هوشمند سازی ساختمان‌ها
رویکردی نوین در بستر توسعه معماری پایدار

آرزو شهبازی [۱]*، الهه عابدپور [۲]

۱- کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران(اصفهان)، ایران.
a.shahbazi974@gmail.com
۲- کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران(اصفهان)، ایران.
e_abedpour@yahoo.com

چکیده:

پایه و اساس معماری پایدار بر ملاحظات زیست محیطی استوار است. مواردی مانند عدم تخریب محیط زیست، عدم آلودگی آب های محیطی و استفاده مناسب از انرژی، تشکیل دهنده پایه های معماری پایدار هستند، که در جهت کاهش اتلاف انرژی به وجود آمده است. به جهت نزدیک کردن هرچه بیشتر یک بنا به شاخص های معماری پایدار، روش های متفاوتی وجود دارد؛ که یکی از این روش ها، بهره گیری از سیستم ساختمان های هوشمند است که بنا بر تحقیقات، در صرفه جویی انرژی بسیار مؤثر عمل کرده است. لذا این مقاله بر اساس مطالعات کتابخانه ای، سعی بر معرفی کاربرد سیستم هوشمند و مزایای استفاده از آن در معماری ساختمان ها به جهت بهینه سازی و مدیریت انرژی برای دستیابی به معماری پایدار دارد. در ادامه با معرفی معماری پایدار و ویژگی های هوشمند سازی ساختمان ، نقاط مشترک این دو مقوله و نیز بررسی نمونه هایی از بناهای پایدار که در طراحی آن ها از این فناوری استفاده شده، نقش مؤثر این مقوله در سرعت بخش بودن برای رسیدن به معماری پایدار اثبات می شود. امید است که این پژوهش به صورت عملی، معماران را در بکارگیری این رویکرد نوین، ترغیب نماید.

کلمات کلیدی: توسعه پایدار، معماری پایدار، هوشمندسازی، بهینه سازی

www.SID.ir

۱- مقدمه

سازمان ملل برآورد می کند که بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۵۰ جمعیت جهان به میزان ۳۲ درصد افزایش می‌یابد و از ۷/۲ به ۹/۷ میلیارد نفر می‌رسد(Eremia et al ۱۲:۲۰۱۷,) و پیش‌بینی می‌گردد که تا سال ۲۰۳۰، بیش از ۶۵ درصد جمعیت جهان، در شهرها سکونت می‌یابند (Adeoluwa Akande, ۲۰۱۹.)(از جهت دیگر رشد مصرف منابع طبیعی همراه با صنعتی شدن، شهرنشینی، جهانی‌شدن، افزایش کشاورزی و شیوه زندگی پرمصرف(بهزاد فر،۱۳۸۲)، همراه با رشد روزافزون شهرنشینی، منجر به افزایش قابل‌توجه در مصرف انرژی می‌شود(Kamal et al ۹: ۲۰۰۹,)؛ و ازآنجاکه ساختمان و زندگی در آن، در دو دهه گذشته دستخوش تغییرات فراوانی بوده است، لذا پایداری در معماری ازجمله مسائل مهم در عصر حاضر است که در سه حوزه اقتصادی، اجتماعی و محیطی قابل‌بررسی است(ترابی و روشن،۱۳۹۴ :۳)؛ چراکه در آینده‌ای نه‌چندان دور، متأسفانه جهت برآورده سازی نیازها، بیش از توان اکولوژیکی محیط زیست از آن استفاده خواهد شد(ابراهیمی و معرف،۱۳۹۷ : ۱).

در معماری معاصر، منظور از پایداری در معماری، حفظ زمین و منابع انرژی آن هست. لذا تکنولوژی در مقابل طبیعت قرار ندارد، بلکه در کنار و به‌موازات آن برای بهره‌برداری هر چه بیشتر از امکانات محیطی و تأمین آسایش انسان جای دارد(حسینی و قضیه، ۱۳۹۴ :۱). پس با توجه به نقش حیاتی انرژی در پایداری، رشد اقتصادی و تغییرات آب و هوایی جهان، اهمیت پرداختن به سیاست‌هایی جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی، روزبه‌روز افزایش می‌یابد(Bose, ۲۰۱۰ :۱) چراکه بنا به نظر لوکوربوزیه [۱]، عصر بزرگی آغاز گردیده است؛ روحی تازه سر برآورده که اگر گذشته را به مبارزه بطلبد، می‌توان فهمید که زمان سبک‌ها به سر آمده و سبکی متعلق به عصر حاضر ظهور کرده است(حسینی و قضیه، ۱۳۹۴ :۲). این وضعیت نیازمند شهرها و مکان‌هایی است تا راه‌های جدید و هوشمندانه‌ای برای مدیریت این چالش‌ها پیدا کنند(Owczarzak & Zak, ۲۰۱۵ :۴۷۳)؛ چراکه در آینده منجر به اثرات منفی و اجتناب‌ناپذیر اقتصادی و اجتماعی خواهد گردید(Turcu, ۲۰۱۲ :۷). به همین خاطر ممالک مصرف‌کننده انرژی، در جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی گام برداشتند، که با توجه به بالا بودن مصرف انرژی در بخش ساختمانی، بهره‌مندی از سیستم‌های هوشمند در جهت مدیریت مصرف انرژی امری ضروری به نظر می‌رسد(Marinakis &Doukas, ۲۰۱۸ : ۱۶)؛ چراکه سیستم مدیریت هوشمند در ساختمان در تلاش است که شرایط متناسبی، با مصرف بهینه انرژی پدید آورد؛ به طوریکه ضمن کنترل بخش‌های مختلف و خلق شرایط محیطی مناسب، باعث افزایش سطح کار آیی و بهره‌وری امکانات موجود در ساختمان شود (Fotopoulou & ELT, ۲۰۱۷: ۷). پس با این حساب می‌توان به ساختمان‌های هوشمندی دست‌یافت که در آن‌ها می‌بایست راحتی، ایمنی، انعطاف‌پذیری و صرفه‌جویی در مصرف انرژی توسط مدیریت انرژی تأمین گردد؛ زیرا با توجه به دامنه گسترده استفاده از تأسیسات حرارتی، برودتی، برق و... در ساختمان‌های قدیمی و جدیدالاحداث، یکی از مناسب‌ترین گزینه‌ها جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی، استفاده از سیستم‌های مدیریت هوشمند انرژی در ساختمان است؛ که سبب تاب‌آوری ساختمان‌که یکی از اصلی‌ترین مورد دستیابی به پایداری است، می‌شود (DEXCell , ۲۰۱۸).

۱- پیشینه پژوهش

کمالی و همکاران(۱۳۹۸)، دریافتند که می‌توان با استفاده از سیستم‌های مدیریت انرژی هوشمند در ساختمان‌ها، موجب گردید تا ۴۰ درصد در میزان مصرف انرژی صرفه‌جویی شود و همچنان ایمنی و امنیت در ساختمان برقرار باشد.

در پژوهشی که توسط اکواستراکچر [۲](۲۰۱۸)، انجام شد، یک فرم از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز که مقیاس‌پذیر است و سبب آشناسازی مدیران انرژی با سرمایه‌گذاری، عملیات و یا کنترل برای بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌شود را، ثبت کرد؛ تا به‌وسیله آن میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها را بهینه کند.

طی تحقیقی توسط مارینا‌کیز[۳] و دوکاس [۴](۲۰۱۸)، با عنوان " سیستم پیشرفته برای مدیریت انرژی هوشمند در ساختمان‌ها"، دریافتند با توجه به هدف اصلی که خلق یک سیستم انعطاف‌پذیر و آسان برای گسترش و تنظیم راحت است؛ این سیستم از سنسورهای داده‌ای که در ساختمان نصب‌شده‌اند؛ استفاده کرده و داده‌هایی در رابطه با مصرف سیستم‌ها و لوازم را اندازه‌گیری می‌کند(Marinakis & Doukas, ۲۰۱۸).

جاوایید[۵] (۲۰۱۷)، نیز سرمقاله‌ای با موضوع " طراحی سیستم مدیریت هوشمند با استفاده از یکپارچه‌سازی انرژی تجدید پذیر برای خانه‌های هوشمند"؛ یک مدل جدید بر اساس طرح قیمت‌گذاری و بهینه‌سازی اقتصادی و انرژی ارائه نمود و برداشت‌ها و

www.SID.ir

نظریات خود را بر اساس نرم‌افزار شبیه‌ساز؛ شبیه‌سازی نمود. نتایج حاصل، نشان از این داشت که صرفه‌جویی اقتصادی، ازلحاظ لایحه برق مصرف‌کننده به‌دست‌آمده می‌آید.

اسالم و همکاران[۶] (۲۰۱۷)، در تحقیقی با موضوع" به سوی مدیریت انرژی کارآمد ساختمان‌های هوشمند با بهره‌گیری از بهینه-سازی اکتشافی در زمان واقعی و بحرانی"، به این مهم دست‌یافتند که شبکه هوشمند، یکی از مهمترین فن‌آوری‌های توانمند برای تعادل تقاضای برق و عرضه آن است(Aslam & et al, ۲۰۱۷).

پاپانتونینو و همکاران[۷] (۲۰۱۷)، در پژوهشی جهت استفاده از سیستم هوشمند مدیریت انرژی ساختمان، برای ادغام چندین سیستم به یک سیستم نظارت و مدیریت کلی دریافتند، که سیستم‌های مدیریت هوشمند توسعه‌یافته می‌تواند به طور قابل‌توجهی در جهت مصرف انرژی در تمام ساختمان تأثیرگذار بوده، ضمن اینکه می‌تواند راه‌حلی برای ارتباط بین بخش‌های مختلف مصرف انرژی در ساختمان باشند(Papantoniou & et al, ۲۰۱۷).

