

## تأثیر هوشمندسازی فضاهای مسکونی بر آسایش حرارتی انسان؛ مطالعه موردی: بناهای شهر دزفول

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۰

کد مقاله: ۷۶۸۲۷

سروش فروغی بزرگ<sup>۱\*</sup>، محمد بهزادپور<sup>۲</sup>

### چکیده

تأمین همزمان آسایش حرارتی و حفظ انرژی یکی از چالش‌های مهم در عصر حاضر به شمار می‌رود که هوشمندسازی تاکنون، بهترین روش در این زمینه معرفی شده است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی آسایش حرارتی فصل‌های مختلف شهر دزفول و تشخیص نیازمندی‌ها در جهت راحتی ساکنان و ادغام آن با روش‌های هوشمندسازی به منظور حفظ انرژی و دستیابی همگان به آن می‌باشد. روش کار به صورت استفاده از نرم‌افزار و محاسبات برای بدست آوردن آسایش حرارتی، سپس تحلیل و ادغام آن بر اساس ویژگی‌های استخراج شده از متون کتابخانه‌ای مختلف صورت گرفت. همچنین داده‌های بدست آمده نشان دادند ساکنان در حالت عادی و بدون امکانات، ۱۰/۴٪ آسایش حرارتی داشته که این مورد با به کارگیری روش‌های بیان شده مانند استفاده از فواره‌های اسپری آب هنگام ورود هوای طبیعی به داخل فضا جهت خنک شدن، توانست آن را به حداکثر برساند. در نهایت این نتیجه بدست آمد که به کارگیری هوشمندسازی در این امر، علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف انرژی، با کنترل و تنظیم هوشمند سرمایش و باز و بسته شدن به موقع پنجره‌های هوشمند جهت تهویه هوای داخل، باعث راحتی و ارتقا کیفیت زندگی ساکنان شد.

واژگان کلیدی: هوشمندسازی، آسایش حرارتی، خانه هوشمند، سایکرومتریک

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران (نویسنده مسئول)  
soroosh.fb199@gmail.com

۲- گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

در دنیای امروز، با پیشرفت فناوری و به دنبال آن افزایش مشکلات انسان‌ها، چالش‌های متعددی در زندگی روزمره به وجود آمده است که برطرف کردن آن‌ها موجب آسایش می‌گردد. به میزان راحتی هرچه بیشتر افراد در استفاده از امکانات در جهت رفع این نیازها، افزایش آسایش را موجب می‌شود. دستیابی به آسایش حرارتی، خود از زیر مجموعه‌های مهم تامین راحتی انسان می‌باشد. در این راستا، هوشمندسازی به عنوان یک راه‌حل نو در جهت بهبود کیفیت زندگی افراد در این زمینه مطرح شده است. حال این سوال مطرح است که چگونه هوشمندسازی می‌تواند بر آسایش حرارتی انسان اثر بگذارد؟ با استفاده از سیستم هوشمند، افراد می‌توانند تجهیزات خانگی یا محل مورد نظر خود را کنترل کنند و محیط زندگی خود را به دلخواه تنظیم نمایند. این امکان را به آن‌ها می‌دهد که با یک یا چند کلیک ساده، دسترسی به تمام تجهیزات آن محل را داشته باشند. همچنین می‌توانند اطلاعات دقیق‌تری از مصرف انرژی، کمبودها و نقص‌های موجود و دیگر موارد مربوط در این باره به دست آورند و در مصرف انرژی صرفه‌جویی کنند تا عدم وجود این مهم برای همگان در آینده، سبب سلب آسایش نگردد. به طور کلی هوشمندسازی به عنوان یک دانش جدید و پیشرفته تاثیر بسیاری در بهبود کیفیت زندگی و حتی پیشرفت انسان می‌گذارد.

## ۲- پیشینه تحقیق

پژوهشی که توسط مجتبی و بنانژاد مشهدی در سال ۱۴۰۱ با عنوان (بررسی تأثیرات هوشمندسازی ساختمان بر صرفه‌جویی انرژی) صورت گرفت، سبب شد تا با بررسی مقوله‌ها و مولفه‌های هوشمندسازی، به چهار مولفه اقتصادی، کالبدی، روانی و زیست محیطی پی ببرند و هوشمندسازی را از این نظر تحلیل کنند. در پژوهشی که توسط نوراللهی و همکاران در سال ۱۴۰۱ با عنوان (بررسی تأثیر مؤلفه‌های آسایش حرارتی محیط بر عملکرد شناختی دانشجویان مبتنی بر تحلیل عامل خستگی (نمونه پژوهشی دانشجویان معماری دانشجویان معماری دانشگاه‌های شهر ایلام)) صورت گرفت، با انجام پرسشنامه‌ای در این باره، به اهمیت فضای داخلی و اثر کیفیت هوای داخل بر آسایش حرارتی دانشجویان در محیط مورد نظر و در مدت زمان تعیین شده، پی بردند.

رضائی و مرادی طی پژوهشی در سال ۱۴۰۰ با عنوان (بهینه‌سازی انرژی الکتریکی مصرفی براساس الگوهای رفتاری ساکنان در خانه هوشمند با استفاده از الگوریتم داده‌کاوی با به کارگیری سیستم شبکه هوشمند و منابع انرژی تجدید پذیر) با بررسی رفتار ساکنان و شکل‌گیری الگوی رفتاری آن‌ها در مواجهه با مصرف انرژی و مقدار توان الکتریکی مصرف شده در ساعات شبانه‌روز و ارائه روش‌ها و نمودارهایی در حیطه گرما، سرما و روشنایی، به برتری میزان مصرف انرژی خانه هوشمند اتوماتیک نسبت به خانه عادی دست یافتند. احمدی در پژوهش خود در سال ۱۳۹۰ با عنوان (تحلیل آسایش انسان از نظر عوامل اقلیمی در استان تهران)، با محاسبه NRI مطلوبیت انسان در ایستگاه‌های اقلیمی استان تهران در فصول مختلف سال، دریافت که شرایط آسایش با توجه به توپوگرافی و موقعیت جغرافیایی مکان‌ها متفاوت است.

نویسنده و همکاران در پژوهشی در سال ۱۳۹۶ با عنوان (شناسایی کاربردهای اینترنت اشیا در خانه هوشمند با استفاده از روش فراترکیب) با گردآوری داده‌ها و به کمک روش فراترکیب برای شناسایی کاربردهای اینترنت اشیا، به ۷ کاربرد مدیریت مصرف برق، سیستم گرمایش، تهویه و گردش هوا، کاهش مصرف آب، تأمین امنیت ساختمان و محله، نظارت بر سلامت، مدیریت وقایع بحرانی در ساختمان و اتوماسیون لوازم خانگی دست یافتند. شاهمیرزاد و کارکنان در پژوهش خود سال ۱۴۰۰ با عنوان (کارکرد یک روش چندهدفه کاربرمحور جهت مدیریت انرژی در خانه هوشمند با حفظ حریم مصرف‌کنندگان)، یک خانه هوشمند را مجهز به سیستم مدیریت انرژی، مولد فتوولتائیک، ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی، لوازم خانگی هوشمند و پاسخگو به قیمت برق می‌دانند.

