

چکیده

برنامه‌ریزی ساخت مسکن پس از زلزله، به جهت پیچیدگی و غامض بودن آن، به‌خصوص در شهری مانند تهران، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی که بازسازی فرصتی است برای بهسازی و توسعه، به‌کارگیری تکنولوژی‌های مقتضی ساخت امری اجتناب‌ناپذیر است، زیرا سبب افزایش سرعت ساخت، کاهش هزینه‌ها و مصرف انرژی، سازگاری با محیط‌زیست، سبک‌سازی، مقاوم‌سازی و نهایتاً افزودن به عمر مفید بنا می‌شود. با توجه به ابعاد گسترده فناوری، هزینه‌های بالای اجرا و نیاز به داشتن دانش و درک صحیح از شرایط پسا‌ساخته، به‌کارگیری تکنولوژی مناسب ساخت مسکن ضروری بوده و مستلزم شناخت درستی از شاخص‌ها است. این پژوهش به دنبال شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های تکنولوژی به منظور انتخاب سیستم ساخت مناسب مسکن دائم پس از زلزله در شهر تهران است. روش تحقیق، ترکیبی از روش‌های کیفی و کمی بر اساس استراتژی تحلیلی و اکتشافی است. بعد از مرور مقالات، اسناد، متون تخصصی و بررسی تجارب حاصل از مطالعات پیشین، شاخص‌ها استخراج گردیدند، سپس با روش دلفی طبقه‌بندی عوامل صورت گرفت و به تأیید متخصصان رسید و از طریق تکنیک آنروبی شانون رتبه‌بندی شد. در مجموع، دوازده عامل که شامل مدیریت ساخت و اجرا، هزینه، اجزای ساخت، نوع مصالح، زمان، پیش‌ساخته‌سازی، مصرف انرژی، ایمنی، ویژگی‌های فرهنگی و اجتماعی، شرایط زیست‌محیطی و تناسب با طرح معماری شناسایی شدند. نتایج نشان داد که کیفیت، دوام و مقاومت بالای مصالح، به‌کارگیری استانداردهای موجود صنعت ساخت، سازه اصلی، تأمین نور فضا، انرژی حداقل جهت تطابق اقلیمی و لحاظ کردن ویژگی‌های خاص در مناطق مختلف شهر تهران به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های تکنولوژی ساخت مسکن پس از زلزله هستند. **واژگان کلیدی:** تکنولوژی ساخت، مسکن دائم، روش دلفی، تکنیک شانون، زلزله.

شناخت و اولویت‌بندی شاخص‌های تکنولوژی ساخت مسکن دائم پس از زلزله در تهران

مریم منتظریون

کارشناس ارشد بازسازی و دانشجوی دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

فاطمه مهدی‌زاده سراج (نویسنده مسئول)

استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران، mehdizadeh@iust.ac.ir

۱- مقدمه

تحت فشار قرار گرفتن مسئولین در تسریع بخشیدن به مراحل ساخت، این روند را بغرنج می‌کند (Lizarralde et al., 2009). در روند طراحی و اجرای مسکن، همواره مؤلفه‌های فنی، سرعت اجرا و صرفه اقتصادی مورد توجه قرار می‌گیرند (Shahpari et al., 2019). از جمله مؤلفه‌های تکنولوژی ساخت مسکن، با توجه به مرور متون تخصصی در حوزه تحقیق، می‌توان به نوع سیستم سازه‌ای، سرعت اجرا، هزینه پایین، سبک بودن،

در بسیاری از کشورهای آسیب‌دیده از زلزله، مهم‌ترین مشکل پس از یک زلزله بزرگ، تأمین مسکن دائمی و بازگشت جامعه به شرایط عادی است و این فرآیند بسته به میزان توسعه‌یافتگی کشورها متغیر است (Tas et al., 2010). به‌گفته برخی متخصصین، بازسازی مسکن در شرایط خاص متفاوت از ساخت توسعه آن در شرایط عادی و امری پیچیده است؛ بدین معنی که سرعت بالا در تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی و اجرای طرح و همچنین

