

# راهکارهای افزایش بهره‌وری انرژی ساختمان<sup>۱</sup>

محمد کاظمی<sup>۲</sup>

کلیدواژگان: موانع بهره‌وری انرژی، مدل ساختاری، کدهای کارایی انرژی ساختمان، کاهش نیاز انرژی.

## چکیده

مطابق با آمار انرژی سالیانه کشور، بیش از یک‌سوم انرژی در بخش ساختمان مصرف می‌شود. موانع بهره‌وری انرژی ساختمان اغلب در مسائل اقتصادی و اجتماعی ریشه دارد. اقتصاد خرد، بازار انرژی، و مقاومت در برابر تغییر عادات از مهم‌ترین این عوامل است. در این پژوهش عوامل مذکور با استفاده از اسناد و مدارک رسمی و کتابخانه‌ای شناسایی و سپس با مصاحبه و مکاتبه با خبرگان آگاه در زمینه مفاهیم حوزه پایداری و معماری پایدار و نیز مشاهده شرایط واقعی جامعه بررسی شده‌اند. با استفاده از مدل ساختاری در نرم‌افزار (23) Amos چگونگی تأثیر این عوامل بر یکدیگر و راهکارهای کاهش یا رفع آن بیان گردیده است. بر این اساس به‌کارگیری کدهای کارایی انرژی ساختمان، به‌کارگیری کدهای انرژی ساختمانی پیشرفته، و عرضه کدهای انرژی ساختمان مؤثر، به مثابه راهکار، شناسایی و پیشنهاد شده‌اند.

## ۱. مقدمه

ساختمان‌ها سیستم‌هایی پیچیده با انواع مختلف هستند. ابعاد مختلف ساختمان شامل پوشش‌ها و پنجره‌های ساختمان، سیستم‌های تهویه مطبوع، روشنایی داخلی، و رفتار کاربران بر یکدیگر تأثیرگذار است. در نتیجه یک بسته سیاستی چندبعدی و جامع، برای پاسخ به پیچیدگی‌های ساختمان‌ها و ادغام عوامل مختلفی که بر مصرف انرژی آن تأثیر می‌گذارد، لازم است. اقتصاد خرد و بازار انرژی از عوامل اقتصادی مؤثر بر بهره‌وری مصرف انرژی ساختمان شناسایی شده است. ویژگی‌های اقتصاد خرد و بازار انرژی می‌توانند از طریق فعالان محدود و پیشین بازار، مقاومت در رفتار مصرف‌کنندگان، و بسیاری از موانع موجود در زنجیره ساختمان بررسی شود، که در جلوگیری از جذب تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی نقش کلیدی دارند. روش‌های مرسوم سرمایه‌گذاری، که از الزامات تجدیدپذیری و نرخ بازگشت سریع سرمایه تبعیت می‌کنند، در بسیاری از موارد برای سرمایه‌گذاری در زمینه بهره‌وری

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری معماری نگارنده با عنوان عوامل مؤثر بر کاهش مصرف انرژی ساختمان است که به راهنمایی دکتر هادی ندیمی و دکتر شهرام پوردیپیمی و مشاوره دکتر حسین نمازی و دکتر بهرام صالح صدق‌پور بهمن‌ماه ۱۳۹۶ در دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی دفاع شده است.  
۲. دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی  
a.s.m.kazemi@gmail.com

### پرسش‌های پژوهش

۱. صرفه‌جویی در مصرف انرژی در حوزه ساختمان به چه عواملی وابسته است؟
۲. آیا موضوعات رفتاری افراد ساکن در ساختمان‌ها بر کاهش مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد؟
۳. آیا جامعه تمایل به همکاری جهت کاهش مصرف انرژی دارد؟
۴. آیا هزینه‌های اولیه ساخت‌وساز و هزینه‌های طول عمر بنا بر کاهش مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد؟
۵. آیا مسائل موجود در بازار انرژی بر کاهش مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد؟

انرژی قابل اجرا نیستند. علاوه بر این مقاومت مصرف‌کنندگان ساختمان در برابر تغییر رفتار و حرکت به سمت صرفه‌جویی انرژی مانع انسانی است که در این زمینه نقش مؤثر دارد.

مصرف‌گرایی، ضعف در اقتصاد خرد و کلان، بی‌تفاوتی دولت، نبود تمایل نسبت به کاهش مصرف انرژی، ضعف بازار انرژی، ترس از سرمایه‌گذاری برای تجهیزات بهره‌وری انرژی، و ضعف الگوی مصرف همه از مشکلات امروز هستند که توجه به رفع آن‌ها اهمیت ویژه دارد. این در حالی است که افزایش بهره‌وری انرژی با حرکت به سوی یک رویکرد جامع قابل دستیابی است، رویکردی که در آن تقاضای انرژی، با اجرای اقدامات انرژی و مصرف انرژی با استفاده از اجزا و تجهیزات ساختمانی کارآمد، کاهش می‌یابد و منابع تجدیدپذیر برای تولید گرما و الکتریسیته استفاده می‌شود. ترکیب این سه رکن «بستگی انرژی»، «بهره‌وری انرژی»، و «تأمین انرژی از منابع انرژی تجدیدپذیر» رویکرد جدید طراحی کدهای مؤثر انرژی ساختمان را نشان می‌دهند.