جدول ۱- پیشینه تحقیق

ردیف	عنوان پژوهش	انتشار	سال	نویسندگان	روش کار	خروجی
۱	بررسی تأثیرات هوشمندسازی ساختمان بر صرفه‌جویی انرژی	معماری نوین	۱۴۰۱	بهناز بنانژاد مشهدی سیده مریم مجتبی	گردآوری داده‌ها (کتابخانه)	- مولفه‌های کالبدی، زیست محیطی، اقتصادی و روانی
۲	بررسی تأثیر مؤلفه‌های آسایش حرارتی محیط بر عملکرد شناختی دانشجویان مبتنی بر تحلیل عامل خستگی (نمونه پژوهشی دانشجویان معماری دانشگاه‌های شهر ایلام)	مجله ارگونومی	۱۴۰۱	حامد احمدی مجتبی نوراللهی محمد رضا سلیمانی احسان بی‌طرف	گردآوری داده‌ها (میدانی)	- اهمیت فضای داخلی و اثر کیفیت هوای داخل بر آسایش حرارتی

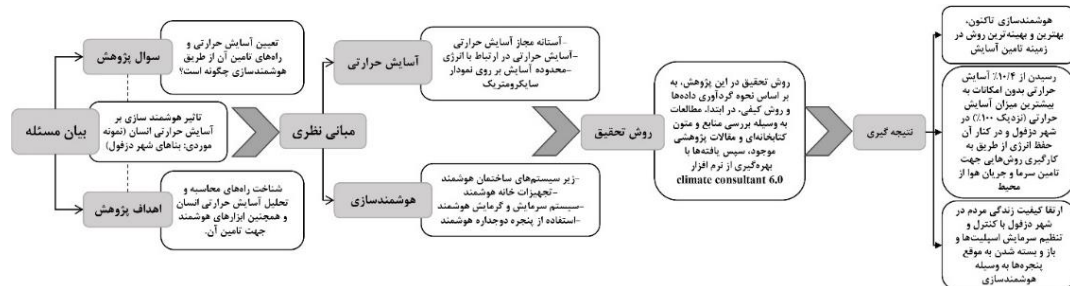
ردیف	عنوان پژوهش	انتشار	سال	نویسندگان	روش کار	خروجی
۳	بهینه‌سازی انرژی الکتریکی مصرفی بر اساس الگوهای رفتاری ساکنان در خانه هوشمند با استفاده از الگوریتم داده‌کاوی با به کارگیری سیستم شبکه هوشمند و منابع تجدید پذیر	هوش محاسباتی در مهندسی برق	۱۴۰۰	علیرضا رضایی بهنام مرادی	گردآوری داده‌ها (میدانی)	- برتری میزان مصرف انرژی خانه هوشمند اتوماتیک نسبت
۴	تحلیل آسایش انسان از نظر عوامل اقلیمی در استان تهران	انجمن جغرافیای ایران	۱۳۹۰	محمود احمدی	گردآوری داده‌ها (کتابخانه)	- متفاوت بودن شرایط آسایش با توجه به توپوگرافی و موقعیت جغرافیایی مکان‌ها
۵	شناسایی کاربردهای اینترنت اشیا در خانه هوشمند با استفاده از روش فراترکیب	مدیریت فناوری اطلاعات	۱۳۹۶	منوچهر انصاری ایوب محمدیان احسان نویسنده	گردآوری داده‌ها (کیفی)	- ۷ کاربرد اینترنت اشیا
۶	کاربرد یک روش چندهدفه کاربرمحور جهت مدیریت انرژی در خانه هوشمند با حفظ حریم مصرف کنندگان	انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران	۱۴۰۰	روزبه امیدوار محمد تبریزیان حمیدرضا شاهمیرزاد	گردآوری داده‌ها (کتابخانه)	- یک خانه هوشمند مجهز به سیستم مدیریت انرژی، مولد فتوولتائیک، ذخیره ساز انرژی الکتریکی، لوازم خانگی هوشمند و پاستخگو به قیمت برق

مرور پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که تحقیقات گسترده‌ای در زمینه انواع روش‌های هوشمندسازی و ارتباط آن با مصرف انرژی انجام شده است. همچنین به موثر بودن شرایط اقلیمی بر آسایش حرارتی انسان پرداخته است. در این پژوهش به تأثیر هوشمندسازی بر آسایش حرارتی انسان در فضای مسکونی پرداخته شده است.

### ۳- روش تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش، به بر اساس نحوه گردآوری داده‌ها و روش کیفی می‌باشد. در ابتدا، مطالعات به وسیله بررسی منابع و متون کتابخانه‌ای و مرور ادبیات موجود صورت گرفت. سپس در بخش یافته‌ها با استفاده از نرم‌افزار و مطالب ذکر شده به تحلیل شرایط پرداخته شد.

### ۴- چکیده تصویری



شکل ۱- چکیده تصویری

### ۵- مبانی نظری

#### ۵-۱- آسایش حرارتی

آسایش حرارتی شرایطی از ادراک است که در آن محیط پیرامون از لحاظ حرارتی رضایت بخش باشد (قیابکلو، ۱۳۸۰، ۶۹). به عبارتی، آسایش حرارتی با احساس رضایت و خشنودی از دمای اطراف تعریف می‌شود. میزان فعالیت بدنی و لباس، عامل اقلیمی مانند دمای هوا و سرعت حرکت هوا و رطوبت هوا، پارامترهای اساسی تأثیرگذار در مطلوب بودن حرارت برای بشر هستند (کربلائی

درئی، ۱۳۹۴، ۲۱). آب و هوا، یکی از عوامل مهم و اثرگذار بر زندگی انسان است و عبارت است از هوای غالب یک منطقه در دراز مدت (علیجان، ۱۳۸۲؛ به نقل از کربلائی درئی، ۱۳۹۴، ۲۲). در شکل‌گیری شرایط آسایش انسان از دیدگاه اقلیم، چهار عنصر نقش عمده دارند که این عناصر عبارتند از: دما، رطوبت، باد و تابش. در بین این عناصر آب و هوایی، دما و رطوبت نسبی تأثیر بیشتری در سلامت و راحتی انسان دارند و به این دلیل بیشتر مدل‌های سنجش آسایش انسان بر این دو عنصر استوار شده اند (محمدی، ۱۳۸۶؛ به نقل از کربلائی درئی، ۱۳۹۴، ۲۲). همچنین توجه به هوای داخلی خانه‌ها، سهم عمده‌ای در ایجاد سلامت خواهد داشت (بینا، ۱۴۰۱، ۱۱۵).