اجرای این مراحل متغیر بوده و ممکن است با یکدیگر همپوشانی داشته باشند (Davis & Alexander, 2016). هدف بسیاری از برنامه‌های بازسازی، «بازسازی بهینه‌تر از پیش» است، به معنای خانه‌سازی ایمن‌تر و باکیفیت‌تر در ابعاد سازه‌ای و غیر سازه‌ای نسبت به قبل از سانحه که شامل اقداماتی برای جلوگیری از تکرار یا تشدید آسیب‌ها در فرآیند بازسازی می‌باشد (Fernandez & Ahmed, 2019). در فرآیند بازسازی، ساخت مسکن در راستای پاسخگویی به نیازهای خانوارهای آسیب‌دیده متناسب با ظرفیت‌ها، منابع، نوع مالکیت و وضعیت اقتصادی آنها احداث می‌گردد (SKAT & IFRC, 2012). هرچند سیاست‌های اتخاذ شده مؤسسات و آژانس‌ها در زمان بازسازی به نحوی است که عموماً تنوع خانوارها، نیازها و خواسته‌های آنها را در نظر نگرفته، ویژگی‌های اجتماعی ساکنان را به هم تعمیم داده و اعضای جامعه را به‌عنوان بخشی همگن در نظر می‌گیرند. بنابراین، اغلب چگونگی تأثیر سیاست‌ها و تصمیمات بر رده‌های مختلف ساکنان به شیوه‌ای متمایز مغفول می‌ماند (Fayazi & Lizarralde, 2019).

۲-۲- تکنولوژی

تکنولوژی را می‌توان دانش، محصولات، فرایندها، ابزارها، روش‌ها و سیستم‌هایی تعریف کرد که در جهت خلق و ساخت کالاها و ارائه خدمات به کار گرفته می‌شوند. به زبان ساده تکنولوژی، روش انجام کارها توسط انسان و ابزاری است که به‌وسیله آن می‌توانیم به اهداف خود دست یابیم. گالبرایت تکنولوژی را به مفاهیمی چون کاربرد منظم علمی، معلومات علمی، مجموعه معلومات هر اجتماع در زمینه حرفه‌ها، نوآوری‌های مهم و تحقق بخشیدن به تکنیک بیان می‌کند (Taghi Zadeh, 2015). تکنولوژی در ساختمان به مؤلفه‌های انسان، طبیعت، ابزار و فرآورده‌ها و رابطه آنها با یکدیگر در چهار عرصه دسته‌بندی می‌گردد که به شرح زیر است:

۲-۱- حوزه اقتصادی

این حوزه به بحث در مورد جنبه‌های اقتصادی و مالی

تطابق اقلیمی، سازگاری با محیط‌زیست، در دسترس و بومی بودن مصالح، مصرف پایین انرژی در روند ساخت و بهره‌برداری، وابستگی کم به نیروی کار ماهر و متخصص و قابلیت توسعه آن، اشاره نمود. در راستای دستیابی به ساخت مطلوب پس از زلزله، شناسایی و اولویت‌بندی این مؤلفه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. انتخاب صحیح فناوری‌های ساخت می‌تواند مسائل عدیده آسیب‌دیدگان را به میزان قابل توجهی کاهش داده و در زمان و هزینه پروژه‌های بازسازی صرفه‌جویی به عمل آورد (Davis & Alexander, 2016).

تهران به علت دارا بودن گسل‌های فعال، تمرکز شدید جمعیتی و کالبدی در معرض آسیب‌پذیری بالایی بوده و نیازمند برنامه‌ریزی بازسازی مسکن دائم پس از زلزله احتمالی است. از این‌رو مقاله حاضر به دنبال ارزیابی میزان اهمیت به کارگیری تکنولوژی در معیارهای مسکن دائم و اولویت‌بندی آنهاست. در راستای دستیابی به هدف، رسیدن به پاسخ سؤالات زیر ضروری می‌نماید.

۱. شاخص‌های تکنولوژی ساخت مسکن دائم پس از زلزله در شهر تهران کدام است؟
۲. اولویت و تقدم شاخص‌های تکنولوژی ساخت مسکن دائم کدام‌هاست؟

پژوهش حاضر به لحاظ ساختاری پیرامون مبحث تکنولوژی ساخت مسکن دائم و شرایط اجرای آن در وضعیت پسا‌سانحه است که در مقدمه و مبانی نظری به تفصیل بیان شده است. در پیشینه تحقیق تلاش شده حوزه تحقیق از منظر داخلی و خارجی مورد بررسی قرار گیرد. در ادامه روش‌شناسی پژوهش به همراه جداول مرتبط و یافته‌های حاصل از آن نشان داده شده است. سپس محدوده مورد مطالعه که شهر تهران است مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت یافته‌ها، تحلیل و نتایج نهایی به دست آمد.