در پژوهش حاضر، با ایجاد مدل ساختاری در نرم‌افزار (23) Amos، چگونگی تأثیر متقابل موانع افزایش بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها و راهکارهای کنترل آن تبیین و تشریح شده است. به این منظور راهکارهای اتخاذ شده در سطح جهان، همچون مقررات، تأمین بودجه از طریق وام، تأمین مالی برون‌ترازنامه‌ای، کمک‌هزینه‌ها و یارانه‌ها و مشوق‌های مالی نیز بررسی شده است.

## ۲. مرور ادبیات تحقیق (راهکارهای اتخاذ شده در سطح جهان)

### ۱.۲. مقررات

مقررات، اغلب ابزارهایی دولتی هستند و عملکرد فعالان بازار انرژی را تنظیم می‌کنند. مقررات استانداردهای از پیش تعریف شده و حداقل حدود اجرایی را تحمیل می‌کنند و به رفتارهایی مانند نمایش اطلاعات خاص منجر می‌شوند. با مقررات، به طور غیر مستقیم، اطلاعات مفیدی برای ایجاد بازار فعال فراهم و از این طریق به موانع مالی رسیدگی می‌شود. با محتوای مقررات پیام‌های ساده منتقل می‌شود و یک نیاز خاص هدف

ابهامات موجود در طرح‌های صرفه‌جویی انرژی، مشکلاتی برای وام‌دهندگان و وام‌گیرندگان ایجاد می‌کند.

### ۳.۲. تأمین مالی برون‌ترازنامه‌ای

در تأمین مالی «برون‌ترازنامه‌ای»<sup>۴</sup> بر انتظارات گردش نقدینگی پروژه تکیه می‌شود؛ در حالی که اتکای تأمین مالی از طریق وام بر اعتبار افراد است. قاعده کلی موجود برای تأمین مالی برون‌ترازنامه‌ای گسترش خطر بین فعالان مختلف است. از خصوصیات تأمین مالی برون‌ترازنامه‌ای این است که از طریق آن سرمایه‌گذاران را از ریسک دور می‌شوند. به این ترتیب، می‌تواند به صورت سازوکاری مؤثر برای سرمایه‌گذاری‌های بهره‌وری انرژی ظاهر شود.

ابهامات در میزان دقیق صرفه‌جویی‌های حاصل از یک پروژه بهره‌وری انرژی معین مشکلاتی را در تأمین مالی آن ایجاد می‌کند. علاوه بر این، اندازه نسبتاً کوچک پروژه‌های بهره‌وری انرژی نیز در نظر گرفتن تأمین مالی برون‌ترازنامه‌ای را کم‌تأثیر می‌کند.

### ۴.۲. یارانه‌ها

با برنامه‌های کمک‌های مالی و یارانه‌ها به طور مستقیم یک شکاف مالی پر و حداقل یک تغییر موقت در بازار فراهم می‌شود. با هدف قرار دادن یک شکاف معین در بازار و واکنش مستقیم به آن، یک پیام واضح به فعالان در بازار ارسال می‌شود. به این ترتیب، این برنامه‌ها معمولاً تأثیری بسیار قوی دارد.

کمک‌های مالی محدودیت‌هایی نیز به همراه دارد. عرضه راه‌حل‌های سریع به نیازهای خاص گرایش به تأثیر موقت بر بازار دارد. هرچند بازار به طور کلی در طی این برنامه بهبود خواهد یافت، اما، به محض پایان یافتن آن، نزول خواهد کرد. تنها با آموزش و کمپین‌های اطلاع‌رسانی به صورت موازی چنین نواقصی را می‌توان کاهش داد. علاوه بر این ضعف بالقوه، کمک‌های مالی انعطاف‌پذیری کمی دارد.

قرار می‌گیرد. از این رو معمولاً به‌وضوح از سوی فعالان مختلف درک می‌شود. پرداختن به نیازهای خاص در بازار در مقررات و نبود به‌روزرسانی به طور منظم باعث انعطاف‌ناپذیری مقررات در سطح نظری شده است. هرچند در عمل هم برخی از مقررات، از طریق تحمیل نتایج در عین امکان قابلیت انعطاف در ابزار دستیابی به آن، در نهایت انعطاف‌پذیر هستند.

از جمله ضعف‌های اصلی مقررات گرایش آن‌ها به داشتن تأثیر سطحی و موقت است. مقررات می‌توانند تأثیر موقت قوی داشته باشند؛ اما اثرات آن‌ها، به محض پایان یافتن، محو خواهد شد. هنگامی که مقررات برای مدت زمانی به قدر کافی طولانی حفظ شود، یک تغییر حقیقی در بازار امکان‌پذیر می‌شود. اشکال دیگر مقررات ناتوانی آن‌ها در پاسخ‌گویی سریع به تحولات بالقوه بازار است؛ زیرا استانداردها در یک چارچوب زمانی کوتاه تعدیل نمی‌شود. علاوه بر این در مقررات اغلب برای فعالیت‌هایی فراتر از اهداف اجرایی تعیین شده، پاداشی در نظر گرفته نمی‌شود. از این رو ماهیت ذاتی آن مانع عملکرد بیش از حد یک فعال می‌شود.

