

## تبیین پارامترهای اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی در مسکن شهری

### (مورد پژوهی: منطقه ۴ شهر تبریز)

ایرج تیموری<sup>۱\*</sup>، فیروز جعفری<sup>۲</sup>، زهرا وکیلی

۱- دانشیار گروه آموزشی جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

۲- دانشیار گروه آموزشی جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه تبریز

Email: iraj\_teymuri@yahoo.com - Tel: 09144518230

۳- کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

#### چکیده

مصرف انرژی مسکونی یکی از بزرگترین حوزه‌های مصرف انرژی در جهان است و در میان تمام مصرف‌های انرژی، مصرف انرژی ساختمان بیشترین سهم را دارا می‌باشد که بیشترین انتشار کربن را به خود اختصاص می‌دهد. هدف پژوهش حاضر نیز تحلیل تأثیر پارامترهای کاهش میزان مصرف انرژی در مسکن شهری است تا ضمن شناسایی پارامترهای تأثیرگذار در کاهش میزان مصرف انرژی مسکن شهری در منطقه چهار تبریز، راهکارهای عملی برای بهبود و کاهش میزان مصرف انرژی در واحدهای مسکونی در منطقه ۴ شهر تبریز شود بدین جهت ابتدا مولفه‌های عمده و تأثیرگذار شامل مولفه‌های ساختمانی، ترکیب خانوار، سبک زندگی، و تجهیزات مسکن که شامل مولفه‌های کیفی و کمی مسکن می‌باشد انتخاب و مورد تحلیل و بررسی و نتیجه‌گیری قرار گرفته است. پژوهش حاضر از نظر هدف از نوع کاربردی و از نظر ماهیت و روش پژوهش از نوع ترکیبی کیفی-کمی است. بخش کیفی شامل شناسایی پارامترهای تأثیرگذار در کاهش مصرف انرژی مسکن شهری در منطقه ۴ شهر تبریز از طریق بررسی مبانی نظری و تئوریک پژوهش و انجام تحلیل دلفی با مشارکت ۱۵ متخصص دانشجویان دکتری، کارشناسان اداره مسکن راه و شهرسازی تبریز و کارشناسان امور مسکن، اساتید دانشگاه به‌عنوان اعضای پانل است. در بخش کمی با استفاده از مدل تحلیل معادلات ساختاری، نوع مؤلفه‌ها با توجه به اثرگذاری و اثرپذیری بر سایر مؤلفه‌ها مشخص شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل تحلیل عاملی تأییدی، تمامی شاخص‌های آشکار رابطه قوی بین متغیر پنهان خود دارند؛ به‌طوری‌که شاخص‌های ترکیب خانوار به ترتیب پارامترهای سن سرپرست خانوار (۰/۹۲۵)، تعداد اعضای خانواده ۷ ساله یا کمتر (۰/۹۰۰)، تعداد اعضای خانواده ۲۱ تا ۸ ساله (۰/۸۳۳)، تعداد اعضا خانوار (۰/۸۲۸)، تعداد اعضای خانواده ۲۲ تا ۵۹ ساله (۰/۸۲۷)، تعداد اعضای خانواده ۶۰ ساله و بیشتر (۰/۸۱۸) را به خود اختصاص داده است. با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها تأکید بر مولفه‌های کیفی بیشترین ارتباط معنایی را با پژوهش حاضر نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: کاهش مصرف انرژی، مسکن شهری، تبریز، منطقه چهار.

## The factors affecting the reduction of energy consumption in urban housing (Tabriz city, Zone 4)

Iraj Teimouri<sup>1\*</sup>, Firouz Jafari<sup>2</sup>, zahra vakili<sup>3</sup>

1- Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, University of Tabriz (Corresponding Author)

2- Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, University of Tabriz

3- Master of Geography and Urban Planning, Tabriz University, Tabriz, Iran

email: iraj\_teymuri@yahoo.com

Received: February 2023 Accepted: May 2023

#### Abstract

The residential sector is one of the largest consumers of energy in the world, and building energy consumption accounts for the majority of carbon emissions. The current study aims to analyze the effect of the parameters of reducing energy consumption in urban housing in order to identify the effective parameters in reducing the energy consumption of urban housing in Chahar region of Tabriz, as well as to find practical solutions to improve and reduce energy consumption in residential units in Tabriz city region 4. As for the nature and method of the research, it is qualitative-quantitative in nature and applied in its purpose. The qualitative part includes identifying influence parameters in reducing the energy consumption of urban housing in the 4th district of Tabriz city by studying the theoretical and theoretical bases of the research and conducting a Delphi analysis with the participation of 15 experts of doctoral students, experts of the Road Housing and Urban Development Department of Tabriz and housing experts, university professors. Using a structural equation analysis model, the type of components has been determined based on their influence and effectiveness. Based on the results obtained from the confirmatory factor analysis model, all the manifest indicators have a strong relationship between their hidden variables; So that the indicators of household composition are the parameters of the age of the head of the household (0.925), the number of family members aged 7 years or less (0.900), the number of family members aged 21 to 8 years (0.833), the number of family members (0.828), the number of family members aged 22 to 59 (0.827), the number of family members aged 60 and over (0.818).

**Keywords:** The factors affecting the reduction of energy consumption in urban housing (Tabriz city, Zone 4)

## مقدمه

به همراه افزایش سریع مصرف انرژی نگرانی‌ها در مورد مشکلات تولید، تخریب منابع انرژی و اثرات شدید زیست محیطی از قبیل نابودی لایه اوزون، گرم شدن کره زمین، تغییرات آب و هوایی و... در جهان افزایش یافته است (Jung et al, 2013:42). مصرف انرژی ساختمان یکی از بزرگ ترین حوزه های مصرف انرژی در جهان است که حدود ۴۰ درصد از مصرف انرژی جهانی را به خود اختصاص می دهد و بیش از ۳۰ درصد از انتشار کربن را به خود اختصاص می دهد (Yang et al, 2014:24). در میان تمام مصرف های ساختمان، مصرف انرژی ساختمان های مسکونی بیش ترین سهم را دارد (Li et al, 2019:10). با توجه به اهمیت این موضوع، توجه جهانی به سمت ارائه راهکارهایی برای کاهش مصرف انرژی در بخش مسکونی، اداری و تجاری معطوف شده است.