نامطلوب بودن پارامترهای ذکر شده منجر به احساس شدید گرما و سرما در اکثر افراد می‌شود (کربلائی درئی، ۱۳۹۴، ۲۱). به کارگیری طولانی انسان در شرایط سخت و مختلف جوی باعث کاهش قدرت جسمانی و فکری آن‌ها و یا گرمزدگی و سرمازدگی می‌گردد. تأثیر جو می‌تواند از مقاومت بدن در برابر امراض بکاهد. باد اگر در دمای منفی ۱۸ درجه سلسیوس بوزد، باعث انجماد بدن می‌شود؛ از سوی دیگر دمای زیاد باعث تبخیر آب بدن انسان می‌گردد و افراد دچار کم آبی می‌شوند. استدمن، روشی را با نام شاخص دمای ظاهری ابداع و چگونگی احساس گرما را در ترکیبی از رطوبت و دما نشان داد که بر این اساس، دمای ۴۸ درجه سلسیوس آستانه حساس درد در انسان است و دمای ۶۰ درجه سلسیوس نیز می‌تواند موجب سوختگی از نوع درجه یک شود؛ همچنین سرما نیز پیامدهای اقلیمی متفاوتی بر روی انسان دارد. بدن انسان همانند یک ژنراتور انرژی حرارتی تولید می‌کند و این حرارت معمولاً در ۳۷ درجه سلسیوس ثابت نگه داشته می‌شود. تنظیم این آستانه توسط غده هیپوتالاموس در مغز انسان صورت می‌گیرد که این روند در طول شبانه روز متغیر و نوسانی در حدود ۱/۴ درجه سلسیوس دارد. برای یک انسان بهترین حالت آن است که فرد در تبادل با محیط آسایش بیشتری داشته باشد؛ در این حالت می‌تواند فعالیت‌های و کارایی خود را به حداکثر برساند. این موضوع طی سال‌های اخیر تحت عنوان شاخص‌های دما مورد بررسی قرار گرفته است (احمدی، ۱۳۹۰، ۶۳-۶۴).

**آستانه مجاز آسایش حرارتی انسان:** متغیرهای مؤثر در راحتی انسان به شرح جدول شماره ۲ تعیین گردید. در این جدول نشان می‌دهد حد مجاز راحتی دما برای انسان بین ۱۸ تا ۲۷ درجه سلسیوس، برای نم نسبی بین ۴۰ تا ۷۰ درصد، و برای عناصر دیگر باد ۵/۱ متر در ثانیه، بارش بین صفر تا حداکثر ۱۰ میلی‌متر در روز و فشار بخار آب بین ۶/۶ تا ۱۸ میلی‌بار مطلوبیت آسایش در نظر گرفته شده است (احمدی، ۱۳۹۰، ۶۸).

جدول ۲- آستانه مجاز آسایش انسان (مأخذ: احمدی، ۱۳۹۰)

عنوان	دما به سلسیوس	رطوبت نسبی به درصد	سرعت باد به گره	بارش روزانه به میلی‌متر	فشار بخار آب به میلی‌بار
انسان	۱۸-۲۷	۴۰-۷۰	۰-۳	۰-۱۰	۶-۱۸

**آسایش حرارتی در ارتباط با انرژی:** در رابطه با مبحث آسایش حرارتی، بحث انرژی بسیار مهم و تأثیرگذار می‌باشد. مصرف بالای انرژی در ساختمان‌های مسکونی و آموزشی یکی از مشکلات کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه است. طبق آمار منتشر شده در کشور ایران بیش از ۴۰ درصد کل منابع انرژی در بخش ساختمان مصرف می‌شود. ساختمان‌سازی‌هایی که به صورت بی‌قاعده و به سرعت در حال ساخت هستند و مصرف بی‌رویه منابع فسیلی باعث اتلاف انرژی و منجر به بحران‌های زیست محیطی شده‌اند. بنابراین مطابق با پژوهش‌های صورت گرفته بیش از ۸۰ درصد عمر انسان در محیط‌های داخلی و زیر سقف سپری می‌شود و این آمار در کشورهای صنعتی بیش از ۹۰ درصد است. بنابراین می‌توان اینگونه گفت که عدم آسایش حرارتی در محیط‌های داخلی بر بهره‌وری و سلامتی انسان اثرات زیان‌آوری دارد (نور اللهی، ۱۴۰۱، صفحه ۲۵۳).

**محدوده آسایش بر روی نمودار سایکرومتریک:** نموداری است که بر پایه دو مفهوم است که یکی تعیین کننده میزان ترکیب هوای خشک و بخار آب و دیگری بیانگر مقدار مشخص انرژی که مربوط به دو مورد قبل است و بستگی به دما و فشار محدوده مورد نظر دارد. زوکلائی روش تعیین محدوده آسایش را بر روی جدول سایکرومتریک بر اساس فرمول و مراحل زیر ارائه نموده است (قیابکلو، ۱۳۸۰، صفحه ۷۲):

۱- تعیین متوسط دمای سالیانه فصلی و یا ماهیانه منطقه مورد نظر

۲- محاسبه دمای آسایش  $t_c$  بر اساس رابطه زیر:

$$T_c = 0.31t_m + 17.06C \quad (1)$$

۳- مشخص کردن دمای مزبور بر روی منحنی ۵۰ درصد رطوبت نسبی

۴- برای متوسط دمای سالیانه و فصلی، عرض محدود با  $2 \pm t_c$  تعیین شده و برای متوسط دمای ماهیانه این عرض با  $1.75 \pm t_c$  مشخص می شود. بنا بر فرض اول، نقطه پایینی  $L = t_c - 2$  و نقطه بالایی  $L = t_c + 2$  بر روی منحنی ۵۰ درصد رطوبت نسبی قرار می گیرد.

۵- تعیین تراز پایین و بالای محدوده آسایش به وسیله خطوط افقی رطوبت مخصوص  $4 \text{ g/kg}$  و  $12 \text{ g/kg}$ .