### ۲.۲. تأمین بودجه از طریق وام

وام‌ها راه حل مالی امکان‌پذیری هستند. حجم وام‌دهی و سطح نرخ‌های بهره به تقاضا و ذخایر مالی بستگی دارد. انگیزه اصلی وام‌دهندگان، کسب سود از سرمایه مالی است. به طور طبیعی وام‌دهندگان یک نرخ بهره از پیش تعیین شده را در نظر می‌گیرند. به این ترتیب، وام‌دهندگان قبل از اعطای وام به اطلاعاتی در مورد ظرفیت درآمد وام‌گیرندگان نیاز دارند. اعطای وام به دارایی‌های نامطمئن، ریسک بالاتری به دنبال دارد و وام‌دهندگان نرخ بهره بالاتری را در نظر خواهند گرفت.

قرض‌دادن پول به افراد و شرکت‌ها ریسکی قابل‌توجه به همراه دارد. بنابراین وام‌دهندگان به منظور ارائه وام به نرخ بهره بالاتر و احتمالاً سایر ضمانت‌های وثیقه‌ای نیاز خواهند داشت.

## ۲.۵. مشوق‌های مالی

در طرح‌های مالی عموماً مشوق‌های مالی مشخص برای تشویق فعالان بازار به سرمایه‌گذاری‌های بهره‌وری انرژی در نظر گرفته می‌شود. دولت با ایجاد وقفه‌های مالیاتی، ترویج کاربرد بهره‌وری انرژی را دنبال می‌کند. با بروز انگیزه‌های مالی به طور خاص مانع نقدینگی هدف می‌شود. هدف آن ایجاد تقاضا در بازار برای تجهیزات بهره‌وری انرژی است. بازار مسئول ایجاد ابزارهای مناسب برای پاسخ به افزایش تقاضا است. از این رو مشوق‌های مالی انعطاف‌پذیری قابل توجهی عرضه می‌کند.

مشوق‌های مالی برای درک شدن از سوی همه فعالان بازار اغلب فاقد وضوح کافی است و فعالان بازار با درک اساس سود مالی اغلب با فقدان اطلاعات در مورد ابزارهای اجرای طرح روبه‌رو می‌شوند. علاوه بر این لازم است اقدامات مالی برای مدت زمان طولانی دوام داشته باشد تا اطمینان حاصل شود که زمان کافی برای ایجاد سازگاری در بازار هست و ابزارهای کافی و بادوام ایجاد خواهند شد.

## ۳. موانع بهره‌وری مصرف انرژی

با توجه به مبانی نظری، مصاحبه، و مکاتبه با متخصصان و مشاهده شرایط واقعی می‌توان به این نتیجه رسید که موانع بهره‌وری انرژی در مسائل اقتصادی و اجتماعی ریشه دارد. عوامل مؤثر در این زمینه با سه محور اقتصاد خرد، بازار انرژی، و مقاومت در برابر تغییر عادات مشخص می‌شود. محور اقتصاد خرد دربرگیرنده عوامل زیر است:

### توجه به هزینه‌های اولیه ساخت و ساز

اغلب در پروژه‌های ساختمانی فقط بودجه ساخت و نه کل بودجه مورد توجه مستقیم افراد است. «انگیزه‌های ناهماهنگ»<sup>۵</sup>

این مسئله وقتی رخ می‌دهد که یک وکیل به نمایندگی مصرف‌کننده عمل می‌کند، در حالی که به طور کامل منافع مصرف‌کننده را منعکس نمی‌کند.

## هزینه‌های قیمت‌گذاری نشده

مجموعه وسیعی از تأثیرات منفی سوخت‌های فسیلی ناشی از کشف، استخراج، تولید، توزیع، و مصرف قیمت‌گذاری نشده است. به دلیل این هزینه‌های ارزش‌گذاری نشده، مصرف بیشتر انرژی‌های فسیلی از لحاظ اجتماعی مقرون به صرفه به نظر می‌رسد.

### خدمات قیمت‌گذاری نشده

ارزش‌گذاری نکردن خدمات عمومی مانع بهره‌وری انرژی بالا می‌شود. از مهم‌ترین خدمات عمومی، آموزش و پرورش<sup>۶</sup>، تحقیق و توسعه<sup>۷</sup>، و ایجاد اطلاعات کافی<sup>۸</sup> است. محور بازار انرژی دربرگیرنده عوامل زیر است:

### ریسک‌پذیری و ترس از هزینه‌های پنهان

موانع مربوط به دسترسی سرمایه می‌تواند تردیدی در سرمایه‌گذاران بهره‌وری انرژی ایجاد کند. اغلب نرخ‌های بهره موجود در این زمینه از سود سرمایه بیشتر است.<sup>۹</sup> اغلب ابهام در مورد قیمت‌های انرژی در آینده خطرات ادراکی بزرگ‌تر را ایجاد می‌کند. بنا بر این ضوابط سرمایه‌گذاری دقیق‌تر و نرخ مانع بالاتر ایجاد خواهد شد.<sup>۱۰</sup> خلأهای اطلاعاتی نیز در این زمینه نقش دارند.

### سیاست‌های مالی و نظارتی منحرف

مثالی از سیاست‌های مالی منحرف مالیات بر سرمایه در مقابل مالیات بر مصرف است.