مقدار مصرف انرژی ساختمان توانایی بهینه شدن یا مدیریت را داراست، که با به وجود آمدن شبکه هوشمند این توانایی تا حد زیادی توسعه یافته است. همچنین، پتانسیل زیادی برای ذخیره انرژی در ساختمان ها و یا فروش برق به وجود خواهد داشت. در این میان کشورهایی موفق به مدیریت این بحران خواهند شد که با مطالعه و پژوهش، به راهکارهای بهینه دست یابند و سپس مردم جامعه را در راستای اجرای این برنامه‌ها برای کاهش مصرف و جلوگیری از اتلاف انرژی همسو و همراه کنند. به همین جهت محققین در سراسر جهان در تلاش هستند تا با جایگزینی انرژی های تجدید پذیر و اجرای برنامه‌های متنوع مدیریت انرژی و اصلاح الگوی مصرف، مردم را در جریان کاهش و بهینه سازی مصرف انرژی و جلوگیری از اتلاف انرژی با خود همراه کنند. امروزه، بهره‌وری انرژی در ساختمان هدف اصلی در سیاست انرژی در سطوح منطقه ای، ملی و بین المللی است (Pérez-Lombard et al, 2008:15). دستیابی به توسعه پایدار در سطح ملی مستلزم به حداقل رساندن تاثیر ساختمان بر محیط زیست از طریق کاهش مصرف انرژی است (Choi et al, 2016:23). چرا که براساس تعریف توسعه پایدار یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار استفاده از انرژی های تجدید پذیر و کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی می‌باشد. بخش عمده مصرف انرژی در جهان مربوط به ساختمان‌ها، بالاحص ساختمان‌های مسکونی می‌باشد و انرژی در این بخش به شکل حامل‌های انرژی (آب، برق، گاز) مورد استفاده قرار می‌گیرد (کازمیان و همکاران، ۱۳۹۶:۲۲). بخش ساختمان در هر کشور بیش از یک سوم انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص داده، که ارزش آن، به قیمت جهانی، سالیانه بالغ بر شش میلیارد دلار می‌گردد (Lampret et al, 2007:18). همین عوامل باعث شده که استفاده منطقی از انرژی، در رئوس اصلی کار کشورهای فاقد انرژی فسیلی قرار گرفته و آنها را بر آن واداشته که در یکی از مراکز اصلی مصرف انرژی، یعنی ساختمان های مسکونی، مسئله بهینه کردن مصرف انرژی را جدی بگیرند. به تدریج با به وجود آمدن بحران انرژی در نیمه‌ی دهه‌ی ۵۰ شمسی مجدداً مصرف انرژی در ساختمان‌ها و توجه به مسائل بهینه‌سازی مصرف انرژی مورد توجه مجامع بین‌المللی قرار گرفت، بدین ترتیب چندین سال است که کشورهایی مانند آلمان، سوئد، ایتالیا، انگلیس و ... قوانین خاصی در امر ساختمان سازی و بکار بردن عایق های حرارتی، بهبود روش گرمایش و سرمایش و ساختار کلی ساختمان در جهت بهینه کردن مصرف انرژی در آن تدوین نموده اند که لازم الاجرا می باشد. اجرای این موارد نتایج جالبی بدنبال داشته طوری که موفق شده اند با بکارگیری این قوانین تا حدود ۸۳٪ در مصرف انرژی صرفه جویی نمایند. با توجه به ترازنامه سال ۱۳۸۷، مصرف انرژی در بخش ساختمان‌های خانگی و تجاری ایران حدود ۴۰ درصد کل مصرف انرژی می باشد که صرفه جویی حدود ۳۰٪ در آن رقم بسیار قابل توجهی خواهد بود (رضاپور، ۱۳۸۵:۱۴).

در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی مطالعات و تحقیقات فراوانی صورت گرفته است که نمونه‌های آن عبارت اند از ساختمان‌های سبز، ساختمان‌های هوشمند و ... که راهکارها، ضوابط و اقدامات اجرایی آن در جهان ارائه شده است و نمونه آن در بخش صنعت ساختمان ایران مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان است و کاربرد آن اجباری می‌باشد مدیریت مصرف انرژی در ساختمان که بر اساس اصول طراحی مهندسی ساختمان و مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، استانداردها و قوانین مصوب سازمان بهره‌وری ایران و بر پایه هدف صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان تهیه شده است، به شناسایی منابع اتلاف، انواع عایق‌کاری در ساختمان‌ها و روش‌های صرفه‌جویی پرداخته شده است. بنابراین رعایت کوچکترین جزئیات می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش مصرف انرژی در ساختمان را داشته باشد. بنابراین با تصحیح در روشهای ساخت و طراحی ساختمان می‌توانیم به طراحی ایده‌آل در این راستا دست پیدا کنیم. اولین قدم برای رسیدن به این هدف یافتن نقاط ضعف معماری و ارائه راهکارهایی برای بهبود این نقاط ضعف می‌باشد. این پژوهش بر آن است

تا مؤلفه‌های شکل شهری از جمله (تراکم معابر، جهت و ارتفاع ساختمانها، تعداد طبقات و ...) را در راستای چگونگی مصرف انرژی مورد بررسی قرار داده و به راهکار و الگوی قابل قبولی در راستای کاهش مصرف انرژی و به تبع آن بهینه‌سازی مصرف انرژی دست پیدا کند. در این چارچوب بیشتر مشکلات زیست محیطی در جهان به استفاده از سوخت‌های فسیلی مربوط می‌شود. در بخش ساخت و ساز در ایران سالانه مقدار قابل توجهی انرژی مصرف می‌شود. سهم بخش ساختمان و مسکن از مصرف سوخت در سال ۱۳۹۵ حدود ۴۱.۴ درصد بوده است. کل مصرف انرژی در کشور که بیش‌ترین میزان مصرف انرژی است با توجه به سهم زیاد مصرف انرژی نهایی در این بخش، تجزیه و تحلیل دقیق باره ای حرارتی و سرمایه‌ی یک ساختمان و تلاش برای کاهش تلفات انرژی در آن روش‌های موثری برای کاهش مصرف انرژی هستند. بنابراین، اقدامات مدیریت صرفه جویی در انرژی ساختمان‌های مسکونی باید برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اجرا شوند. برای بهبود صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای روشن نشده است. این امر عمدتاً به عوامل زیادی که بر مصرف انرژی مسکونی تاثیر می‌گذارند، نسبت داده می‌شود که نتیجه‌گیری تحلیلی جامع را در مورد آن دشوار می‌سازد. این مطالعه تلاش می‌کند تا به ارزیابی پارامترهای اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی در مسکن در منطقه ۴ شهر تبریز بپردازد و به این سوال پاسخ دهد کدام عوامل در کاهش مصرف انرژی در مسکن موثر می‌باشد؟

### مبانی نظری و پیشینه پژوهش

یک مسکن کم انرژی با طراحی کارآمد و ویژگی‌های فنی مشخص می‌شود که آن را قادر می‌سازد تا استانداردهای زندگی بهتر و راحتی را با مصرف انرژی کم و انتشار کم کربن فراهم کند و امروز استفاده از سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی سنتی در اولویت دوم قرار دارند (Thomas & Duffy, 2013). مسکن کم انرژی می‌تواند به طور عموم ساخت ساختمانی را با توجه به اصول خاص که با هدف به حداقل رساندن مصرف انرژی و رسیدن به یک سطح بالایی از بهره‌وری انرژی را توصیف می‌کند (Hui, 2000) مسکن کم انرژی عبارت است از یک ساختمانی که که مصرف انرژی آن کمتر از ۵۰ تا ۷۰ درصد از یک ساختمان معمولی است، می‌باشد (Torcellini et al, 1999) در راستای رسیدن به مسکن کم انرژی اصطلاح‌های زیادی مطرح شده است که یکی از این اصطلاح‌ها، اصطلاح صفر کربن می‌باشد برای اولین بار در بریتانیا مطرح شد و اخیراً موسسه‌ی مطالعات و تحقیقات مسکن انگلستان مطالعات خود را بر میزان انتشار کربن در ساختمان‌ها متمرکز کرده است و به طور کلی عبارت کربن صفر به مسکنی اطلاق می‌شود که میزان سالیانه انتشار اکسیدکربن در آنها مجموعاً صفر باشد بدین معنی که مصرف انرژی الکتریکی به اندازه‌ای باشد که بتوان با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر آن را تامین کرد (Alkaff et al, 2016) اصطلاح دیگر مسکن مقرون به صرفه از منظر انرژی می‌باشد مقرون به صرفه بودن از نظر انرژی به معنای مدیریت و استفاده کارآمد از انرژی است؛ و در گروه ساختمان‌های کم انرژی قرار می‌گیرد. به عنوان مثال طبق آخرین آمار مسکن ایرانی به طور متوسط ۵٪ تا ۱۰٪ انرژی را به شکل‌های گوناگون هدر می‌دهند (Szafranko, 2022). ساختمان مقرون به صرفه از نظر انرژی می‌تواند به طور عموم، ساخت ساختمانی را با توجه به اصول طراحی خاص که هدف به حداقل رساندن مصرف انرژی و رسیدن به یک سطح بالایی از بهره‌وری انرژی است را توصیف کند.

