی از اصلی ترین نیازهای جامعه به شمار می آیند. بیمار در مراکز درمانی با توجه به نوع بیماری نیازمند مراقبت های درمانی در سطوح مختلف می باشد با نظر به نقش خطیر مراکز درمانی در حفظ و بازگردانی سلامت به اقشار جامعه که خود امری حیاتی به شمار می آید لزوم توجه به طراحی معماری این گونه فضاها چه از لحاظ کالبدی و عملکردی و چه از لحاظ معماری داخلی بیش از پیش احساس می شود. (زینتی، ۱۳۸۹) این مراکز به دلیل عملکرد شبانه روزی و استانداردهای بهداشتی دقیق دارای چالش های بسیاری به هنگام طراحی و انتخاب مصالح هستند. همراه با پیشرفت تکنولوژی در سالهای اخیر ، علاوه بر جنبه های درمانی و جنبه های رفاهی، به مسائلی از قبیل پایداری، انرژی، سایت، منظر، طبیعت و... توجه بیشتری شد (طالبیان، ۱۳۶۰).

امروزه با توجه به توسعه استفاده از مواد هوشمند در صنعت ساختمان سازی با هدف طراحی محیط های با کیفیتی که نیازهای کاربران را بهتر تامین کند درک نقش سیستم های هوشمند بر سازگاری محیط های درمانی و میزان تاثیر آنها در ایجاد محیطی بهتر بسیار حائز اهمیت است. تاثیر فناوری نانو بر مصالح هوشمند ما را یک قدم به داشتن مصالحی که ویژگی های مورد نظرمان را داشته باشند، نزدیک تر می کند، مصالحی که ویژگی های منحصر به فرد ویژه ای دارند و مهندسان را از مصالح قدیمی که مشکلات متعددی هنگام استفاده از آنها در فرآیندهای ساخت و ساز بروز می کند، جدا می کند (گلابچی، ۱۳۹۷).

به کارگیری مصالح هوشمند با توجه به پتانسیل هایی که دارند در بسیاری از کشورها از حد تحقیق و پژوهش فراتر رفته و استفاده از آن ها در صنعت ساختمان سازی عملی شده است لذا امروزه ایجاد محیطی با حداکثر قابلیت های آسایش و ایمنی طراحی ایمنی از اهداف طراحی ساختمان ها به شمار می آید و این مهم در خصوص طراحی مراکز درمانی اهمیت خاصی می یابد. همچنین سیستم مصالح هوشمند طی سالیان اخیر پیشرفت چشمگیری در عرصه طراحی فضاهای درمانی داشته است. بنابراین مصالح هوشمند میتوانند به راحتی با نیازهای مختلف فضایی منطبق گردند و قادر خواهند بود بر کیفیت مراحل درمانی ، مراقبتی بیمار بیفزایند (گرگی مهبلانی و حاج ابوطالبی، ۱۳۸۸).

اکنون با دید آینده نگری که به معماری و سیستم های ساخت از سوی معماران وجود دارد به زودی شاهد توسعه و گسترش مصالح هوشمند در حوزه معماری در کشور خواهیم بود. متأسفانه در ایران طراحان و معماران همچنان در طراحی محیط های درمانی از مصالح رایج استفاده می کنند، از این رو ضروری است که با شناسایی مصالح هوشمند مناسب فضاهای درمانی به دنبال جایگزینی این مصالح باشیم تا بر کیفیت این فضاها بیافزاییم. لذا این پژوهش برآن است با معرفی مصالح هوشمند به بررسی مزایای استفاده آنها در مراکز درمانی گردیده است تا بتوان راهکارهای مناسبی در جهت بهبود کیفیت فضاهای ذکر شده ارائه داد.

## ۲- پرسش های پژوهش

این پژوهش در پی پاسخ به سؤالات زیر است:

- مصالح هوشمند چیست و چه ویژگی هایی دارد؟

\_ مصالح هوشمند در چه بخش هایی از فضاهای درمانی به کاربرد می روند ؟

## ۳- پیشینه پژوهش

در کتاب آدینگتون و شودک (۲۰۰۵) هواپیماهای هوشمند ، خانه های هوشمند - منسوجات حافظه دار - ریزماشین ها - ساختارهای خود مونتاژشونده - رنگ هایی با قابلیت تغییر رنگ - نانو سیستم ها مورد بررسی قرار گرفته است، همچنین بیان شده است که واژگان دنیای مصالح از سال ۱۹۹۲ زمانی که اولین "مصالح هوشمند" ظهور کرد به طرز چشمگیری تغییر کرده است. جانی و قاسمی (۱۳۹۲) در تحقیقی اظهار داشته اند که در صنعت ساختمان سازی دو دوره مصالح شامل دوره پلاستیک و دوره کامپوزیت تعریف شده است مصالح هوشمند در میان این دو دوره قرار گرفته است.

جدول ۱- پیشینه پژوهش (ماخذ: نویسندگان)

نویسنده	سال	عنوان کتاب/مقاله	توضیح
ادینگتون میشل - شودک، دانیل	۲۰۰۵	مواد هوشمند و فناوری های جدید برای حرفه های معماری و طراحی	انواع مواد هوشمند و طبقه بندی آنها و تکنولوژی های جدید در صنعت معماری و طراحی را بررسی می کند
ریتر، اکسل	۲۰۰۷	مصالح هوشمند در معماری، معماری داخلی و طراحی	در مورد انواع مواد هوشمند و طبقه بندی و نمونه های کاربردی آنها در معماری و طراحی داخلی می باشد.
یحیی س عبدالله، هدی ع.س.، العلوان	۲۰۱۹	سیستم های مواد هوشمند و سازگاری در معماری	در مورد سیستم طبقه بندی مصالح هوشمند و معماری تطبیقی و سیستم طبقه بندی ساختمان های مدرن می باشد.
امیر ویسی	۱۳۹۵	مصالح هوشمند تحولی در معماری پایدار	در مورد ساختمان هوشمند و خصوصیات و طبقه بندی و انواع و کاربرد مصالح هوشمند می باشد.