۶- جهت تعیین شیب محدوده های چپ و راست، از رابطه های زیر استفاده می کنیم:

$$T_L = L + (\alpha_L \times AH_L)^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$T_U = U + (\alpha_U \times AH_U)^\circ\text{C} \quad (3)$$

در روابط مزبور:

$AH_U$  و  $AH_L$  مقادیر رطوبت مخصوص نقاط  $L$  و  $U$  می باشند.  $t_U$  و  $t_L$  برحسب درجه سانتیگراد، محل تلاقی خطوط شیب های عرضی با محور دمای خشک است. برای بدست آوردن مقادیر  $\alpha_U$  و  $\alpha_L$  به ازای هر  $1 \text{ g/kg}$  رطوبت مخصوص نقاط  $L$  و  $U$  از رابطه های زیر استفاده می کنیم:

$$A_L = 0.25 \times (L - 14)^\circ\text{Cg/kg} \quad (4)$$

$$A_U = 0.25 \times (U - 14)^\circ\text{Cg/kg} \quad (5)$$

نقاط  $t_U$  و  $t_L$  را روی محور دمای خشک معین کرده و به نقاط  $L$  و  $U$  وصل می کنیم. بدین ترتیب شیب و عرض محدوده آسایش مشخص می شود. برای آنکه محدوده آسایش را برای تابستان و زمستان اقلیم مورد نظر بر روی یک نمودار به دست آورد، همین مراحل را با توجه به میانگین دمای تابستان و زمستان طی می کنیم. (قیابکلو، ۱۳۸۰، صفحه ۷۲)

طبق این نمودار، دمای لامپ خشک را در قسمت پایین و میزان رطوبت هوا را در سمت بالا نشان می دهد. این مقیاس عمودی رطوبت مطلق نیز نامیده می شود و می تواند به عنوان نسبت رطوبت بر حسب پوند آب در هر پوند هوای خشک (یا گرم آب به ازای هر کیلوگرم هوای خشک) یا به عنوان فشار بخار نشان داده شود. خط منحنی در سمت چپ، خط اشباع (خط رطوبت نسبی ۱۰۰٪) است که نشان دهنده این واقعیت است که در دماهای پایین تر هوا می تواند رطوبت کمتری نسبت به دماهای بالاتر نگه دارد (kumar، ۲۰۱۸، ۶۰۹).

## ۵-۲- هوشمندسازی

اینترنت اشیاء مفهومی است که اتصالات بین اشیاء زندگی روزمره را با استفاده از انواع مختلف سنسورها مانند شناسایی فرکانس رادیویی برقرار می سازد. این سنسورها، محرک هایی هستند که برای حس کردن، جمع آوری و انتقال اطلاعات مهم از محیط اطراف خود به اینترنت مورد استفاده قرار می گیرند (میگلی نژاد و سرمدی، ۱۳۹۶، ۱). یکی از مرتبط ترین حوزه های تکنولوژی اینترنت اشیاء، ساخت و ساز هوشمند است. در پی تکامل تکنولوژی اینترنت اشیاء و بهره گیری از آن در ساختمان سازی، معماری هوشمند با بهره وری از سیستم مدیریت انرژی شکل می گیرد. امیدوارکننده ترین کاربرد هوشمندسازی در سیستم های انرژی شهری، ظهور ساختمان های هوشمند است (مجتبوی، ۱۴۰۱، ۴۴). مدیریت هوشمند ساختمان یا BMS مخفف Building Management System است و گاهی به آن سیستم اتوماسیون ساختمان نیز گفته می شود. BMS یک سامانه مبتنی بر رایانه است که برای کنترل و نظارت بر تجهیزات مکانیکی و الکتریکی داخل ساختمان (مانند تهویه، روشنایی، سیستم قدرت، سامانه آتش نشانی حفاظتی، نظارت تصویر و...) در داخل ساختمان ها نصب می شود (طیعی، ۱۳۹۹، ۱۴۰). بر اساس تعریف موسسه ساختمان هوشمند آمریکا، ساختمان هوشمند ساختمانی است که از طریق بهینه کردن ساختار، سیستم ها، خدمات و مدیریت و همچنین رابطه متقابل بین آن ها، محیط مقرون به صرفه و بهره وری را فراهم می آورد (نویسنده، ۱۳۹۶، ۶۶۲). از مزایای استفاده از سیستم مدیریت ساختمان در خانه هوشمند می توان به این موارد اشاره نمود: گسترش روزافزون فناوری و استفاده از فناوری در عرصه های ساختمان، کاهش مصرف انرژی، صرفه جویی در هزینه های راهبری ساختمان، بالا بردن سطح رفاه و آسایش ساکنین، امکان کنترل بهینه مدیریت و فنی متمرکز نسبت به سیستم های کنترلی سنتی استاندارد (صالحی نژاد، ۱۴۰۱، ۶۶). صرفه جویی در مصرف انرژی و جلوگیری از مصرف انرژی های تجدید ناپذیر مهم ترین مزیتی است که ساختمان های هوشمند را با معماری پایدار مرتبط می کند. محترم شمردن و توجه به نیازهای انسان و طراحی برای او، مهم ترین اصل از معماری پایدار است. ساختمان هوشمند نیز بر همین اساس عمل می کند؛ انسان را محترم می شمارد و در پی توجه به نیازهای او و برطرف کردن آن ها است. ساختمان هوشمند از ساختمان پایدار جدا نیست و می تواند پایه و اساسی برای شکل گیری معماری پایدار و همچنین توسعه پایدار گردد (عبسی زاده، ۱۳۹۶، ۱۲).

واژه خانه هوشمند به اقامتگاهی که مجهز به فناوری هایی است که نظارت بر ساکنین، ترویج استقلال و افزایش کیفیت زندگی را تسهیل می کند، اشاره دارد (صالحی نژاد، ۱۴۰۱، ۶۲). یک خانه هوشمند به معنای استفاده صحیح از فناوری هایی نظیر کامپیوتر،

کنترل، نمایش تصویر و ارتباطات هست که از طریق یک شبکه به هم متصل هستند تا با مدیریت جامع به تمامی نیازهای سیستم پاسخ دهد (Emekci, ۲۰۲۲, ۳۳۰؛ به نقل از صالحی‌نژاد، ۱۴۰۱، ۶۶). سیستم هوشمند خانگی وضعیت محل سکونت را از طریق حسگرها درک کرده و به طور خودکار محیط زندگی را با ترجیحات کاربر خود تطبیق می‌دهد. فرآیند تطبیق اتوماتیک محیط زنده عمدتاً توسط سیستم استدلال تعیین و کنترل می‌شود که به عنوان مغز سیستم هوشمند خانگی در نظر گرفته می‌شود. به طور خاص، نقش اولیه یک سیستم استدلال خانگی هوشمند اتخاذ تصمیم‌های مناسب در جهت دستیابی به اهداف راحتی و بهره‌وری ساکنین است (داوری رودبرده، ۱۴۰۰، ۱۰).