در طول چند دهه گذشته، مطالعات متعددی برای ارزیابی اثرات عوامل مختلف بر مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی انجام شده است. در پژوهشی پرسون، روز و وال ۱ (۲۰۰۶) نتیجه گرفته‌اند در صورت استفاده از پنجره‌های چند جداره و عایق‌بندی شده سایز پنجره-ها تأثیر چندانی بر نیاز گرمایشی ساختمان در فصل زمستان نخواهد داشت. اما اثر آن بر نیاز سرمایشی در فصل تابستان قابل توجه خواهد بود، هم‌چنین با کاهش مساحت پنجره‌های جنوبی و افزایش سطح پنجره‌های شمالی می‌توان از گرمایش بیش از حد فضای داخلی در تابستان جلوگیری کرد، در فصل سرد انرژی بیش‌تری را در جهت گرمایش تأمین نمود، و دمای فضاهای داخلی را بین ۲۳ الی ۲۶ درجه سانتیگراد حفظ کرد (Person et al, 2006). برونن ۲ و همکاران (۲۰۰۸) نیز مصرف سرانه برق و گاز مسکونی را تابعی از ویژگی‌های فیزیکی ساختمان مسکونی (دوره ساخت و ساز، ساخت ساختمان، تعداد اتاق‌ها، نوع مسکن و ویژگی‌های کیفی و حرارتی ساختمان) و ویژگی‌های دموگرافیکی خانوار (تعداد خانوار، سن سرپرست خانوار، نوع خانوار، تعداد زنان و ...) می‌دانند (Brounen, 2008). در تحقیق دیگری یو و همکارانش ۳ نشان دادند که سایبان و عایق‌بندی دیوارهای خارجی، بهترین راه‌کار برای کاهش مصرف انرژی برق

1 Porson, Roos, Wall

2 Brounen

3 Jikghuaet

است (Yu et al, 2008). همچنین جابز و عجیب (۲۰۱۱) نتیجه گرفتند که در حدود ۲۷/۵۹ درصد از مصرف انرژی سالانه را می‌توان با انتخاب بهترین جهت، اندازه بهینه پنجره‌ها، سایبان‌ها و ضخامت مطلوب عایق صرفه‌جویی نمود (Jaber and Ajib, 2011). از طرفی دیگر کوستا و کوهن (۲۰۱۱) نشان دادند که مصرف برق هر خانه به چگونگی ساخت آن خانه، افراد خانوار، ویژگی آن‌ها و این که چه وسایل برای انجام فعالیت خود در خانه استفاده می‌کنند بستگی دارد (Costa & Kahn, 2011). همچنین از بعد دیگر مصرف انرژی کارلس و همکاران (۲۰۱۳)، مصرف ماهانه انرژی خانگی در میان خانوارهای تک عضوی در تگزاس را بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد فرصت‌های قابل توجهی برای کاهش مصرف و تقاضای انرژی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. همچنین ایجاد یک درک بهتر از عوامل تعیین‌کننده مصرف انرژی خانگی با استفاده روش ارائه شده، دارای توان بالقوه برای کمک به توسعه و پیاده‌سازی استراتژی برای کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری است (Valenzuela et al, 2013). در پژوهش‌های داخلی نیز موضوع به نحو دیگری مورد بررسی قرار گرفته است که می‌توان به این موارد اشاره کرد: قلی زاده و براتی (۱۳۹۱) نشان می‌دهند از بین عوامل موثر بر تغییرات انرژی مصرفی بخش مسکونی، درآمد خانوار بیش‌ترین اثر را بر رشد مصرف انرژی مسکونی داشته و پس از آن رشد جمعیت و بهره‌وری انرژی در جایگاه بعدی قرار دارند (قلی زاده و براتی، ۱۳۹۱). حاجی‌پور و فروزان (۱۳۹۳) نیز به این نتیجه رسیدند که بین الگوی سکونت و میزان مصرف انرژی عملکردی، رابطه همبستگی قوی وجود دارد. همچنین بین کیفیت بنای ساختمان، عمر ساختمان، نوع سازه و مساحت با میزان مصرف انرژی عملکردی رابطه هم بستگی با شدت متوسط برقرار است. همچنین ناصری و مهرگانی (۱۳۹۵) طی پژوهشی در شهر خرم‌آباد به این نتیجه رسیدند که در این نوع اقلیم با کاربری یاد شده، تناسب مربع با نسبت یک به یک (طول به عرض) دارای کم‌ترین اتلاف انرژی نسبت به دیگر نمونه‌ها بوده و همچنین درصد بهینه شفافیت جداره‌ها در نمونه مربع ۳۴/۵ و جهت‌گیری بهینه آن ۸ درجه به سمت شرق بوده است. همچنین پس از انتخاب ابعاد ساختمان با محاسبه مساحت بهینه بازشوها و تعیین جهت‌گیری مناسب بنا می‌توان اتلاف انرژی را کاهش داد.

با مطالعه پیشینه پژوهش به این نتیجه مهم می‌توان رسید که دغدغه میزان مصرف انرژی مختص کشورهای توسعه نیافته نمی‌باشد بلکه در کشورهای توسعه یافته نیز به عنوان مسئله و دغدغه مطرح شده و پژوهش‌هایی انجام گرفته است. برخی از پژوهشگران توجه خود را بر ویژگی‌های معماری ساختمان و مسکن متمرکز نموده‌اند، و برخی ویژگی‌های دموگرافیکی خانوار و در برخی دیگر هر دو جنبه را مورد پژوهش قرار داده‌اند. پژوهش حاضر نیز با در نظر گرفتن دو جنبه از عوامل تأثیرگذار (ویژگی‌های ساختاری و دموگرافیکی) در راستای پژوهش‌های صورت گرفته به تحلیل و ارزیابی در این مقوله پرداخته است.

### روش پژوهش

در طبقه‌بندی انواع پژوهش‌ها می‌توان پژوهش حاضر را از نظر نوع هدف در میان پژوهش‌های کاربردی و به لحاظ نوع روش در طبقه تحقیقات توصیفی - تحلیلی قرار داد. در این پژوهش عوامل تأثیرگذار بر کاهش مصرف انرژی در مسکن با بررسی مبانی نظری موجود شناسایی شدند. مؤلفه‌های استفاده‌شده در این پژوهش، مؤلفه‌های تأثیرگذار بر کاهش مصرف انرژی در مسکن است. برای انتخاب مؤلفه‌ها علاوه بر مطالعه مبانی نظری و پیشینه‌ها، از نظرات متخصصان و کارشناسان در زمینه موضوع مورد بحث و همچنین نظرات استادان دانشگاهی استفاده شده است. در این راستا در این پژوهش از چهار مؤلفه اصلی ویژگی‌های ساختمانی، ترکیب خانوار، سبک زندگی و تجهیزات مسکن استفاده شده است. زیرمؤلفه‌های هر کدام از این چهار مؤلفه اصلی اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی در مسکن شهری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول (۱) مؤلفه‌های اصلی و زیرمؤلفه‌های اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی در مسکن شهری

مؤلفه اصلی	زیرمؤلفه‌ها
۱. قدمت ساختمان	۱. قدمت ساختمان

<sup>1</sup> Jaber, Ajib

<sup>2</sup> Costa, Dara L. Mattheu

۲. جهت گیری واحد مسکونی	
۳. طبقه واحد مسکونی و تراک ساختمانی	
۴. عایق کاری ساختمان	
۵. جهت تهویه (تهویه از یک جهت یا تهویه از دو جهت در واحد مسکونی)	
۶. جنس مصالح	
تعداد اعضا خانوار	ترکیب خانوار
سن سرپرست خانوار	
۳. تعداد اعضای خانواده ۶۰ ساله و بیشتر	
۴. تعداد اعضای خانواده ۲۲ تا ۵۹ ساله	
۵. تعداد اعضای خانواده ۲۱ تا ۸ ساله	
۶. تعداد اعضای خانواده ۷ ساله یا کمتر	
۷. تعداد خانوارهای بی سرپرست	
صرفه جویی در مصرف انرژی وسایل برقی	سبک زندگی
روش های استفاده بهینه از کلر در تابستان	
خاموش کردن لوازم روشنایی و سرمایشی در زمان ترک خانه	
توجه برچسب انرژی لوازم خانگی در هنگام خرید	
آموزش به اعضای خانواده و همکاران در مورد بهینه سازی انرژی	
استفاده بهینه از آب در هنگام استحمام	تجهیزات مسکن
نوع منبع وسایل گرمایشی به عنوان مثال پنل های خورشیدی	
۲. ساعت کار وسایل گرمایشی (بر اساس میانگین کارکرد روزانه ساعت ها)	
۳. استفاده از سیستم های روشنایی هوشمند در ساختمان	
۴. استفاده از درزگیر	
۵. استفاده از پنجره های دو جداره	
۶. استفاده از عایق های حرارتی	
۷. استفاده از ترموستات هوشمند برای تنظیم دما	