#### ۴- مواد و روش ها

این پژوهش با رویکردی کیفی و روشی توصیفی تحلیلی، با استفاده از منابع کتابخانه ای و کتب و مقالات الکترونیک که به بررسی نقش مصالح هوشمند در محیط های درمانی می پردازد. نتایج این پژوهش می تواند زمینه های آشنایی و چگونگی استفاده از مصالح هوشمند را در بخش های مختلف ساختمان سازی به ویژه فضاهای درمانی فراهم سازد.

#### ۴-۱- معماری هوشمند

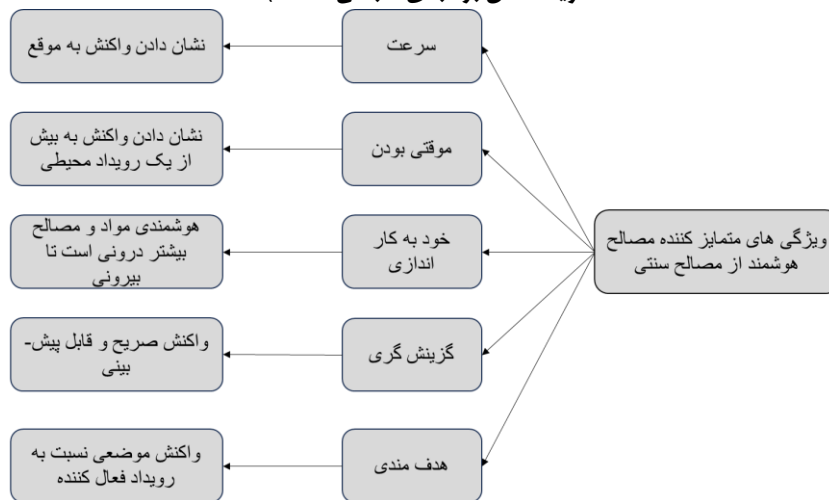
از نظر مهرگان (۱۳۹۰) با استفاده از دستاوردهای مصالح هوشمند یک شی (ساختمان) در زمان ها و مکان های مختلف می تواند رفتارهای متفاوتی از خود نشان دهد (سخت و غیر قابل انعطاف و یا نرم و سیال). در واقع مصالح، هویت ثابت خود را از دست می دهند و دیگر معماری تعریف محدودی در زمان و مکان نخواهد داشت. یک ساختمان هوشمند، ساختمانی است که خود فکر می کند و با سنجیدن نیازهایش در جهت رفع آن گام بر می دارد. برای رسیدن به این ساختمان، مصالح هوشمند اولین قدم و مؤثرترین روش هستند. امروزه ساختمان ها خود گونه ای از تکنولوژی هستند. آنها خود را با تکنولوژی وفق می دهند و از آن بهره می گیرند. یک بنای هوشمند، بنایی است که کارایی و راندمان ساکنان کاربران را افزایش داده و امکان مدیریت مؤثر را بر اساس مقتضیات خاص و با کمترین هزینه فراهم آورد (افشاری بصیر، ۱۳۹۰). این نوع معماری پویا است؛ بدین معنا که پارامترهای عملکردی اصلی، خود را با توجه با نیاز، تقاضا و شرایط متغیر و پویا تغییر می دهند. یک معماری هوشمند همچنین مانند سامانه ای زنده قادر به تجربه اندوژی و استفاده از تجارب در شرایط جدید است و با این خصیصه پویایی و خود سازماندهی سامانه تضمین می گردد. پویایی و فعال بودن، انعطاف پذیری و سازگاری با محیط، واکنش پذیری و پاسخده بودن از ویژگیهای اصلی معماری هوشمند محسوب می شوند (علیخانی، ۱۳۸۰).

#### ۴-۲- مصالح هوشمند

مصالح هوشمند یک اصطلاح جدید برای مصالح و فرآورده هایی است که توانایی درک و پردازش رویدادهای محیطی را داشته و نسبت به آن واکنش مناسب نشان می دهند (شمس، ۱۳۹۷) مصالح هوشمند تحت عنوان مصالح انعطاف پذیر و تطبیق پذیر نیز شناخته می شوند و این به دلیل ویژگی خاص آنها در تنظیم نمودن خود با شرایط محیطی است. متغیرهای تاثیرگذار شیمیایی و فیزیکی که در زیر معرفی شده اند، محرکهایی هستند که مصالح هوشمند در برابر آنها از خود عکس العمل نشان می دهند

- نور، اشعه یو وی، بخش فرابنفش و مرئی اشعه الکترومغناطیس
- دما، تغییرات دمایی که یک سیستم فیزیکی مثل بدن انسان ایجاد می نماید.
- فشار، اختلاف فشار ایجاد شده در یک ناحیه
- میدان الکتریکی، میدان ایجاد شده پیرامون یک بار الکتریکی.
- میدان مغناطیسی، میدان ایجاد شده پیرامون یک آهن ربا یا یک بار الکتریکی متحرک.
- محیط شیمیایی، حضور یک عنصر یا ترکیب شیمیایی خاص مثل آب (صباحی، ۱۳۹۷).