### ارزیابی‌های بحث‌برانگیز

شکافی عمیق در خصوص نرخ تنزیل<sup>۱۱</sup> مناسب برای ارزیابی سرمایه‌گذاری‌های بهره‌وری وجود دارد. بسته به در نظر گرفتن سرمایه‌گذاری‌های بهره‌وری انرژی، به مثابه یک سرمایه‌گذاری نامطمئن یا یک سرمایه‌گذاری مطمئن‌تر، نرخ تنزیل کم یا زیاد می‌شود.<sup>۱۲</sup>

محور مقاومت در برابر تغییر عادات فقدان تمایل کافی، فقدان آگاهی کافی، فقدان راه‌حل‌های کافی، و فقدان جنبش کافی را در خود دارد.<sup>۱۳</sup>

5. Perverse Incentives

ع. نک:

Office of Technology Assessment, US Congress, *Industrial Energy Efficiency*.

نک. ۷:

M.A. Brown, "Energy-efficient Buildings: does the Marketplace Work?"; S.M. Oster & J.M. Quigley, "Regulatory Barriers to the Diffusion of Conservation: Some Evidence from Building Codes".

نک. ۸:

Office of Technology Assessment, US Congress, *ibid*; M.D. Levine, et al, "On the Assessment of Utility Demand-side Management Programs".

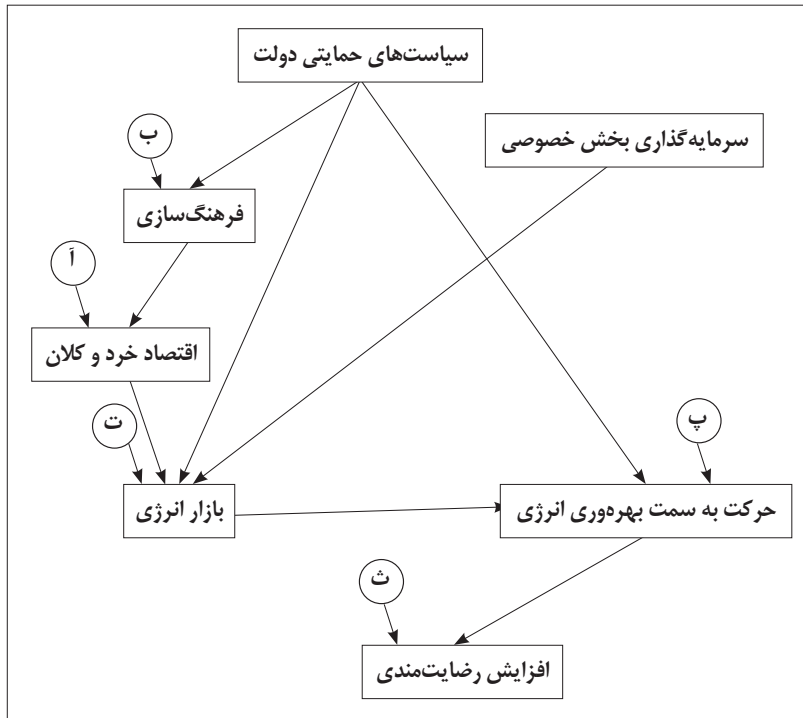
نک. ۹:

J.A. Hausman, "Individual Discount Rates and the Purchase and Utilization of Energy-using Durables"; H. Ruderman, et al, "The Behavior of the Market for Energy Efficiency in Residential Appliances Including Heating and Cooling Equipment"; M.H. Ross, "Capital Budgeting Practices of twelve Large Manufacturers"; M.D. Levine, et al, *ibid*.

۱۰. نک:

K.A. Hassett & G.E. Metcalfe, "Energy Conservation Investment, do Consumers Discount the Future Correctly?"; A.H. Sanstad, et al, "How High Are Options Values in Energy Efficiency Investments?"

ت ۱. مدل ساختاری، طرح: نگارنده.



انگیزه‌های ناهماهنگ، و هزینه‌ها و خدمات‌گذاری نشده است. توجه به اقتصاد کلان می‌تواند از طریق کمک‌های ملی، واقعی شدن قیمت انرژی، و صرفه‌جویی در هزینه‌های جاری صورت پذیرد. این اقدامات می‌تواند در حرکت به سمت بهره‌وری انرژی مؤثر باشد.

این موضوع در پژوهش‌هایی همچون پژوهش لوینز در سال ۱۹۹۲ با عنوان «موانع و فرصت‌های نهادی ساختمان‌های بهره‌وری انرژی»<sup>۱۶</sup> مورد تأیید قرار گرفته است.

دولت می‌تواند از طریق سیاست‌های حمایتی مختلف، همچون مشوق‌های مالی، پشتیبانی فنی، و واقعی شدن قیمت انرژی، در حل معضلات اقتصادی بهره‌وری انرژی مؤثر باشد. همچنین دولت می‌تواند با افزایش آگاهی افراد جامعه از موضوع بهره‌وری

## ۴. دستاوردها

بر اساس تحلیل عاملی و تکمیل پرسش‌نامه‌ها توسط افراد کلیدی (۸ نفر از افراد خبره و آگاه) این نتیجه حاصل شد که در زمینه اجرای اقدامات کاهش مصرف انرژی، مصرف‌گرایی، ضعف در اقتصاد خرد و کلان، بی‌تفاوتی دولت، نبود تمایل نسبت به کاهش مصرف انرژی، ضعف بازار انرژی، ترس از سرمایه‌گذاری برای تجهیزات بهره‌وری انرژی، و ضعف الگوی مصرف همه از مشکلات امروز ما هستند که توجه به رفع آن‌ها اهمیت ویژه دارد.