در جایی دیگر ناصری(۱۳۹۴)، در تحقیق خود تحت عنوان "کاربست تکنولوژی و بحران هویت در معماری معاصر ایران در عصر جهانی‌شدن و ارائه راهکارهای برون رفت از وضع موجود"؛ دریافت، بایستی به بستر فکری و فلسفی تکنولوژی مدرن در عرصه معماری فکر کرد؛ تا هویت و معنویت موجود در معماری بتواند همچنان برترین و با ارزشترین شاخصه معماری ایران باشد.

علی اقاجانی و راسخی(۱۳۹۴)؛ با بررسی راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی با بکارگیری تفکر پایداری انرژی‌های نوین، به این مهم دست‌یافتند، که می‌توان از طریق پیش‌بینی‌های آینده و تأمین نیازهای اولیه انسان، قابلیت لازم برای ایجاد زندگی با کیفیت مطلوب را داشت و تمامی این عوامل لازم است در جهت سازگاری با طبیعت و ایجاد معماری پایدار صورت گیرد.

در ادامه طی تحقیقی که سالیوان[۸] (۲۰۱۲)، به انجام رسانید، دریافت در حال حاضر در سراسر جهان ساختمان‌های بزرگ و پرکاربردی وجود دارند که با استفاده از فناوری هوشمند قادرند، انرژی مصرفی خود را به شدت کاهش داده و بهره‌وری کافی از انرژی مصرفی داشته باشند(Sullivan, ۲۰۱۲).

یغموری و همکاران(۱۳۹۰)، طی تحقیقی با عنوان" نقش تکنولوژی نوین در ساختمان‌های مسکونی" به بررسی سیستم مدیریت ساختمان هوشمند و استفاده از مصالح نوین در امر ساختمان‌سازی از نظر مبحث اقلیمی پرداختند.

در پژوهش دیگری که توسط مارتین بِکر[۹] (۲۰۰۸)، تحت حمایت دانشگاه علوم کاربردی بایبراچ صورت پذیرفت، نشان داد که استفاده از سیستم‌های هوشمند در ساختمان تأثیر عمیقی در کاهش مصرف انرژی دارد. به طوریکه در کل می‌توان بین ۱۱ تا۳۱ درصد در مصرف انرژی مصرفی ساختمان صرفه‌جویی کرد(نیک قدم حجتی و همکاران، ۱۳۹۱، ۸).

۳-مبانی نظری

۳-۱-محیط

در دو قرن گذشته محیط به‌عنوان یک موضوع خارجی نسبت به بشر تلقی می‌گردید، که پس از یک قرن تجربه معماری مدرن باوجود دستاوردهای با ارزش آن، مشکلات عمده‌ای در خصوص محیط‌زیست رخ داد و جهان در آغاز قرن ۲۱ میلادی به توسعه ناپایدار منجر شد، که به دنبال رشد جمعیت، افزایش مصرف و توزیع نامتعادل منابع بود(گرجی مهلبانی،۱۳۸۹، ۲). با توجه به این موارد، بشر ناچار به استفاده بی‌رویه از انرژی شده است و اکنون معماران دریافتند که این استفاده نابجا از انرژی، ناشی از طراحی غلط و غیر استاندارد ساختمان است که به دلیل ناسازگاری با شرایط اقلیمی میزان زیادی از گرما و سرما اتلاف می‌گردد(میرپادیاب و اعتصام،۱۳۹۵، ۲).

۳-۲-پایداری

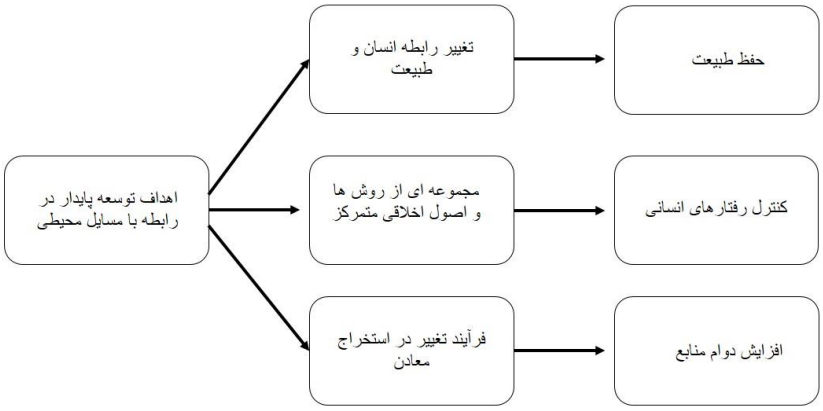
مبدأ و منشأ پایداری با معنی اکنون آن یعنی آنچه می‌تواند در آینده تداوم یابد، معنا پیدا کرده است. در واقع پایداری هنگامی خلق می‌شود که مجموعه‌ای از پایداری اقتصادی، پایداری زیست محیطی و پایداری اجتماعی به‌وجود آید(کسمایی و همکاران، ۱۳۹۰). لذا معماری پایدار سعی بر آن دارد، تا طرحی را ارائه نماید که الگوهای مصرف انرژی در آن‌ها رعایت گردد(گرجی مهلبانی،۱۳۸۹).

www.SID.ir

۳-۳-توسعه پایدار

توسعه پایدار اصطلاحی بسیار گسترده است، که معانی متفاوتی را دربر می‌گیرد و نتایج واکنش‌های مختلفی را از صاحب نظران دریافت می‌کند. مفهوم آن به‌نوعی تلاش برای ترکیب مفاهیم در حال رشد از موضوعات محیطی با موضوعات اقتصادی و اجتماعی است که به‌نوعی یک تغییر اساسی در رابطه انسان و طبیعت هست(گرجی مهلبانی،۱۳۸۹ :۲). توسعه پایدار را می‌توان یکی از مهم‌ترین موضوعات و دغدغه پژوهشگران در دهه‌های اخیر دانست، زیرا قادر است تمامی ابعاد زندگی را تحت تأثیر قرار دهد؛ چراکه دربرگیرنده ارتقای سطح و کیفیت زندگی افراد و بهبود رفاه عمومی در جامعه و پایداری آن است(اسماعیل زاده و همکاران،۱۳۹۸، ۱).

در تعریفی ساده و فرآیندگرا در مورد توسعه پایدار، می‌توان چنین گفت که توسعه پایدار آن نوع توسعه‌ای است که سلامت انسان و نیز نظام اکولوژیکی را در بلند مدت بهبود می‌بخشد. در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار، توسعه پایدار محیطی در ارتباط با معماری دارای اهمیت زیادی است، لذا معماران را به چاره‌اندیشی در ارتباط با مسائل زیست‌محیطی که در آینده بشر را به خطر انداخته، واداشته است(کسمایی و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۱: اهداف توسعه پایدار در رابطه با مسائل محیطی، (گرجی مهلبانی،۱۳۸۹ :۲)

۳-۳-۱-تعریف معماری پایدار

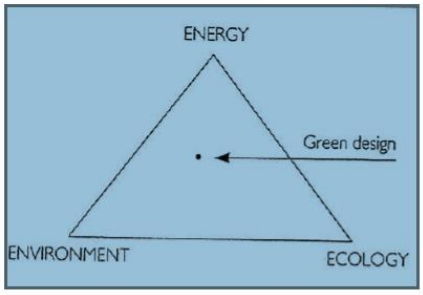
معماری پایدار در طی کاربرد مفاهیم پایداری و و توسعه پایدار به وجود آمده است که در واقع زیر مجموعه طراحی پایدار می باشد که میتوان آن را یکی از جریان های مهم معاصر به شمار آورد، چراکه عکس العملی منطقی در برابر مشکلات و مسائل عصر صنعت به شمار می‌رود؛ و ازآنجاکه بنا به تحقیقات، ۵۰ درصد از ذخایر سوختی در ساختمان ها مصرف می گردد، لذا ضرورت ایجاد و توسعه هر چه بیشتر مقوله پایداری در معماری به خوبی قابل لمس است.

معماری پایدار در ارتباط با راه‌حلی برای بدست آوردن سطح بالایی از کیفیت زندگی و ارزش‌های اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و آسایشی پیش آمده است(رضایی،۱۳۹۴) و در واقع هر بنا لازم است به‌گونه‌ای طراحی گردد که استفاده از منابع جدید را به حداقل برساند، که ابتدا لازم است همسازی با طبیعت موردتوجه قرار بگیرد، مانند استفاده از نور و کنترل حرارت در مسائل داخلی ساختمان، جهت استفاده بهینه انرژی(حمزوی،۱۳۹۳). به علاوه ازآنجاکه یکی از مهمترین اهداف توسعه پایدار، امنیت، آسایش و در واقع بهبود شرایط زندگی انسان-ها است؛ نکته جالب توجه آن است که همه عوامل دخیل در آسایش با یکدیگر مرتبط و به‌صورت یک سیستم واحد عمل می‌کند، که این هدف در بناهای هوشمند که در جهت صرفه‌جویی انرژی و آسایش انسان هستند، کاملاً صدق می‌کند(عبیدی،۱۳۹۴). بر اساس نظر صاحبنظران و نتایج حاصل از تحقیقات آن‌ها، از دیگر اهداف اصلی توسعه پایدار می‌توان به مواردی ازجمله نیازهای اساسی انسان امروز و فردا، ارتقای سطح زندگی و بهبود آن، حفظ و اداره اکوسیستم‌ها برای داشتن آینده‌ای امن‌تر و تأمین ابزار، امکانات و فناوری رسید(میرپادیاب و اعتصام، ۱۳۹۵ ، ۵).