نمودار ۱- ویژگی‌ها و مشخصه‌هایی که مصالح هوشمند را از بیشتر مصالح سنتی رایج متمایز می‌کند. (ماخذ: نویسندگان بر مبنای صباحی، ۱۳۹۷)



#### ۴-۲-۱- طبقه بندی مصالح هوشمند

در طبقه بندی مصالح هوشمند علاوه بر در نظر داشتن خصوصیتی مانند نمود ظاهری، بافت، ترکیب شیمیایی، خواص مکانیکی، فیزیکی و ...، خواص دیگری نیز برای درک بهتر تفاوت میان مصالح هوشمند و مصالح سنتی تعریف می‌شود. که بر پایه سه خاصیت زیر عنوان می‌شود.

۱. مصالح هوشمند دارای قابلیت تغییر خواص درونی
۲. مصالح هوشمند دارای قابلیت مبادله انرژی
۳. مصالح هوشمند دارای قابلیت تغییر و مبادله مواد درونی (سیدیان و همکاران، ۱۳۹۲)

#### - مصالح هوشمند دارای قابلیت تغییر خواص درونی

این مصالح هم در دکوراسیون داخلی و هم در نمای خارجی ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرند. مواد و مصالحی که قادر به تغییر مواد درونی خود هستند تحت تاثیر فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی، مواد درونی خود را به شکل جامد، مایع و گاز به شکل مولکول آزاد می‌کنند. این مصالح اگر در برابر آب، گاز، بخار آب و ... قرار گیرند دچار تغییر حجم می‌شوند. از مصالح هوشمند با قابلیت تغییر مواد درونی برای ضد آب کردن نما، تمیز نمودن آن، افزایش کیفیت هوا در ساختمان، رفع آلودگی‌ها و جذب صوت استفاده می‌گردد (میرمعصومی، ۱۳۹۷).

- مصالح هوشمند تغییر شکل دهنده

این گروه از مصالح هوشمند که دارای قابلیت تغییر خواص درونی خود هستند در پاسخ به محرکات خارجی تغییراتی در شکل و ابعاد خود ایجاد می‌کنند که این تغییرات بستگی به نوع توزیع و آرایش ترکیبات تحریک پذیر درونی آنها دارد اکنون مصالح زیادی با ویژگی فوق در دسترس است از پرکاربردترین آنها می‌توان به مصالح هوشمند دما واکنشی، پیزوالکتریک، الکترو واکنشی، و شیمی واکنشی اشاره نمود که در حال حاضر بیشترین توجه را در زمینه معماری به خود معطوف نموده اند (Ritter, 2007).

- مصالح هوشمند دما واکنشی

این نوع از مصالح هوشمند که زیر مجموعه مصالح هوشمند تغییر شکل دهنده می‌باشند، نوعی ویژگی ذاتی دارند که آنها را قادر می‌سازد تا در برابر تغییرات دمای محیط پیرامون به طور برگشت پذیر واکنش نشان دهند، مصالح دما واکنشی به نوبه خود انواع و اقسام متنوعی از متریاها را شامل می‌شوند اما تعداد محدودی از آنها در معماری کاربرد دارند، برای مثال مصالح منبسط شونده نمونه‌ای از مصالح دما واکنشی هستند که دارای ضریب انبساط گرمایی اند. گرماسنج‌ها از اولین سیستم‌هایی بودند که با به کارگیری چنین مصالحی ساخته شدند. اما مهم‌ترین کاربرد آن‌ها در معماری در ترموستات‌های گرمایشی برای سرویس‌های خدماتی ساختمان و همچنین به عنوان محرک‌های ویژه‌ای در گلخانه‌ها و در نمای ساختمان‌ها برای کنترل و مدیریت انرژی به کار می‌روند. کاربرد دیگر آنها در سیستم تهویه اتاق‌های ساختمان می‌باشد (Ritter, 2007).

- مصالح هوشمند تغییر رنگ دهنده

همان طور که از اسم این مصالح پیداست آن ها قادرند رنگ یا مشخصه های بصری خود را در پاسخ به یک یا چندین محرک خارجی به صورت برگشت پذیر تغییر دهند. این مصالح با توجه به محرک خود انواع مختلفی را شامل می شوند ولی تعدادی از آنها که در کاربردهای معمارانه بسیار مورد توجه اند شامل مصالح فتوکرومیک، ترموکرومیک و الکتروکرومیک می باشند (Schodek & Addington, 2005).

#### - مصالح فتوکرومیک

با نام اختصاری PC در حال حاضر بسیار مورد توجه معماران قرار دارند. این مصالح با قرارگیری در برابر نور (اشعه مرئی، UV، نور IR یا اشعه الکترومغناطیسی) با تغییر رنگ از خود واکنش نشان می دهند. هم اکنون مصالح فتوکرومیک به صورت رنگ دانه های فتوکرومیک، شیشه های فتوکرومیک و پلاستیک ها یا پلیمرهای فتوکرومیک در دسترس هستند (Myer, 2002). در ابتدا به کارگیری این مصالح به خاطر جنبه زیبایی آنها بود (به خاطر طیف رنگی که در برابر نور ایجاد می نمودند). اما پژوهشگران تحقیقات بسیاری بر روی این مصالح انجام دادند تا بتوانند از این فرآورده برای عملکردهای دیگری مثل کاهش میزان مصرف انرژی و یا تغییرات دمایی این پوشش ها استفاده نمایند.