امروزه، سیستم‌های اتوماسیون خانگی ساده با کمترین هزینه قابل خریداری هستند. اما هزینه این سیستم‌ها با افزودن قابلیت‌های مختلف به آنها افزایش می‌یابد. پیش بینی می‌شود که در طول چند سال آینده، بازار سیستم‌های هوشمند خانگی به نرخ رشد سالانه ۶۰٪ دست یابد. ابتدایی ترین هوشمندسازی ساختمان‌ها توسط دستگاه‌هایی بود که ورودی و خروجی محدودی داشتند و توسط بلوتوث یا پیامک کنترل می‌شدند. با پیشرفت فناوری‌ها این تجهیزات توسط اینترنت و نرم‌افزارهایی که بر روی تلفن همراه نصب می‌شدند نیز قابل کنترل بودند. اما همان‌طور که گفته شد، این هوشمندسازی محدود بود و سنسورهای محدودی قابل اعمال نمودن، بودند. به عبارت دیگر خانه را می‌توانستند هوشمند کنند نه ساختمان، تا جایی که به این نوع هوشمندسازی، اتوماسیون نیز اطلاق می‌شد. با پیشرفت فناوری، BMS جایگزین دستگاه‌های قدیمی شد و مدیریت یکپارچه ساختمان جایگزین اتوماسیون کردن خانه گردید (طیعی، ۱۳۹۹، ۱۴۰-۱۴۱).

**زیرسیستم‌های ساختمان هوشمند:** شامل سیستم کنترل دما و تهویه هوا، سیستم کنترل روشنایی هوشمند، سیستم دوربین مداربسته، سیستم کنترل تردد، سیستم اعلام و اطفای حریق، سیستم توزیع دیتا، سیستم خطوط تلفن، سیستم آنتن مرکزی و توزیع سیگنال، سیستم تغذیه اضطراری، سیستم روشنایی اضطراری، سیستم عکس‌العمل خطر و سیستم یکپارچه‌سازی سیستم می‌باشد (طیعی، ۱۳۹۹، ۱۴۴-۱۴۵).

**تجهیزات خانه هوشمند:** تجهیزات و وسایل خانه هوشمند در دو بخش سخت‌افزار و نرم‌افزار دسته بندی می‌شوند. وسایل هوشمندسازی ساختمان در بخش سخت‌افزار شامل پردازنده مرکزی، رله‌ها، سنسورها، پل دیواری، کلیدهای لمسی و... است. تجهیزات هوشمندسازی ساختمان در نرم‌افزار نیز شامل برنامه‌هایی جهت اتوماسیون، نمایش آنلاین و کنترل تجهیزات یک خانه هوشمند می‌باشد (طیعی، ۱۳۹۹، صفحات ۱۷۴-۱۷۵).

**سیستم سرمایش و گرمایش هوشمند:** اشیا هوشمند موجود در خانه هوشمند، با پروتکل‌های مختلفی مانند زیگی، زد-ویو، کی‌ان‌ایکس، ترد، اس‌سی‌ای و شیوه‌های ارتباطی گوناگونی نظیر وای‌فای، بلوتوث، آراف‌آیدی و ان‌اف‌سی با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند (مالمطیعی، ۱۳۹۹، ۴۴۰). با توجه به وجود انواع مختلف سیستم‌های سرمایش و گرمایش موجود در بازار از جمله فن کویل، اسپیلیت، داکت اسپیلیت، گرمایش از کف، شوفاژ رادیاتور، کولر آبی و... که در پروژه‌ها استفاده می‌شوند، اجرای هوشمندسازی سیستم سرمایش و گرمایش نیز به روش‌های مختلف انجام می‌شود. همان‌طور که می‌دانیم در این سیستم سرمایش و گرمایش در هر فضا (زون) یک یا چند دستگاه فن کویل (سقفی، دیواری، زمینی و...) داخل واحد قرار می‌گیرد که آب گرم یا سرد با توجه به فصل سال از خارج واحد (موتورخانه، پکیج یا چیلر...) با لوله کشی به هر یک از دستگاه‌های فن کویل می‌رسد و با چرخش داخل کویل آن را گرم یا سرد کرده و هوای مطلوب توسط فن به داخل فضا پرتاب می‌شود. این فرآیند به یک سنسور دما در هر یک از فضاهای واحد نیاز دارد تا ما دمای موجود آن زون را داشته باشیم. همچنین دارای کنترلی است که کاربر توسط آن، دمایی که مورد نظر یا ست پوینت (set point) خود هست را وارد نماید و یا دور فن مورد نظر (معمولاً ۳ دور) را انتخاب یا در حالت اتوماتیک قرار دهد که در این صورت فن کویل با توجه به مقدار اختلاف دمای موجود و مورد نظر دور فن را انتخاب می‌کند. این فرآیند در حالت سنتی توسط ترموستات فن کویل انجام می‌شود که با توجه به نوع فن کویل روی خود دستگاه یا روی دیوار جداگانه نصب می‌شود که داخل آن، سنسور مذکور و عملگر (رله) مورد نظر برای فعال سازی هر یک از دوره‌های فن کویل قرار دارد. در زمان هوشمندسازی پروژه‌ای که در سیستم سرمایش و گرمایش آن از فن کویل استفاده شده از ترموستات‌های هوشمند استفاده می‌کنیم. به این معنی که علاوه بر عملکرد ترموستات که در حالت سنتی در بالا توضیح داده شد، به شبکه هوشمند متصل است. این اتصال به ما امکان کنترل خاموش و روشن کردن، تنظیم دما و دور فن کویل را از هر جای دنیا توسط موبایل و تبلت می‌دهد. یا همچنین از هر یک از تاج پل‌های داخل منزل می‌توانیم فن کویل‌های کلیه فضاها را کنترل نماییم و تنظیمات مختلف با انتخاب هر سناریو برای فن کویل‌ها اعمال شود. در این حالت عملگرها برای فعال سازی دوره‌های فن کویل می‌توانند داخل تابلو برق هوشمند قرار گیرند. در این صورت به ماژول کنترل فن کویل در تابلو هوشمند و پیرو آن فضای مجزا در تابلو برق هوشمند و صرف هزینه نیاز خواهیم داشت. لازم به ذکر است حجم آب ورودی به کویل نیز توسط شیر برقی قابل کنترل است. غالب داکت اسپیلیت‌های موجود در بازار در حال حاضر دارای ریموت کنترل می‌باشند که مانند اسپیلیت کنترل می‌شوند. به این صورت که مانند تلویزیون و... ریموت کنترل را مقابل دستگاه گرفته و با فشردن هر دکمه یک کد مخصوص توسط امواج مادون قرمز (IR) به