پس معماری پایدار، مانند سایر مقولات معماری، دارای اصول و قواعد خاص خود است و شامل صرفه‌جویی در منابع، طراحی برای بازگشت به چرخه زندگی و طراحی برای انسان هست؛ که شناخت و مطالعه این تدابیر، معماری را به درک بیشتر از محیطی که باید طراحی

www.SID.ir

آن را انجام دهد، می‌رساند(میربخت،۱۳۹۴ :۳). همچنین از اصول معماری پایدار می‌توان به مواردی همچون حفظ انرژی، هماهنگی با اقلیم، کاهش استفاده از منابع جدید، برآورده ساختن نیازهای ساکنان و در نهایت کل‌گرایی اشاره داشت(رضایی و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل۲: سه رأس اساسی معماری پایدار، (کسمایی و همکاران،۱۳۹۰)

۳-٤-اهمیت مدیریت انرژی در ساختمان‌ها

مسئله استفاده بهینه از انرژی در عصر حاضر مسئله‌ای موردتوجه همگان و ویژه است؛ چراکه در جهان کنونی و با محدودیت شدید سوخت‌های فسیلی و همچنین افزایش جمعیتی که دنیا با آن روبرو هست، یکی از اقداماتی که می‌تواند باعث بهبود شرایط گردد، مصرف بهینه آن در تمام حوزه‌های انرژی هست(سعید زاده و همکاران،۱۳۹۵ ، ۳)، که امروزه با توسعه شهرنشینی، جوامع با چالش‌های فراوانی برای تأمین نیازهای روزافزون این افراد و ایجاد زیر ساخت‌ها روبرو شده‌اند.

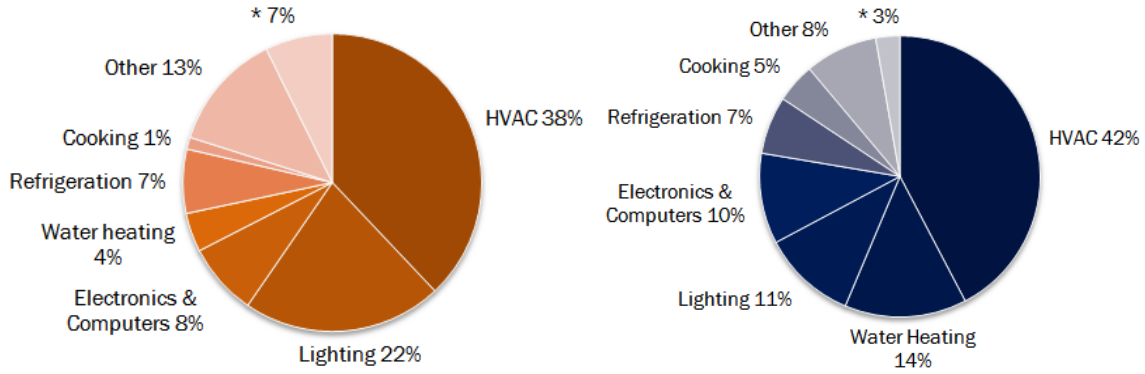
تعیین پارامترهای مؤثر بر مصرف انرژی در بخش ساختمان، از مهمترین مراحل طراحی یک ساختمان است. طراحی‌های منفعل در معماری امروز شهرهای شلوغ قابل اجرا نمی‌باشد؛ لذا کار آیی انرژی اینگونه ساختمان‌های شهری به مسائلی مانند کل مساحت و اندازه پنجره‌ها، ارتفاع ساختمان، تعداد طبقات، مصالح آن، جهت‌گیری و تابش دریافتی خورشید وابسته است(Yıldız & et al,۲۰۱۰). با توجه به پژوهش‌های مورد مطالعه، عواملی مانند تعداد افراد, Chun-sheng)۲۰۱۲: ۸۰۴(، تعداد طبقات، میزان همجواری با ساختمان‌های کنار، بالا و یا پایین(Shimoda & et al, ۲۰۱۰)، نسبت سطح پنجره به دیوار(Tsikaloudaki & et al, ۲۰۱۲)؛ نسبت طول به عرض ساختمان و در نهایت تعداد بر(نما)ساختمان، به‌عنوان شایع‌ترین عوامل مؤثر بر مصرف انرژی توسط گروه متخصصین تعیین گردیدند(Lee & et al , ۲۰۱۳). پس از گذر از عصر کشاورزی، جامعه وارد عصر دانش و ارتباطات شده و فناوری‌ها به زندگی مردم وارد می‌شوند؛ پس می‌توان از این فناوری‌ها در جهت کاهش یا حذف مشکلات پیش‌رو استفاده نمود(مهدی‌زاده، ۱۳۹۸، ۱). در طراحی ساختمان‌های نوین با نگرش معماری پایدار، به مسائلی ازجمله صرفه‌جویی در مصرف انرژی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و سازگار با محیط زیست، توجه ویژه می‌شود(خسروی‌وند و محمودیان درویشانی، ۱۳۹۳ ،۲). در این راستا سیستم‌ها و تجهیزات و تکنولوژی‌های گوناگونی به وجود آمده‌اند که در سالیان زیادی در کشورهای دیگر مورد استفاده قرارداد شده و در زندگی روزمره انسان از آن بهره گرفته شده است(سعید زاده و همکاران،۱۳۹۵، ۳). درنتیجه انسان امروزی تمام تلاش خود را در این زمینه به کار می‌گیرد تا برای استفاده کمتر از منابع هدف، از پارامترهای هوشمند سازی جهت کاهش هزینه و استفاده بهینه از انرژی و در نهایت راحت زندگی کردن بهره گیرد. چراکه هوشمند سازی به‌نوعی پیش بردن هر چه بیشتر بناها به سمت معماری پایدار هست و می‌تواند در شرایط فعلی که منابع انرژی کاسته می‌شود، کارگشا باشد(صباغیان و همکاران،۱۳۹۶، ۱).

۳-۵-معماری پایدار و بهینه‌سازی مصرف انرژی

همان‌گونه که در مطالب پیشین ذکر گردید، در سال‌های اخیر و در جوامع گوناگون به دلایل گوناگون، لزوم صرفه‌جویی انرژی و محاسبه میزان مصرف آن، به‌عنوان یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر نمایان گردیده است. عوامل مختلفی ازجمله استاندارد نبودن ساختمان‌ها در کشورها؛ عدم به کارگیری مصالح و تجهیزات ساختمانی عایق و مؤثر در کاهش اتلاف انرژی در یک ساختمان، و در نهایت عدم فرهنگ-سازی در خصوص رعایت مباحث مربوط به کاهش مصرف انرژی؛ موجب شده که بناها بزرگترین منبع اتلاف انرژی معرفی شوند. مزیت روش‌های معماری پایدار این است که این متدها، روش‌های بدون هزینه‌ای بوده و حتی درصورت افزایش قیمت انرژی چه از نظر اقتصادی و چه از نظر زیست‌محیطی، مناسب می‌باشند. صرفه‌جویی انرژی با طراحی ساختمان‌های هوشمند در همه کشورها قابل استفاده است و به

www.SID.ir

دلیل اینکه کاهش مصرف انرژی به وسیله طراحی معماری هزینه‌ای در برنداشته یا بسیار ارزان است؛ این شیوه مورد استقبال عمومی واقع می‌شود(تقی پور و همکاران،۱۳۹۵ ، ۳).



شکل ۳: مصرف انرژی در فضای مسکونی(راست) و اداری(چپ)، (نیک قدم حجتی و همکاران، ۱۳۹۱ : ۷)

۳-۵-۱-معماری پایدار، نوعی معماری انعطاف‌پذیر در سبک طراحی

معماری پایدار، به عوامل سه گانه‌ای ازجمله عوامل محیطی، اجتماعی و اقتصادی وابسته است. این امر نباید بر اساس پذیرش جبر صرفاً محیطی در بستر طرح (آنچه در معماری سنتی اتفاق افتاده است)، و نه بر اساس تحقق یک برنامه در صورت کالبدی بنا(آنچه در شعار کارکردگرایی در آغاز مدرن مطرح بود)، نه از زاویه عمل‌گرایی(که گرایش در سنت روشنفکری بود) و نه به‌واسطه طرح امور عاطفی یا روحی و روانی(که در دوره پست‌مدرن مطرح شد) و حتی نه از زاویه آشفتگی مبتنی بر تفکر پست ساختارگرایان به معماری نگاه شود. بلکه مقوله معماری پایدار امری فراگیر بوده و باوجود دغدغه اصلی آن‌که مربوط به مسئله محیط زیست است، از تمامی گرایش‌های پیشین، مانند معماری فن‌آور، معماری سبز، معماری هوشمند و همچنین طراحی محیطی، معماری رفتارگرا، معماری اقتصادمحور و ... که برای تقلیل استفاده از انرژی توجه کرده‌اند، بهره می‌گیرد. می‌توان گفت، طراحی پایدار به‌گونه‌ای نوعی از معماری است، که از حداکثر استعدادهای محیطی برای آسایش مصرف‌کنندگان بهره برده و ابزارها و راهکارهای هوشمندانه‌ای در این راه استفاده می‌کند. این نوع معماری نه به‌صورت خلق یک بنا در یک بستر، یعنی آنچه تاکنون صورت گرفته است؛ بلکه با آن وحدت یافته و به جزء لاینفکی از آن تبدیل می‌شود(رمضانی گورایی و کاظم نژاد، ۱۳۹۰).

۳-٦-معماری پاسخگو در کنار معماری هوشمند

بر طبق تعاریف اصطلاحات گوناگون استفاده شده، روشن است که معماری پاسخگو در همه فضاهای بنا نقش مؤثری را بازی می‌کند. به‌طوری‌که معماری و فضای ساختمان، هر دو باید ویژگی‌هایی برای پاسخگویی به نیازهای کاربران داشته باشند. معماری پاسخگو لازم است تمامی کنش‌ها ازجمله کنش‌های ایستا، حرکتی، درونی و برونی را شامل شود. لازم به ذکر است در معماری پاسخگو، نوعی معماری هوشمند نیز موردنیاز است، چراکه پاسخ نتیجه پردازش، هوشمندانه هست. معماری، حرکتی هوشمند نیست؛ مگر آنکه حرکت نتیجه پردازش هوشمندانه باشد؛ اگرنه چادر هم یک پناهگاه متحرک است که قابلیت تا شدن و حمل را دارد. معماری هوشمند باید به‌نوعی همه انواع کنش‌ها را که در ایفای نقش خود، خوب عمل می‌کنند، را دارا باشد(امیر بانی،۱۳۸۶).

