

## مروری بر چالش‌های پیاده‌سازی خانه‌های هوشمند در ایران

### Investigating the Challenges of Implementing Smart Homes in Iran

فاطمه صالحی‌نژاد<sup>۱</sup>، مهسا نصیری<sup>۱</sup>، محمدحسین محمودی<sup>۳</sup>

#### چکیده

یکی از زمینه‌هایی که با ورود زیرساخت‌های رایانه‌ای متحول شده، خانه‌ها و ساختمان‌های هوشمند است. در یک خانه‌ی هوشمند با ادغام فناوری راینش ابری و استخراج اطلاعات از محیط به‌وسیله‌ی حسگرها و محرک‌ها، خدمات گوناگونی نظیر سرویس‌های اینترنت اشیا به کاربران ارائه می‌شود. طراحی ابزارهایی که به کاربران اجازه دهد به راحتی کنترل خانه‌ی هوشمند را در دست بگیرند؛ مسئله‌ای چالش‌برانگیز در هوش محیطی و اینترنت اشیا است که باید مورد توجه محققان قرار گیرد. به دلیل تنوع راه‌حل‌های موجود، درک این‌که کدام الزامات باید به‌طور مؤثر از کاربران نهایی پشتیبانی کند، آسان نیست. موفقیت در طراحی و بهبود خانه‌های هوشمند وابسته به در نظر گرفتن جنبه‌ی عملکردی و کاربر محور فناوری‌های هوشمند و همچنین مستلزم درک نیازهای واقعی و سبک زندگی متفاوت کاربران است. در این مقاله به بررسی چالش‌های مربوط به سیستم‌های هوشمند خانگی، راه‌حل‌های کاربردی جهت رفع آن‌ها و همچنین بررسی مسائل پیاده‌سازی این فناوری در ایران پرداخته شده است. روش مورد استفاده نیز با توجه به هدف، روش تحقیق توسعه‌ای و شیوه‌ی مطالعه بر اساس روش و ماهیت تحقیق، توصیفی-تحلیلی و گردآوری اطلاعات نیز بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای و منابع مکتوب و تحلیل محتوایی آن‌ها بوده است. نتایج حاصل نشان داد که در حال حاضر همچنان، به جهت عدم وجود زیرساخت‌های همگون و مورد نیاز در ساختمان، بسترهای فنی، فرهنگی و مالی مناسب برای پیاده‌سازی مناسب و اصولی، در جهت رسیدن به هدف‌های بنیادی و اصلی این فناوری در کشور ایجاد نشده است.

**واژگان کلیدی:** خانه‌ی هوشمند، اینترنت اشیا، مدیریت هوشمند ساختمان، هوشمند سازی.

۱. کارشناسی ارشد، مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی: f.salehinejad@student.art.ac.ir

۲. کارشناسی ارشد، مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران. پست الکترونیکی: gmail.com@mahsanasiri3038

۳. دانشیار، گروه فناوری معماری، مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران. پست الکترونیکی: mahmoudi@art.ac.ir

## ۱- مقدمه

خانه‌های هوشمند به معنای واقعی کلمه هوشمند هستند (مشعل‌چی، ۱۳۹۵، ۲)، این سیستم‌ها که مبتنی بر اینترنت اشیا می‌باشند، برای بسیاری از افراد تبدیل به امری روزمره شده‌اند. واژه‌ی خانه‌ی هوشمند به اقامتگاهی که مجهز به فناوری‌هایی است که نظارت بر ساکنین، ترویج استقلال و افزایش کیفیت زندگی را تسهیل می‌کند، اشاره دارد (Demiris & Hensel, 2008، به نقل از جاودان‌فر و متین دوست، ۱۳۹۵). اخیراً، خانه‌های هوشمند برای تأمین مدیریت انرژی خانگی (Lu et al., 2015, adapted from Emekci 2022)، مراقبت‌های بهداشتی (Si et al., 2005, adapted from Mekuria, 2019) و خدمات سرگرمی (Velasco et al., 2005, adapted from Mekuria, 2019) به کار گرفته شده‌اند. سیستم هوشمند خانگی وضعیت محل سکونت را از طریق حسگرها درک کرده و به‌طور خودکار محیط زندگی را با ترجیحات کاربر خود تطبیق می‌دهد. فرآیند تطبیق اتوماتیک محیط زنده عمدتاً توسط سیستم استدلال تعیین و کنترل می‌شود که به‌عنوان مغز سیستم هوشمند خانگی در نظر گرفته می‌شود. به‌طور خاص، نقش اولیه یک سیستم استدلال خانگی هوشمند اتخاذ تصمیم‌های مناسب در جهت دستیابی به اهداف راحتی و بهره‌وری ساکنین (داوری رودبرده، ۱۴۰۰، ۱۰) و محیط آن‌ها است. با این وجود، محققان به‌طور گسترده در حال مطالعه و بررسی انواع فنون هوش مصنوعی<sup>۱</sup> و کاربردهای آن‌ها برای محیط‌های زندگی با کمک محیط هستند. به‌طور کلی هدف اصلی از توسعه‌ی خانه‌های هوشمند را می‌توان یکپارچه‌سازی خدمات و سرویس‌ها و ایجاد یک محیط زندگی دوستانه، راحت، امن و کارآمد برای افراد بیان کرد (مشعل‌چی، ۱۳۹۵، ۱۰). خدمات خانگی هوشمند<sup>۲</sup> به کاربران یک سیستم مدیریت سبک زندگی مؤثر می‌دهد و از طریق شبکه‌سازی وسایل هوشمند و برنامه‌های کاربردی کاربران را قادر می‌سازد تا خانه‌های خود را از هر جایی در هر زمانی کنترل کنند. با این حال، علی‌رغم مزایای خدمات خانگی هوشمند، پذیرش آن‌ها بسیار پایین است. یک شکاف در ادبیات به‌صورت یک مدل جامع باقی می‌ماند که قصد کاربران برای استفاده از خدمات خانگی هوشمند را مورد توجه قرار می‌دهد. برای رسیدن به پذیرش خدمات خانگی هوشمند، می‌توان به درک سهولت استفاده، منافع درک شده، هزینه‌ها و ریسک حریم خصوصی اشاره کرد (chan et al., 2009; Balta et al., 2018 Baudier et al., 2015 Luor et al., 2014؛ به نقل از مولانایی و بیژندی، ۱۳۹۸). یکی از نکات مهم قابل توجه در خانه‌های هوشمند موضوع تأمین و حفظ امنیت در این خانه‌ها است (Al-Husamiyah & Al-Bashayreh, 2022, 1). یکی از اصلی‌ترین اهداف سیستم‌های امنیتی در این خانه‌ها، مبتنی بر محور حفاظت درونی خود به خودی است. منظور این است که خانه‌ی هوشمند به‌علت دارا بودن مجموعه‌ای از امکانات بالقوه می‌تواند از خود محافظت نماید. به جهت اتصال تجهیزات هوشمند به اینترنت و استفاده از این بستر ارتباطی همواره خطر در کمین خانه‌های هوشمند بوده و در برابر حملات سایبری دارای ضعف و آسیب‌پذیر خواهند بود (الماسی و فرجی پور، ۱۴۰۰) بنابراین به جهت تأمین حداکثر امنیت در این خانه‌ها، از طریق بهره بردن از فناوری روز دنیا به بازبینی و آنالیز دقیق تمامی قطعات و مراحل کار می‌پردازند که این اقدامات موجب رفع بسیاری از اشتباهات و نارسایی‌ها در مقایسه با سیستم‌های مشابه شده است (Venkatraman et al., 2021, 4). از این رو این پژوهش به بررسی علل پیدایش و نحوه‌ی شکل‌گیری خانه‌های هوشمند، تجهیزات و امکانات موردنیاز جهت شکل‌گیری بسترهای مناسب برای اجرای این سیستم، موانع و مشکلات موجود در مسیر پیاده‌سازی آن و راهکارهای توسعه و اصلاح سیستم‌های هوشمند متناسب با فرهنگ، شرایط فنی، هزینه‌های پیاده‌سازی این فناوری پرداخته و از طرفی با توجه به نحوه‌ی پذیرش و سرعت پذیرش فناوری‌های نوین در داخل کشور، ارائه‌ی راهکارهایی جهت استفاده‌ی هر چه بهتر و به روزتر این فناوری در ایران را مورد توجه قرار داده است. با توجه به رشد روز افزون و پیدایش فناوری‌های نوین و دغدغه‌ی همیشگی موجود در رابطه با پیوستن به جریان پویا و پر سرعت این فناوری‌ها در جهان امروز، لزوم تبیین جایگاه فعلی ایران در استفاده و پذیرش این فناوری در جهان به‌عنوان امری مهم و حائز اهمیت جهت تلاش برای فرهنگ‌سازی، ارائه‌ی راهکارهای مناسب و برنامه‌ریزی در جهت پذیرش هرچه بهتر این فناوری در کشور تبدیل کرده است.