گیرنده که روی دستگاه نصب هست ارسال می‌شود. دستگاه با توجه به دستوری که برای آن کد از قبل تعریف شده تغییرات مورد نظر را انجام می‌دهد. برای کنترل داکت اسپلیت نیاز به یک ریموت فرستنده IR خواهیم داشت تا مقابل دستگاه و معمولا روی سقف نصب کنیم، چراکه همان‌طور که می‌دانیم امواج IR مستقیم حرکت می‌کنند و به همین دلیل برای ارسال دستور به سایر دستگاه‌ها مثل تلویزیون هم می‌بایست ریموت کنترل را روبروی آن‌ها قرار بدهیم. در قدم بعدی کدهایی که در قسمت بالا توضیح داده شد را یکی یکی به فرستنده IR معرفی می‌کنیم یا در اصطلاح learn می‌کنیم. حال داکت اسپلیت را با سایر تجهیزات سیستم هوشمند یکپارچه کردیم و بدون نیاز به ریموت کنترل دستگاه قادر خواهیم بود از هر جای دنیا یا توسط سناریوها آن را کنترل نماییم. در واقع فرستنده IR نقش همان کنترل را در حالت سنتی ایفا می‌کند (طیعی، ۱۳۹۹، ۱۹۸-۲۰۰).

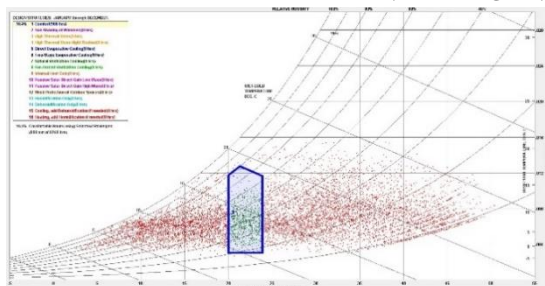
**استفاده از پنجره دوجداره هوشمند:** این خاصیت در پنجره دوجداره هوشمند، باعث کنترل گرمای ساختمان و خنک شدن هوا در روزهای تابستان و همچنین کاهش هزینه‌های ساختمانی می‌شود. کم کم دانشمندان و تولیدکنندگان صنعت درب و پنجره توانستند حالت‌های دیگری از این سازه‌ها را ایجاد کنند. در پنجره‌های هوشمند با شیشه‌های مات‌شونده جدید، کاربر می‌توانست امکان عبور نور مادون قرمز را در هوای سرد فعال کند. این کار باعث گرم‌تر شدن فضای داخلی می‌شد. همچنین این امکان وجود داشت که از میزان عبور نور نامرئی کاست. به این ترتیب، شیشه علاوه بر حفظ شفافیت خود، دارای امکان کنترل حرارت و نور نیز می‌شد. شیشه‌های هوشمند را می‌توان در پنجره‌های اصلی خانه، مقابل ویتترین فروشگاه‌ها و همچنین در سرویس‌های بهداشتی مستر با نمای شیشه استفاده کرد (طیعی، ۱۳۹۹، ۲۵۲-۲۵۳).

## ۶- یافته‌ها

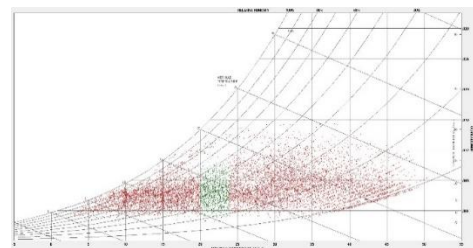
بستر این پژوهش در شهر دزفول با اقلیم گرم و نیمه مرطوب و بر روی کلیت بناهای آن صورت گرفت. نمودارهای سایکرومتریک این شهر با استفاده از نرم افزار Climate consultancy 6.0 بدست آورده و سپس به تحلیل ویژگی‌های آن پرداخته شد. همچنین راهکارهایی جهت بهره‌گیری از تهویه طبیعی و استفاده کمتر و بهینه از انرژی ارائه داده شد. منظور از تهویه طبیعی استفاده از فرآیند جابه‌جایی هوای داخل ساختمان با هوای تازه خارج ساختمان است، با کمترین بهره گرفتن از دستگاه‌های تأسیساتی و صرف انرژی فسیلی وجود جریان هوا در داخل ساختمان شرط لازم نیل به آسایش است ولی کافی نیست. از این رو باید:

الف) جریان هوا در محل مورد نیاز برقرار شود.

ب) این جریان سرعتی مناسب برای ایجاد آسایش داشته باشد. (حزبتی، ۱۳۹۳، ۴۰)