پس از اطمینان از قابل قبول بودن مدل اندازه‌گیری، معادله ساختاری تدوین شد. به منظور ارزیابی صحت نتایج و ثبات روش، مدل‌سازی معادله ساختاری در (23) AMOS اجرا شد. نتایج پردازش کلی مدل نشان می‌دهد که ساختار عرضه‌شده در «ت ۱» به خوبی با داده‌ها مطابقت دارد. سطح احتمال در این مدل ساختاری ۰/۸۲۹ است که نشان می‌دهد از هزار تحقیق مشابه ۸۲۹ مورد به این مدل خواهد رسید.

در «ت ۲» وزن‌های رگرسیونی (ضرایب تأثیر) به روش برآورد حداکثر درست‌نمایی<sup>۱۴</sup> مشاهده می‌شود.

بر اساس «ت ۱ و ۲ و ۳» دستاوردهای زیر حاصل شده است:

- مصرف‌گرایی ناشی از فقدان تمایلات کافی یا ناتوانی در تصمیم‌گیری مانع اطلاعاتی است که آگاهی کافی در مورد آن وجود ندارد. فقدان راه‌حل‌ها یا مبهم بودن موضوع و جنبش ناکافی است که طبیعت آن به نبود آگاهی مربوط می‌شود؛ اما درعین حال به ناخشنودی یا بی‌میلی نسبت به صرفه‌جویی انرژی و اطمینان نکردن به راه‌حل‌ها را نیز در خود دارد.

این موضوع در پژوهش‌هایی همچون پژوهش گای و شو در سال ۲۰۰۰ با عنوان جامعه‌شناسی در مورد مصرف انرژی در ساختمان‌ها و محیط<sup>۱۵</sup> تأیید شده است.

- اقتصاد خرد تحت تأثیر توجه افراد جامعه به هزینه‌های اولیه،

انرژی از طریق آموزش و تبلیغات عمومی و مردمی بر حل معضلات اجتماعی بهره‌وری انرژی تأثیرگذار باشد.

تأثیرگذاری بیمه حاصل شود. این اقدامات می‌تواند در حرکت به سمت بهره‌وری انرژی مؤثر باشد.

این موضوع در پژوهش‌هایی همچون پژوهش تامپسون در سال ۱۹۹۷ با عنوان «ارزیابی سرمایه‌گذاری‌های بهره‌وری انرژی: بررسی ریسک‌پذیری در فرآیند تنزیل»<sup>۱۸</sup> تأیید شده است.

– فرهنگ‌سازی به طور مرسوم به اقدامات غیر مقرراتی اشاره دارد که نسبت به اقدامات مقرراتی کمتر مداخله‌گرایانه است. این اقدامات به طور معمول از طریق برنامه‌های آموزشی، گردهمایی‌های اطلاع‌رسانی، و برنامه‌نمایش اطلاعات از طریق برچسب‌گذاری صورت می‌پذیرد. این ابزارها در مورد اقدامات بهره‌وری انرژی ایجاد آگاهی می‌کند و به این ترتیب، افزایش تقاضا را باعث می‌شود. به طور قابل توجهی به بالا بردن سطح آگاهی مشتریان کمک می‌کند و تأثیری اساسی بر انگیزه آنان خواهد داشت.

### ۵. بررسی و نتیجه‌گیری

با وجود هزینه‌های قابل توجهی که ساختمان‌های فاقد بهره‌وری انرژی بر مصرف‌کنندگان و جامعه تحمیل می‌کند؛ خانه‌ها، مراکز تجاری، و دفاتر اداری به‌ندرت با توجه به مصرف بهینه انرژی ساخته شده است. شواهد حاکی از شکاف بهره‌وری انرژی انکارناپذیر و دلایل آن فراوان است. اطلاعات به‌دست‌آمده از مبانی نظری، مصاحبه، و مکاتبه با افراد آگاه و متخصص و مشاهده شرایط واقعی و تحلیل عاملی پرسش‌نامه‌ها حاکی از آن است که مصرف‌گرایی، ضعف در اقتصاد خرد و کلان، بی‌تفاوتی دولت، نبود تمایل نسبت به کاهش مصرف انرژی، ضعف بازار انرژی، ترس از سرمایه‌گذاری برای تجهیزات بهره‌وری انرژی، و ضعف الگوی مصرف از موانع اصلی اقتصادی و اجتماعی شناخته شده است.

بر اساس مدل ساختاری «ت ۱» می‌توان راهکارهای زیر

– افزایش رضایت‌مندی نسبت به بهره‌وری انرژی و پیشبرد اقدامات صرفه‌جویی انرژی با امری فراتر از مزاد اقتصادی، که به‌گونه‌ای مثبت به ارتباطات بیرونی کمک کند، حاصل خواهد شد. اقدامات بهره‌وری انرژی با افزایش اعتبار یا سرمایه‌نمادین مالکان و مصرف‌کنندگان خانه‌ها در مقایسه با همسایه‌ها و دوستان می‌تواند رضایت‌مندی افراد را افزایش دهد.

این موضوع در پژوهش‌هایی همچون پژوهش اسوان و ارجان در سال ۲۰۰۶ با عنوان *خانواده‌های شمال اروپا و مسکن پایدار*<sup>۱۷</sup> تأیید شده است.