## ۲- روش پژوهش

روش تحقیق در این مقاله، بر اساس استدلال منطقی و روش کیفی است و اساس مطالعات صورت گرفته به‌وسیله‌ی بررسی منابع کتابخانه‌ای و مرور ادبیات موجود شکل گرفته است. در ابتدا برای مطالعات اولیه و بررسی موضوع به جستجوی مقالات داخلی پرداخته شد و سپس برای ادامه کار به جستجوی کلید واژه‌های مرتبط در موتور جستجوی گوگل اسکولار پرداخته شد. برای تکمیل بررسی‌ها نیز، در وبسایت ساینس دایرکت و الزویر جستجو انجام شد. عبارات مورد جستجو عبارت بودند از خانه‌ی هوشمند، پیاده‌سازی خانه‌ی هوشمند، هوشمندسازی خانه‌ها و چالش‌های پیاده‌سازی خانه‌ی هوشمند. جهت گردآوری اطلاعات این پژوهش و بررسی فرضیه‌ی پژوهش، از روش‌های انعطاف‌پذیری استفاده شد. در این پژوهش، سیر تکامل حضور خانه‌ی هوشمند و تحلیل چالش‌های کاربران این فن‌آوری، از دیدگاهی جامع مورد ملاحظه قرار گرفت. سپس در راستای دسته‌بندی پیشینه‌ی تحقیق مجموعه‌ی مقالات تهیه شده به تفکیک در ۵ دسته‌ی؛ علل ظهور خانه‌ی هوشمند، شناسایی خانه‌ی هوشمند و اجزاء آن، تأثیر خانه‌ی هوشمند بر صرفه‌جویی انرژی، ملاحظات زیست‌محیطی و موانع پیاده‌سازی خانه‌ی هوشمند طبقه‌بندی شدند. سپس به بررسی مهم‌ترین چالش‌های پیاده‌سازی این فناوری پرداخته شد. در ادامه با بررسی موضوعات و موانع شناسایی شده در مسیر پیاده‌سازی این فناوری و برقراری ارتباط منطقی بین موضوعات و توجه به بستر و مقایسه پیشینه‌ی تحقیق استخراج شده با جایگاه واقعی این فناوری در ایران، به بررسی چالش‌ها و نتیجه‌گیری پیرامون موضوع پرداخته شد و نهایتاً پیشنهادهای در راستای بهبود پذیرش و هوشمندسازی خانه‌ها ارائه شد.

## ۳- مبانی نظری

در این بخش به بررسی جایگاه خانه‌ی هوشمند و بررسی هوشمندسازی محیط، اینترنت اشیا در خانه‌ی هوشمند، خانه‌ی هوشمند و سیستم مدیریت جامع ساختمان، خانه‌ی هوشمند و مفهوم توسعه پایدار، بررسی کاربران خانه‌ی هوشمند، چالش‌های مربوط به کاربر، بررسی‌ها در رابطه با بازار جهانی اتوماسیون خانگی، مهم‌ترین موانع موجود بر سر راه پذیرش خانه‌ی هوشمند و مسائل پیاده‌سازی خانه‌ی هوشمند در ایران پرداخته می‌شود.

### ۳-۱- هوشمندسازی محیط

شهرهای هوشمند تجسم رؤیایی در آینده نیستند، بلکه به یمن راهکارهای نوآورانه اینترنت اشیا بسیاری از آن‌ها در حال حاضر فعال و با به‌سرعت در حال گسترش هستند. شهر هوشمند به بخش‌های مختلفی تقسیم می‌شود که یکی از آن‌ها خانه‌های هوشمند است. بدین صورت در یک خانه‌ی هوشمند کلیه‌ی تجهیزات و لوازمی که قابلیت اتصال به شبکه، اینترنت و برنامه‌ریزی شدن را دارند با هم در یک خانه و بستر شبکه‌ی خانگی به هم متصل می‌شوند و با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های عظیم تولید شده توسط خانه‌های هوشمند می‌توان به الگوی مصرف ساکنین و به‌همین ترتیب به الگوی مصرف افراد جامعه دست یافت و به‌وسیله‌ی این الگوها می‌توان مصرف انرژی را مدیریت نمود (داوری رودبرده، ۱۴۰۰، ۳ و Zhou et al., 2018, adapted from Marikyan, 2016). هدف بلندمدت فناوری هوشمند بهبود رفاه مردم است. خانه‌ی هوشمند، قابلیت همکاری دستگاه را برانگیخته و به رشد گردش این فناوری در سطح جهانی کمک کرده است (داوری رودبرده، ۱۴۰۰، ۲).

**تکامل سیستم‌های خانه‌ی هوشمند:** ایجاد بستر شبکه‌ی ارتباطی<sup>۳</sup> میان تجهیزات بر پایه یک پروتکل مشخص که در عین حال دارای قابلیت برقراری ارتباط بین تمامی پروتکل‌های ارتباطی موجود در دنیا بدون نیاز به سوپروایزر را نیز دارا هست (صباغ کرمانی و همکاران، ۱۴۰۰، ۵).

**توسعه و اصلاح مشکلات سیستم هوشمند مبتنی بر پایه بستر شبکه‌ی ارتباطی:** در ادامه بسیاری از شرکت‌ها برای راه‌یابی به بازار اروپا و آمریکا که مصرف‌کنندگان آن اعتقادی به پرداخت هزینه‌های بالای خدمات پس از فروش ندارند برای حل این مشکل به این فکر افتادند که برنامه‌ریزی سیستم هوشمند را تا حدی ساده کنند که خود مصرف‌کننده بدون نیاز به کامپیوتر تغییرات مورد نظر خود را انجام دهد، به این ترتیب فناوری دی.آی.ای.گرگ<sup>۴</sup> وارد بازار شد (K.Sovacool, D.Furszyfer Del Rio, 2020; Sas & Neustaedter, 2017).

### ۳-۲- اینترنت اشیاء<sup>۵</sup> در خانه‌ی هوشمند

اینترنت اشیاء مفهومی است که اتصالات بین اشیاء زندگی روزمره را با استفاده از انواع مختلف سنسورها مانند شناسایی فرکانس رادیویی<sup>۶</sup> برقرار می‌سازد. این سنسورها، محرک‌هایی هستند که برای حس کردن، جمع‌آوری و انتقال اطلاعات مهم از محیط اطراف خود به اینترنت مورد استفاده قرار می‌گیرند. اینترنت اشیاء در چند سال گذشته یکی از موضوعات داغ در حوزه‌ی فناوری بوده و انتظار می‌رود که در جهان، انقلابی مشابه انقلابی که اینترنت به‌وجود آورد، ایجاد کند (میگلی نژاد و سرمدی، ۱۳۹۶، ۱). مکانیسم اینترنت اشیاء شامل چندین عنصر مانند شناسایی، سنجش، ارتباط، محاسبات، خدمات و معنانشناسی است که شناسایی مهم‌ترین آن است، زیرا تضمین می‌کند که اطلاعات و خدمات مورد نیاز به آدرس صحیح برسد. محاسبات با جمع‌آوری اطلاعات از منابع مختلف همراه شده و به مراکز داده ارسال می‌شود. سپس داده‌ها با استفاده از شرایط و عوامل مختلف برای اهداف مختلف سرویس‌ها، مورد تحلیل قرار می‌گیرند. سنسورها می‌توانند برای جمع‌آوری رطوبت، درجه حرارت و... استفاده شوند. ارتباطات معمولاً با استفاده از خانواده‌ی پروتکل‌های شبکه بی‌سیم<sup>۷</sup>، بلوتوث و... انجام می‌شود (میگلی نژاد و سرمدی، ۱۳۹۶، ۲). در بحث هوشمندسازی ساختمان‌های مسکونی از اینترنت اشیاء برای تشکیل یک سیستم مدیریت جامع ساختمان استفاده می‌شود. سیستم مدیریت جامع ساختمان<sup>۸</sup> به سیستمی گفته می‌شود که توسط آن بتوان اجزای مورد نیاز یک ساختمان را کنترل و مدیریت کرد. خانه‌ی هوشمند یک سیستم مدیریت ساختمان کوچک است و در آن نیازی به ایجاد شبکه بین سیستم‌های مختلف نیست بلکه در اکثر مواقع تنها یک سیستم مورد نیاز است و کافی است تمام سنسورها و مصرف‌کننده‌ها به‌طور مستقیم به سیستم متصل شوند (مشعل‌چی، ۱۳۹۵، ۲).