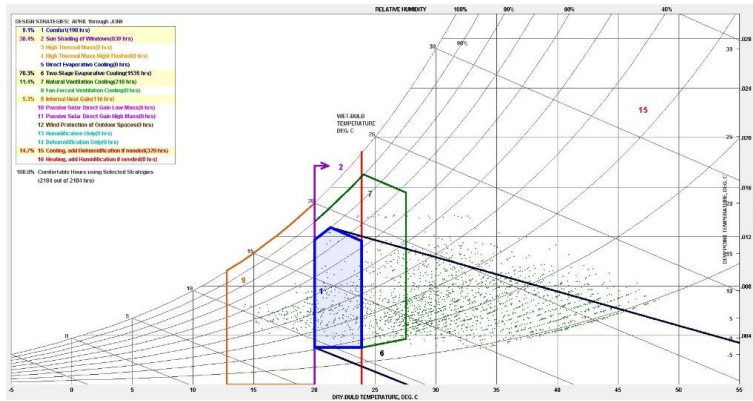


نمودار ۲- سایکرومتریک میزان راحتی ساکنان در حالت عادی

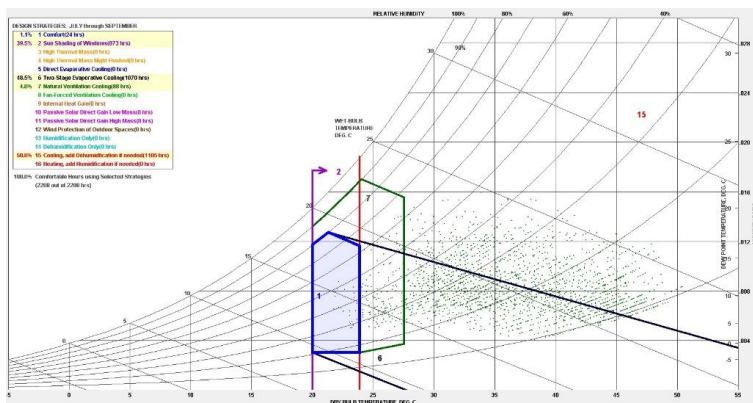


نمودار ۱- سایکرومتریک شهر دزفول

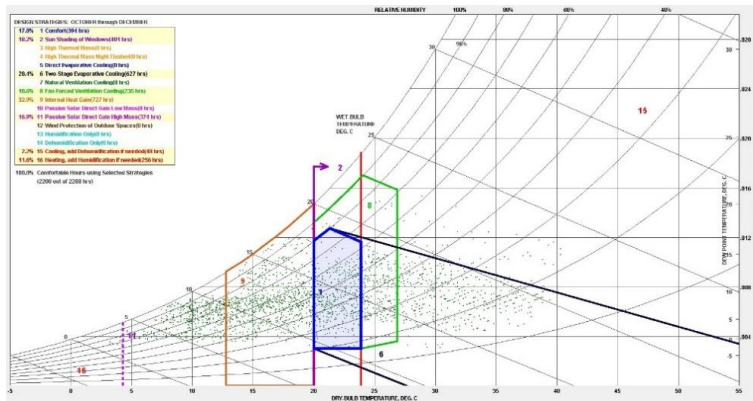
بر اساس تحلیل نمودار شماره ۲، میزان آسایش افراد در شهر دزفول بدون وجود هیچ امکاناتی و در حالت کلی در سال، ۱۰/۴٪ می‌باشد. محدوده آبی رنگ در نمودار ۲، میزان آسایش را در دمای بین ۲۰ تا ۲۴ نشان می‌دهد. با این وجود، در ادامه به طراحی و تحلیل نمودار هر فصل از سال و عواملی که می‌تواند بیشترین میزان آسایش را در آن فصل برای افراد به وجود بیاورد، پرداخته شد.



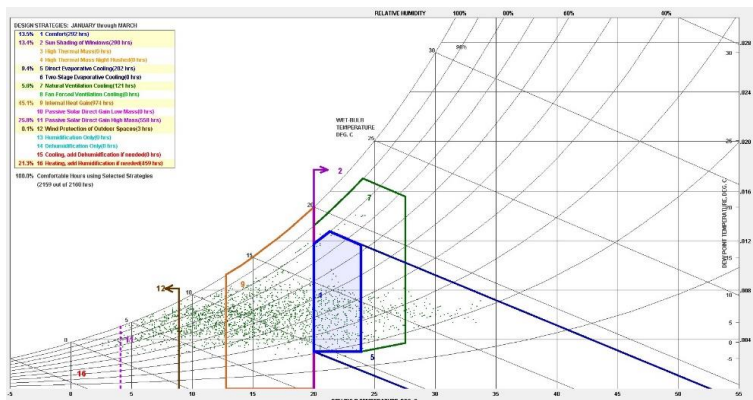
نمودار ۳- تحلیل آسایش حرارتی فصل بهار در شهر دزفول



نمودار ۴- تحلیل آسایش حرارتی فصل تابستان در شهر دزفول



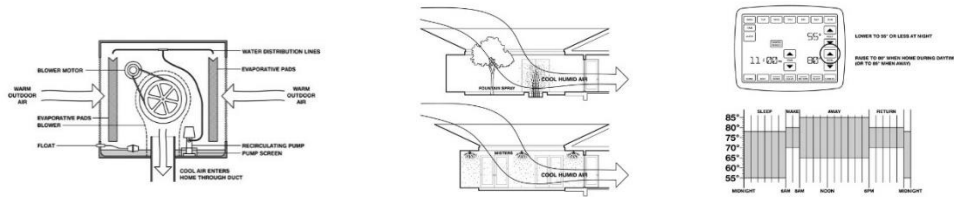
نمودار ۵- تحلیل آسایش حرارتی فصل پاییز در شهر دزفول



نمودار ۶- تحلیل آسایش حرارتی فصل زمستان در شهر دزفول



در اقلیم گرم و نیمه مرطوب سازندگان بنا روش‌های بسیار مناسبی در جهت کنترل آب و هوای گرم در این مناطق ارایه داده اند (حزینی، ۱۳۹۳، ۳۸). همچنین طبق این شرایط، پیشنهادهای زیر داده شد:



شکل ۲- برای کاهش مصرف انرژی تهویه مطبوع، نقطه تنظیم ترموستات داخلی را افزایش دهید، به خصوص اگر سرنشینان لباس مناسب فصلی بپوشند.

شکل ۳- هوای گرم و خشک را قبل از ورود به ساختمان از فضاهای بیرون بسته با فواره‌های اسپری مانند، میسترها، پیاده روهای مرطوب یا برج‌های خنک کننده مرطوب کنید.

شکل ۴- یک کولر تبخیری می‌تواند ظرفیت خنک کننده کافی را فراهم کند (اگر آب در دسترس باشد و رطوبت کم باشد) بنابراین تهویه مطبوع را کاهش یا حتی حذف می‌کند.

با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته در هر فصل از سال، نشان می‌دهد که شهر دزفول در بیشتر سال با گرما و خشکی هوا مواجه است و سرمایش و تهویه هوا از جمله ویژگی‌هایی است که ساکنان شهر دزفول نیازمندند تا آسایش حرارتی‌شان فراهم شود. باز شدن به موقع پنجره‌ها، نوع پنجره‌ها برای نورگیری و جذب گرمای خورشید و به کارگیری به موقع و تنظیم هوای داخل خانه در فصول مختلف سال از جمله عواملی است که می‌تواند به آسایش حرارتی افراد منجر شود. وجود اسپیلیت، داکت اسپیلیت یا کولر گازی در هر خانه در این شهر ضروری می‌باشد که بر اساس روش‌های هوشمندسازی ذکر شده، با هوشمندسازی از طریق نرم افزارها و نظارت دقیق درزها و باز و بسته شدن پنجره‌ها از راه دور، می‌توان تعداد روشن شدن و مصرف انرژی را کنترل کرد. همچنین استفاده از پنجره‌های دوجداره و هوشمند، می‌تواند در مواقع گرما به حفظ این انرژی و سرما در خانه کمک شایانی کند.