## منبع: یافته های پژوهش

بنابراین به دلیل گستردگی موضوع و ابعاد آن، مراحل توسعه آن باید بر مبنای خرد جمعی شناسایی شود؛ از این رو روش دلفی فازی مبنای کار قرار گرفت تا علاوه بر ارتباط مؤثر با خبرگان و دستیابی سریع به اجماع میان نظرات آنان، با به کارگیری اعداد فازی به جای اعداد قطعی، به نتایج نزدیک به واقعیت دست یافت. براین اساس روش تحقیق در دو مرحله طراحی شده است. در مرحله اول، براساس راهنمای ساختاری و تئوریک گسترده که در زمینه پارامترهای اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی در مسکن شهری وجود داشت؛ به منظور شناسایی و استخراج مؤلفه های مؤثر، با بهره گیری از روش نمونه گیری هدفمند، پرسشنامه تدوین شده در اختیار ۱۵ نفر از خبرگان قرار گرفت که شامل استادان دانشگاه (۵ نفر)، دانشجویان دکتری (۴ نفر)، کارشناسان اداره مسکن راه و شهرسازی تبریز (۳ نفر) و کارشناسان امور مسکن (۳ نفر) بودند و براساس چهار ویژگی دانش، تجربه، تمایل و زمان کافی برای شرکت در مراحل دلفی داشتند تا نظرات آن ها، به منظور حصول اطمینان از صحت، دقت، کاربردی بودن و جامعیت مراحل شناسایی و استفاده شد. نکته مهم در اجرای تکنیک دلفی اندازه پانل خبرگان است. در ارتباط با اندازه پانل مورد نیاز برای دلفی سنتی و دلفی فازی اجماع نظر وجود ندارد (Mullen, 2003:42)، اما اندازه معمول ۱۲ تا ۸ نفر بین خبرگان یا بین ۱۰ تا ۱۸ نفر است (Okoli and Pawlowski, 2004: 23).

در مرحله دوم بعد از نهایی شدن مؤلفه‌های پژوهش، از پرسشنامه محقق ساخته برای تبیین پارامترهای اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی در مسکن شهری بهره گرفته شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر در این بخش را صاحب نظران و کارشناسان در زمینه برنامه ریزی مسکن مربوط در این امر تشکیل می‌دهند که از این تعداد ۷۹ نفر به عنوان نمونه آماری با استفاده از روش نمونه‌گیری قضاوتی استفاده شدند. در این نوع نمونه‌گیری، افرادی برای نمونه انتخاب می‌شوند که برای ارائه اطلاعات مورد نیاز در بهترین موقعیت قرار دارند. در ادامه برای بررسی نحوه اثرپذیری و اثرگذاری عوامل بر یکدیگر از مدل‌سازی ساختاری در نرم‌افزار smart-pls استفاده شد. در بخش آمار استنباطی، به دلیل تبدیل متغیرهای تحقیق به متغیرهای شبه‌فاصله، به منظور محاسبه اهمیت یا وجود هر ویژگی، به ترتیب اعداد ۴، ۳، ۲ و ۱ به گزینه‌های بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم اختصاص داده شد. با توجه به اینکه میانگین امتیاز هر سؤال یک عدد بین ۱ تا ۵ است، این معیار برای ارزیابی اهمیت سؤالات یا گزینه‌ها استفاده شده است. برای محاسبه پایایی سؤالات پرسشنامه از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شد که در آن نمره پایایی ۰/۸۷۵ بود و در سطح قابل قبولی قرار داشت.

• مدل‌های معادلات ساختاری معمولاً ترکیبی از مدل‌های اندازه‌گیری و مدل‌های ساختاری هستند که براساس نرم‌افزار Smart-PLS، سنجش پایایی مرکب و مقدار متوسط واریانس استخراج شده محاسبه می‌شود. بنا بر نظر الکساندر و همکاران (۲۰۱۲)، AVE بیشتر از ۰/۵ حاکی از روایی هم‌گراست؛ یعنی متغیر پنهان مورد نظر حداقل ۵۰ درصد واریانس مشاهده‌پذیرهای خود را تبیین می‌کند. نتایج روایی هم‌گرا بنا بر یافته‌های پژوهش فوق AVE برای همه متغیرهای تحقیق بالاتر از ۰/۵ است؛ در نتیجه از روایی هم‌گرا برخوردار است. از دلایل مهم انتخاب روش معادلات ساختاری و به عبارتی ارجحیت روش ذکر شده به سایر روش‌ها جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل موارد زیر می‌باشد:

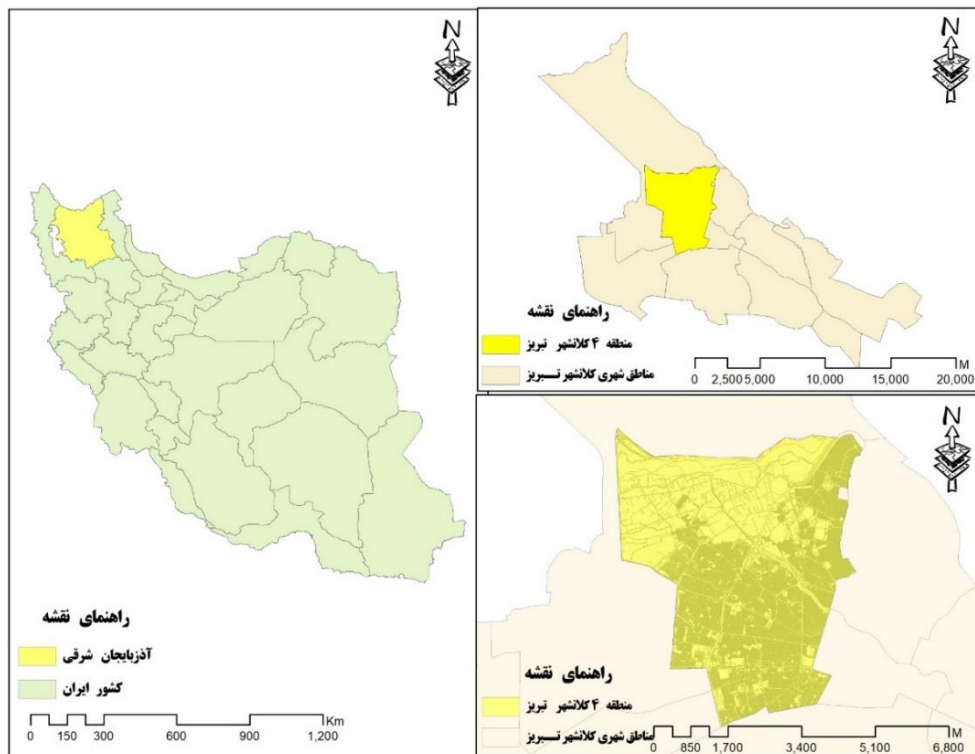
- تخمین روابط چندگانه.
- قابلیت سنجش متغیرهای پنهان.
- محاسبه خطای اندازه‌گیری.
- قابلیت بررسی تاثیر هم خطی.
- آزمون روابط جعلی و غیرواقعی.