تصویر ۱- معماری سیستم اتوماسیون خانگی (Mehrabi et al., 2014).

### ۳-۳- خانه‌ی هوشمند و سیستم مدیریت جامع ساختمان

سیستم مدیریت ساختمان دارای پروتکل‌های ارتباطی مختلفی است که یکی از متداول‌ترین پروتکل‌های ارتباطی پروتکل کی.ان.ایکس<sup>۹</sup> است (خدابنده‌لو و همکاران، ۱۳۹۹، ۵) که یک پروتکل از نوع لایه باز بوده، یعنی می‌توان در یک سیستم هوشمند مبتنی بر این پروتکل، از قطعات و تجهیزات شرکت‌های مختلف نحوه‌ی دسترسی به تجهیزات موجود در یک ساختمان را برای کاربران تعریف کرد و کاربر می‌تواند بر حسب نیاز و به‌دلخواه خود کلید یا سناریو مورد نظر را انتخاب کند و از آن بهره‌مند شود (خدابنده‌لو و همکاران، ۱۳۹۹، ۳). از مزایای استفاده از این سیستم در خانه‌ی هوشمند می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- گسترش روزافزون فناوری و استفاده از فناوری در عرصه‌ی ساختمان؛
- کاهش مصرف انرژی؛
- صرفه‌جویی در هزینه‌های راهبری ساختمان؛
- بالا بردن سطح رفاه و آسایش ساکنین؛
- امکان کنترل بهینه‌ی مدیریتی و فنی متمرکز نسبت به سیستم‌های کنترلی سنتی استاندارد.



مزیت این سیستم نسبت به سیستم‌های کنترلی سنتی استاندارد، عمدتاً امکان کنترل بهینه مدیریتی و فنی متمرکز است (خیرآبادی و طالبیان، ۱۳۹۲؛ امامی، ۱۳۹۶). یک سیستم مدیریت ساختمان شامل ساختمانی از تجهیزات پیکربندی شده برای تهیه‌ی داده‌های خام از یک یا چند تجهیزات نصب شده است. سیستم مدیریت ساختمان بیشتر شبیه یک گردآورنده‌ی داده‌ها، برای جمع‌آوری داده‌های خام از تجهیزات ساختمان و تولید یک یا چند گزارش است که شامل تعداد زیادی از داده‌های خام می‌شود (Park et al., 2018, adapted from Marikyan, 2018). مزایای استفاده از سیستم مدیریت هوشمند ساختمان به شرح زیر هستند:

- کاهش هزینه‌های کاربران، مصرف بهینه انرژی و صرفه‌جویی در آن؛
- کاهش خطاهای ناشی از نیروی انسانی و افزایش عمر مفید تجهیزات و استفاده بهینه از آن‌ها؛
- کاهش هزینه‌های ناشی از کارکرد مداوم تجهیزات مکانیکی برقی و غیره؛
- افزایش کارایی سیستم حفاظتی و ایمنی و ایجاد احساس امنیت برای سکنه ساختمان؛
- عدم نیاز به تعمیر و سرویس مداوم تجهیزات از سوی پیمانکاران دائمی؛
- اولویت‌بندی هوشمندانه دستگاه‌های مصرف‌کننده انرژی در زمان اضطرار و اوج مصرف انرژی؛
- کاهش آلودگی محیط زیست و آلاینده‌های ناشی از گازهای گلخانه‌ای؛
- امکان کنترل مانیتورینگ تمام نقاط به‌وسیله یک گوشی تلفن همراه، اینترنت و شبکه، رایانه، تابلت (زمانی، ایمانی و تلقری، ۱۳۹۴).

طبق مطالعات صورت گرفته، سیستم‌های متصل به سیستم مدیریت ساختمان، به‌طور معمول ۴۰ درصد مصرف انرژی ساختمان را کاهش می‌دهند و در صورت در نظر گرفتن روشنایی، این عدد به ۷۰ درصد می‌رسد. سیستم مدیریت ساختمان یک ساختار حیاتی برای مدیریت تقاضای انرژی است. با توجه به آمارهای مختلف، با پیاده‌سازی سیستم مدیریت انرژی ساختمان به میزان حداقل ۲۵ درصد نسبت به سیستم‌های دستی صرفه‌جویی بیشتری در مصرف انرژی به‌دست خواهد آمد (علیزاده و جعفری، ۱۳۸۹؛ Kamali et al., 2014, adapted from Marikyan, 2018).

### ۳-۴- خانگی هوشمند و مفهوم توسعه پایدار

صرفه‌جویی در مصرف انرژی و جلوگیری از مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر مهم‌ترین مزیتی است که ساختمان‌های هوشمند را با معماری پایدار مرتبط می‌کند. محترم شمردن و توجه به نیازهای انسان و طراحی برای او، مهم‌ترین اصل از معماری پایدار است. ساختمان هوشمند نیز بر همین اساس عمل می‌کند؛ انسان را محترم می‌شمارد و در پی توجه به نیازهای او و برطرف کردن آن‌ها است. ساختمان هوشمند از ساختمان پایدار جدا نیست و می‌تواند پایه و اساسی برای شکل‌گیری معماری پایدار و همچنین توسعه‌ی پایدار گردد (عیسی‌زاده، ۱۳۹۶، ۱۲). توسعه پایدار یعنی استفاده بهینه از منابع به نحوی که نیاز نسل امروز تأمین شود و در عین حال نیاز نسل آینده مورد مخاطره قرار نگیرد (آقایی و ولی‌نژاد، ۱۴۰۰، ۶). کاربرد مفاهیم پایداری و اهداف توسعه پایدار در جهت کاهش اتلاف انرژی و آلودگی محیط زیست در معماری مبحثی به نام معماری پایدار را به‌وجود آورده است. معماری پایدار دارای اصول خاص و قواعد خود است که این سه مرحله را دربرمی‌گیرد: صرفه‌جویی در منابع، طراحی برای بازگشت به چرخه‌ی زندگی و طراحی برای انسان (ولی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۸). در این نوع معماری ساختمان نه تنها با شرایط اقلیمی منطقه‌ی خود را تطبیق می‌دهد، بلکه ارتباط متقابلی با آن برقرار می‌کند (محمودی، ۱۳۹۲، به نقل از آقایی و ولی‌نژاد، ۱۴۰۰). چالش معماری پایدار در ارتباط با یک راه‌حل جامع برای ملاحظات محیطی و در عین حال برای به‌دست آوردن سطح کیفیت زندگی و ارزش‌های فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی و آسایشی است (تقی‌زاده، ۱۳۹۰، به نقل از عیسی‌زاده، ۱۳۹۶). دستیابی به استانداردهای بالای کیفیت، امنیت و آسایش که در واقع سلامت انسان‌ها را تأمین می‌کند از مهم‌ترین اهداف معماری پایدار است. نکته‌ی مهمی که در این نوع معماری مورد توجه قرار می‌گیرد آن است که تمامی عوامل دخیل در آسایش مرتبط با هم و به‌صورت یک سیستم واحد در نظر گرفته می‌شود. این هدف در ساختمان‌های هوشمند که مجهز به سیستم یکپارچه‌کننده‌ی تمامی اجزای ساختمان و در جهت آسایش و صرفه‌جویی انرژی است محقق می‌گردد (آقایی و ولی‌نژاد، ۱۴۰۰). با داشتن خانه‌ای هوشمند علاوه بر مصرف صحیح انرژی می‌توان هزینه‌ی مصرفی را کاهش داد و راحتی، سرعت و امنیت را به محیط ساختمان آورد. در تعریفی کلی، یک خانه‌ی هوشمند به معنای استفاده