۲- مبانی نظری

۲-۱- اسکان پس از سانحه

اسکان پس از سانحه به سه مرحله سرپناه اضطراری، مسکن موقت و دائم تقسیم می‌شود (SKAT & IFRC, 2012). زمان

۲-۲-۴- حوزه کیفی تکنولوژی

این حوزه به بحث در مورد تأثیراتی که تکنولوژی می‌تواند بر روح و روان انسان و کاربران آن فضا داشته باشد، می‌پردازد. اینکه انتخاب سازه باربر، نحوه ساخت، جزئیات و اتصالات و جزئیات اجرایی، عناصر و مصالح مصرفی، چگونه و تا چه حد می‌تواند حس تعلق و دل‌نشینی را به مخاطب القا کنند (Wagemann Farfan, 2016).

۲-۳- تکنولوژی در صنعت ساختمان‌سازی

در صنعت ساختمان، تکنولوژی عامل تعیین‌کننده روند و نحوه ارتباط بین فعالیت‌هایی است که در یک فرایند تولیدی یا خدماتی، داده‌ها را به بازه‌هایی تبدیل می‌نماید. در این روند مواد اولیه، مهارت‌های انسانی، ابزارآلات و ماشین‌آلات، دانش فنی و فرهنگی کار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ساخت سرپناه باید هرچه بیشتر به سمت استفاده بهتر از تخصص‌های بومی و مصالح غیر وارداتی سوق داده شود و هرگونه طراحی علاوه بر استحکام، باید با شرایط فرهنگی و اقتصادی جامعه آسیب‌دیده هماهنگی لازم را داشته باشد (Shahpari et al., 2019). تقی‌زاده (Taghi zadeh, 2015)، شکاف عمیق بین علم و تکنولوژی، عدم تطبیق سیاست‌های توسعه بخش ساختمان با تکنولوژی و بی‌توجهی به خلاقیت‌های بومی و محلی خصوصاً در حوزه فن ساختمان را از جمله موانع رشد و تکنولوژی در جامعه معاصر ایران می‌داند.

هنگامی که فاجعه رخ می‌دهد، اغلب اعتقاد بر این است که فناوری‌های نوین ساختمان باید جایگزین فناوری‌های بومی و سنتی شوند. از جهت دیگر معرفی فناوری‌های جدید اغلب مشکلات متعددی را ایجاد می‌کند؛ از جمله اینکه شرکت‌های ساخت‌وساز رسمی و غیررسمی محلی و بسیاری از تأمین‌کنندگان مصالح در فرآیند بازسازی نادیده گرفته می‌شوند، کارگران بومی به اندازه کافی به کار گرفته نشده و فرصت ارتقای مهارت‌های خود را از دست می‌دهند، اغلب در اجرای فناوری‌های جدید، انتقال دانش و مهارت‌های ساخت‌وساز به خانوارها بسیار محدود و

ساخت یک بنا از انتخاب سازه و نظام باربری بنا، انتخاب مواد و مصالح و عناصر سازنده بنا و جزئیات ساخت گرفته تا نیروهای انسانی مورد استفاده در ساخت را شامل می‌شود؛ که هر کدام بر جنبه اقتصادی ساخت یک بنا تأثیر بسزایی دارند.

۲-۲-۲- حوزه زیست‌محیطی

این حوزه بیشتر در مورد تأثیرات تکنولوژی بر محیط و طبیعت اطراف ساختمانی است که بنا می‌شود؛ اینکه تکنولوژی انتخاب‌شده چه میزان می‌تواند در ثبات و پایداری محیطی تأثیرگذار باشد یا به تخریب این محیط بپردازد و اینکه چگونه یک تکنولوژی می‌تواند از طبیعت و انرژی‌های آن حداکثر استفاده را برده و خود را با محیط وفق داده و به جای آنکه بر محیط باشد؛ با آن همراه شود.