۳-۷-لزوم هوشمند سازی و کاربرد آن

با بالا رفتن سطح زندگی مردم و افزایش تقاضا، صرفه‌جویی انرژی در کشورهای صنعتی بیشتر به چشم می‌خورد(روشن،۱۳۹۱ ،۹). محدود بودن منابع انرژی طبیعی و هزینه‌های سرسام‌آور تولید انرژی‌های مصنوعی، کارشناسان را بر آن داشته تا، به موضوعی تحت عنوان "مدیریت مصرف" و " مدیریت انرژی" توجه بیشتری نمایند(مختاریان؛ ۱۳۹۰ ،۴۹). بعد از انقلاب صنعتی که فناوری‌های نوین به صنایع وارد شدند، این روند به‌گونه‌ای ادامه پیدا کرد که تمامی زندگی امروزی انسان‌ها، ازجمله صنعت ساختمان را نیز تحت تأثیر خود قرارداد است. این فناوری‌ها علاوه برآسایش، امنیت و راحتی که برای کاربران فراهم می‌کند، از مصرف ناخواسته انرژی در ساختمان جلوگیری می-

www.SID.ir

نماید(سعید زاده و همکاران،۱۳۹۵، ۳)؛ لذا دسترسی به فناوری‌های هوشمند، نقش مهمی در بهبود وضعیت زندگی انسان‌ها می‌تواند داشته باشد؛ چراکه امروزه هوشمند سازی به‌عنوان یک راهکار بی‌بدیل به حل معضلات موردتوجه شهرسازان و معماران می پردازد(صباغیان و همکاران،۱۳۹۶). از طرفی ازآنجاکه انرژی یکی از مهم‌ترین نیروی اساسی برای زندگی بشر به حساب می‌آید، و هدر دادن آن از طرفی موجب افزایش هزینه و از طرف دیگر سبب نابودی منابع طبیعی می‌گردد؛ لذا سعی بر آن است تا با استفاده از روش‌های نوین، مصرف انرژی، هوشمندانه کنترل گردد(کردزنگنه و کیانیان،۱۳۹۲). به دلیل اینکه بررسی‌های انجام شده، نشان از این دارد که استفاده از سیستم-های کنترل هوشمند در ساختمان‌های مسکونی، تا ۱۵ درصد و در ساختمان‌های عمومی و تجاری تا ۴۰ درصد در مصرف انرژی صرفه-جویی به دنبال خواهند داشت(مختاریان، ۱۳۹۰: ۴۹). لذا دستیابی به بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها در یک شیوه پایدار، جهت کنترل سیستم پویا تحت یک مدل پویای ارزش‌گذاری انرژی، بطوریکه سطح قابل قبولی از آسایش ساکنان را در بگیرد، یک مسئله کلیدی است(Chen & et al, ۲۰۰۹). در مطالعات گذشته، مکانیسم‌های مختلفی ازجمله کاهش قیمت انرژی از طریق ذخیره‌سازی انرژی حرارتی(Borrelli & et al, ۲۰۱۲)، طراحی همزمان کنترل سیستم و پلت فرم‌های جاسازی شده(Meggers & et al ۲۰۱۳)، به حداقل رساندن کل و اوج مصرف انرژی با استفاده از کنترل مدل پیش‌بینی (Maasoumy, ۲۰۱۲) و... جهت کاهش انرژی پیشنهاد گردیده است. لازم به ذکر است تکنولوژی ساختمان هوشمند، قادر است امکانات متنوع و گسترده‌ای را در اختیار هر شخص قرار دهد، تا نسبت به علاقه و سلیقه خود از تمامی یا تنها بخشی از آن بهره‌مند گردد. پس فلسفه اصلی تکنولوژی ساختمان هوشمند بر اساس محوریت بخشیدن به شخص استفاده‌کننده و نیازهای او پایه‌ریزی شده، که به درخواست‌های امروز و آینده وی، پاسخی مناسب داده و حتی قابلیت هماهنگ شدن با تکنولوژی بعدی را نیز خواهد داشت(سعید زاده و همکاران،۱۳۹۵، ۳).

۳-۷-۱-مفهوم هوش

کلمات سازگار[۱۰]، حساس[۱۱] و باهوش۱۲همه برای ساختارهایی به کارمی روند که شامل حسگرها و محرک‌ها[۱۳]بوده و توانایی سازگاری تحریکات محیطی، مانند بارها و تحریکات خارجی را دارند(افشاری‌بصیر، ۱۳۹۰). اصطلاح هوشمند که اغلب در طراحی ساختمان‌ها استفاده می‌شود، به بنایی اطلاق می‌گردد که در آن با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، مواردی ازجمله گرمایش، سرمایش، نور و جریان هوای پویا را در محیط داخل، با هدف خلق یک تعادل مطلوب بین راحتی کاربران و مصرف انرژی تأمین کند. در واقع طرحی که بتواند پاسخی هوشمندانه به ویژگی پویایی انرژی‌های خارجی و مطالبات ساکنین داخلی ساختمان بدهد؛ همان موضوعی است که بسیاری از کشورها تحت عنوان توسعه پایدار برای رسیدن به آن تلاش می‌کنند(رفیعی و خوش‌کردار؛ ۱۳۹۰، ۳۲). ویژگی‌های اصلی معماری هوشمند به شرح زیراست:

- پویایی و فعال بودن
- انعطاف‌پذیری و سازگار با محیط
- واکنش‌پذیری و پاینده بودن(مفیدی، ۱۳۸۸ و ترکجزی و فراخزاد،۲۰۱۳).

۳-۷-۲-ساختمان هوشمند

ساختمان‌ها، گونه‌ای از تکنولوژی هستند، که خود را با تکنولوژی‌های جدیدتر وفق داده و به‌نوعی از آن بهره می‌گیرند. اگرچه ابداع و نوآوری در ساختمان‌ها اتفاق می‌افتد، اما به این معنی نیست که لزوماً تبادل اطلاعات در ساختمان موجب شود، بتوان آن را هوشمند نامید. ساختمان هوشمند باید با محیط سازگاری داشته باشد؛ به‌گونه‌ای که ارتباط و یکپارچگی میان دسترسی‌ها، نوردهی، امنیت، نظارت، مدیریت و ارتباط از راه دور به خوبی برقرار باشد. در واقع به بیان دیگر ساختمان هوشمند به‌عنوان یک رابط بین کاربر و محیط اطراف یا به عبارتی بین خواسته‌های کاربران و محیط‌زیست قرار دارد؛ که با رفتار هوشمندانه، استفاده بهینه از محیط و منابع را امکان‌پذیر می‌سازد(امینی و مهروان،۱۳۹۳). در واقع یک بنای هوشمند، بنایی است که کار آیی و راندمان ساکنانش را افزایش داده و امکان مدیریت مؤثر را بر اساس مقتضیات خاص و با کمترین هزینه فراهم آورد.

تعریف ایالت متحده آمریکا درباره یک ساختمان هوشمند این است که به‌نوعی در بردارنده محیطی پویا و مقرون به‌صرفه هست(فیروزی، ۱۳۹۲). معماری هوشمند نه تنها خود را با شرایط محیطی بیرون و درون ساختمان وفق می دهد، بلکه با شرایط اجتماعی، سیاسی و تاریخی نیز همراه می‌شود. اغلب ساختمان‌های هوشمند سه ویژگی مهم دارند:

www.SID.ir

- کنترل خودکار
- تلفیق تنظیمات انجام شده و بازخورد آن
- توانایی یادگیری و تنظیم عملکرد بر اساس تغییرات محیطی و کسانی که از آن بهره می‌برند(سعیدی و همکاران، ۱۳۹۵ ، ۴).

۳-۷-۳-سیستم مدیریت هوشمند ساختمان

هوش مصنوعی، در صنعت ساختمان‌که در ایران تحت عنوان "سامانه جامع مدیریت هوشمند ساختمان" شناخته می‌گردد، جهت کنترل و مدیریت تأسیسات و تجهیزات الکتریکی، الکترونیکی و مکانیکی در هر بنا است(سرمدی، ۲۰۱۳). در یک تعریف ساده می‌توان گفت ساختمان هوشمند در حقیقت زیربنای سیستم‌های مدرن اطلاعاتی و ارتباطی است؛ به نحوی که بنا را قادر می‌سازد، خود را با شرایط و محیط اطراف منطبق سازد. به بیان دیگر ترکیبی از نوآوری مبتنی بر تکنولوژی در قالب یک مدیریت هوشمند و در جهت بازگشت سرمایه هست(میرپادیاب و اعتصام، ۱۳۹۵ :۵). سیستم مدیریت هوشمند با استفاده از فناوری‌های کنترلی و مدیریت منابع، کنترل یک ساختمان را بسته به نوع کاربری آن(مسکونی، اداری، تجاری و...) در دست می‌گیرد. استفاده از این سیستم باعث می‌شود تا عواملی مانند خطای نیروی انسانی، میزان پیش‌آمدهای خارج از کنترل و همچنین سوانح، کاهش پیدا کرده و باعث افزایش اطمینان از عملکرد صحیح تجهیزات ساختمان می‌شود. به علاوه بسیاری از کارهایی که ساکنان انجام می‌دهند، توسط این شبکه انجام می‌گیرد، که باعث صرفه‌جویی در هزینه نیروی انسانی و زمان شده و موجب افزایش اثربخشی سیستم خواهد گردید(حریری، ۱۳۸۸).