#### - مصالح الکتروکرومیک

کاربرد مصالح الکتروکرومیک نیز در معماری شیشه های الکترواپتیکال می باشند. مصالح الکترواپتیکال با قرارگیری در معرض اشعه خورشید مشخصه بصری یعنی میزان شفافیت خود را تغییر می دهند (Ritter, 2007).

#### - مصالح هوشمند تبادل کننده انرژی

زمانی که وضعیت انرژی یک ماده با وضعیت انرژی محیط اطرافش معادل باشد، ماده در حالت تعادل قرار دارد و هیچ انرژی ای مبادله نمی شود. اگر یک ماده در حالت انرژی متفاوتی باشد، پتانسیلی برای تبادل انرژی پدید می آید. به طور مثال زمانی که تابش خورشید به یک ماده فتوولتائیک می تابد، انرژی فتون جذب شده یا به بیان دقیق تر توسط اتم های ماده جذب می شود. از آنجایی که انرژی باید در حالت تعادل حفظ شود، این انرژی اضافی در اتم ها، آنها را مجبور به حرکت به سطوح بالاتری از انرژی می نماید. از آنجایی که این اتم ها قادر به ماندن در این تراز نمی باشند باید میزان معادل این انرژی دریافت شده را از خود آزاد نمایند. فتوولتائیک ها و مواد مشابه قادر به نگه داشتن این انرژی آزاد شده هستند و از این رو الکتروسیسته تولید می نمایند. باید توجه نمود که همه مواد معمولی یا هوشمند باید انرژی را در حالت تعادل حفظ کنند و از آنجایی که زمانی که انرژی وارد شود یا افزایش یابد، سطح انرژی ماده افزایش خواهد یافت، مصالح هوشمند تبادل کننده انرژی، در بازیابی کردن این انرژی، خصوصیات بهتری را از خود نشان می دهند. اکثر این مواد هوشمند، با قابلیت تبادل دو سوپه هستند یعنی انرژی ورودی و خروجیشان قابل تبدیل به یکدیگر می باشند (سفلائی، ۱۳۸۲).

#### - مصالح هوشمند دارای قابلیت تغییر و مبادله مواد دورنی

این مصالح دارای ترکیبات قابل بازگشت می باشند که می توانند مواد را در فرم مولکول و به شکل گاز، مایع یا جامد با فرایندهای مختلف فیزیکی یا شیمیایی، در خود محصور و یا اینکه آزاد کنند. عملکرد این مصالح به صورتی است که با قرار گرفتن در برابر انواع گاز، بخار آب، آب و یا حتی محلول های آبدار، با چسباندن آنها به سطح داخلی خود و یا اضافه کردن آنها به حجم خود واکنش نشان دهند. این مصالح با خصوصیات ذکر شده به طور عمده می توانند در نمای خارجی و یا داخلی ساختمان ها استفاده شوند و معروفترین آنها مواد و مصالحی هستند که خود به خود تمیز می شوند و همچنین پوشش ها و لایه هایی هستند که با قرار گرفتن روی سطوح ساختمان آلاینده های موجود در هوا را بی اثر کرده و از بین می برند. به طور کلی این متریاها با انجام فرایندهای دورنی خاص خود می توانند خصوصیات و ویژگی های زیر را از خود نشان دهند: ضد آب نمودن نما، تمیز نمودن خود نما، بالا بردن کیفیت هوای فضای داخل، از بین بردن آلودگی هوای اطراف، جذب صدا، ایجاد بوی معطر در فضا. بتونیت نمونه ای از مصالح ضد آب در این دسته می باشد که از مهمترین فرآورده های معدنی مورد استفاده در مصالح ساختمانی است (Ritter, 2007). نمونه دیگر در این دسته از مصالح هوشمند که به مصالح خود پاک شونده معروفند، (دی اکسید تیتانیوم) است این ماده دارای خواص و ویژگی های منحصر به فردی است؛ به طوری که به هنگام قرارگیری در معرض اشعه ماورای بنفش نور خورشید، به یک ماده به شدت فعال و واکنش پذیر تبدیل می شود. واکنش پذیر شدن و فعالیت شیمیایی شدید این ماده در مجاورت اشعه ماورای بنفش، می تواند از چسبیدن باکتری ها و کثیفی ها بر روی دیوارها و ساختمان ها جلوگیری کند و سبب می شود تا این آلودگی ها با بارش یک باران، به آسانی از روی دیوارها شسته و پاک شوند (Atkins, 2004).