۲-۲-۳- حوزه اجتماعی- فرهنگی

این حوزه در مورد تأثیرات فرهنگی و اجتماعی تکنولوژی منتخب اجرای ساختمان، بر جامعه و مردم تأکید دارد. اینکه یک تکنولوژی چگونه می‌تواند هویت‌زدایی یا هویت‌زایی کند، یا اینکه جایگاه سنت در این تکنولوژی کجاست. در ارتباط با انتخاب تکنولوژی‌های ساخت پسا‌سازنده، انتخاب تکنولوژی‌های ساختی که قابلیت انعطاف‌پذیری یا قابلیت انطباق‌پذیری با طرح معماری را داشته باشد نیز حائز اهمیت است. بعضی محیط‌ها بدون تغییر و سازمان‌دهی مجدد بسیاری از فعالیت‌ها را تأمین می‌کنند. برخی برای تأمین فعالیت‌های مختلف به آسانی قابل تغییرند که در مورد اول تطبیق‌پذیر و مورد دوم انعطاف‌پذیر نامیده می‌شود. در طرح‌های انعطاف‌پذیر، سازه برای پاسخ به نیازهای مختلف به راحتی تغییر می‌کند و تنها توسط فضای نیمه‌ثبت شده حاصل می‌شود (Long, 2016). پس از بازسازی، احتمال ایجاد تغییرات در ساختمان مسکن برای افراد وجود دارد، از این رو برخی از آژانس‌های بشردوستانه تغییرات شخصی را محتمل دانسته و از طرح‌های انعطاف‌پذیرتر حمایت می‌کنند.

ناقص منتقل می‌شود، از این رو نگهداری و اصلاحات بعدی در واحدها دشوار می‌شود و به جهت هزینه‌بر بودن اصلاحات و ارتقای واحدها، کاربران و کارگران محلی شیوه‌های ساخت نایمن را از سر گرفته و سبب افزایش آسیب‌پذیری می‌شوند (Bourouai & Lizarralde, 2013).

تکنولوژی‌های ساخت به سه روش تقسیم می‌شوند: روش ساخت‌وساز در محل^۲ که در این حالت تمامی مواد خام و محصولات ساختمانی به محل ساخت جهت مونتاژ منتقل می‌شوند، روش پیش‌ساخته^۳ که در این وضعیت تمام دیوارها، کف و سقف به صورت آماده در کارخانه تولید و به محل ساخت ارسال می‌شود و روش نیمه‌صنعتی که برخی اجزا در کارخانه تولید و برخی درجا ساخته می‌شوند (Schneider, 2012). سونگ و همکاران (۲۰۰۵) پیش‌ساخته را پیش‌مونتاژ، مدولارسازی و ساخت خارج از سایت^۴ معرفی می‌کنند که به صورت اختصاری PPMOF نمایش داده می‌شود و در واقع می‌تواند چالش‌های موجود در پروژه را تقلیل داده و با اجرای صحیح، فرصت قابل توجهی برای بهبود عملکرد آن فراهم آورد (Song et al., 2005).

تجارب موجود در پروژه‌های بازسازی مسکن در ایران نشان داده است که غالباً از فناوری ساخت بتن درجا و شیوه‌های سنتی ساخت استفاده شده است و همین امر منجر به بالا رفتن هزینه‌ها و زمان اجرای پروژه گردیده است. در پیشینه نظری دیدگاه‌ها و چارچوب‌های گوناگونی جهت درک مناسبی از ساخت مسکن و تکنولوژی‌های مقتضی پس از سانحه ارائه شده است که در ادامه در جهت شکل‌گیری چارچوب مفهومی تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳- پیشینه تحقیق

پس از زلزله ۲۰۰۸ در ونچوان چین، در برنامه‌ریزی بازسازی، طرح جامع مسکن در اولویت قرار گرفت و تمرکز اصلی بر سرعت بالا در اجرا نبود بلکه بر کاهش خطرپذیری و ایمنی سازه‌ای تأکید شد. برنامه بازسازی به معنای بازیابی یا بهبود معیشت، سلامت و نیز دارایی‌ها، سیستم‌ها و فعالیت‌های اقتصادی، فیزیکی، اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی یک جامعه یا جامعه آسیب‌دیده از بلایا، با اصول پایداری برای جلوگیری یا کاهش خطر فاجعه در آینده است. در واقع هدف این برنامه، تکمیل مسکن انتقالی به دائم، ارتقاء استانداردهای ساختمانی برای تمامی سازه‌های جدید و تعمیر، ارتقای استانداردهای طراحی همسایگی، زیرساخت‌ها و خدمات بود. در زلزله پرو سال ۱۹۹۰، استفاده از مصالح و شیوه ساخت بومی،

در ارتباط با بازسازی مسکن و شیوه‌های اجرای آن پس از سوانح، چارچوب‌های متعددی ارائه شده است. سازمان صلیب سرخ جهانی و اسکات (۲۰۱۰) با تمرکز بر موضوع «پایداری» و «تکنولوژی‌های ساخت»، به بررسی رویکرد مقتضی بازسازی و نیز ابعاد کالبدی، زیست‌محیطی، اقتصادی و فرهنگی