در ادامه چهار راهکار عملی برای هوشمند سازی ساختمان ها پیشنهاد می‌گردد که به شرح هر یک از آن‌ها پرداخته می‌شود:

- استفاده از مصالح نوین و هوشمند
- بهره‌گیری از انرژی‌های نو
- استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات
- بهره‌گیری از فناوری نانو

الف) استفاده از مصالح نوین و هوشمند

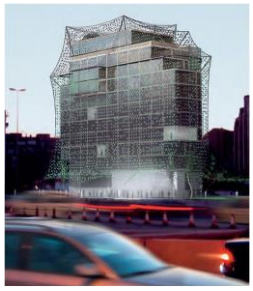
این مصالح، موادی هستند که خاصیت تغییرپذیری داشته و می‌توانند مشخصه‌های ظاهری و درونی خود را در پاسخ به تأثیرات شیمیایی و فیزیکی به‌صورت برگشت‌پذیر تغییر دهند(گرجی مهلبانی و ابوطالبی، ۱۳۸۸: ۴). در واقع مصالح هوشمند یک اصطلاح جدید برای فرآورده‌هایی هست که توانایی درک و پردازش رویدادهای محیطی را داشته و نسبت به آن واکنش مناسب نشان می‌دهند(Ritter, ۲۰۰۷). این در حالی است که معماران خلاق می‌توانند مصالح و فرآورده‌های نوین را برای کاربردهای خاص معماری توسعه داده و صنعت تازه‌ای را در معماری بر پایه مصالح نوین پدید آورند(Addington & Schodek, ۲۰۰۵)؛ چراکه بکاربردن مصالحی که خواص آن‌ها به گرما، نور یا رطوبت وابسته است، سبب تحولات عظیم در معماری می‌گردد(وفامهر و نازی دیزجی، ۱۳۸۹). لذا می‌توان سبب جلوگیری از اتلاف انرژی و همچنین افزایش دوام و عمر ساختمان‌ها شد(مهرابیان،۱۳۹۰). لازم به ذکر است این مصالح قابلیت تغییر خواص، رنگ و شکل خود را در مقابل متغیرهای فیزیکی و شیمیایی مثل نور، دما، فشار، میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و محیط شیمیایی دارند(Addington, Schodek , ۲۰۰۵). بنابراین با استفاده از دستاوردهای مصالح هوشمند یک بنا در زمان‌ها و مکان‌های مختلف می‌تواند رفتارهای متفاوتی از خود بروز دهد.

جدول۱: انواع مصالح هوشمند و کاربرد آن در معماری، (حسینی و قضیه، ۱۳۹۴ : ۶)

مصالح هوشمند	کاربرد در معماری
بتن هوشمند	کف جاده‌ها برای سنجش میزان ترافیک جهت تشخیص زلزله
بتن خود ترمیم شونده	ترمیم محل آسیب دیدگی در بتن
دیوار هوشمند	تخریب مولکول های انواع آلاینده‌ها ازجمله اکسیدهای نیتروژن
پوسته هوشمند	جلوگیری از تلفات گرما

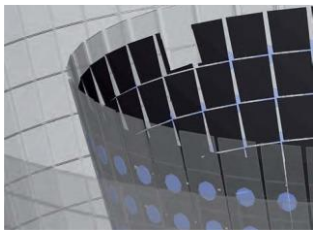
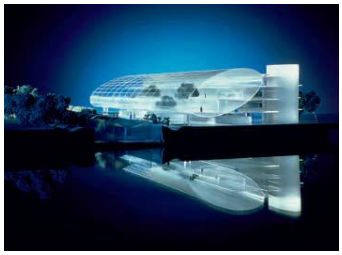
www.SID.ir

	تهویه طبیعی در محیط داخلی
شیشه‌های خود شوینده	عدم اتصال گرد و غبار و مواد آلی به سطح شیشه نمای ساختمان
شیشه‌های کریستال مایع	تنظیم کدر و یا شفاف بودن شیشه با جریان الکتریکی در پارتیشن‌ها، حمام و یا اتاق‌های کنفرانس

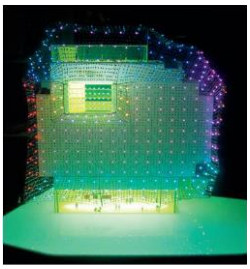
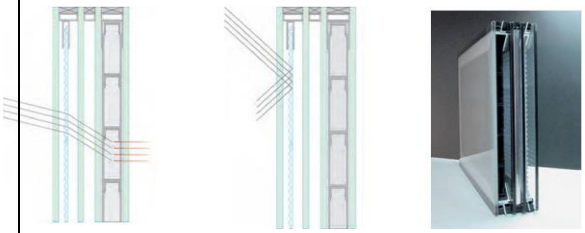


شکل۴: کاربرد مصالح هوشمند را جهت نورپردازی هتل هبیتات[۱۴] بارسلون اسپانیا، (Ritter, ۲۰۰۷)

جدول۲: طبقه بندی مصالح هوشمند،(Ritter, ۲۰۰۷)

خاصیت	طبقه‌بندی	نمونه‌ها
مصالح هوشمند با قابلیت تغییر خواص درونی	مصالح هوشمند تغییر شکل‌دهنده  شکل۳،پروژه مرکز اسناد در شهر هینزرت[۱۵] آلمان، ورقه‌های مستقر در نما برای جذب انرژی خورشیدی، استفاده از مصالح هوشمند تغییر شکل‌دهنده در فرم مصالح منبسط شونده[۱۶]و استفاده از مصالح هوشمند تولیدکننده الکتریسیته به عنوان لایه باریکی از سلول‌های خورشیدی، (Ritter, ۲۰۰۷)	دما واکنشی[۱۷]، پیزوالکتریک[۱۸]، الکترو واکنشی[۱۹]و شیمی واکنشی[۲۰]
	مصالح هوشمند تغییر رنگ دهنده شکل۴،پنجره‌های ساخته شده از شیشه‌های فتوکروم، (Addington & Schodek ,۲۰۰۰)  شکل۵، موزه هنرهای مدرن مونیخ۲۲، استفاده از شیشه‌های	فوتوکرومیک[۲۱] ، ترموکرومیک و الکتروکرومیک

www.SID.ir

	فتوکرومیک در پوشش نما، (Ritter , ۲۰۰۰)	
	مصالح هوشمند تغییر پیوند دهنده	–
مصالح هوشمند مبادله کننده انرژی	مصالح هوشمند نشر کننده نور شکل۶، مصالح هوشمند ساطع کننده نور، (Ritter, ۲۰۰۷)  شکل۷، استفاده از سل‌های خورشیدی، ذخیره سازی انرژی الکتریکی جهت نورپردازی در هتل، (Ritter, ۲۰۰۷)	فوتولومینسانس و الکترولومینسان
	مصالح هوشمند تولید کننده الکتریسیته	سل‌های خورشیدی و پیل سوختی
	مصالح هوشمند ذخیره کننده انرژی شکل۹، نمای جنوبی مجتمع مسکونی در سوییس، (Ritter, ۲۰۰۷)  شکل ۱۰، مقطع از پنجره با عایق هیدرات نمک، تابستان و زمستان، (Ritter, ۲۰۰۷)	باتری‌ها و ابرخازن‌ها
مصالح هوشمند با قابلیت تغییر و تبادل مواد درونی	مصالح ضد آب، مصالح رفع کننده آلاینده های هوا، جاذب صدا، مصالح خود پاک شونده 	

www.SID.ir

شکل۱۱، آپارتمان مسکونی– تجاری دراتریش، مصالح هوشمند دارای قابلیت تغییر و مبادله مواد درون(پوشش خود پاک شونده)، (Ritter, ۲۰۰۷)	

ب) استفاده از انرژی‌های نو

انرژی را می‌توان به دو دسته تجدیدناپذیر(نظیر انرژی‌های حاصل از سوخت‌های فسیلی) و انرژی‌های تجدیدپذیر یا نو (نظیر انرژی-های حاصل از خورشید، باد، امواج، بیوگاز، زمین گرمایی، پیل سوختی و بیودیزل) تقسیم‌بندی نمود(نظرپور و همکاران،۱۳۹۳). نکته قابل‌توجه اینکه، از انرژی خورشیدی علاوه بر تأمین نور و گرمای طبیعی، برای تأمین برق ساختمان‌ها نیز می‌توان بهره برد. تحقق این امر که با استفاده از طراحی سل‌های خورشیدی امکانپذیر است، سبب می‌شود به میزان زیادی در مصرف انرژی صرفه‌جویی شود. از انرژی باد نیز می‌توان برای تأمین برق ساختمان‌ها به ویژه در مناطق بادخیز نظیر منطقه سیستان و منجیل استفاده کرد. به علاوه استفاده از انرژی زمین گرمایی جهت گرمایش ساختمان‌ها با بکار بردن پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی صورت می‌گیرد(خوشگویی و قربانی پارام،۱۳۹۵ ، ۶).

ج) استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات

فناوری اطلاعات و ارتباطات، موجبات تبادل سریع اطلاعات در فواصل طولانی را میسر می‌کند و استفاده از آن در صنعت ساختمان سبب امنیت بیشتر، آرامش، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین کاهش در زمان و هزینه نگهداری ساختمان می‌گردد. سامانه مدیریت یکپارچه و هوشمند ساختمان BMS[۲۳] را می‌توان عنوان مجموعه‌ای از سخت‌افزارها و نرم‌افزارها نامید، که جهت پایش و هدایت واحد قسمت‌های کلیدی ساختمان نصب می‌شود(جان بزرگی،۱۳۸۸).

BMSها سامانه‌های کنترلی هستند که از اتلاف انرژی جلوگیری می‌نماید؛ به این صورت که که مدیریت و کنترل وضعیت بنا را از طریق سیستم خودکار کنترل روشنایی، کنترل تردد ورودی‌ها و خروجی‌ها، کنترل اعلام و اطفای حریق، کنترل سرمایش و گرمایش و کنترل موتورخانه را امکان‌پذیر می‌سازد و تدابیر لازم را برای افزایش کیفیت محیطی و جهت کاهش مصرف انرژی صادر می‌کند(رضایی و همکاران، ۱۳۹۲ ،۱۰). در کل می‌توان گفت هدف از استفاده از سیستم‌های هوشمند در یک ساختمان، تطبیق شرایط کارکرد اجزای مختلف با توجه به شرایط محیطی و نیاز به ساختمان در آن زمان هست(مروتی و همکاران، ۲۰۱۳ ،۳). از کاربردهای دیگر این سیستم می‌توان به کنترل از راه دور، کنترل امنیت، وضعیت قفل‌ها، سیستم اعلام سرقت، سیستم پرده‌ها و سایه‌بان‌ها، برق اضطراری، سیستم آبیاری و سیستم هشدار دهنده اشاره داشت(صباغیان و همکاران،۱۳۹۶).