### محدوده مورد مطالعه

شهر تبریز در اقلیم سرد ایران و در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. (عرض شمالی جغرافیایی: ۳۸،۱۵ و در طول شرقی جغرافیایی ۴۸،۲۲). اقلیم سرد یکی از اقلیم‌های مهمی است که به طراحی تخصصی نیاز دارد. منطقه ۴ تبریز در مجاورت مناطق ۳، ۸، ۱۰، ۶ و ۷ واقع شده است (نقشه ۱).

بررسی‌ها نشان می‌دهد از سطح کاربری‌های کل در منطقه نیز گویای این امر است که از کل کاربری‌های آن منطقه، حدود ۳۴/۶ درصد معادل ۸۷۹ هکتار به کاربری مسکونی تعلق دارد که سرانه ای معادل ۲۷/۴ متر مربع را شامل می‌شود. مجموع مساحت کاربری‌های خدماتی منطقه نیز بالغ بر ۲۹۷ هکتار است که ۱۱/۷ درصد از مساحت کل کاربری‌های منطقه را شامل می‌شود و سرانه ای برابر ۹۹/۳ متر مربع را شامل می‌شود. همچنین مساحت شبکه معابر و سهم آن از کاربری‌های کل آن منطقه به ترتیب معادل ۵۱۷ هکتار و ۲۰/۳ درصد می‌باشد که سرانه آن نیز معادل ۱۶/۱ مترمربع می‌باشد. مساحت سایر کاربری‌های در منطقه مذکور، معادل ۸۴۹ هکتار و سهم آن از کل اراضی منطقه بالغ بر ۳۳/۴ درصد و سرانه آن نیز برابر ۲۶/۵ متر مربع می‌باشد (مهندسين مشاور نقش محیط، ۱۳۹۱:۶۱۱).





نقشه (۱) معرفی محدوده مورد مطالعه

## تحلیل یافته ها

### بررسی پارامترهای اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی مسکن شهری

در این پژوهش به منظور تبیین پارامترهای اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی در مسکن شهری، مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی مسکن شهری، با مطالعه مبانی نظری جمع‌آوری و سپس به صورت پرسشنامه در قالب روش دلفی فازی تحلیل شد. اعضای پانل خبرگان ۱۵ نفر قرار داده شده‌اند و از آن‌ها خواسته شد با استفاده از متغیرهای کلامی (خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم) نظر خود را درباره هر کدام از پارامترها اعمال کنند. در این میان برای فازی کردن متغیرهای کلامی از اعداد فازی مثلثی که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بهره گرفته شده است.

جدول (۲) اعداد فازی مثلثی معادل طیف لیکرت ۵ درجه

اعداد فازی مثلثی	متغیرهای کلامی
(۱, ۱, ۰.۷۵)	خیلی مهم
(۱, ۰.۷۵, ۰.۵)	مهم
(۰.۷۵, ۰.۵, ۰.۲۵)	متوسط
(۰.۵, ۰.۲۵, ۰)	بی‌اهمیت
(۰.۲۵, ۰, ۰)	خیلی بی‌اهمیت

بر اساس جدول ۳ و یافته‌های حاصل از پرسشنامه در دور اول دلفی و با توجه به اینکه آستانه تحمل مقدار  $0/7$  در نظر گرفته است، از ۲۶ مؤلفه‌ای که در اختیار کارشناسان قرار گرفته است، در مجموع مقدار عددی فازی شده ۲۲ مؤلفه بالاتر از  $0/7$  به دست آمده و به عنوان پارامترها تأثیرگذار در کاهش مصرف انرژی مسکن شهری در منطقه ۴ کلانشهر تبریز تأیید شده است. چهار پارامتر نیز مقداری کمتر از  $0/7$  به دست آوردند که نشان‌دهنده تأییدنشدن این پارامترها توسط کارشناسان به عنوان عامل مهم در کاهش مصرف انرژی مسکن شهری هستند. در ادامه عوامل مستخرج از پرسشنامه‌ها و نتایج بررسی داده‌ها در مرحله اول دلفی فازی در جدول ۳ بیان شده است.

جدول (۳) بررسی پارامترهای اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی مسکن شهری با استفاده از نظر خبرگان (دلفی مرحله اول)

پارامترها	پارامترهای اصلی	کرانه بالا	کرانه وسط	کرانه پایین	میانگین سه کرانه	وضعیت
تأیید شده	قدمت ساختمان	۰/۹۷	۰/۸۴	۰/۶۲	۰/۸۳	تأیید شده
	جهت گیری واحد مسکونی	۰/۹۰	۰/۷۷	۰/۵۶	۰/۷۶	تأیید شده
	عایق کاری ساختمان	۰/۹۲	۰/۷۴	۰/۴۳	۰/۷۰	تأیید شده
	طبقه واحد مسکونی و تراکم ساختمانی	۰/۸۱	۰/۶۱	۰/۳۶	۰/۶۰	تأیید نشده
	جهت تهویه (تهویه از یک جهت یا تهویه از دو جهت در واحد مسکونی)	۰/۹۴	۰/۷۳	۰/۴۴	۰/۷۰	تأیید شده
	جنس مصالح	۰/۹۲	۰/۸۱	۰/۵۳	۰/۷۸	تأیید شده
تأیید شده	تعداد اعضا خانوار	۰/۸۷	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۷۰	تأیید شده
	سن سرپرست خانوار	۰/۸۹	۰/۷۶	۰/۵۱	۰/۷۲	تأیید شده
	تعداد اعضای خانواده ۶۰ ساله و بیشتر	۰/۹۲	۰/۷۳	۰/۴۸	۰/۷۲	تأیید شده
	تعداد اعضای خانواده ۲۲ تا ۵۹ ساله	۰/۹۰	۰/۷۷	۰/۵۲	۰/۷۴	تأیید شده
	تعداد اعضای خانواده ۲۱ تا ۸ ساله	۰/۹۰	۰/۷۵	۰/۵۰	۰/۷۳	تأیید شده
	تعداد اعضای خانواده ۷ ساله یا کمتر	۰/۸۸	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
تأیید نشده	تعداد خانوارهای بی سرپرست	۰/۷۸	۰/۶۳	۰/۳۸	۰/۶۱	تأیید نشده
	صرفه جویی در مصرف انرژی وسایل برقی	۰/۹۶	۰/۸۱	۰/۵۶	۰/۷۷	تأیید شده
	روش های استفاده بهینه از کلر در تابستان	۰/۹۴	۰/۷۷	۰/۵۸	۰/۷۶	تأیید شده
	خاموش کردن لوازم روشنایی و سرمایشی در زمان ترک خانه	۰/۹۵	۰/۷۵	۰/۵۰	۰/۷۴	تأیید شده
	توجه برچسب انرژی لوازم خانگی در هنگام خرید	۰/۹۲	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
	آموزش به اعضای خانواده و همکاران در مورد بهینه سازی انرژی	۰/۹۰	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
تأیید نشده	استفاده بهینه از آب در هنگام استحمام	۰/۸۲	۰/۷۱	۰/۴۵	۰/۶۸	تأیید نشده
	نوع منبع وسایل گرمایشی به عنوان مثال پنل های خورشیدی	۰/۸۶	۰/۷۴	۰/۵۲	۰/۷۲	تأیید شده
	ساعت کار وسایل گرمایشی (بر اساس میانگین کارکرد روزانه ساعت ها)	۰/۸۸	۰/۷۳	۰/۴۹	۰/۷۱	تأیید شده
	استفاده از سیستم های روشنایی هوشمند در ساختمان	۰/۸۶	۰/۷۲	۰/۴۸	۰/۷۱	تأیید شده
	استفاده از درزگیر	۰/۹۱	۰/۷۳	۰/۴۹	۰/۷۰	تأیید شده
	استفاده از پنجره های دو جداره	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۴۴	۰/۷۰	تأیید شده
تأیید شده	استفاده از ترموستات هوشمند برای تنظیم دما	۰/۹۴	۰/۸۱	۰/۵۵	۰/۷۶	تأیید شده
	استفاده از عایق های حرارتی	۰/۸۸	۰/۶۶	۰/۴۱	۰/۶۵	تأیید نشده