علم و صنعت استفاده شد. به این صورت که طی یک بازه سه ماهه (از اسفند سال ۱۴۰۰ تا اردیبهشت ۱۴۰۱) پس از شناخت وضعیت مدرک تحصیلی متخصصان و همین‌طور کارشناسان حوزه فناوری‌های ساخت مسکن پس از زلزله و با مراجعه حضوری به ادارات و سازمان‌های ذی‌ربط، مدیران ارشد و مسئولان آگاه به حوزه مسکن (به تعداد ۱۰ نفر) و اساتید دانشگاهی آگاه به حوزه مسکن (به تعداد ۸ نفر) که جامعه آماری هدف را تشکیل می‌دادند، پرسش‌نامه‌ها تکمیل گردید. سپس جهت دستیابی به شاخص‌ها، به‌مرور پیشینه پژوهش، نشریات و اسناد منتشر شده در رابطه با موضوع پرداخته شد. مقصود از مسکن در این تحقیق، مسکن دائم و متعارف ۵ تا ۷ طبقه با متراژ ۷۰ تا ۹۰ مترمربع در شهر تهران می‌باشد که آغاز عملیات ساخت آن به‌طور معمول پس از مراحل اسکان اضطراری و موقت فرض می‌شود.

بدین منظور شاخص‌های به‌دست آمده از طریق مصاحبه با متخصصین مورد بررسی قرار گرفت و از میان ده‌ها مورد مطرح شده پس از ترکیب موارد مشابه و لحاظ کردن همپوشانی‌ها، حذف موارد بی‌ارتباط و مبهم و انجام اصلاحات لازم، ۷۸ متغیر به‌عنوان شاخص‌های حوزه فناوری‌های ساخت مسکن پس از زلزله در شهر تهران شناسایی شدند. در گام اول ابتدا پرسشنامه‌ای تحت عنوان وزن‌دهی شاخص‌های فناوری ساخت مسکن پس از زلزله احتمالی در شهر تهران طراحی شد که شامل ۱۲ مؤلفه و ۹۰ زیر مؤلفه بود و در اختیار ۱۸ خبره قرار داده شد تا بر اساس طیف پنج‌تایی لیکرت به هر شاخص امتیاز داده شود.

شایان ذکر است که از خبرگان خواسته شد تا علاوه بر شاخص‌های تعیین شده چنانچه عامل تأثیرگذار دیگری مدنظر دارند ذکر نمایند. در فرآیند تحقیق، اکثر متخصصان، نظر موافق داشتند، برخی مؤلفه‌های جدیدی را افزودند و عده‌ای نیز نظری ابراز نکردند. سپس در دور دوم گویه‌هایی که میانگین کمتر از ۳/۵ داشتند حذف و گویه‌های جدید اضافه شدند. بدین ترتیب، طی دو مرحله و با استفاده از روش دلفی گویه‌های مختلف فناوری‌های ساخت مسکن پس از سانحه، استخراج و تأیید شدند که در جدول (۱) نشان داده شده است.

مقدمه ساخت به شیوه سنتی منطبق بر بوم، اقلیم و محیط‌زیست شد که به تدریج با کاربرد مصالح نوین، این شیوه تغییر کرد و منجر به استفاده از فنون ساخت ضعیف با استفاده از مصالح جدید گردید (Ophiyandri et al., 2013).

تأمین مسکن با کیفیت، اغلب با چالش‌های فراوانی چون تأخیر، هزینه‌های مازاد، کیفیت پایین و عدم رضایتمندی ساکنین روبرو است. در ارتباط با تکنولوژی‌های ساخت مسکن، تحقیقات بسیاری صورت گرفته است، اما همچنان شناسایی دقیق مسئله و چارچوب نظری منسجمی برای آن در برخی کشورها و از جمله ایران صورت نپذیرفته است. لذا هدف تحقیق حاضر، شناخت و اولویت‌بندی شاخص‌های ساخت مسکن دائم پس از زلزله در شهر تهران با بهره‌گیری از روش دلفی و تکنیک آنتروپی شانون است.