صحیح از فناوری‌هایی 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 (Emekei, 2022, 330). در گذشته جهت پیاده‌سازی خانه‌های هوشمند سنتی از سیم‌کشی جهت کنترل و ایجاد امکانات ارتباطی بهره می‌بردند که از معایب این روش می‌توان به بالا بودن هزینه‌های اجرا و نگهداری از کابل‌ها، عدم امکان تغییر کنترل سرخطها، قطع کل سیستم در هنگام تعمیرات و به‌روزرسانی ماژول‌ها، ناهماهنگی در فضای ساختمان و محدودیت در مقیاس پیاده‌سازی اشاره کرد درحالی‌که خانه‌های هوشمند مبتنی بر سیستم شبکه‌ای بی‌سیم نه تنها بشر را از شر کابل نجات می‌دهند، بلکه می‌توانند تا حد زیادی هزینه‌ها را کاهش داده و مقیاس تحت شعاع سیستم را نیز افزایش دهند (صباغ کرمانی و همکاران، ۱۴۰۰، ۲). گزارشات برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد نشان می‌دهد، مصارف ساختمان‌ها ۳۰ تا ۴۰ درصد کل مصرف انرژی اولیه در جهان است این اتلاف‌ها می‌تواند ناشی از برخی عادات نادرست یا امکانات و تجهیزات ضعیف باشد. سرانه‌ی مصرف انرژی توسط بخش خانگی در ایران حدود ۲۹۰۰ کیلووات ساعت است که نسبت به استانداردهای جهانی، ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات ساعت بیشتر است، در فصل می‌توان نتیجه گرفت که سرانه‌ی مصرف انرژی در بخش خانگی در ایران، سه برابر متوسط مصرف جهانی است. در فصل تابستان در حدود ۲۵ درصد مصرف برق توسط کولرهای آبی و گازی خانگی است. خانه‌های ایرانی به‌طور متوسط ۵ درصد تا ۱۰ درصد انرژی هدر می‌دهند. مشکل محدودیت انرژی در دسترس دامن‌گیر کلیه کشورها اعم از صنعتی، توسعه یافته و در حال توسعه است. در طی آمارهای کشورهای مختلف با توجه به فعالیت‌های صنعتی بین ۳۰ تا ۳۵ درصد از کل مصرف انرژی مربوط به ساختمان‌ها است که بین ۵۰ تا ۶۰ درصد از کل این میزان صرف گرمایش و گرمایش می‌گردد؛ بنابراین هر اقدامی در جهت بهبود کیفیت ساختمان‌ها از جمله هوشمندسازی آن‌ها به صرفه‌جویی قابل توجهی منجر می‌شود. با استفاده از راهکارهای نوین روشنایی می‌توان تا ۸۰ درصد مصرف انرژی را در این بخش کاهش داد. به‌طور کلی در کلیه‌ی مصارف خانگی با پیاده‌سازی روش‌های هوشمندسازی می‌توان ۲۵ تا ۳۰ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود و بازگشت سرمایه‌ای در حدود ۲/۵ تا ۳ سال را انتظار داشت (میگلی نژاد و سرمدی، ۱۳۹۶، ۹).

### ۳-۵- بررسی کاربران خانه‌ی هوشمند

با تعداد رو به افزایشی از علاقه‌مندان به اتوماسیون خانه‌ی هوشمند در تحقیق و صنعت، انتظار نفوذ بیشتر در بازار هوشمند می‌رود. با این حال، پذیرش خانه‌های هوشمند توسط مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان در طول سالیان اخیر آهسته مانده است. خانه‌های هوشمند فعلی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- اغلب بیش از حد ساده هستند تا در بازار به‌طور گسترده پذیرفته شوند. از طرفی دیگر، سکوی بزرگی وجود دارد که می‌تواند بسیاری از برنامه‌های کاربردی مختلف را پشتیبانی کند اما استفاده از آن‌ها بسیار پیچیده بوده و نصب یا نگهداری آن‌ها نیز بسیار دشوار است. هر سیستمی که سعی در ادغام کامل همه دستگاه‌های ممکن در یک روش کاملاً خودکار داشته باشد، هم پیچیده بوده و هم برای استفاده واقعی بسیار هوشمندانه است (Cook et al., 2003). به نقل از شریعت راد و مرادی، (۱۳۹۷) بیش از حد پیچیده: (استفاده، ساخت یا نگهداری) سطح دوم پروژه‌های تحقیقات خانگی هوشمند از محدوده سیستم‌های توزیع شده بزرگ نشأت می‌گیرد که توسط اپراتورهای شبکه میزبانی می‌شود. استفاده از چالش کلیدی برای پذیرش مصرف‌کننده علاوه بر قیمت، قابلیت استفاده است. یک رابط کاربر متصل به‌خصوص اگر امکان کنترل همه چیز را داشته باشد، می‌تواند به‌سرعت پیچیده شود.

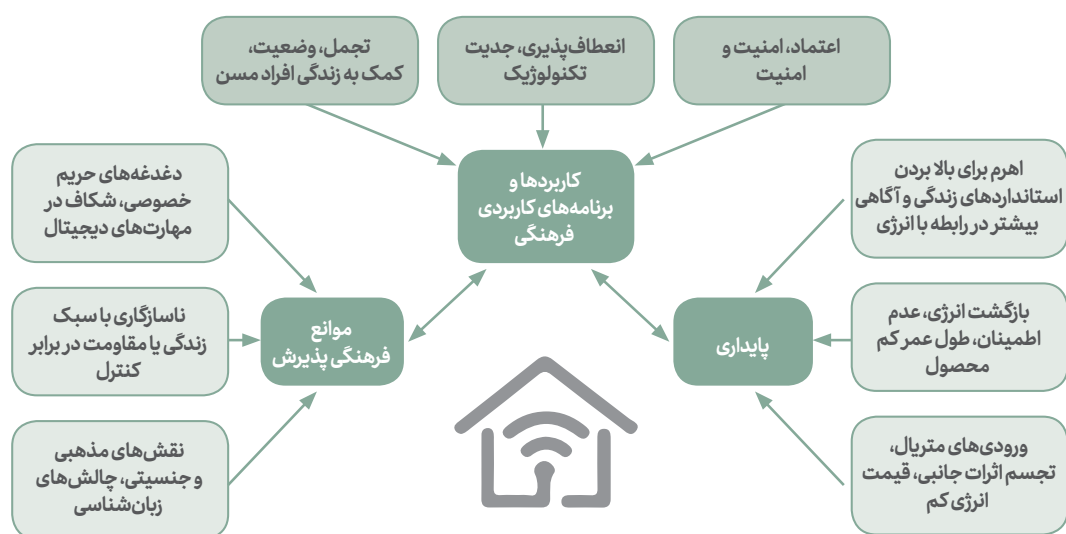
- یک مثال که در آن راه‌حل‌های متناسب می‌تواند قابلیت استفاده‌ی بالاتری نسبت به حالت کلی داشته باشد، کنترل چندرسانه‌ای است. یک عامل کلیدی برای قابلیت استفاده، پاسخگویی است. دستورها باید دارای اثرات فوری و بازخورد فوری بر روی دستگاه تعامل باشند. معماری‌های سیستم شامل چندین لایه از شبکه هستند. معماری چنین سیستمی به‌طور فزاینده برای توسعه‌دهندگان مشکل است و ساخت سیستم‌ها را دشوار می‌سازد. همچنین، این سیستم‌های عمومی، منابع بیشتری (هزینه تولید، برق) نسبت به سیستم‌های تخصصی مصرف می‌کنند. برای مثال، اضافه کردن یک خدمت ساده (یک راهنمای برنامه‌ی تلویزیونی) به پلتفرم مدیریت خدمت نیازمند صدها خط ایکس.ام.ال.<sup>۱۰</sup> مکتوب است (Eckl & Mac Williams, 2009).

- بسیار باهوش: تلاش برای شناخت بهتر از کاربر، بسیاری از سیستم‌های تحقیقاتی به مسئله‌ی استنتاج هدف کاربر و تلاش برای کنترل ابزار بر مبنای آن با استفاده از حس‌گرها، قواعد و فنون یادگیری می‌پردازند. به‌عنوان مثال، شبکه‌ی عصبی مصنوعی ادعا می‌کند که خود برنامه دارد. این کار با مشاهده ساکنین و پیش‌بینی نیازها انجام می‌شود. با وجود گستره‌ی وسیع از مزایای بالقوه و فرض شده، درحال حاضر تصویر روشنی از خانه‌های هوشمند در حوزه‌هایی که توسط توسعه‌دهندگان این فناوری بیان شده، وجود ندارد. این یک نظر انتقادی است که با توجه به موفقیت کلی خانه‌های هوشمند، هر نوع احتمالی ممکن است رخ دهد (Mozer, 1998, adapted from Eckl & Williams, 2009).