## منبع: یافته های پژوهش

در مرحله دوم از روش دلفی فازی ۲۲ مؤلفه تأیید شده از سوی کارشناسان از مرحله اول، در قالب پرسشنامه ای دیگر و برای شروع فاز دوم روش دلفی فازی در اختیار کارشناسان قرار گرفته است. در این مرحله، پس از تحلیل های انجام گرفته و مقایسه آن با نتایج دوره اول، باید اختلاف خبرگان در مقایسه با مرحله قبل از حد آستانه ۰/۲ کمتر باشد تا فرایند نظرسنجی متوقف شود. با مقایسه های صورت گرفته مجموع اختلاف نظر خبرگان در دو مرحله کمتر از ۰/۲ بوده؛ بنابراین دلفی در دور دوم متوقف شده است. براساس جدول ۴ با توجه به مقدار عددی فازی شده در مرحله دوم، تعداد همه مؤلفه، مقداری بالاتر از ۰/۷ به دست آورده اند و خبرگان آن را تأیید کرده اند.



جدول (۴) بررسی پارامترهای اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی مسکن شهری با استفاده از نظر خبرگان (دلفی مرحله دوم)

پارامترها	پارامترهای اصلی	کرانه بالا	کرانه وسط	کرانه پایین	میانگین سه کرانه	وضعیت
ساختمانی	قدمت ساختمان	۰/۸۷	۰/۷۳	۰/۴۸	۰/۷۱	تأیید شده
	جهت گیری واحد مسکونی	۰/۹۳	۰/۷۵	۰/۵۰	۰/۷۳	تأیید شده
	عایق کاری ساختمان	۰/۹۰	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
	طبقه واحد مسکونی و تراکم ساختمانی	۰/۹۲	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
	جنس مصالح	۰/۸۸	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
ترکیب خانوار	تعداد اعضا خانوار	۰/۸۷	۰/۷۵	۰/۵۰	۰/۷۲	تأیید شده
	سن سرپرست خانوار	۰/۹۵	۰/۷۳	۰/۴۸	۰/۷۲	تأیید شده
	تعداد اعضای خانواده ۶۰ ساله و بیشتر	۰/۹۰	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
	تعداد اعضای خانواده ۲۲ تا ۵۹ ساله	۰/۹۰	۰/۷۵	۰/۵۰	۰/۷۳	تأیید شده
	تعداد اعضای خانواده ۲۱ تا ۸ ساله	۰/۹۰	۰/۷۵	۰/۵۰	۰/۷۳	تأیید شده
سبک زندگی	تعداد اعضای خانواده ۷ ساله یا کمتر	۰/۹۳	۰/۷۸	۰/۵۳	۰/۷۶	تأیید شده
	صرفه جویی در مصرف انرژی وسایل برقی	۰/۹۰	۰/۷۷	۰/۵۲	۰/۷۴	تأیید شده
	روش های استفاده بهینه از کلر در تابستان	۰/۹۳	۰/۷۳	۰/۴۸	۰/۷۲	تأیید شده
	خاموش کردن لوازم روشنایی و سرمایشی در زمان ترک خانه	۰/۹۰	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
	توجه برچسب انرژی لوازم خانگی در هنگام خرید	۰/۹۲	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
تجهیزات مسکن	آموزش به اعضای خانواده و همکاران در مورد بهینه سازی انرژی	۰/۹۰	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
	نوع منبع وسایل گرمایشی به عنوان مثال پنل های خورشیدی	۰/۹۳	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۱	تأیید شده
	ساعت کار وسایل گرمایشی (بر اساس میانگین کارکرد روزانه ساعت ها)	۰/۸۷	۰/۷۳	۰/۴۸	۰/۷۱	تأیید شده
	استفاده از سیستم های روشنایی هوشمند در ساختمان	۰/۸۷	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
	استفاده از درزگیر	۰/۹۳	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۱	تأیید شده
تجهیزات مسکن	استفاده از پنجره های دو جداره	۰/۹۲	۰/۷۲	۰/۴۷	۰/۷۰	تأیید شده
	استفاده از ترموستات هوشمند برای تنظیم دما	۰/۹۵	۰/۷۷	۰/۵۲	۰/۷۵	تأیید شده

منبع: یافته های پژوهش

### بررسی میزان اهمیت و نحوه اثرگذاری و اثرپذیری پارامترهای شناسایی شده

برای بررسی میزان اهمیت و نحوه تأثیرگذاری پارامترهای شناسایی شده در این بخش از پژوهش بعد از تثبیت پارامترهای پژوهش از سوی خبرگان به سنجش بارهای عاملی یا تحلیل عاملی و بررسی قدرت رابطه متغیر پنهان و آشکار پرداخته شده است و برای سنجش عملکرد کلی مدل، به بررسی برازش نیکویی با توجه به چند شاخص پرداخته ایم.

### سنجش بارهای عاملی

در تحلیل عاملی تأییدی پیش فرض اساسی این بوده است که هر عامل با زیرمجموعه خاصی از متغیرها ارتباط دارد. قدرت رابطه بین عامل (متغیر پنهان) و متغیر قابل مشاهده به کمک بار عاملی نشان داده شده است. در جدول ۶، متغیرهای پژوهش به همراه گواههای مربوط به آن ها در ابزار پژوهش و بارهای عاملی آن ها که از نرم افزار SmartPls استخراج شده، آورده شده است.