– ضعف یا قوت بازار انرژی ناشی از اقتصاد خانواده و ترس از سرمایه‌گذاری است. بنا بر این بازار بهره‌وری انرژی با سدهایی مانند اطلاعات ناکافی، انگیزه‌های ناهماهنگ در زنجیره انرژی، یارانه‌های بالا، و فرایندهای ناهمگون ارزیابی روبه‌رو است.

– ترس از سرمایه‌گذاری ناشی از ریسک‌پذیری و ترس از هزینه‌های پنهان، سیاست‌های مالی و نظارتی منحرف و ارزیابی‌های بحث‌برانگیز است. سرمایه‌گذاری مطمئن می‌تواند از طریق مشوق‌های مالی، پشتیبانی فنی، و وضع مقررات و

11. Discount Factors  
12. P. Thompson, "Evaluating Energy Efficiency Investments: Accounting for Risk in the Discounting Process".  
۱۳. نک: م. کاظمی و ح. نمازی، «عوامل بازدارنده اجتماعی بهره‌وری مصرف انرژی در ساختمان در ایران».  
14. Maximum Likelihood Estimation (MLE)  
۱۵. نک: S. Guy & E. Shove, A *Sociology of Energy Buildings and the Environment*.  
۱۶. نک: A. Lovins, *Energy-Efficient Buildings Institutional Barriers and Opportunities*.  
ت ۲. وزن‌های رگرسیونی (ضرایب تأثیر)، تدوین: نگارنده.

مسیر	برآورد	خطای معیار	نسبت بحرانی	سطح معناداری (<0,100)	نتیجه
سیاست‌های حمایتی دولت به فرهنگ‌سازی	۰/۵۷۵	۰/۱۵۶	۳/۶۸۱	***	تأیید شده
فرهنگ‌سازی به اقتصاد خرد و کلان	۰/۲۸۳	۰/۰۸۰	۳/۵۳۰	***	تأیید شده
اقتصاد خرد و کلان به بازار انرژی	۰/۰۷۶	۰/۱۴۵	۰/۵۲۶	۰/۵۹۹	تأیید نشده
سیاست‌های حمایتی دولت به بازار انرژی	۰/۴۹۴	۰/۰۷۶	۶/۴۶۱	***	تأیید شده
سرمایه‌گذاری بخش خصوصی به بازار انرژی	۰/۴۳۷	۰/۱۷۶	۲/۴۸۶	۰/۰۱۳	تأیید شده
بازار انرژی به حرکت به سمت بهره‌وری انرژی	۰/۷۰۸	۰/۱۹۲	۳/۶۸۹	***	تأیید شده
سیاست‌های حمایتی دولت به حرکت به سمت بهره‌وری انرژی	۰/۲۴۳	۰/۱۲۸	۱/۹۰۱	۰/۰۵۷	تأیید شده
حرکت به سمت بهره‌وری انرژی به افزایش رضایت‌مندی	۰/۱۴۷	۰/۰۷۰	۲/۱۰۶	۰/۰۳۵	تأیید شده



می‌شود که به‌خوبی عایق‌بندی شده‌اند. کدهای کارایی انرژی ساختمان نیز شامل حداقل کارایی انرژی تجویزی یا متناوب، حداکثر مصرف انرژی مجاز سیستم‌ها، و اجزای ساختمان است. - به‌کارگیری کدهای انرژی ساختمانی پیشرفته: کدهای سنتی انرژی ساختمان به‌طور عمده بر بهبود بهره‌وری انرژی تمرکز دارد. موج جدیدی از کدهای انرژی ساختمان مسیری جامع و مؤثر به سوی بناهایی با مصرف پایین انرژی و انتشار پایین کربن با اقدامات بسندگی انرژی، اقدامات بهره‌وری انرژی، و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر پیش رو قرار می‌دهد.

اقدامات بسندگی انرژی برای کاهش میزان خدمات انرژی، همچون گرمایش، سرمایش، روشنایی، و ایجاد و حفظ سطح آسایش مورد نیاز در یک ساختمان طراحی شده است. این اقدامات فراتر از ساخت یک ساختمان به مثابه یک عنصر مستقل است و ساختمان را در میان شرایط محیطی وسیع آن قرار می‌دهد. جهت‌گیری ساختمان در مقابل نور خورشید موقعیت آن با توجه به محیط اطراف، الزامات روشنایی روز، و تابش آفتاب بر اساس اصول طراحی زیست‌اقلیمی مورد توجه است. شکل و حجم و جهت‌گیری ساختمان، ضریب سطوح شیشه‌ای، رنگ سقف‌ها و دیوارها، و کاربرد سایه طبیعی عوامل اصلی‌ای هستند که در هنگام اجرای الزامات بسندگی انرژی در مرحله طراحی باید در نظر گرفته شود. جنبه مهم دیگر بسندگی انرژی مربوط به نقطه تنظیم دما است. در بسیاری از ساختمان‌ها را برای رفع یا کاهش موانع بهره‌وری مصرف انرژی بیان کرد: - به‌کارگیری کدهای کارایی انرژی ساختمان: کدهای کارایی انرژی ساختمان مبین این است که کل ساختمان باید یک سیستم مستقل در نظر گرفته شود. برای رویارویی با عوامل مختلف تأثیرگذار بر کارایی انرژی و تعامل این عوامل درک صحیحی از علم ساختمان و نرم‌افزارهای پیچیده مورد نیاز است. عواملی همچون شکل و جهت‌گیری ساختمان، روشنایی روز، جذب خورشیدی و سایه‌اندازی<sup>۱۹</sup>، میزان سطوح شیشه‌ای، پل‌های حرارتی، تهویه طبیعی و مکانیکی، آسایش داخلی، ظرفیت داخلی دستگاه‌ها و تجهیزات، ساکنان، کارایی اجزا و تجهیزات مختلف ساختمان، و کاربرد منابع انرژی تجدیدپذیر باید در روش محاسبه مورد توجه باشد. کارایی انرژی یک ساختمان بر اساس انرژی مورد نیاز سالانه برای رسیدن به سطحی از آسایش کاربران محاسبه می‌شود. این مقدار ممکن است از لحاظ نوع ساختمان، به‌طور مثال ساختمان‌های مسکونی، بهداشتی و آموزشی، حوزه آب‌وهوایی محلی، و الگوی مصرف متفاوت باشد. کارایی انرژی ساختمان معمولاً یا برحسب انرژی اولیه به ازای سطح مؤثر با واحد کیلووات ساعت به متر مربع در سال یا بر حسب میزان انتشار دی‌اکسید کربن به ازای سطح مؤثر نشان داده می‌شود. رویکرد کارایی هم‌افزایی بیشتری را ایجاد می‌کند، از جمله کاربرد بیشتر سطوح شیشه‌ای در جایی که نور روز بیشتری مورد نیاز است. در حالی که ائتلاف انرژی با انتخاب پنجره‌هایی جبران