#### ۴- تحلیل داده‌ها

##### ۴-۱- چالش‌های مربوط به کاربر

ادبیات فنی که بر خانه‌ی هوشمند و تحقیقات کاربر غالب است، چالش‌های کلیدی فناوری و طراحی را شناسایی می‌کند. با توجه به مسائل خاص موجود، چالش‌ها و همچنین موانع اجتماعی شناسایی شده در پذیرش خانه‌های هوشمند در کارگاه‌های عمومی عبارت هستند از: از دست دادن کنترل، قابلیت اطمینان (Marikyan et al., 2018, 183)، حریم خصوصی، اعتماد، هزینه و نامناسب بودن. با این حال، مجموعه‌ی دیگری از چالش‌ها وجود دارد که بررسی می‌کند که چگونه و چه نوعی از فناوری‌های خانگی هوشمندی می‌توانند به‌طور مؤثر مورد پذیرش واقع شوند. با توجه به در حال توسعه بودن این فناوری برای کاربران خانگی هوشمند تحقیقات، توسعه، تست و چالش‌های پیش‌رو باید قبل از این که تجاری‌سازی گسترده‌ی خانه‌های هوشمند به یک چشم‌انداز واقعی تبدیل شود، بر طرف شوند (Sovacool & Furszyfer Del Rio, 2019, 10). طراحی فناوری برای کاربران خانگی هوشمند (که با مقبولیت خانه‌های هوشمند از نظر موضوعات امنیت، حریم خصوصی و اعتماد و نیز نگرانی‌های احساسی و ارگونومیک تعامل برقرار کردند) با رفتار دوستانه کاربر در ارتباط است (Wilson et al., 2014). این مسائل چالش‌های طراحی حیاتی را ارائه می‌کنند که مربوط به تعاملات بین کاربران و فناوری‌های خانگی هوشمند است. چندین مطالعه در این زمینه، چالش‌های طراحی دقیق‌تری را در رابطه با رفتار دوستانه‌ی کاربر در خانه‌های هوشمند نشان می‌دهند. مطالعات دیگری نیز بر مشکلات ایجاد رابط کاربری گرافیکی و آسان با توجه به سطح پیچیدگی و تعداد گزینه‌های کنترل کاربر تأکید کرده‌اند. طراحی مبتنی بر کاربر به‌طور گسترده به‌عنوان پاسخ مفید به چالش‌های طراحی خانگی هوشمند شناخته می‌شود. تعدادی از راه‌حل‌های ساده طراحی را شناسایی می‌کنند که می‌تواند به غلبه بر مشکلات خاص از جمله نگرانی از فراموشی وسایل جدید و مبتلایان به زوال عقل کمک کند (خسروی و حسینی سنو، ۱۳۹۷).



تصویر ۲- تعاملی پویا میان فن‌آوری خانه‌های هوشمند و بستر فرهنگی (Benjamin K. et al., 2021)



#### ۴-۲- بررسی‌ها در رابطه با بازار جهانی اتوماسیون خانگی

درآمد بازار جهانی اتوماسیون خانگی در سال ۲۰۱۶ حدود ۳۶ میلیارد دلار برآورد شده بود. در سال ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ سخت‌افزار و نرم‌افزار سیستم‌های اتوماسیون مورد استقبال کاربران قرار گرفت و پیش‌بینی شد، ۱۰٫۵ بیلیون دلار از بازار سال ۲۰۱۹ را کاربران از آن خود کنند. کمپانی‌های بزرگ<sup>۱۱</sup> بازیگر برتر این بازار هستند که نزدیک به ۴۰ درصد بازار جهانی اتوماسیون ساختمان را در دست دارند. همچنین ورود شرکت‌های بزرگی همچون اپل و گوگل نست به بازار اتوماسیون ساختمان با سبک جدیدی از سیستم‌های هوشمندسازی در بخش مسکونی، باعث تشدید رقابت و تکاپو بین بازیگران قدیمی این بازار شد (Hong et al., 2016, adapted from Lia, 2021). منافع مالی خانه‌های هوشمند معمولاً با مزایای زیست‌محیطی و مرتبط با سلامت ارتباط دارند. درحالی‌که در دیدگاه بلندمدت، استفاده از این وسایل موجب صرفه‌جویی انرژی و پایداری محیط زیست می‌شود، کاهش هزینه‌های برق به‌عنوان منفعت اولیه‌ی مدیریت مصرف انرژی کارآمد مطرح است (Paez et al., 2020, adapted from K.Sovacoool et al., 2019, Ringel et al., 2012; al., 2012). منافع مالی می‌تواند به دو روش تحقق یابد. اول، استفاده از وسایل برقی هوشمند و کنتورهای هوشمند، با نظارت منظم مصرف انرژی منجر به آگاهی بیشتر عادات مصرفی می‌شود و دوم، شفافیت مصرف انرژی، مقایسه تعرفه‌ها بر دیگر ارائه‌کنندگان انرژی را امکان‌پذیر می‌سازد، در مقابل منافع بالقوه، منافع مالی درک شده به‌عنوان یک گروه متمایز از عوامل زیربنایی انگیزه‌ی کاربران و قصد تبدیل از لوازم خانگی به دستگاه‌های هوشمند مورد مطالعه قرار گرفته است. علی‌رغم فواید مالی رایج استفاده از خانه‌های هوشمند، مطالعات مصرف‌کنندگان به‌سختی این فرض را تأیید کرده است (Lia et al., 2021, 5).

#### ۴-۳- مهم‌ترین موانع موجود بر سر راه پذیرش خانه‌ی هوشمند

##### ۴-۳-۱- موانع فناورانه

تناسب فناوری مهم‌ترین عامل برای رسیدگی به‌هنگام توسعه خانه‌های هوشمند است (Ozkan et al., 2013a, adapted from Marikyan et al, 2018) که می‌توان آن را به‌عنوان درک کاربران از سازگاری فناوری، پیوستگی و قابلیت اطمینان سیستم توصیف کرد (Park et al., 2017; Yang et al., 2017, adapted from Marikyan et al, 2018). در راستای این دیدگاه، مطالعات اتخاذ فناوری خانگی هوشمند به‌تدریج تمرکز خود را بر روی ویژگی‌های فناوری که می‌تواند به‌طور بالقوه تهدیدی برای کاربران باشد و بر درک فناوری تأثیر بگذارد، افزایش داده است. با این حال، تعدادی از دستگاه‌های خانگی هوشمند فعلی وجود دارند که برای استفاده، پیچیده هستند (Ozkan et al., 2013a; Alsulami & Atkins, 2016, adapted from Marikyan et al, 2018). از آنجاکه بیشتر پروژه‌های خانگی هوشمند صرفاً فنی بودند، دیدگاه کاربر در مورد سهولت استفاده است. عامل قابلیت اطمینان مربوط به پتانسیل فناوری برای خدمت به کاربران برای مدت زمان طولانی، با انتظارات از چرخه‌ی عمر محصول معمولاً حداقل ۵ تا ۱۰ سال است. کاربران انتظار دارند که خانه‌های هوشمند نیازها و کمک‌های مناسب را به رسمیت بشناسند. با این حال، مشخص شد که مردم عموماً در مورد قابلیت اطمینان محصولات خانگی هوشمند تردید دارند (Marikyan et al., 2018). با توجه به این واقعیت که خانه‌های هوشمند شروع به حرکت به سمت بازار انبوه کرده، تضمین قابلیت اطمینان، با ارائه خدمات ایمن به کاربران بالقوه مهم است (Ozkan et al., 2013a, adapted from Marikyan et al, 2018).

##### ۴-۳-۲- موانع مالی

اصول اخلاقی و حقوقی دومین گروه از موانع است که شامل نگرانی‌های مالی، اخلاقی و قانونی است. عوامل مالی عبارت هستند از قیمت فناوری، هزینه نصب، تعمیر و نگهداری که مصرف‌کنندگان را از پذیرش فناوری خانگی هوشمند منع می‌کند (Ozkan et al., 2013a; Steele et al., 2009; Chan et al., 2012, adapted from Marikyan et al, 2018). برخی از کاربران درک کمتری از این موضوع دارند که خانه‌های هوشمند می‌توانند به کم شدن هزینه‌ها منجر شوند (Ozkan et al., 2013a, adapted from Marikyan et al, 2018).