د) بهره‌گیری از فناوری نانو

مهمترین اهداف استفاده از فناوری نانو، سازگاری و بهینه‌سازی مصرف انرژی و درنتیجه حصول معماری پایدار است. استفاده از فناوری نانو در ساخت مواد ساختمانی، قادر است خواص ساختاری ایجاد نماید که علاوه بر ارتقاء عملکرد، عمر و دوام آن مواد را نیز بالا برد. همچنین با بهره گیری از فناوری نانو، مصالح چند کاربردی زیست سازگار حاصل می‌شود(Ashby, ۲۰۰۹). ازجمله مصالح نانویی که در صنعت ساختمان بکار رفته و سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی شده‌اند، می‌توان به نانوعایق‌ها نظیر عایق حرارتی نانوژل،(Elvin , ۲۰۰۷)، نانوپوشش‌های سنگ و چوب، نانوسرامیک‌ها، نانوپوشش‌های شیشه(شیشه‌های خود تمیز شونده و شیشه‌های مقاوم به آتش)، نانوسیلیس‌ها(بهبود خواص مکانیکی و دوام بتن)، نانولوله‌های کربنی(جهت استفاده در بتن)(Niroumand, ۲۰۱۳)، نانوذرات هماتیت-(جهت مقاوم‌سازی بتن)، نانوذرات دی اکسید تیتانیم(جهت درخشندگی بتن نمای ساختمان، ایجاد خاصیت ضدعفونی‌کنندگی در رنگ‌ها، سیمان‌ها و شیشه‌ها)، نانوذرات مس(جهت بهبود خواص فولاد)و نانوحسگرها(جهت کنترل کیفیت و استحکام بتن)اشاره کرد(خوشگویی و قربانی پارام،۱۳۹۵ : ۷).

جدول ۳: اهداف مدیریت هوشمند، (جوکار، ۱۳۸۷)

امکان مانیتورینگ و کنترل تمامی نقاط تحت کنترل از طریق یک کامپیوتر و یا اینترنت
ارائه سیستم‌های کنترلی با قابلیت برنامه‌ریزی زمانی عملکرد
عدم نیاز به پیمانکاران دائمی ساختمان
ایجاد محیطی مطلوب برای افراد حاضر در ساختمان

www.SID.ir

کاهش چشم‌گیر هزینه‌های مربوط به نگهداری و بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی
استفاده بهینه از تجهیزات و افزایش عمر مفید آن‌ها
با توجه به یکپارچه‌سازی ساختمان تمام تجهیزات به‌صورت هماهنگ کار کرده و امکان تداخل و بروز مشکلات ناشی از عدم هماهنگی از بین می‌رود.

۳-۸-وظایف سیستم هوشمند

برخی وظایف سیستم مدیریت هوشمند ساختمان به شرح زیر است:

- توانایی ایجاد تغییرات در هنگام تغییر هوای خارج از ساختمان نظیر تغییر دما، رطوبت و...
- کنترل ارائه سطح روشنایی مطلوب
- توانایی ایجاد تغییرات در هنگام تغییر روشنایی خارج از ساختمان(نجفی، ۱۳۸۶).
- پرده‌های برقی و سایر تجهیزات موتوری
- سیستم امنیتی برای تأمین ایمنی ساختمان
- سیستم صوتی – تصویری
- یکپارچه سازی سیستم کنترل روشنائی، سیستم کنترل سرمایش و گرمایش، صوت و تصویر و امنیت در قالب یک سیستم یکپارچه و هماهنگ
- کنترل کودکان با استفاده از دوربین‌ها
- کنترل فضاهای سبز خانه‌ها و ویلا ها برای آبیاری خودکار و کاهش نیروی انسانی
- کنترل در، پنجره، پرده، کرکره و سایبان
- کنترل تأسیسات مکانیکی و الکتریکی
- کنترل تهویه مطبوع
- سیستم اعلام حریق و کنترل دود
- کنترل تردد و حفاظت
- مدیریت آسانسورها در زمان‌های خاص(سعید زاده و همکاران،۱۳۹۵ ، ۶)
- بهینه‌سازی و افزایش عملکرد ساختمان
- بهبود قابلیت‌های کنترل ساختمان
- افزایش امنیت ساختمان
- صرفه‌جویی در هزینه‌های عملیاتی و انرژی
- سیستم مدیریت مصرف انرژی و کاهش مصرف آن
- کنترل کلیه تجهیزات هوشمند توسط ریموت کنترل
- تنظیم و کنترل هوشمندانه فضا بر اساس زمان، دمای هوای بیرون، حضور و یا عدم حضور ساکنین.

۳-۹-معایب ساختمان‌های هوشمند

باوجود مزایای بسیاری زیادی که ساختمان‌های هوشمند دارند، نمی توان معایب این دسته از ساختمان‌ها را نادیده گرفت. ازجمله مهمترین کاستی‌ها و معایب ساختمان‌های هوشمند عبارتند از:

- هزینه‌های راه اندازی و اجرای سیستم‌های مدیریت ساختمان در ساختمان‌های هوشمند
- توجه بیش از حد این دسته ساختمان‌ها به محیطزیست، به طوریکه گاهی مسئولیت خود را در قبال افزایش سطح بهداشت و سلامت افراد ساکن آن فراموش می‌کند.
- توجه بیش از اندازه به کارآمد سازی مصرف انرژی موجب گردیده که این بناها تبدیل به محیط‌های مهروموم‌شده‌ای گردند و حتی باوجود سیستم‌های تهویه هوا، این امر موجب افزایش آلودگی هوای داخل ساختمان و درنتیجه افزایش احتمال ابتلا به بیماری‌های تنفسی را افزایش دهد.
- افزایش میزان احتمال بروز انواع بیماری‌های خطرناک (مانند سرطان، آسم، ناباروری در مردان، مشکلات یادگیری)
- استفاده از ساختمان‌های هوشمند منوط به یادگیری و نحوه استفاده از آن هست. کاربران درصورتی‌که افرادی به‌روز و مشتاق یادگیری و افرادی انعطاف‌پذیر در مقابل فناوری‌های نوین باشند، به‌خوبی می‌توانند از این ساختمان‌ها بهره کافی را ببرند. اما افرادی که انعطاف‌پذیری کمتری دارند، از خواندن دفترچه‌های راهنمای این سیستم‌ها پس از مدتی کوتاه خسته شده و عدم هماهنگی با محیط می‌تواند باعث ایجاد اختلالات روحی و جسمی در آن‌ها گردد.

www.SID.ir

- استفاده از سیستم‌های امنیتی در ساختمان‌های هوشمند مانند دوربین‌های مداربسته، سنسورها و ... هرچند کمک شایانی به حفظ امنیت کاربران می‌کند، اما در عین حال می‌تواند حریم خصوصی افراد را نیز به خطر اندازد(نیک قدم حجتی و همکاران، ۱۳۹۱، ۷).

٤-نتیجه‌گیری

بهره‌گیری از انرژی‌های تجدید پذیر و اصول و روش‌های سازگاربامحیط‌زیست، یکی از موضوعات قابل‌بحث در کشورهای توسعه‌یافته است؛ چراکه آلودگی‌های محیط‌زیستی ناشی از اتلاف زیاد انرژی در ساختمان‌ها، سوخت‌های فسیلی، دوام کم مصالح ساختمانی و هزینه بالای نگهداری و تعمیر ساختمان‌ها، ضرورت حرکت به سمت طراحی‌ها و معماری‌های جدید ساختمان‌که بر اساس فناوری‌های نوین می-باشند، را آشکار می‌سازد. هوشمند سازی ساختمان‌ها با رویکرد صرفه‌جویی در مصرف انرژی، افزایش استحکام و ماندگاری ساختمان‌ها، سازگاری با محیط زیست، و فراهم آوردن آرامش و امنیت ساکنین ساختمان و درنتیجه ایجاد یک زندگی مطلوب برای آن‌ها، منجر به دستیابی به معماری پایدار می‌گردد. همان‌گونه که ذکر گردید، از نوین‌ترین راه‌ها برای حفظ انرژی، بهره‌گیری از تجهیزات، جهت مدیریت انرژی ساختمان است، که دربردارنده محیطی پویا و خصوصاً مقرون‌به‌صرفه است و ازآنجاکه کشور ما در شرایط اقلیمی مناسب قرار دارد، با گسترش تکنولوژی در عرصه معماری می‌توان تحول بنیادی در بهینه‌سازی مصرف سوخت و انرژی در صنعت ساختمان ایجاد کرد و افق-های روشنی را پیشروی فعالان این حوزه قرارداد.