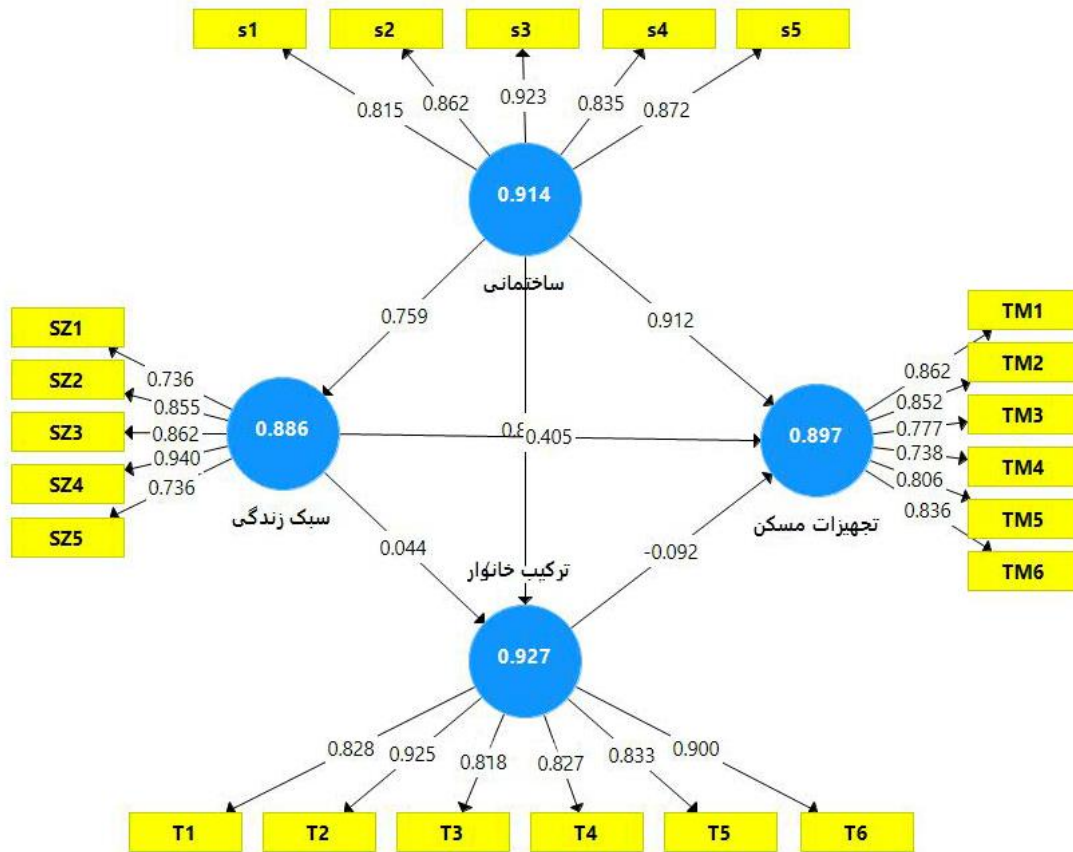
جدول (۶) نتایج بارهای عاملی

پارامترها	کدگذاری در PLS	تجهیزات مسکن	ترکیب خانوار	ساختمانی	سبک زندگی
سبک زندگی	SZ1	*	*	*	۰.۷۳۶
	SZ2	*	*	*	۰.۸۵۵
	SZ3	*	*	*	۰.۸۶۲
	SZ4	*	*	*	۰.۹۴۰
	SZ5	*	*	*	۰.۷۳۶
ترکیب خانوار	T1	*	۰.۸۲۸	*	*
	T2	*	۰.۹۲۵	*	*
	T3	*	۰.۸۱۸	*	*
	T4	*	۰.۸۲۷	*	*
	T5	*	۰.۸۳۳	*	*
	T6	*	۰.۹۰۰	*	*
تجهیزات مسکن	TM1	۰.۸۶۲	*	*	*
	TM2	۰.۸۵۲	*	*	*
	TM3	۰.۷۷۷	*	*	*
	TM4	۰.۷۳۸	*	*	*
	TM5	۰.۸۰۶	*	*	*
	TM6	۰.۸۳۶	*	*	*
ساختمانی	s1	*	*	۰.۸۱۵	*
	s2	*	*	۰.۸۶۲	*
	s3	*	*	۰.۹۲۳	*
	s4	*	*	۰.۸۳۵	*
	s5	*	*	۰.۸۷۲	*

## منبع: یافته های پژوهش

اطلاعات جدول ۶ نشان می‌دهد مقادیر تمامی بارهای عاملی گویه‌ها بالاتر از ۰/۵ است که برای محاسبه متغیرهای پنهان مدل مقیاس بسیار قابل قبولی به حساب می‌آیند. مقدار بار عاملی بین ۰/۲ تا ۰/۳ نشان‌دهنده مقیاس ضعیف است و احتمالاً باید از مدل حذف شود. بارهای عاملی بین ۰/۳ تا ۰/۵ نشان می‌دهد متغیر مشاهده شده دارای مقیاس نسبتاً ضعیفی بوده، ولی در عین حال برای ادامه آنالیز کفایت می‌کند. مقادیر بزرگ‌تر از ۰/۵ نیز نشان می‌دهند متغیر مشاهده‌پذیر مقیاس قابل اطمینانی برای محاسبه متغیر پنهان است. براساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل تحلیل عاملی تأییدی، تمامی شاخص‌های آشکار رابطه قوی بین متغیر پنهان خود دارند؛ به طوری که شاخص‌های ترکیب خانوار به ترتیب پارامترهای سن سرپرست خانوار (۰/۹۲۵)، تعداد اعضای خانواده ۷ ساله یا کمتر (۰/۹۰۰)، تعداد اعضای خانواده ۲۱ تا ۸ ساله (۰/۸۳۳)، تعداد اعضا خانوار (۰/۸۲۸)، تعداد اعضای خانواده ۲۲ تا ۵۹ ساله (۰/۸۲۷)، تعداد اعضای خانواده ۶۰ ساله و بیشتر (۰/۸۱۸) را به خود اختصاص داده است.

از پارامترهای سبک زندگی شهروندان در جهت کاهش مصرف انرژی مسکن شهری به ترتیب بیشترین رابطه به این عوامل بستگی دارد: توجه برچسب انرژی لوازم خانگی در هنگام خرید (۰/۹۴۰)، خاموش کردن لوازم روشنایی و سرمایشی در زمان ترک خانه (۰/۸۶۲)، روش‌های استفاده بهینه از کلر در تابستان (۰/۸۵۵)، صرفه جویی در مصرف انرژی وسایل برقی (۰/۷۳۶)، آموزش به اعضای خانواده و همکاران در مورد بهینه‌سازی انرژی (۰/۷۳۶) و از پارامترهای تجهیزات مسکن به ترتیب نوع منبع وسایل گرمایشی به عنوان مثال پنل‌های خورشیدی (۰/۸۶۲)، ساعت کار وسایل گرمایشی (بر اساس میانگین کارکرد روزانه ساعت‌ها) (۰/۸۵۲)، استفاده از ترموستات هوشمند برای تنظیم دما (۰/۸۳۶)، استفاده از پنجره‌های دو جداره (۰/۸۰۶)، استفاده از سیستم‌های روشنایی هوشمند در ساختمان (۰/۷۷۷) و استفاده از درزگیر (۰/۷۳۸) به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۲).



شکل (۲) نتایج تجزیه و تحلیل بارهای عاملی در PLS

منبع: یافته های پژوهش

### برازش نیکویی مدل

در مدل سازی حداقل مربعات جزئی، شاخصی به نام نیکویی برازش پیشنهاد شده است. این شاخص هر دو مدل اندازه گیری و ساختاری را مدنظر قرار می دهد و به عنوان معیاری برای سنجش عملکرد کلی مدل به کار می رود. برای محاسبه میانگین یا متوسط مقادیر اشتراکی متغیرهای مدل، از خروجی الگوریتم PLS در قسمت شاخص های کیفی مدل استفاده شده و نتایج آن در جدول ۸ آمده است. با توجه به نتایج به دست آمده، تمامی شاخص های بررسی شده نیکویی برازش مدل تأیید می شود که نشان دهنده میزان هم خوانی مناسب بین داده های تجربی با مدل مفهومی و نظری تحقیق است.

جدول (۸) نیکویی برازش مدل

نتیجه	مقدار قابل تأیید	مدل تخمینی	مدل استاندارد	نوع شاخص
تأیید نیکویی	نزدیک به صفر	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	SRMR ریشه میانگین استاندارد شده مجذور باقی مانده
تأیید نیکویی	کمتر از ۰/۹۵	۰/۹۱۰	۰/۹۱۰	d_ ULS مربع فاصله اقلیدسی
تأیید نیکویی	کمتر از ۰/۹۵	۰/۹۱۴	۰/۹۱۴	d_ G فاصله هندسی
تأیید نیکویی	بیش از ۵۰	۷۶/۳۰۷	۷۶/۳۰۷	Chi-Square کای اسکور
تأیید نیکویی	بیش تر از ۰/۹	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	NFI شاخص برازش هنجار شده

منبع: یافته های پژوهش

### نتیجه گیری

کارایی انرژی در توسعه پایدار شهری به عنوان کلیدی مطرح است. منظور از این مولفه، در واقع مصرف بهینه و کارآمد انرژی با هدف کاهش رشد تقاضای انرژی و مصرف سوخت فسیلی و همچنین افزایش انرژی پاک است به عبارتی یکی از راهبردهای مهم در دستیابی به توسعه پایدار شهری دستیابی به سه اصل؛ صرفه جویی در مصرف انرژی، کارآمدی انرژی و استفاده از انرژی های تجدید پذیر