پژوهش‌های مرتبط با مراقبت‌های بهداشتی نشان داد که پیاده‌سازی فناوری در صنعت سلامت بسیار متمرکز است. این یافته با جایگزین کردن یک ویزیت سنتی با درمان مجازی، از این فرض که وسایل خانگی هوشمند می‌توانند از نظر مالی



موجب صرفه‌جویی گردند را پشتیبانی نمی‌کند (Marikyan et al., 2018); با این حال پیاده‌سازی مفهوم خانه‌ی هوشمند در مراقبت‌های بهداشتی نیازمند سرمایه‌گذاری بالا، به‌عنوان سرمایه‌گذاری مالی و آموزش کارکنان پزشکی برای سلامت و استفاده از فناوری‌های خانگی هوشمند است؛ مانند تجویز الکترونیک و فناوری‌های ای.ام.آر.۱۲ در صنعت سلامت (Wells, 2003, adapted from Marikyan et al, 2018).

#### ۴-۳-۳- موانع امنیتی

توانایی خانه‌های هوشمند برای جمع‌آوری و ذخیره مقدار زیادی داده‌های خصوصی نگرانی‌های اخلاقی مانند حریم خصوصی و امنیت را افزایش داده است. در تعدادی از کشورها، فناوری‌های خانگی هوشمند نمی‌توانند بدون رضایت بیمار که باید به‌طور کامل در مورد روند خدمات اطلاع داشته باشند، اقدامی انجام دهند. انجام این اقدام نشان‌دهنده‌ی اعتماد شدید کاربران است به این معنا که آن‌ها اجازه جمع‌آوری داده‌های شخصی را نمی‌دهند. خطر نفوذ به حریم خصوصی به‌عنوان بازدارنده‌ی اصلی برای پذیرش و مسائل قانونی در پذیرش فناوری خانگی هوشمند، به‌خصوص در رابطه با صنایع درمان و خدمات اجتماعی هستند. فناوری خانه‌ی هوشمند، از جمله مفهوم سلامت الکترونیک، یک رشته‌ی نسبتاً جدید با توجه به نبود رفتار قانونی نوشتاری در مورد استفاده از فناوری خانگی هوشمند است. به‌منظور حصول اطمینان از پذیرش گسترده این فناوری، دولت‌ها باید قوانین را براساس اعمال خود تنظیم کنند. با توجه به شکاف موجود در قانون، سیاست‌گذاران می‌توانند قوانینی را برای تنظیم درگیری‌ها بین ارائه‌دهندگان خدمات خانگی هوشمند و کاربران در مورد محصول به دست آمده اعمال کنند (Ozkan et al., 2014). همچنین سیاست‌گذاران باید به حفظ حریم خصوصی به‌منظور تضمین حفاظت از داده‌ها و امنیت کاربران و اجتناب از هرگونه نقض عمدی یا تصادفی قانون حریم خصوصی بپردازند (Chan et al., 2008, adapted from Marikyan et al, 2018). با این حال، هنگامی که داده‌های مربوط به سلامت کاربران خانگی هوشمند با یک بیمارستان یا پزشک اختصاصی به اشتراک گذاشته می‌شوند، فرض تغییرات در حریم خصوصی داده می‌شود، بنابراین تعیین مرزهایی بین نفوذ حریم خصوصی و حفاظت از داده‌ها، به‌خصوص در بخش مراقبت‌های بهداشتی، حیاتی است (Marikyan et al., 2018, 149).

**جدول ۱- چالش‌ها و مزایای پیاده‌سازی خانه‌ی هوشمند (توکلی و فطانت فرد حقیقی، ۱۴۰۰؛ مولانایی و بیژندی، ۱۳۹۸؛ صباغ کرمانی و همکاران، ۱۴۰۰؛ داوری رودبرده، ۱۴۰۰؛ نعیمی و همکاران، ۱۳۹۲)**

چالش‌های خانه‌های هوشمند	منابع	مزایای خانه‌های هوشمند	منابع
حوزه‌های مربوط به سازمان و موارد مربوط به حفظ و نگهداری فرایندها در محیط شبکه	Chan et al., 2008; Barlow & Venables, 2003; Li, 2011; Peine, 2008; Leppänen & Jokinen, 2003 و فطانت فرد حقیقی، ۱۴۰۰	سودمندی و سهولت استفاده	Harper, 2003; Gann et al., 1999; Randall, 2003; Taylor & Swan, 2005 و فطانت فرد حقیقی، ۱۴۰۰
کانال‌های توزیع و ارائه خدمات، چگونگی ارائه خدمات	Gann et al, 1999; Garcí'a-Herranz et al., 2003; Wu et al., 2007; Taylor & Swan, 2005; Taylor et al., 2007 نقل از توکلی و فطانت فرد حقیقی، ۱۴۰۰	قابلیت ارتقاء تکرار و انطباق‌پذیری	Barlow & Venables, 2003; Gann et al., 1999 توکلی و فطانت فرد حقیقی، ۱۴۰۰
قابلیت استفاده از منظر کاربر	Wu et al., 2005; Taylor & Swan, 2005 فطانت فرد حقیقی، ۱۴۰۰	استانداردسازی	Gann et al, 1999; Cook & Das, 2007 فطانت فرد حقیقی، ۱۴۰۰
روش‌ها و اصول طراحی	Solaimani et al., 2013; Gann et al., 1999; Barlow & Venables, 2003 و فطانت فرد حقیقی، ۱۴۰۰	نظارت و کنترل	Chan et al., 2008; Chan et al., 2009 بیژندی، ۱۳۹۸ Ha et al., 2007; Demiris ; et al Cook & Das, 2007 و فطانت فرد حقیقی، ۱۴۰۰

چالش‌های خانه‌های هوشمند	منابع	مزایای خانه‌های هوشمند	منابع
حریم خصوصی و امنیت داده	Bugeja et al., 2016 به نقل از الماسی و فرجی پور، Chan, 1400 ; et al., 2008; Li, 2011 به نقل از توکلی و فطانت فرد حقیقی، 1400	آموزش از راه دور	صبغ کرمانی و همکاران، 1400
امکان‌سنجی مالی کاربر	Barlow & Venables, 2003 ; Stefanov et al., 2006 به نقل از توکلی و فطانت فرد حقیقی، 1400	مدیریت انرژی و پایداری	داوری رودبرده، 1400
عدم وجود مطالعات اجتماعی-فنی، عدم وجود مطالعات اجتماعی-سازمانی، عدم وجود مطالعات اقتصادی	توکلی و فطانت فرد حقیقی، 1400	خدمات و ارائه خدمات سازگار با محیط و پذیرش و کنترل خدمات با شخصی‌سازی محصول	Leppänen & Jokinen, 2003; Taylor et al., 2007 به نقل از توکلی و فطانت فرد حقیقی، 1400
زیرساخت‌های مخابراتی و ارتباط با کاربر	نعیمایی و همکاران، 1392	لزوم استفاده از فناوری خانه‌ی هوشمند و دوری از لوکس محسوب شدن	صبغ کرمانی و همکاران، 1400

## ۵- یافته‌ها و بحث

این فناوری در سطح جهان و به‌خصوص در کشور فناوری نوینی محسوب می‌شود و به‌همین دلیل قطعاً چالش‌هایی را در مراحل مختلف با خود به‌همراه دارد؛ بنابراین پژوهش حاضر، به شناخت چالش‌های این فناوری در داخل کشور پرداخته است. با توجه به بررسی مطالعات پیشین و مشکلات و موانعی که در مسیر پذیرش، پیاده‌سازی و فراگیر شدن این فناوری، چه در ایران و چه در خارج از کشور شناسایی شد و همچنین توجه به مسائلی از جمله عدم اطمینان و مقاومت اولیه‌ای که همواره در مسیر پذیرش فناوری‌ها و سیستم‌های نوین وجود داشته و همچنین نبود استانداردها و ساختارهای مناسب جهت پیاده‌سازی حرفه‌ای این فناوری که تأثیر آن در چرخه‌ی پذیرش و پیاده‌سازی این فناوری غیر قابل انکار است، می‌توان به این مجموع دست یافت که چالش‌های مطرح در زمینه‌ی پیاده‌سازی این فناوری در ایران به مواردی از جمله موضوعات زیر مرتبط می‌باشند:

- با توجه به شرایط حال حاضر این فناوری در کشور و با توجه به عدم وجود ساختار و یا سازمانی ناظر بر پیاده‌سازی این فناوری، از جمله اساسی‌ترین مشکلات در کشور، وجود شرکت‌های فعال در این حوزه بدون نظارت سازمان و نهاد دولتی است که در نتیجه‌ی آن فعالیت‌های آن‌ها تحت استاندارد مشخصی انجام نمی‌شود؛ بنابراین ناهماهنگی و آشفتگی‌هایی در این حوزه دیده می‌شود.