#### ۴-۲-۲- قابلیت های مصالح هوشمند

مصالح هوشمند قادرند خواص خود را تغییر دهند و می توانند به راحتی در مقابل واکنش به تاثیرات فیزیکی و شیمیایی تغییر رنگ و شکل نشان دهند. مصالح غیرهوشمند این توانایی را ندارند و مصالح نیمه هوشمند در این توانایی ها قابل توجه هستند، به طور مثال تغییرپذیری شکل آنها در واکنش به یک اثر، یک بار و یا در یک زمان کم، اما در مصالح هوشمند این تغییرات قابل تکرار و برگشت پذیر است. مصالح هوشمند غالبا به عنوان مصالح تطبیق پذیر یا باهوش توصیف می شوند. در حالیکه بیشتر مصالح هوشمندی که تا به امروز شناخته شده اند به دلیل توانایی آنها برای تطبیق خودشان، ممکن است به عنوان مصالح تطبیق پذیر شناخته شوند. بسیاری از مصالح هوشمند نیز با ایجاد تغییراتی در دو، راستا رفتارهای معکوسی را به معرض نمایش می گذارند. بطور مثال مصالح فیزو-الکترونیک این توانایی را دارند که بارهای الکتریکی متاثر از فشار یا کشش را گسترش داده و در برگشت تصویر آنها را در استفاده در یک فیلد الکتریکی تغییر دهد. گاهی اوقات ممکن است چندین مصالح با ویژگیهای هوشمند با یکدیگر ترکیب شده تا رفتارهای پیچیده ای ایجاد گردد. در اصل های ساختمان هوشمند می توانند با توجه به توانایی های مصالح هوشمند ایجاد گردند. این ساختمان ها به ساختاری نیاز دارند که توانایی دریافت و پردازش یک گروه داده های پیچیده را داشته باشد و یا این که در حالت بهتر می توان سیستم های الکتریکی را وارد کرد. اگر یک چنین ساختاری در یک ماهیت محرک و منفعل نامستقل بماند، در این حال است که این سیستم به عنوان هوشمند توصیف نمی گردد (Ritter, 2007).

جدول ۱: طبقه بندی مصالح هوشمند (ماخذ: نویسندگان)

دما واکنشی شیمی واکنشی الکتروواکنشی پیزوالکتریک مصالح منبسط شونده	مصالح هوشمند تغییر شکل دهنده	دارای قابلیت تغییر خواص درونی
فتو کرومیک ترمو کرومیک الکترو کرومیک	مصالح هوشمند تغییر رنگ دهنده	
-	مصالح هوشمند تغییر پیوند دهنده	
الکترو لومینسنت فتو لومینسنت	ساطع کننده نور	قابلیت مبادله انرژی
-	ذخیره کننده انرژی	
فتو ولتائیک	تولید کننده الکتریسته	
-	مصالح خودتمیز شونده	قابلیت تغییر مبادله مواد درونی

#### ۴-۳- محیط های درمانی

مراکز در طول دهه های اخیر بسیار تغییر کرده اند با توسعه در زمینه مصالح، فرآورده ها و روش های ساخت ابداعی، حرکت به سوی ساختمان هایی با کارایی بالاتر و صرفه اقتصادی بهتر و سازگار با محیط زیست امری ضروری می نماید. اما در حال حاضر در آستانه نسل بعدی ساختمان ها هستیم؛ ساختمان هایی که کاملا رفتار اکولوژیکی دارند و قادرند با بهره گیری هوشمندانه از مصالح سازگار و عملکرد تکنولوژی جدید مناسب، در برابر تغییرات مستقیم و غیر مستقیم پیرامون خود واکنش نشان دهند و خود را با شرایط مناسب تطبیق دهند. توسعه بیمارستان ها باید برای همه در آینده مفید باشد. پذیرش تکنولوژی و مصالح جدید نیز جهت کاهش هزینه ها و مصرف انرژی و بهبود کیفیت و ایمنی بیمار از ضروریات توسعه بیمارستان ها در آینده است.

#### ۴-۴- به کارگیری مصالح هوشمند در فضاهای درمانی

مصالح هوشمند دارای قابلیت تغییر و مبادله مواد درونی می باشند که در انواع فضاهای ساختمانی کاربرد دارند: ضد آب نمودن و تمیز نمودن نما، بالا بردن کیفیت هوای فضای داخل، از بین بردن آلودگی هوای اطراف جاذب، صدا، ایجاد بوی معطر در فضا، افزایش کیفیت استفاده از محیط (Ritter, 2007).

**شیشه های فتوکرومیک:** با قرار گرفتن در برابر اشعه UV، نور IR یا اشعه الکترومغناطیسی با تغییر رنگ از خود واکنش نشان می دهند. مواد فتوکرومیک انرژی تابشی را در ناحیه ماورابنفش جذب می نمایند و با قرار گیری در برابر این اشعه رنگ خود را تغییر می دهند. این مواد از این نظر که می توانند در ترکیب با شیشه های معمولی به کار رود و به هیچ تجهیزات

الکتریکی خاصی نیاز ندارد، بسیار مناسب هستند. کاربرد این شیشه ها در زمانی است که میزان شدت نور تابشی از سمت خورشید باعث و خیرگی چشم می شود و این شیشه می تواند نور ورودی را کنترل کنند. در فضاهای درمانی این شیشه ها به طور خودکار می توانند در هنگام تابش شدید خورشید، محیط اتاق بیمار را مطلوب سازند (Myer, 2002).

**مواد ترموکرومیک:** مواد ترموکرومیک موادی هستند که قادرند به طور برگشت پذیری رنگ خود را در واکنش به گرما تغییر دهند. این مواد می توانند طوری تنظیم شوند که حرارت را از ۱۲ درجه سانتیگراد تا ۳۱ درجه سانتی گراد را درک کرده و نسبت به آنها واکنش نشان دهند. از این مواد می توان رنگهایی ساخت که برای نقاشی داخل فضاها استفاده شده و در اثر تغییر دما دو رنگ یا حتی بیشتر را از خود نشان می دهند (Schodek & Addington, 2005). این رنگ ها برای سطوح فلزی، چوبی، پلاستیکی و چرمی مناسب هستند. می توان این رنگ ها را برای دمای خاصی تنظیم نمود. این نوع مواد می تواند در فضاهای درمانی با توجه به درجه حرارت فضاها تولید رنگ نموده و نقش موثری را در تاثیر رنگ بر سلامتی افراد ایفا کند. (Ritter, 2007).