۱۷. نک:

Örjan Svane, *Nordic Households and Sustainable Housing - Mapping Situations of Opportunity*.

نک: ۱۸.

P. Thompson, *ibid*.  
19. Solar gains and Shading

ت ۳. اثرات کلی استاندارد شده، تدوین: نگارنده.

حرکت به سمت بهره‌وری انرژی	بازار انرژی	اقتصاد خرد و کلان	فرهنگ‌سازی	سیاست‌های حمایتی دولت	سرمایه‌گذاری بخش خصوصی	
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۶۴	۰/۰۰۰	فرهنگ‌سازی
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۴۸	۰/۳۰۹	۰/۰۰۰	اقتصاد خرد و کلان
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۰	۰/۰۳۳	۰/۷۶۰	۰/۲۷۱	بازار انرژی
۰/۰۰۰	۰/۵۸۲	۰/۰۳۵	۰/۰۱۹	۰/۷۴۳	۰/۱۵۸	حرکت به سمت بهره‌وری انرژی
۰/۳۶۴	۰/۲۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰۰۷	۰/۲۷۰	۰/۰۵۸	افزایش رضایت‌مندی

دما بدون در نظر گرفتن آب‌وهوا، فصل یا زمان روز در یک دمای معین ثابت است. در ساختمان‌هایی با الزامات بسندگی انرژی ممکن است اجازه داده شود که دما در یک محدوده مشخص، بر حسب شرایط محیطی بیرونی، مثلاً از ۱۸ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد، متفاوت باشد. این استراتژی به تطبیق دادن لباس کاربران همچون پوشیدن یا درآوردن ژاکت در واکنش به محیط درونی در حال تغییر به جای نیاز به تنظیم سیستم گرمایش یا سرمایش ساختمان متکی است. در نتیجه از مصرف مازاد انرژی جلوگیری می‌کند.

اقدامات بهره‌وری انرژی راه‌حل‌های فنی است که برای عرضه خدمات انرژی و مصارف پایین انرژی طراحی شده است. پیشرفته‌ترین کدهای انرژی ساختمان را یک سیستم مستقل جلوه می‌دهد و در چنین شرایطی حداقل الزامات کارایی انرژی برای ظرفیت کل گرمایش، سرمایش، تهویه، روشنایی، و آب‌گرم ساختمان در نظر گرفته می‌شود. کدهای کارایی انرژی برای ساختمان‌های جدید با بهبود پوشش ساختمان و بهینه‌سازی کارایی آن از طریق الزامات عایق‌بندی و نفوذناپذیری هوا توسعه می‌یابد. بدین صورت تلفات غیر ضروری انرژی کاهش می‌یابد و در نتیجه نیاز به سیستم‌های گرمایش و سرمایش به حداقل می‌رسد و سرمایه‌گذاری برای نیروگاه‌های بیشتر لازم نیست. گام بعدی، تنظیم حداقل الزامات کارایی انرژی برای تجهیزات و سیستم‌ها است تا اطمینان حاصل شود که کارآمدترین فناوری‌های موجود استفاده شده است.

تأمین انرژی از منابع تجدیدپذیر سومین محرک استراتژیک برای دستیابی به ساختمان‌های کم‌انرژی و کم‌کربن است. منابع انرژی تجدیدپذیر نیاز به منابع انرژی مبتنی بر شبکه را کاهش می‌دهد و بعضی مواقع انرژی مازاد تولید می‌کند. انرژی تجدیدپذیر تولیدشده توسط خود ساختمان یا محیط اطراف آن برای تأمین گرمایش و انرژی الکتریسته، در جایی که از لحاظ فنی امکان‌پذیر و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد، می‌تواند استفاده شود.

این موضوع نیاز به تولید «انرژی خارجی»<sup>۲۰</sup> را کاهش خواهد داد و بنا بر این می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی توسط ساختمان‌ها را کاهش دهد.