همان‌گونه که بررسی شد، استفاده از فناوری‌های نو نظیر فناوری نانو، فناوری اطلاعات و ارتباطات، مواد و مصالح هوشمند و همچنین فناوری به‌کارگیری انرژی‌های نو، در جهت دستیابی به بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها در یک شیوه پایدار، موجبات هوشمند سازی ساختمان‌ها و درنتیجه حصول معماری پایدار را فراهم می‌آورد. موارد زیر ارائه راهکارهایی در این مورد هستند:

- ارتقای سطح دانش سازندگان ساختمان و آشنا نمودن آن‌ها با ساختمان‌های هوشمند
- فرهنگ‌سازی در سطح جامعه به‌منظور استفاده از BMS
- توسعه تکنولوژی هوشمند در ساختمان‌های عمومی و الزامی نمودن آن
- قابل‌کنترل بودن بخش‌های مهم ساختمان توسط سیستم مدیریت هوشمند
- ایجاد و تقویت زیرساخت‌های لازم به‌منظور نصب سیستم‌های هوشمند در ساختمان موجود و در حال ساخت
- کاهش قابل‌ملاحظه مصرف انرژی در ساختمان‌های هوشمند

پی‌نوشت

1) Le Corbusier
2) EcoStruxure
3) Marinakis
4) Doukas
5) Javaid& et al
6) Aslam&et al
7) Papantoniou& et al
8) Sullivan
9) Martin-Baker
10) Adaptive
11) Sensitive
12) Smart
13) Actuator
14) Habitat
15) Hinzert
16) TEM
17) Thermostrictive
18) Piezoelectric
19) Electroactive
20) Chemostrictive
21) Munich
22) Photochromic
23) Building management system

www.SID.ir

فهرست مراجع

۱. ابراهیمی، مازیار و معرف، مریم. (۱۳۹۷). توسعه پایدار شهری بر مبنای رشد هوشمند شهری، تحلیلی بر مؤلفه‌ها، ویژگی‌ها و مزایای شهر هوشمند، *دو ماهنامه علمی تخصصی پژوهش در هنر و علوم انسانی، سال سوم*، شماره دو، پیاپی ۱۰، جلد دوم.

۲. اسماعیل زاده، حسن و فنی، زهره و عبدلی فاطمه. (۱۳۹۸). هوشمند سازی، رویکردی در تحقق توسعه پایدار شهری(مطالعه موردی، منطقه ۶ تهران)، *پژوهش های جغرافیای انسانی*، دوره ۵۱، شماره ۱.

۳. افشاری بصیر، نفیسه و افشاری بصیر، محمدرضا. (۱۳۹۰) . ساختمان‌های هوشمند گامی به سوی فناوری‌های نوین در ساخت، *دومین کنفرانس بین‌المللی معماری و سازه، دانشگاه تهران.*

۴. امینی، سجاد و مهروان، عباس. (۱۳۹۳). رابطه ساختمان‌های هوشمند و معماری پایدار، *چهارمین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری، اصفهان.*

۵. بهزاد فر، مصطفی.(۱۳۸۲). *فصلنامه هنرهای زیبا* ،دوره ۱۵ .

۶. ترابی، حوریه و روشن، محسن. (۱۳۹۴) .کاربرد مصالح هوشمند در معماری ساختمان‌های سبز، *اولین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری،یزد.*

۷. ترکجزی، میلاد و فرخزاد، محمد. (۲۰۱۳)، به کارگیری سامانه‌های خورشیدی در ساختمان، راهکاری نو در بهینه سازی مصرف انرژی، *دومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.*

۸. تقی پورتکامجانی، حسن ؛ اعرافی، روح اله ؛ محمدی، طه و مه پویا، ادریس. (۱۳۹۵). بررسی هوشمند سازی ساختمان‌های مسکونی در جهت رسیدن به معماری پایدار در منطقه کریم آباد تنکابن، *چهارمین کنفرانس علمی پژوهشی افق‌های نوین در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی معماری و شهرسازی ایران،تهران.*

۹. جان بزرگی ا و قناد. ز. (۱۳۸۸). ،سیستم هوشمند ساختمان، دفتر پشتیبانی مدیریت پروژه ها، *مقالات تخصصی در معماری هوشمند ساختمان* ، سایت ساختمان مرجع صنعت ساختمان.

۱۰. جوکار،علی. (۱۳۸۷)،. ساختمان هوشمند و سیستم مدیریت ساختمان، *فصلنامه گزارش سازمان نظام مهندسی ساختمان استان فارس*،شماره ۵۸.

۱۱. حریری رضا. (۱۳۸۸). اصول صرفه جویی انرژی در ساختمان‌های صنعتی دوره مدیریت انرژی، *مؤسسه مطالعاتی بین المللی انرژی وزارت نفت.*

۱۲. حسینی، یاسمن و رحمانی قضیه، محمد. (۱۳۹۴). طراحی پایدار زیست محیطی مبتنی بر استفاده از مصالح هوشمند،*کنفرانس بین المللی عمران ، معماری و زیرساخت های شهری*، تبریز.

۱۳. حمزوی، حسین. (۱۳۹۳) .نگرشی به معیارها و ارزش‌های پایدار و ضرورت اهمیت و اثربخشی آن در معماری و شهرسازی پایدار، *کنفرانس ملی معماری و منظر شهری پایدار.*

۱۴. خسروی وند، فیروز و محمودیان درویشانی، مصیب. (۱۳۹۳) . الگوهای معماری پایدار در طراحی ساختمان‌های نوین، *چهارمین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری*، مؤسسه آموزش عالی دانش پژوهان اصفهان.

۱۵. خوشگویی، مهسا و قربانی پارام، افشین. (۱۳۹۵). هوشمند سازی ساختمان‌ها در راستای توسعه معماری پایدار، *کنفرانس دو سالانه جامعه و معماری معاصر*،اصفهان.

۱۶. رضایی، باقر. (۱۳۹۴) . تأثیر معماری پایدار و تأمین زندگی مطلوب جوامع انسانی، *سومین کنگره بین المللی عمران معماری و توسعه شهری.*

۱۷. رضایی، داوود ؛ نهاوندی، مرضیه و زنده شاهوار، محمد امین، (۱۳۹۲) . ارائه راهکارهای مناسب نگهداری انرژی در معماری ساختمان‌های مسکونی و بررسی کار آیی سیستم های هوشمند، *اولین کنفرانس ملی معماری و فضاهای شهری پایدار مشهد.*

۱۸. رفیعی ،مهران و خوش کردار، مهدی. (۱۳۹۰) . پوشش ساختمان‌های هوشمند، *نشریه تفکر معماری*، شماره۲۶.

۱۹. رمضانی گورایی، ب و کاظم نژاد، ز. (۱۳۹۰)،. رابطه بین توسعه پایدار معماری محیطی و طراحی اقلیمی در مناطق کوهستانی، مطالعه موردی :شهرک ماسوله، *فصلنامه جغرافیای آمایش محیط*، شماره ۱۴.

۲۰. روشن، محسن. (۱۳۹۱) . بازنگری ساختمان‌های هوشمند با رویکرد معماری خورشیدی غیر فعال، *نشریه راه و ساختمان*، شماره۴۲.

www.SID.ir

۲۱. سرمدی، مرتضی. (۲۰۱۳). ارائه مدلی جهت ورود هوشمندانه کوچه مصنوعی به صنعت ساختمان با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، تبریز.

۲۲. سعید زاده، فاطمه ؛ فرازمند، آیدا و پنجستونی، علیرضا. (۱۳۹۵)، ساختمان هوشمند و کاربرد آن در زندگی انسان، *سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی*، برلین،آلمان.

۲۳. صباغیان، مهسا ؛ طالب‌زاده، بهنوش؛ شوشتری، ندا و سربندی فراهانی، منیره . (۱۳۹۶). مشخصات خانه های هوشمند با رویکرد معماری پایدار ،*کنفرانس بین المللی عمران معماری و شهرسازی ایران معاصر*، تهران.

۲۴. عبیدی، عالیه. (۱۳۹۴) . بهبود کیفیت معماری در طراحی پایدار ساختمان‌های هوشمند، *اولین همایش علمی پژوهشی‌های نوین در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی معماری و شهرسازی ایران*.

۲۵. علی آقاجان، شادی و راسخی، مجید . (۱۳۹۴) . بررسی راهکار های بهینه سازی مصرف انرژی با بکارگیری تفکر پایداری انرژی و تکنولوژی های نوین، کارشناس ارشد مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد.

۲۶. فیروزی، بهاره؛ تورتیز، پژمان و نهاوندی. (۱۳۹۲) . آرمانشهر پایدار خانه‌های هوشمند و صفر نیرویی، گامی نو در راستای توسعه پایدار، *اولین کنفرانس معماری و فضاهای شهری پایدار*، مشهد، گروه پژوهش های کاربردی پرمان.

۲۷. کرد زنگنه، عباس و کیانیان، هایده. (۱۳۹۲) . آموزش مدیریت و بهینه سازی انرژی، اولین همایش سراسری محیط زیست انرژی و پدافند زیستی .

۲۸. کسمایی،کامران ؛ براتی فرد ، حدیثه و غفاری، علیرضا. (۱۳۹۰) . نگرش ها و اصول در معماری پایدار، همایش ملی عمران معماری شهرسازی و مدیریت انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان.

۲۹. کمالی، ایمان ؛ شمسایی، فتح اله و مهر نژاد، پیمان. (۱۳۹۸) . طراحی ساختمان هوشمند با حداکثر تاب آوری با توجه به مدیریت انرژی، *نشریه علمی پژوهشی شهر ایمن*.

۳۰. گرجی مهلبانی، یوسف . (۱۳۸۹) . معماری پایدار و نقد آن در حوزه محیط زیست، *نشریه علمی پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی* ایران، شماره ۱.

۳۱. گرجی مهلبانی، یوسف و ابوطالبی، الناز. (۱۳۸۸). مصالح هوشمند و نقش آن در معماری،*نشریه مسکن محیط و روستا*، فناوری.

۳۲. مختاریان، علی . (۱۳۹۰). ساختمان های هوشمند و نقش آن در بهینه سازی مصرف انرژی، *نشریه تفکر معماری* شماره۲۵.

۳۳. مروتی، آرش؛ بهاری، تارا و فیروزفر، سهیل. (۲۰۱۳). بررسی راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های هوشمند، سومین *کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی*.

۳۴. مفیدی، مجید . (۱۳۸۸). پوسته های هوشمند،آبادی ، شماره ۶۳ ، ص ۱۲۱ ، تهران.

۳۵. مهدی زاده، معین . (۱۳۹۸) ،بررسی رابطه بین شهر هوشمند و توسعه پایدار و چالش های دستیابی به شهر هوشمند، *فصلنامه علمی تخصصی معماری سبز*،سال پنجم شماره۱(پیاپی ۱۴).