**مصالح هوشمند ساطع کننده نور:** مصالحی هستند که ملکول های درون آنها با تاثیر انرژی هایی مثل روشنایی یا میدان الکتریکی، برانگیخته شده و از خود نور تولید می کند که به این پدیده تابناکی نیز گفته می شود. این مواد می توانند طبق دستور رنگ عوض کرده و حجم های نوری متفاوت تولید کنند و حتی در طول روز به تولید الکتریسته پرداخته و در شب نیز قادرند رنگ، اندازه، شکل خود را در تبادل با محیط پیرامون خویش تغییر دهند. همچنین مواد ساطع کننده نور تولید حجم های نوری برای اتاق های معالجه و رنگ درمانی و بازی درمانی کودکان موثر می باشد. (Ritter, 2007).

**شیشه های کریستال مایع:** کریستال مایع حالت بینابین بلورهای جامد و مایعات می باشند. آنها به میدانهای الکتریکی حساس هستند و به طور ویژه برای جلوه های بصری قابل کاربرد می باشند. شیشه های کریستال مایع در دو لایه ساخته می شوند. بین دو لایه از کریستال مایع استفاده می شود که می توان شفافیت یا کدر بودن شیشه را به دلخواه تنظیم نمود. کاربرد این شیشه در فضاهای درمانی در اتاق های عمل یا اتاق های ایزوله می باشد. به گونه ای که وقتی بیمار در حال عمل، یا فرآیند ایزولاسیون می باشد شیشه باید حالت مات و کدر به خود گرفته و وقتی همراهان او قصد ملاقات با او را دارند شیشه ها حالت شفاف به خود گرفته تا بدون ورود همراهان و ملاقات کنندگان بتوانند از پشت شیشه های اتاق ایزوله او را مشاهده کنند، این فرآیند هم به صورت خودکار و هم به صورت دستی قابل انجام می باشد. (صدیق ضیابری، ۱۳۸۹)

**شیشه های خودشو:** در فرآیند ساخت این شیشه بر روی سطوح آن پوششی شفاف از نوع سخت اعمال می شود که با انجام یک فرآیند شیمیایی باعث عدم اتصال مواد آلی و ذرات آلودگی چسبنده به شیشه می شود. شیشه های خودشو با استفاده از دو فرآیند همزمان باعث تمیز نگه داشتن سطح شیشه می شوند. کاربرد این شیشه ها در فضاهای درمانی بیشتر در بخش های زیر توصیه می شود:

۱. در محیط های پر رفت و آمد و شلوغ که احتمال آلودگی این فضاها به میکروب های آزاد منتشر شده بیشتر است.
۲. در پشت شیشه های اتاق های ملاقات به دلیل عدم دیدار نزدیک ملاقات کنندگان با بیماران خاص (صدیق ضیابری، ۱۳۸۹).

**جدول ۲: نمونه ای از کاربردهای مصالح هوشمند در طراحی بیمارستان (ماخذ: نگارندگان بر گرفته از اوجی و همکاران، ۱۳۹۵)**

مصلح قابل استفاده	محرک	خروجی	کاربرد در طراحی بیمارستان
مصلح هوشمند با قابلیت تغییر خواص	ترموکرومیک	اختلاف دما	اعلام هشدار تنوع در فضای معماری طراحی در نمای بیمارستان پنجره های با قابلیت کنترل نور ورودی پارتیشن های داخلی با قابلیت تغییر رنگ
	فتوکرومیک	تابش نور	تنوع در فضای معماری طراحی در نمای بیمارستان پنجره های با قابلیت کنترل نور ورودی پارتیشن های داخلی با قابلیت تغییر رنگ
	الکتروکرومیک	اختلاف پتانسیل الکتریکی	اعلام هشدار تنوع در فضای معماری طراحی در نمای بیمارستان پارتیشن های داخلی با قابلیت تغییر رنگ
	کریستال های مایع	اختلاف پتانسیل الکتریکی	اعلام هشدار تنوع در فضای معماری

طراحی در نمای بیمارستان پارتیشن های داخلی با قابلیت تغییر رنگ				
اعلام هشدار تنوع در فضای معماری طراحی در نمای بیمارستان پارتیشن های داخلی با قابلیت تغییر رنگ	تغییر رنگ	اختلاف پتانسیل الکتریکی	ذرات معلق	
اعلام هشدار تامین روشنایی فضاهای داخلی بیمارستان نورپردازی در شب تعیین علائم در بیمارستان توسط روشنایی	نور	اختلاف پتانسیل الکتریکی	الکترولومینسنت	مصلح هوشمند با قابلیت ماده انرژی
اعلام هشدار تامین روشنایی فضاهای داخلی بیمارستان تعیین علائم در بیمارستان توسط روشنایی ذخیره نور روز و انتشار در شب		تابش	فتولومینسنت	