- از دیگر مواردی که می‌توان به‌عنوان یکی از علل اصلی مشکلات دانست نداشتن اطلاعات و علم به روز افراد در این حوزه است. شرکت‌ها و متخصصانی که به اجرا و طراحی این سیستم می‌پردازند دارای علمی همگام با پیشرفت این حوزه نیستند و تنها فروشندگان آن محسوب می‌شوند.

- یکی از نکاتی که دارای اهمیت بالایی است، عدم تناسب تجهیزات این سیستم با فرهنگ کشور است. تجهیزات پیاده‌سازی این فناوری وارداتی می‌باشند و اکثر آن‌ها متناسب با فرهنگ غربی است بنابراین در هنگام استفاده، کاربر دچار مشکلات و تعارضاتی خواهد شد. همچنین شرکت‌ها بعد از پیاده‌سازی آموزش مناسبی به کاربران نمی‌دهند و مخاطبان نهایی این فناوری تا مدتی طولانی دچار آشفتگی در استفاده از آن خواهند بود.

- لازم به‌ذکر است که علی‌رغم وجود مطالعاتی در این حوزه، در کشور، اجزای درون یک ساختمان به کاهش مصرف انرژی کمک نمی‌کنند و گاه باعث اتلاف آن نیز می‌شوند؛ بنابراین با توجه به شرایط موجود، متأسفانه نمی‌توان گفت؛ پیاده‌سازی سیستم خانه‌ی هوشمند کمک شایانی به کاهش مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های آن کند، زیرا تحقق این هدف در یک چرخه قرار دارد و هنگامی که بخش‌هایی از این چرخه به‌درستی کار نکند تأثیر بسزایی در عملکرد یک بخش دیگر دارد.

- با توجه به چالش‌های شناسایی شده، به‌نظر می‌رسد هوشمندسازی خانه‌ها به سمت تبدیل شدن به مزیت تجاری برای صاحبان آن‌ها در حال حرکت است و از اهداف اصلی خود فاصله گرفته است.



## ۶- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده می‌توان نتیجه گرفت، پیاده‌سازی این سیستم با وجود تمام مزایایی که با خود به همراه دارد بسیار به وجود بسترهای مناسب وابسته است. تحقیقات آتی باید به سمت فراهم ساختن بستری مناسب جهت پذیرش و پیاده‌سازی هر چه مناسب‌تر این فناوری پیش رود. همان‌طور که در مبانی نظری نیز به آن اشاره شد هزینه‌ی اجرای این فناوری علاوه بر ایران در چند کشور دیگر نیز بر پذیرش این فناوری مؤثر است. با توجه به تحلیل و بررسی مطالب موجود و همچنین طبقه‌بندی موانع به موانع فناورانه، علمی، آگاه‌سازی، بستر فرهنگی و فنی و همچنین عدم همگونی و مطابقت ساختارهای موجود با چارچوب‌های فنی این فناوری در کشور و مقایسه نتایج حاصله با شرایط فعلی این فناوری در کشور؛ می‌توان به این نکته اشاره نمود که این فناوری در ایران تنها ابزاری برای لوکس نشان دادن خانه‌ها محسوب می‌گردد و از مزایای آن به‌درستی بهره گرفته نمی‌شود. کاستی‌های موجود در مطالعات و پژوهش‌های داخلی صورت گرفته در رابطه با آشنایی و معرفی این فناوری نیز که در آن‌ها تنها به نکات قوت و ضعف فنی و فناوری محور این فناوری، موانع و چالش‌های فنی و ساختاری پیاده‌سازی این فناوری و بهبودی که این فناوری در شرایط زندگی افراد فراهم می‌آورد پرداخته شده، خود در شکل‌گیری شرایط فعلی فناوری خانه‌ی هوشمند در ایران بی‌تأثیر نیست چراکه این مطالعات به دور از انجام هرگونه بررسی ساختارشناسی فنی، اقتصادی و اجتماعی متناسب با این فناوری در ایران انجام شده است. با توجه به بررسی موانع پیاده‌سازی خانه‌ی هوشمند و نیاز این فناوری به فراهم شدن بسترهای فرهنگی و قانونی مربوطه جهت پذیرش فراگیر در کشور، عدم وجود دستورالعمل، ساختار قانونی مختص پیاده‌سازی خانه‌ی هوشمند، استاندارد و یا مرجعی مناسب جهت نظارت و سازماندهی فرآیندهای پیاده‌سازی این فناوری در کشور، به‌عنوان محدودیت‌های موجود در مسیر پیاده‌سازی این فناوری در کشور مطرح است. اگر این موانع به‌درستی و با توجه به بستر پیاده‌سازی خانه‌ی هوشمند، شناسایی شوند و این فناوری نیز به‌عنوان ابزار برای فراهم نمودن آرامش و آسایش افراد پذیرفته شود می‌توان بر همه نتایج موجود در پژوهش‌های پیشین جامع عمل ببوشاند و افراد با داشتن خانه‌ای هوشمند شاهد کاهش هزینه‌های و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، تأمین امنیت، مدیریت و کنترل شرایط منزل خود از راه دور و از همه مهم‌تر داشتن محیطی آرام و دلنشین برای تک‌تک اعضای خانواده خود باشند. با این همه موانع مختلفی بر سر راه پیاده‌سازی این فناوری مطرح است که با بررسی آن‌ها از زوایای متفاوت و تلاش در جهت یافتن پاسخ مناسب برای حل مسائل موجود؛ می‌توان گامی مؤثر در راستای پیاده‌سازی این فناوری در کشور برداشت. از جمله موانع محتمل و خلأهای شناسایی شده در رابطه با پیاده‌سازی این فناوری که نیازمند توجه جدی می‌باشند، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- نبود بستر مناسب فنی و نظارتی؛
- توجه جدی سیاست‌گذاران این حوزه به حفظ امنیت و حریم شخصی کاربران خانه‌های هوشمند؛
- نبود دانش کافی و به‌روز در مهم‌ترین ارکان پیاده‌سازی خانه‌های هوشمند (طراحان، مجریان، کارفرمایان و...).
- هزینه‌های گزاف پیاده‌سازی این فناوری؛
- عدم نظارت بر زیرساخت‌های مورد نیاز این فناوری؛
- عدم آموزش کافی به کارفرمایان و عدم توجه به اهمیت ایجاد رضایت آن‌ها و غفلت از تأثیری که این موضوع می‌تواند بر پذیرش و رواج این فناوری داشته باشد؛
- نبود مرجع علمی مناسب و در دسترس در ایران.

## پی‌نوشت

- 1- Artificial intelligence
- 2- Smart home services
- 3- BUS
- 4- DO IT YOURSELF
- 5- Internet of Things
- 6- Radio Frequency Identification
- 7- Wireless Fidelity
- 8- Building Management System

۹- یک پروتکل متن باز برای ارتباط قطعات هوشمند خانگی و تجاری است.

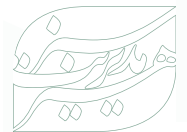
۱۰- زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر است.

11- Schneider Electric, ABB, Siemens, Johnson Controls & Honeywell

۱۲- پرونده الکترونیک پزشکی.