۳۶. مهرابیان ، ساهره. (۱۳۹۰). استفاده از مصالح هوشمند در پوسته ساختمان بمنظور صرفه جویی در مصرف انرژی ، *همایش منطقه ای معماری و مصالح ساخت* ، مرکز آموزشی و فرهنگی سما واحد ساری.

۳۷. میربخت، سمانه. (۱۳۹۴) ،معماری پایدار و ساختمان های هوشمند، *دومین کنفرانس بین المللی پژوهش در مهندسی علوم و تکنولوژی*، دبی.

۳۸. میرپادیاب، کسری و اعتصام، ایرج. (۱۳۹۵)، شناخت سناریوهای مسکن هوشمند و رابطه آن با پایداری، *سومین کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، برلین–آلمان*.

۳۹. ناصری، سارا. (۱۳۹۴) کاربست تکنولوژی و بحران هویت در معماری معاصر ایران در عصر جهانی‌شدن و ارائه راهکارهای برون رفت از وضع موجود، *نشریه مدیریت شهری*، دوره۱۴، شماره۴۱.

۴۰. نجفی ، مطیعی، منصور. (۱۳۸۶)، ساختمان های هوشمند ؛ *مجله آبادی* دوره ۱۳ ، شماره ۳،تهران.

۴۱. نظرپور، هادی و سیرنگ ، سینا و جمالی فروز ،فرزین(۱۳۹۳) ، کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار و معماری پایدار، *اولین همایش مهندسی عمران، مدیریت پایدار شهری*،گرگان.

www.SID.ir

۴۲. نیک قدم حجتی، ساناز ؛ سلیمانی روزبهانی، فاطمه و پوراسد، حبیب. (۱۳۹۱)،ساختمان های هوشمند انتخابی کارا در بهره وری انرژی،*دومین کنفرانس و نمایشگاه مدیریت انرژی صنعتی*،تهران.

۴۳. وفامهر ، محسن و نازی دیزجی ، سجاد .(۱۳۸۹)، کاربرد مصالح هوشمند در معماری ، *ماهنامه بین المللی راه و ساختمان* ، سال هشتم ، شماره ۷۴ .

۴۴. یغموری، آیرین و نریمانی، نوید و باغبانی، شادی. (۱۳۹۳)،نقش تکنولوژی‌های نوین برساختمان‌های مسکونی بررسی سیستم مدیریت ساختمان bms،*اولین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی*،تهران.

45. Addington,M, D. Schodek, ۲۰۰۵, Smart Materials and New Technologies For Architecture and Design Proffessions, Architectural Press/ Elsevier, Oxford, pp ۸-۱۶۸.
46. Adeoluwa Akandea, Pedro Cabrala, Paulo Gomesa, Sven Casteleynb ,۲۰۱۹, "The Lisbon ranking for smart sustainable cities in Europe." Sustainable Cities and Society ۴۴: ۴۷۵-۴۸۷.
47. Ashby, M.F. P.J. Ferreira, D.L. Schodeck, ۲۰۰۹, Nanomaterials, Nanotechnologies & Design (an introduction for engineers & architects), ۱st edition,Oxford ,UK, Elsevier.
48. Aslam, Sheraz, Iqbal , Zafar , Javaid, Nadeem Ali Khan, Zahoor, Aurangzeb, Khursheed, Haider, Syed Irtaza, ۲۰۱۷, Towards Efficient Energy Management of Smart Buildings Exploiting Heuristic Optimization with Real Time and Critical Peak Pricing Schemes,energies, November۲۰۱۷.
49. Borrelli,F. B. Hencey, B. Coffey, S. Bengea, P. Haves, ۲۰۱۲ , Model predictive control for the operation of building cooling systems, Control Systems Technology, IEEE Transactions on ۲۰ (۳) ۷۹۶–۸۰۳.
50. Bose, R. K. ,۲۰۱۰, “energy efficient cities, Assessment tools and benchmarking Practices”, The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington, D.C.
51. Chen,H. P. Chou, S. Duri, H. Lei, J. ۲۰۰۹, Reason, The design and implementation of a smart building control system, in: e-Business Engineering,. ICEBE’۹. IEEE International Conference on, IEEE, ۲۰۰۹, ۳۲۰ pp. ۲۵۵– ۲۶۲.
52. Chun-sheng, Zhao; Shu-wen, Niu and Xin, Zhang , ۲۰۱۲, "Effects of household energy consumption on environment and its influence factors in rural and urban areas," Energy Procedia۱۴ : ۸۰۵- ۸۱۱
53. DEXCell, ۲۰۱۸, Energy Manager, Available online: http://www.Dexmatech. com /about-dexma/ (accessed on ۱۲ January ۲۰۱۸).
54. EcoStruxure™ Power Monitoring Expert, ۲۰۱۸, Available online: http:// www. Schneider electric.com /b۲b/en/ solutions/enterprise-solutions/enterprise-software-suites/index.jsp (accessed on ۱۱ January ۲۰۱۸).
55. Elvin,G. ۲۰۰۷, Nanotechnology for Green Building, Green Technology Forum, Published by Wiley and Princeton Architectural Press, USA.
56. Eremia, Toma & Sanduleac, Mircea, Lucian & Mihai ,۲۰۱۷, The smart city concept in the ۲۱st century , Procedia Engineering ۱۸۱
57. Fotopoulou, E, Zafeiropoulos, A, Terroso-Sáenz, F, ¸Sim¸sek, U, González-Vidal, A, Tsiolis, G,Gouvas, P,Liapis, P, Fensel, A,Skarmeta, A, ۲۰۱۷, Providing Personalized Energy Management and Awareness Services for Energy Efficiency in Smart Buildings, Sensors ۲۰۱۷, ۱۷,
58. Kamal-Chaoui, L. and Alexis R. (eds.) ,۲۰۰۹, “Competitive Cities and Climate Change”, OECD Regional Development Working Papers, N° ۲.
59. Lee, J. W, Jung, H. J, Park, J. Y, Lee, J. B. and Yoon, Y, ۲۰۱۳, "Optimization of building window system in Asian regions by analyzing solar heat gain and daylighting elements," Renewable Energy۵۰ : ۵۲۲- ۵۳۱
60. Maasoumy,M, ۲۰۱۲, A. Sangiovanni-Vincentelli, Total and peak energy consumption minimization of building hvac systems using model predictive control, IEEE Design & Test of Computers ۲۹ (۴).
61. Marinakis,Vangelis, Doukas, Haris, ۲۰۱۸, An Advanced IoT-based System for Intelligent EnergyManagement in Buildings, Sensors۲۰۱۸۱۸, ۶۱۰; doi:۱۰,۳۳۹/ s ۱۸۰۲۰۶۱۰,pp۱-۱۶.
62. Martin,Vacas, ۲۰۱۶,ENERGY EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY ON BUILDING THROUGH “INTELLIGENT” PROCCESSES, Proceedings of the II International and IV Nat ional Congress on Sustainable Const ruction and Eco-Ef ficient Solutions, Chapter II I – Energy Efficiency.
63. Meggers F.,M. Maasoumy, Q. Zhu, C. Li, A. ,۲۰۱۳,Vincentelli, Co-design of control algorithm and em bedded platform for building hvac systems, in: Cyber-Physical Systems (ICCPS),ACM/IEEE International Conference on, IEEE, pp. ۶۱–۷۰.
64. Niroumand,H, ۲۰۱۳,The Role of Nanomaterials in Nanoarchitecture, Procedia - Social and Behavioral Sciences ۸۹ (۲۰۱۳) ۲۷ – ۳۰

www.SID.ir

65. Owczarzak, Zak, Lukasz and Jacek, ۲۰۱۵, Design of passenger public transportation solutions based on autonomous vehicles and their multiple criteria comparison with traditional forms of passenger transportation, Transportation Research Procedia.
66. Papantoniou, Sotiris, Mangili, Stefano. Mangialenti,Ivan, ۲۰۱۷,Usingintelligent Building Energy Management System for the integration of several systems to one over all monitoring and management system, ۸th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, SEB-۱۶ , ۱۱-۱۳ September۲۰۱۶, Turin, ITALY, Energy Procedia ۱۱۱ (۲۰۱۷) ۶۳۹ – .۶۴۷
67. Ritter, Axel, ۲۰۰۷, "Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design", Birkhauser, Switzerland.
68. Shimoda, Yoshiyuki, Yukio Yamaguchi, Tomo Okamura, Ayako Taniguchi, and Yohei Yamaguchi , ۲۰۱۰, "Prediction of greenhouse gas reduction potential in Japanese residential sector by residential energy end-use model," Applied Energy ۸۷, No. ۶: ۱۹۴۴- .۱۹۵۲
69. Sullivan, F,۲۰۱۲, ,Bright Green Buildings .",Available: http://www.cisco.com/web/strategy/docs/education/grn_bldgs.pdf . [accessed ۱۰ ۲۵, ۲۰۱۲]
70. Tsikaloudaki, K., K. Laskos, Th Theodosiou, and D. Bikas , ۲۰۱۲ , "Assessing cooling energy performance of windows for office buildings in the Mediterranean zone," Energy and Buildings ۵۹: ۱۹۲- ۱۹۹
71. Turcu, C. ,۲۰۱۲, Re-thinking sustainability indicators: local perspectives of urban sustainability, Journal of Environmental Planning and Management, DOI:۱۰,۱۰۸/.
72. Yıldız,Yusuf, and Zeynep Durmuş Arsan, ۲۰۱۱, "Identification of the building parameters that influence heating and cooling energy loads for apartment.

www.SID.ir

Buildings Smartization; a Modern Approach to Developing Sustainable Architecture

Arezoo Shahbazi[1], Elaheh Abedpour[2]

[1] M.A. of Architectural Engineering, Islamic Azad University, Sciences and Research Branch of Tehran (Esfahan), Iran, a.shahbazi۹۷۴@gmail.com

[1] M.A. of Architectural Engineering, Islamic Azad University, Sciences and Research Branch of Tehran (Esfahan), Iran, e_abedpour@yahoo.com

www.SID.ir