#### ۴-۵- نانو

اصطلاح "نانو" از واژه ی یونانی (که در لاتین ، نوشته می شود) مشتق شده و معنای کوتوله دارد. عبارت "نانو" پیشوندی است مانند سایر پیشوندها که در ابتدای واحدهای سنجش اندازه مانند ثانیه، متر و غیره می آیند. بنابراین، نانو نیز مانند دیگر پیشوندها نظیر سانتی ،دسی ،دکا وغیره بیانگر مقیاس است. یک نانومتر به معنای ۱۰ (یک میلیارد م تر ) یا (۱۰) است. این اندازه برابر ابعاد ۵ اتم است. " فناوری نانو" از فناوری های پیشرفته ی چند دهه اخیر است . فناوری که حدود نیم قرن پیش به دنیا معرفی شد و طی دو دهه گذشته پیشرفت و توسعه چشمگیری داشته است. در واقع می توان گفت ، این فناوری با اصول مفاهیم شیمی و فیزیک آمیخته است. هنوز در سطح بین المللی ، تعریف کاربردی مشخصی از فناوری نانو ارائه نشده است، اما آنچه بر سر آن به توافق رسیده اند، عبارت است از تحلیل و تحقیق پیرامون مواد در مقیاس نانو. در نتیجه هر فعالیت پژوهشی که در مقیاسی زیر ۱۰۰ نانومتر انجام شود ، مصداق فناوری نانو خواهد بود. (گلابچی و همکاران، ۱۳۹۷)

#### -تاثیر فناوری نانو بر دنیای مواد هوشمند

نگرش های نانو بنیان، تاثیر زیادی بر توسعه و گسترش ایده ی مواد هوشمند بر جای گذاشته است. کاربرد نانو مواد را در مثال های متعددی از جمله شیشه هایی که شفافیت خود را تغییر می دهند، مواد خود ترمیم شونده و خود تمیز شونده و سطوح ضد میکروب که نشانی از هوشمندی دارند مشاهده کرد، این رفتارها که به واسطه ی حضور نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم ممکن شده اند ، خود از اجزا و پیش نیاز های مهم و حیاتی برای داشتن یک سیستم هوشمند ، مانند اتاق عمل و فضاهای پایش سلامت بیماران هستند. به عنوان مثال نیاز به داشتن سطوح تمیز و بهداشتی، خواسته ای بوده که انسان از دیرباز در پی آن بوده و توانسته با استفاده از مواد معمولی ، تا حدی به آن دست یابد . بهره گیری از نانومواد به منظور داشتن سطوح ضد باکتری ، ضد میکروب ، ضد قارچ و کپک ، از مفاهیم نوینی است که به تازگی در صنعت ساختمان سازی رواج پیدا کرده و به سرعت در حال توسعه است. اغلب محصولات نانوبنیایی که برای این منظور مورد استفاده قرار می گیرند، به صورت پوشش ها، رنگ ها یا فیلم های (لایه های بسیار نازک ) در بر دارنده ی نانوذرات ویژه ای هستند که به سطح مصالح سنتی می چسبند. در برخی شیوه های دیگر نیز، نانوذرات را به صورت ترکیب شده با مصالح سنتی پایه، استفاده می کنند. به منظور دستیابی به سطوحی با این ویژگی ، سه روش کلی وجود دارد: آب گریزی (دفع آب) ، آب دوستی (جذب آب) و فتو کالیز. (بر گرفته از گلابچی و همکاران، ۱۳۹۷)

#### ۴-۶-بیمارستان های آینده

در کتاب گلابچی و همکاران به نقل از لیدکر(۲۰۰۸) این چنین آمده است که اتاق های بیمارستانی خصوصی بیماران، پیش نمونه ای برای فضاهای بیمارستانی سال های آینده است که هدف از طراحی آن، رویاپردازی در مورد آنچه تا کنون ممکن نبوده نیست، بلکه بنا نهادن سنگ بنایی برای توسعه و بهبود روش های موجود است. ایده ی اولیه ی طرح ، بر پایه ی پنج معیار اصلی شکل گرفت : عملکرد، آسایش، طراحی هدفمند و جهت دار ، طراحی گروهی و ایجاد جو سلامت و تندرستی در فضا. در طرح کلی که برای پروژه تهیه شد، پیشنهاداتی برای چیدمان اتاق ، فرم مصالح ، رنگ، نور و غیره ارائه شد که در آن، محصولات نانوبنیان بسیاری ، در یک فضا جمع شده اند.



نمودار ۲- جایگزینی مصالح متداول با مصالح هوشمند در بیمارستان های آینده  
( ماخذ: نویسندگان بر مبنای گلابچی و همکاران، ۱۳۹۷ )



۵- نتیجه گیری

با توجه به این که بیمارستان های امروزی در فضای رقابتی و پویا قرار دارند، ضروری است که برای توسعه بیمارستان ها به ویژه ارتقای کیفی آنها، خود را به طور جدی در عرصه رقابت و چالش با سایر سازمان ها در عرصه جهانی ببینیم. بدیهی است که در چنین شرایطی تیم های کاری بیمارستان نیز برای تصمیم گیری های اساسی و حیاتی می بایست چابک عمل کنند و خود را با نیازها، تقاضاها و تغییرات آتی، هماهنگ و منطبق نمایند و کسانی که در طراحی مراکز درمانی نقش دارند باید با دید گسترده این احتمالات را در فرایند طراحی در نظر بگیرند؛ و در عین حال اجرای پروژه بر ارائه خدمات ایده آل استفاده کنند. با اتکا به تقاضای بالای استفاده از مصالح هوشمند در آینده و تاثیر چشم گیری که بر ساختمان های ما خواهد گذاشت، تصور ما در رابطه با محیط ساخته شده و آنچه که به عنوان معماری می پنداشتیم، به طرز مثبتی تغییر خواهد کرد. دستیابی به فناوری های نوین در خصوص مصالح هوشمند، توجه خاصی از سوی معماران برای طراحی ساختمان هایی با قابلیت ماندگاری بالا در برابر شرایط اقلیمی به عمل آمده است و انتظار می رود که تقاضا و بهره وری از مصالح هوشمند، روز به روز افزایش یابد.