– **چگونگی عرضه کد انرژی ساختمان مؤثر:** روش بهبود بهره‌وری انرژی در بخش ساختمان از طریق گسترش کدهای انرژی شامل چهار مرحله طراحی، اجرا، نظارت، و ارزیابی است. در این بخش رهنمودهایی عملی برای سیاست‌گذاران بر اساس بررسی کامل تجارب کشورها و بررسی شیوه‌های خوب و نوآورانه عرضه می‌شود. مرحله طراحی شناسایی گام‌ها و شاخص‌های ضروری است که باید در مرحله تدوین کدهای انرژی ساختمان مد نظر باشد. مرحله اجرا مشخص کردن مراحل گوناگون برای اطمینان از اجرای مؤثر کدهای انرژی ساختمان است. مرحله نظارت پیشنهاد روش‌هایی با استفاده از شاخص‌های تعریف‌شده در مرحله طراحی برای بررسی تطابق است. مرحله ارزیابی پیشنهاد روش‌های ارزیابی متفاوت است که هدف طراحی یک استراتژی ارزیابی برای آگاه کردن سازندگان کد انرژی ساختمان از تغییرات ضروری است که آنان باید برای به‌روزرسانی بعدی در نظر بگیرند.

علاوه بر موارد مذکور، با توجه به راهکارهای اتخاذشده در سطح جهان، همچون مقررات، تأمین بودجه از طریق وام، تأمین مالی برون‌ترانزنامه‌ای، یارانه‌ها، و مشوق‌های مالی می‌توان بیان داشت که در این زمینه نخست نیاز به افزایش مشارکت بخش دولتی و خصوصی است. تکمیل این دو منبع تحولات طولانی‌مدت بازار را تسهیل خواهد کرد، در وهله بعد جنبه‌های مختلف موانع اقتصادی باید به طور هم‌زمان بررسی شود، و در وهله سوم تأثیر ماندگار هر سیاست به تحولات بنیادین بازار به افزایش تقاضا نیاز دارد که در جای خود فعالان خصوصی را به عرضه ابزارهای سازگارتر برای بهره‌وری انرژی ترغیب خواهد کرد. در نهایت، بازارها و مداخلات دولتی به‌تنهایی بر موانع اقتصادی غلبه نخواهد کرد. اراده سیاسی قوی ابتدا باید سرمایه‌گذاری‌های بهره‌وری انرژی بخش خصوصی را تقویت کند.



## منابع و مأخذ

کاظمی، محمد، حسین نمازی، «عوامل بازدارنده اجتماعی بهره‌وری مصرف انرژی در ساختمان در ایران»، در فصلنامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، سال دوم، ش ۳ (تابستان ۱۳۹۵).

Brown, M.A. "Energy-efficient Buildings: does the Marketplace Work?", in *Proceeding of the 24th Annual Illinois Energy Conference*, University of Illinois Press, Chicago, Illinois, 1997, pp. 233-255.

Guy, S. & E. Shove. *A Sociology of Energy Buildings and the Environment*, London and New York: Routledge, 2000.

Hassett, K.A. & G.E. Metcalf. "Energy Conservation Investment, do Consumers Discount the Future Correctly?", in *Energy Policy*, 21(1993), pp. 710-716.

Hausman, J.A. "Individual Discount Rates and the Purchase and Utilization of Energy-using Durables", in *Bell Journal of Economics*, 10 (1) (1979), p. 33.

Levine, M.D. & R. Sonnenblick. "On the Assessment of Utility Demand-side Management Programs", in *Energy Policy*, 22(10) (1994), pp. 848-866.

Lovins, A. *Energy-Efficient Buildings Institutional Barriers and Opportunities*, Strategic Issues Paper, E-Source, Boulder, CO, 1992.

Office of Technology Assessment, US Congress. *Industrial Energy Efficiency*, US Government Printing Office, Washington, DC, USA, 1993.

کاظمی، محمد. عوامل مؤثر بر کاهش مصرف انرژی ساختمان، رساله دکتری معماری، استادان راهنما: دکتر هادی ندیمی و دکتر شهرام پوردیپیمی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، بهمن ۱۳۹۶.

Oster, S.M. & J.M. Quigley. "Regulatory Barriers to the Diffusion of Conservation: Some Evidence from Building Codes", in *Bell Journal of Economics*, 8(2) (1977), pp. 361-377.

Ross, M.H. "Capital Budgeting Practices of twelve Large Manufacturers", in *Financial Management*, Vol. 15, No. 4 (1986), pp. 15-22.

Ruderman, H. & M.D. Levine & J.E. McMahon. "The Behavior of the Market for Energy Efficiency in Residential Appliances Including Heating and Cooling Equipment", in *The Energy Journal*, 8(1) (1987), pp. 101-123.

Sanstad, A.H. & C. Blumstein & S.E. Stoft. "How High Are Options Values in Energy Efficiency Investments?", in *Energy Policy*, 23 (1995), pp. 739-743.

Svane, Örjan. *Nordic Households and Sustainable Housing - Mapping Situations of Opportunity*, Copenhagen: TEMANORD, Nordic Council of Ministers, 2002, p. 523.

Thompson, P. "Evaluating Energy Efficiency Investments: Accounting for Risk in the Discounting Process", in *Energy Policy*, Vol. 25, Issue. 12 (1997), pp. 989-996.

۲۰۱۰

۲۶ ۷۹