## منابع

- اسد نجفی، نرگس. ملامطلبی، مهدی (۱۳۹۹). بهبود احراز هویت در خانه‌ی هوشمند مبتنی بر رمز یکبار مصرف و رمزنگاری منحنی بیضوی. نشریه‌ی علمی علوم و فناوری‌های پدافند نوین، شماره‌ی ۴، ۴۳۹-۴۵۰.
- الماسی، صادق. فرجی‌پور، نجمه (۱۴۰۰). بررسی رویکردهای تأمین امنیت در خانه‌های هوشمند. یازدهمین کنفرانس ملی مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک.
- آقایی، میثم. ولی‌نژاد، زهرا (۱۴۰۰). ساختمان‌های هوشمند به عنوان رویکردی جدید برای توسعه معماری پایدار. کنفرانس ملی معماری، عمران، شهرسازی و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب.
- امامی، سمیرا (۱۳۹۶). برنامه‌ریزی خانه‌ی هوشمند و اکوسیستم: راهبردهای طرح مسکونی جهت هوشمندسازی و مدیریت مصرف انرژی. کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی ایران معاصر.
- بیژندی، سجاد. مولانایی، صلاح‌الدین (۱۳۹۸). خانه‌ی هوشمند، چشم‌اندازها و موانع: با تأکید بر نقش کاربران. نخستین همایش بین‌المللی شهر هوشمند چالش‌ها و راهبردها.
- تقی‌خانی، محمدعلی. ماندگار، نیک (۱۳۹۸). تأثیر خانه‌های هوشمند در مدیریت و کاهش مصرف انرژی الکتریکی. نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت انرژی، شماره‌ی ۲، ۷۴-۸۵.
- توکلی، اکبر. فطانت فرد حقیقی، هومن (۱۴۰۰). آنچه در مورد خانه هوشمند انجام می‌دهیم و نمی‌دانیم: تحلیل دربارۀ متون پژوهشی خانه هوشمند. پنجمین کنفرانس بین‌المللی تحقیقات بین‌رشته‌ای در مهندسی برق، کامپیوتر، مکانیک و مکترونیک در ایران و جهان اسلام.
- جاودان‌فر، یاسمن. متین دوست، سمانه (۱۳۹۵). ایمنی معلولان و سالمندان به واسطه‌ی خانه‌های هوشمند. چهارمین کنفرانس بین‌المللی علم و مهندسی.
- خداندۀ‌لو، رضا و همکاران (۱۳۹۹). بررسی پروتکل‌های خانه‌های هوشمند. هفتمین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین علوم و تکنولوژی با محوریت علم در خدمت توسعه.
- خسروی، علیرضا. حسینی سنو، سید امین (۱۳۹۷). تشخیص رفتارهای غیر عادی در بیماران زوال عقل و بررسی علائم اولیه آن در خانه هوشمند. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی، شماره‌ی ۴، ۴۴۷-۴۵۶.
- داوری رودبرده، رضا (۱۴۰۰). تأثیر خانه‌های هوشمند و مدیریت مصرف انرژی. اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و صنعت.
- زمانی، علیرضا. ایمانی، معصومه و تلقری، فاطمه (۱۳۹۴). صرفه‌جویی در مصرف انرژی با استفاده از سیستم مدیریت هوشمند ساختمان (BMS). سومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی با رویکرد توسعه پایدار.
- ستوده، شهرزاد. هاشمی، ستار (۱۳۹۸). ارائه چارچوبی برای ارتقا امنیت خانه‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با استفاده از معماری مرجع. فصلنامه علمی پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران، شماره‌های ۳۵ و ۳۶، ۴۷-۴۲.
- شریعت‌راد، نیلوفر. مرادی، نکیسا (۱۳۹۷). چگونگی استفاده از تکنولوژی‌های نوین در ساختمان‌های هوشمند. همایش ملی ساختمان پایدار و انرژی.
- شه‌خواه، محمدرضا (۱۳۹۸). چرا از خانه‌ی هوشمند استفاده کنیم. سومین کنفرانس ملی دانش و فناوری مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک ایران.
- صباغ کرمانی، لاله. حاج محمدی، آیدا. شجاعی، ام‌البنین (۱۴۰۰). خانه‌های هوشمند و اینترنت اشیا. پنجمین همایش بین‌المللی دانش و فناوری مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک ایران.



- عابدی، سید مصطفی. علمایی، جواد. مختارزاده، حسن (۱۴۰۰). برنامه‌ریزی بهینه انرژی در یک خانه‌ی هوشمند در حضور سیستم مدیریت انرژی خانه. پنجمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی برق، الکترونیک و شبکه‌های هوشمند.
- علی‌اکبری، اسماعیل. شاطریان، محسن. شیخزاده، فاطمه (۱۳۹۸). سنجش ظرفیت اجتماعی در پذیرش اصول رشد هوشمند در نواحی شهری (مطالعه موردی: کاشان). پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، شماره ۲، ۲۶۴-۲۳۹.
- علیزاده، محمد. جعفری نوکندی، میثم. سلطان مرادی، یاسمین (۱۳۹۸). مدل‌سازی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در خانه‌ی هوشمند با حضور ذخیره ساز انرژی، سلول خورشیدی، خودروی برقی و پاستخگویی بار. مجله مدل‌سازی مهندسی، شماره ۵۷، ۲۲۶-۲۱۵.
- عیسی‌زاده، فائزه (۱۳۹۶). ساختمان‌های هوشمند و توسعه پایدار. کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی ایران معاصر.
- فرهنگ ادیب، سمیه و همکاران (۱۳۹۷). بررسی چالش‌ها و رویکردهای امنیتی خانه‌های هوشمند. چهارمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات.
- کریم‌زاده، امیر. کریم‌زاده، سعید (۱۳۹۹). رویکردی جدید بر روش‌های افزایش امنیت در خانه‌های هوشمند اینترنت اشیا. اولین کنفرانس ملی عمران، معماری و فناوری اطلاعات در زندگی شهری.
- مشعل‌چی، مسعود (۱۳۹۵). بهبود آسیب‌پذیری پروتکل‌های مورد استفاده در خانه‌ی هوشمند. همایش بین‌المللی افق‌های نوین در علوم پایه و فنی و مهندسی.
- میگی‌نژاد سردی، سعیده (۱۳۹۶). بهینه‌سازی مصرف انرژی در خانه‌های هوشمند. دومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی برق تهران.
- نصرالهی، صالح و همکاران (۱۳۹۹). بررسی پروتکل‌های خانه‌های هوشمند. هفتمین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین علوم و تکنولوژی با محوریت علم در خدمت توسعه.
- نعیمایی، علی. رستگار، محمد. فتوحی فیروزآبادی، محمود (۱۳۹۲). امکان‌سنجی پیاده‌سازی خانه‌ی هوشمند. شانزدهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران دانشگاه آزاد اسلامی واحد کازرون.

- Al-Husamiyaha, A., & Al-Bashayreha, M. (2021). A comprehensive acceptance model for smart home services. *International Journal of Data and Network Scienc*, 6(1), 45-58.
- Benjamin, K., Sovacool & Dylan, D., & Furszyfer Del Rio. (2021). Culture, energy and climate sustainability, and smart home technologies: A mixed methods comparison of four countries. *International Journal of Data and Network Science*, 1-48.
- Benjamin, K., Sovacool & Dylan, D., & Furszyfer Del Rio. (2020). Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2-20.
- Bugeja, J., & Jacobsson, P, D,. (2016). On privacy and security challenges in smart connected homes. *European Intelligence and Security Informatics Conference (EISIC), IEEE*, 2016, 172-175.
- Caivano, D. et al. (2017). Supporting end users to control their smart home: design implications from a literature review and an empirical investigation. *The Journal of Systems & Software*, 138, 139-154.
- Eckl, R., & MacWilliam, A. (2009). Smart Home Challenges and Approaches to Solve Them: A Practical Industrial Perspective. *Siemens AG, Corporate Technology, Software Architecture, Otto-Hahn-Ring*.
- 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.
- Lia, W. et al. (2021). Motivations, barriers and risks of smart home adoption: From systematic literature review to conceptual framework. *Energy Research & Social Science*, 80.
- Mehrabi, Taha., Fung, A., & Raahemifar, K. (2014). *Optimization of Home Automation Systems Based on Human Motion and Behaviour*. Retrieved 2019, Dec. 15 from <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/6893063/proceeding> 27th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE).
- Mekuria, D.N. et al. (2019). Smart home reasoning systems: a systematic literature review. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*.
- Morais Marikyan, D., Papagiannidis, S., & Alamanos, E. (2018). A systematic review of the smart home literature: A user perspective. *Technological Forecasting & Social Change*, 138, 139-154.
- Saad al-sumaiti, A., Ahmed, M., & M. A. Salama, M. (2014). Smart Home Activities: A Literature Review. *Electric Power Components and Systems*, 42(3-4), 294-305.

- Sas, Cornia., Neustaedter, carman. (2017). Exploring DIY Practices of Complex Home Technologies. *Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 24(2),1-29.
- Vaishnavi, S., Gunge, P. & Yalagi, S. Yalagi. (2016). Smart Home Automation: A Literature Review. *International Journal of Computer Applications*.
- Venkatraman, S., Overmars, A., & Thong, M. (2021). Smart Home Automation—Use Cases of a Secure and Integrated Voice-Control System. *Department of Business and Construction*, 9(4), 77.
- Wilson, C., Hargreaves, T., & Hauxwell-Baldwin, R. (2014). Smart homes and their users: a systematic analysis and key challenges. *Pers Ubiquit Comput. Personal and Ubiquitous Computing*, 19(2), 463-476.