## ۷- نتیجه‌گیری

بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که اکثر مردم دنیا در حالت عادی و بدون امکانات، کمتر از ۳۰٪ احساس راحتی و آسایش حرارتی دارند. این خود یک دغدغه بزرگی است که با توجه به گسترش فناوری، این نیاز به حد زیادی بر طرف شده است اما نگرانی‌های دیگر را نیز بوجود آورده که از جمله آن‌ها، کنترل میزان مصرف انرژی، آسانی و سادگی در به کارگیری و استفاده از ابزارها و تنظیم بهترین شرایط برای آسایش حرارتی خود و حتی ارتقا کیفیت زندگی می‌باشد. هوشمندسازی تاکنون، بهترین روش در این زمینه در نظر گرفته شده است. با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته در شهر دزفول، دیدیم که گرما و خشکی هوا، سبب عدم آسایش حرارتی ساکنان شده و همچنین باعث می‌شود مردم با استفاده از ابزارهایی مانند کولر و همزمان باز گذاشتن پنجره‌ها به روش سنتی برای تهویه هوا، انرژی و سرمای خانه را هدر بدهند و با تلاش و زحمت به حالت مطلوب دست یابند. همین شرایط می‌تواند باعث مصرف بیشتر انرژی و در نتیجه آن، عدم دستیابی همگان به انرژی و یا قطعی آن شود و همچنین هزینه‌های سنگینی بابت مصرف انرژی به افراد متقبل گردد. امید است در آینده، اکثر ساکنین این شهر و جهان، به خانه‌ها و دیگر فضاهای هوشمند مجهز شوند تا علاوه بر حفظ انرژی و تامین آسایش حرارتی، ارتقا و بهبود کیفیت را در زندگی خودت به ارمغان بیاورند.

## منابع

۱. احمدی حامد، نوراللهی مجتبی، سلیمانی محمدرضا، بی طرف احسان، (۱۴۰۱)، «بررسی تاثیر مؤلفه‌های آسایش حرارتی محیط عملکرد شناختی دانشجویان مبتنی بر تحلیل عامل خستگی (نمونه‌پژوهشی دانشجویان معماری دانشگاه‌های شهر ایلام)»، مجله ارگونومی، دوره ۱۰، شماره ۴، ۲۵۸-۲۵۰
۲. احمدی محمود، (۱۳۹۰)، «تحلیل آسایش انسان از نظر عوامل اقلیمی در استان تهران»، انجمن جغرافیای ایران، سال نهم، شماره ۲۹، ۸۱-۶۱
۳. امیدوار روزبه، تبریزیان محمد، شاهمیرزاد حمیدرضا، (۱۴۰۰)، «کاربرد یک روش چند هدفه کاربرمحور جهت مدیریت انرژی در خانه هوشمند با حفظ حریم مصرف‌کنندگان»، انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران، سال هشتم، شماره ۲، ۱۱-۲۰

۴. انصاری منوچهر، محمدیان ایوب، نویسنده احسان، (۱۳۹۶)، «شناسایی کاربردهای اینترنت اشیا در خانه هوشمند با استفاده از روش فراترکیب»، مجله مدیریت فناوری اطلاعات، دوره ۹، شماره ۴، ۶۷۸-۶۵۹
  ۵. بینا محسن، زاده حسین نرگس، (۱۴۰۲)، «تأثیر اتاقک سکون در کاهش غبار هوای داخلی مسکن (مورد مطالعاتی: یک خانه در دزفول)»، مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۳۶، ۱۲۸-۱۱۵
  ۶. حجازی زاده زهرا، کربلائی درئی علیرضا، (۱۳۹۴)، «آسایش حرارتی در ایران»، فصلنامه علمی-پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیای ایران، سال سیزدهم، شماره ۴۶، ۳۹-۲۲
  ۷. حزئی مرتضی، ادیب زهرا، نصراللهی فرشاد، (۱۳۹۳)، «تهویه طبیعی در شوادون‌های شهر دزفول با بهره‌گیری از مدل سازی CFD»، مرکز پژوهشی هنر معماری و شهرسازی نظر، سال یازدهم، شماره ۳۰، ۴۸-۳۷
  ۸. داوری رودبرده رضا، (۱۴۰۰)، «تأثیر خانه‌های هوشمند و مدیریت مصرف انرژی»، اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و صنعت.
  ۹. رضائی علیرضا، مرادی بهنام، (۱۴۰۰)، «بهبود سازی انرژی الکتریکی مصرفی براساس الگوهای رفتاری ساکنان در خانه هوشمند با استفاده از الگوریتم داده کاوی با به کارگیری سیستم شبکه هوشمند و منابع تجدید پذیر»، هوش محاسباتی در مهندسی برق، سال دوازدهم، شماره ۲، ۱۴-۱
  ۱۰. صالحی نژاد فاطمه، نصیری مهسا، محمودی ساری محمدحسین، (۱۴۰۱)، «مروری بر چالش‌های پیاده‌سازی خانه‌های هوشمند در ایران»، هنر مدیریت سبز، شماره ۳، ۷۴-۶۱
  ۱۱. طیبی محمد، (۱۳۹۹)، «ساختمان های هوشمند گامی در ایجاد شهرهای هوشمند»، چاپ اول، نشر زرین اندیشمند، تهران
  ۱۲. علیجانی بهلول، کاویانی محمدرضا، (۱۳۸۲)، «مبانی آب و هواشناسی»، انتشارات سمت.
  ۱۳. عیسی زاده فائزه، (۱۳۹۶)، «ساختمان‌های هوشمند و توسعه پایدار»، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی ایران معاصر.
  ۱۴. قیابکلو زهرا، (۱۳۸۰)، «روش های تخمین محدوده آسایش حرارتی»، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، شماره ۱۰، ۷۴-۶۸
  ۱۵. مجتبوی سیده مریم، بنانژاد مشهدی بهناز، (۱۴۰۱)، «بررسی تأثیرات هوشمندسازی ساختمان بر صرفه‌جویی انرژی»، مجله علمی پژوهش های معماری نوین»، دوره دوم، شماره ۴، ۵۶-۴۱
  ۱۶. محمدی حسین، (۱۳۸۶)، «آب و هواشناسی کاربردی»، انتشارات دانشگاه تهران
  ۱۷. ملامطلبی مهدی، اسدنجفی نرگس، (۱۳۹۹)، «هبود احراز هویت در خانه هوشمند مبتنی بر رمز یکبار مصرف و رمز نگاری منحنی بیضوی»، نشریه علمی علوم و فناوری‌های پدافند نوین، سال یازدهم، شماره ۴، ۴۵۰-۴۳۹
  ۱۸. میگلی نژاد سمرمدی سعیده، (۱۳۹۶)، «بهبودسازی مصرف انرژی در خانه‌های هوشمند»، دومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی برق تهران.
19. Emekci, S. (2022). From Smart Homes to Smart Cities: How Smart Homes Contribute to the Sustainable Development Goals. Ana cristina Pego (Ed). Smart Cities, Citizen Welfare, and the Implementation of Sustainable Development Goals. USA: IGI Global publication.
  20. Kumar, A., Sharma, A. (2018). Climate Consultant: A Software for Designing Energy Efficient Building. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, 6, 605-611.