جدول ۳- تاثیرات استفاده از مصالح هوشمند بر فضاهای درمانی/  
( ماخذ: نویسندگان بر گرفته از اوچی و همکاران، ۱۳۹۵ )

مزایای مصالح هوشمند	تاثیر مصالح هوشمند	نوع و موقعیت کاربرد
	کاهش هزینه های وارد بر ساختمان در دراز مدت	سازه و تاسیسات
	افزایش بازدهی	
+تاثیر مثبت بر روند بهبود و درمان بیماران	کنترل میزان روشنایی	نما و پوسته خارجی ساختمان
	کنترل حرارت و دمای محیط	
+افزایش رضایت مندی کارکنان، بیماران و همراهان آن ها	محرمیت و کنترل میزان دید بصری	محیط های داخلی ساختمان
	بهبود کیفیت محیطی	
	افزایش زیبایی و جلوه بصری	
	افزایش بهداشت در محیط های داخلی	

## منابع

۱. افشاری بصیر ، نفیسه ، افشاری بصیر ، محمدرضا ، ۱۳۸۱ ، ساختمان های هوشمند گامی به سوی فناوری نوین در ساخت ، دومین کنفرانس بین المللی معماری و سازه ، دانشگاه تهران..
۲. اوجی، یاسمن؛ غفوریان، بهروز؛ هاشم نژاد، هاشم.(۱۳۹۵) نقش مصالح هوشمند در طراحی بیمارستان پایدار، سومین کنگره بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری. تهران. ایران
۳. سفلائی ، فرزانه ، ۱۳۸۲ ، پایداری عناصر اقلیمی در معماری سنتی ایران(اقلیم گرم و خشک) ، سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان ، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور ، تهران
۴. سیدیان، علی؛ ابراهیمی، عبدالله؛ سلیمانی مجد، شاهده.(۱۳۹۲) کاربرد مصالح هوشمند در معماری آینده به سوی معماری پایدار، اولین کنفرانس استانی عمران، معماری. آمل. ایران
۵. شمس، آرش، ۱۳۹۷، بررسی تاثیر نانو مواد مصالح هوشمند بر ساختمان معماری پایدار، اولین کنگره بین المللی صنعت ساختمان با محوریت تکنولوژی های نوین در صنعت ساختمان، تبریز، مجمع مهندسان جوان استان آذربایجان شرق
۶. صباحی، عباس، ۱۳۹۷، مصالح ساختمانی هوشمند، سومین کنفرانس بین المللی یافته های نوین عمران معماری و صنعت ساختمان ایران، تهران- دانشگاه تهران، دبیرخانه دائمی کنفرانس
۷. صدیق ضیابری ، حدیثه ، ۱۳۸۹ استفاده از مصالح هوشمند در پوسته ساختمان ها ، فصلنامه فن و هنر ، سال چهاردهم ، شماره ( ۲۹ ) پیاپی ۲۳ . ( ۶۵ ، ص ۲۰ )
۸. علیخانی، هادی ، ۱۳۸۱ ، پنجره های هوشمند ، اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان ، تهران
۹. گرجی مهلبانی ، یوسف ، حاج ابوطالبی ، الاز ، ۱۳۸۸ ، مصالح هوشمند و نقش آن در معماری ، فصلنامه مسکن و محیط روستا ، دوره ۲۸ ، شماره ۱۲۷ ص ، ۸۱
۱۰. گلابچی، محمود؛ تقی زاده، کتایون؛ سروش نیا، احسان.(۱۳۹۷) نانو فناوری در معماری و مهندسی ساختمان. تهران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.
۱۱. مهرگان ، مهسا ، ۱۳۹۰ ، مصالح هوشمند و ضرورت تغییر در بهره گیری انسان از طبیعت( تأمین مصالح مورد نیاز سازگار با محیط) ، همایش منطقه ای معماری و مصالح ساخت ، مرکز آموزشی و فرهنگی سما واحد ساری
۱۲. میرمعصومی، خاطره و حمیدرضا مشتاقیان، ۱۳۹۷، بهره گیری از مصالح نوین و هوشمند در ارتقای ساختمان های پایدار، اولین همایش ملی ساختمان پایدار و انرژی (چالش ها، ضرورت ها و راهکارها)، اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)
۱۳. ویسی، امیر؛ ۱۳۹۵ مصالح هوشمند، تحولی در معماری پایدار، چهارمین کنفرانس ، بین المللی پژوهش در مهندسی علوم و تکنولوژی
14. Addington, M.and Schodek , D.,( 2005 ) ,”Smart Material and New Technologies For Architecture and Design Proffessions “ , Architectural Press / Elsevier , Oxford , pp 8-168 . -
15. .D. Michelle Addington, Daniel Schodek , 2115,Smart Materials and Technologies: For the Architecture and Design Professions,Elsivier
16. Ritter, Axel, (2007). "Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design", Birkhauser,Switzerland.
17. Mohammadjavad Mahdavejad1, Mohammadreza Bemanian2, Neda Khaksar3, Ghazal Abolvardi4,(2011):Choosing Efficient Types of Smart Windows in Tropical Region Regarding to Their Advantages and Productivities
18. . Myer, Kutz, (2002) "Handbook of Material Selection" John Wiley & Sons,Inc., N.Y
19. Yahya S. Abdullah, Hoda A.S. Al-Alwan,(2019): Smart material systems and adaptiveness in architecture