است بنابراین علی رغم تعداد زیاد مطالعات در حوزه کاهش مصرف انرژی مسکن شهری، درک بهتری از روابط کمی موجود بین متغیرهای مشخصه و مصرف انرژی مسکونی روشن نشده است. بیشتر مطالعات تا به امروز براساس اطلاعات مربوط به کل مصرف انرژی یا نوع انرژی (به عنوان مثال، انرژی الکتریکی، گاز طبیعی)، به جای مصرف انرژی استفاده داخلی مسکونی بوده است. جانگ و همکارانش یک مدل مصرف انرژی بلوکی آپارتمانی را با در نظر گرفتن رفتار ساکنان توسعه دادند تا تغییرات در مصرف انرژی واقعی در آپارتمان ها را منعکس کنند. بنابراین، به منظور تشویق موثر ساکنان به صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای، نیاز به انجام یک تجزیه و تحلیل کمی در مورد تبیین پارامترهای اثرگذار بر کاهش مصرف انرژی در مسکن شهری وجود دارد تا شهروندان و مدیران شهری درک درستی از کاهش مصرف انرژی داشته باشند. این پژوهش در تلاش است با تبیین پارامترهای موثر در کاهش مصرف انرژی در مسکن شهری منطقه ۴ کلانشهر تبریز بپردازد از این رو در پژوهش حاضر با توجه به اهمیت و جایگاه مصرف انرژی بالاخص در حوزه مسکن شهری به عنوان مهم ترین الزام شناخته شد پژوهش حاضر در مقایسه با سایر پژوهش های علمی و پیشینه مطالعه شده در این زمینه پارامترهای فیزیکی و دموگرافیکی را در مصرف انرژی ساختمان به طور همزمان و تکمیلی تر جهت مقایسه میزان تاثیر پذیری هر یک از این پارامترها مورد بررسی قرار داده است، و با بهره گیری از مطالعات کتابخانه ای و اسنادی و همچنین تکنیک دومرحله ای دلفی مؤلفه های تأثیرگذار بر کاهش مصرف انرژی مسکن شهری در منطقه مورد مطالعه در چهار متغیر سبک زندگی، ترکیب خانوار، تجهیزات مسکن، ساختمانی تقسیم بندی شدند و خروجی تکنیک دلفی در مجموع ۲۲ گویه و مؤلفه تأثیرگذار بر کاهش مصرف انرژی است. براساس نتایج به دست آمده از مدل تحلیل عاملی تأییدی، تمامی شاخص های آشکار رابطه ای قوی بین متغیر پنهان خود دارند و در میان شاخص های بررسی شده بیشترین تأثیر با ضریب بیشتر از ۰/۹۰ مربوط به متغیر ساختمانی و ترکیب خانوار است؛ زیرا قدمت ساختمان، جهت گیری واحد مسکونی، عایق کاری ساختمان، طبقه واحد مسکونی و تراکم ساختمانی و جنس مصالح می تواند در کاهش مصرف انرژی موثر باشند. بنابراین نتیجه پژوهش با نتایج پیشینه پژوهش همراستا می باشد. با توجه به یافته های پژوهش به کارگیری پیشنهادات زیر حائز اهمیت خواهد بود: ۱- نوسازی و بهسازی واحدهای مسکونی با قدمت بیش از ۱۵ سال ۲- عایق کاری ساختمانی که می تواند در صرفه جویی و کاهش اتلاف انرژی در ساختمان ها کمک بسیاری نماید. ۳- استفاده از مصالح ساختمانی پایدار و مناسب چرا که باعث کاهش مصرف انرژی و افزایش سلامتی محیط زیست می شود چرا که این مصالح پایدار، کاهش مصرف سوخت برای گرمایش ساختمان ها، کاهش نشر آلاینده های هوا و گازهای گلخانه ای را در پی دارد.

## منابع و ماخذ

- حاجی‌پور، خلیل. و فروزان، نرجس. (۱۳۹۳). بررسی تاثیر فرم شهر بر میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی، نمونه موردی: شهر شیراز. نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، ۱۹(۴)، صص ۱۷-۲۶.
- رضاپور، کامبیز. (۱۳۸۵)، مبانی صرفه‌جویی و اصول مدیریت انرژی، تهران: سازمان بهره‌وری انرژی ایران.
- رفیعیان، مجتبی. مسعودی راد، ماندانا. رضائی، مریم. و مسعودی راد، مونا. (۱۳۹۳). سنجش میزان رضایتمندی ساکنان از کیفیت سکونتی مسکن مهر مورد شناسی: مهرشهر زاهدان. جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، ۴(۱۲)، ۱۳۵-۱۵۰.
- قلی زاده، علی اکبر. و براتی، جواد (۱۳۹۱)، تحلیل عوامل موثر بر مصرف انرژی خانگی و برق مصرفی خانوار در ایران با تأکید بر بهره‌وری انرژی. فصلنامه پژوهشی - علمی اقتصاد و تجارت نوین، دوره ۷، شماره ۲۵، صص ۱۶۷.
- کاظمیان، غلامرضا. رسولی، افشین. و خزایی، محمد مهدی. (۱۳۹۶). جایگاه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر در زیست پذیرانه کردن شهرها، مطالعه موردی شهر تهران. فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش و برنامه ریزی شهری، ۸(۲۹)، ۹۹-۱۱۸.
- ناصری، آبت. و مهرگان، آرش (۱۳۹۶)، بررسی تاثیر خصوصیات فیزیکی ساختمان های مسکونی بر میزان مصرف انرژی (مطالعه موردی شهر خرم آباد)، دوفصلنامه معماری و شهرسازی ایران، دوره: ۸، شماره: ۱۴.
- Jung, D. K., Lee, D. H., Shin, J. H., Song, B. H., & Park, S. H. (2013). **Optimization of energy consumption using BIM-based building energy performance analysis**. In Applied Mechanics and Materials (Vol. 281, pp. 649-652). Trans Tech Publications Ltd.
- Yang, L., Yan, H., & Lam, J. C. (2014). **Thermal comfort and building energy consumption implications—a review**. Applied energy, 115, 164-173.
- Li, G., Kou, C., & Wang, H. (2019). **Estimating city-level energy consumption of residential buildings: A life-cycle dynamic simulation model**. Journal of environmental management, 240, 451-462.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). **A review on buildings energy consumption information**. Energy and buildings, 40(3), 394-398.
- Choi, J., Shin, J., Kim, M., & Kim, I. (2016). **Development of openBIM-based energy analysis software to improve the interoperability of energy performance assessment**. Automation in Construction, 72, 52-64.
- Lampret, M., Bukovec, V., Paternost, A., Krizman, S., Lojk, V., & Golobic, I. (2007). **Industrial energy-flow management**. Applied energy, 84(7-8), 781-794.
- Coyle, E. D., & Simmons, R. A. (2014). **Understanding the global energy crisis**. Purdue University Press.
- Thomas, W. D., & Duffy, J. J. (2013). **Energy performance of net-zero and near net-zero energy homes in New England**. Energy and Buildings, 67, 551-558.
- Szafranko, E. (2022). **Assessment of the economic efficiency of energy-saving projects, methodology based on simple and compound methods**. Energy Science & Engineering, 10(2), 423-438.
- Alkaff, S. A., Sim, S. C., & Efsan, M. E. (2016). **A review of underground building towards thermal energy efficiency and sustainable development**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 60, 692-713.
- Person ML, Roos A, Wall M (2006). **In Flaence of window size on the energy balance of low enrgy houses, Energy and Baildhgs**, Nol. 38, pp. 181-188.

- Brounen, D., Kok, N., & Quigley, J. M. (2012). **Residential energy use and conservation: Economics and demographics**. *European Economic Review*, 56(5), 931-945.
- Yu, J., Yang, C., & Tian, L. (2008). **Low-energy envelope design of residential building in hot summer and cold winter zone in China**. *Energy and Buildings*, 40(8), 1536-1546.
- Costa, D. L., & Kahn, M. E. (2011). **Electricity consumption and durable housing: understanding cohort effects**. *American Economic Review*, 101(3), 88-92.
- Valenzuela, C., Valencia, A., White, S., Jordan, J. A., Cano, S., Keating, J., & Potter, L. B. (2014). **An analysis of monthly household energy consumption among single-family residences in Texas, 2010**. *Energy Policy*, 69, 263-272.