۴- روش‌شناسی

این پژوهش کاربردی و بر مبنای رویکرد ترکیبی جان کرسول بیان شده است. بر این اساس تحقیق حاضر از نوع استراتژی تحلیلی و اکتشافی متوالی بوده و از شیوه ترکیبی (کیفی و کمی) بهره برده است. استفاده از این روش با توجه به ماهیت و اهداف پژوهش حاضر مطلوب‌تر است؛ زیرا رهیافت‌های کمی و کیفی را در قالب روش‌شناسی یک مطالعه واحد یا یک مطالعه چندمرحله‌ای با یکدیگر ترکیب می‌کند (Tashakkori & Teddlie, 2003). استراتژی اکتشافی متوالی، ابتدا با مرحله گردآوری و تحلیل داده‌های کیفی شروع می‌شود و سپس داده‌های کمی به دنبال آن می‌آید و یافته‌های این دو مرحله در مرحله تفسیر با یکدیگر پیوند می‌خورند. در اساسی‌ترین سطح، هدف این استراتژی استفاده از داده‌ها و نتایج کمی برای کمک به تفسیر یافته‌های کیفی است (Creswell, 2012).

برای انجام پژوهش، از نظرات کارشناسان و مدیران حوزه ساخت مسکن پس از سانحه در سازمان نظام‌مهندسی شهر تهران، اداره مسکن و شهرسازی تهران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، کارشناسان بخش خصوصی در صنعت ساخت و اساتید دانشگاهی از دانشگاه‌های تهران، شهید بهشتی و

جدول (۱): مؤلفه‌ها و شاخص‌های شناسایی شده برای ارزیابی تکنولوژی ساخت مسکن دائم پس از زلزله در شهر تهران بر اساس منابع اسنادی و مصاحبه با متخصصین و خبرگان.

مؤلفه	شاخص	منبع
مدیریت ساخت و اجرا	- سرعت بالا در اجرا؛ - سهولت اجرا؛ - قابلیت اجرا برای مساحت‌های گوناگون؛ - وزن کم اجزا؛ - قابلیت توسعه‌پذیری در آینده؛ - قابلیت حمل و نقل آسان اجزا و عناصر؛ - قابلیت تعویض و جایگزینی قطعات؛ - مدولار بودن اجزای ساخت؛ - کم بودن میزان نیروی کار مورد نیاز در اجرا؛ - دوام بالای اجزای سیستم ساخت مسکن؛ - استفاده از شیوه‌های نوین ساخت در مقابل شیوه‌های ساخت سنتی؛ - شیوه‌های ساخت بومی با اتکا به مصالح و فناوری بومی	(Tas et al., 2010) (Celentano et al., 2019) (Khorshidian & Haj Ebrahim Zargar, 2017) (Celentano, et al., 2019) (Carrasco et al., 2016) (Azizian, 2015) (Shahpari et al., 2019) (Khorshidian & Haj Ebrahim Zargar, 2017), (Shelter & Accommodation, 2016) (Fayazi & Lizarralde, 2019) (Azizian, 2015)
	- به کارگیری استانداردهای موجود صنعت ساخت در سیستم‌های ساختمانی؛ - به کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مدیریت ساخت مسکن دائم پس از زلزله؛ - تأمین و در دسترس بودن ماشین‌آلات روز دنیا در زمان اجرای پروژه بازسازی؛ - به کارگیری فناوری همکاری ابری در فرآیند بازسازی.	شاخص‌های حاصل از نظر سنجی با متخصصین و خبرگان
هزینه	- ساختمان در مقابل حریق، انتقال و جابه‌جایی اجزای ساخت، تأمین و تهیه ماشین‌آلات	(Schneider, 2012) (Fayazi & Lizarralde, 2019)
اجزای ساخت مسکن	- هزینه نیروی کار ساده و ماهر	شاخص‌های حاصل از نظر سنجی با متخصصین و خبرگان
	- پی، سازه اصلی (تیر و ستون)؛ - سازه ثانویه (دیوارها و جداکننده‌ها)؛ - پوشش دیوار، سقف و کف؛ - اتصالات سازه‌ای موجود در سیستم‌های ساخت	(Esper & Tachibana, 1998) (Joseph, 2018)
مصالح	- کاربرد مصالح نوین؛ - مصالح دوستدار محیط زیست؛ - به کارگیری مصالح بازیافتی حاصل از ساختمان‌های آسیب‌دیده در اثر وقوع سانحه در ساخت و ساز؛ - قابل تأمین بودن مصالح پس از اتمام بازسازی؛ - مصالح بازیافتی حاصل از ساختمان‌های آسیب‌دیده؛ - سهولت در پاکیزگی و بهداشت مصالح.	(Davidson, 2008) (Celentano, 2019)
زمان	- کاربرد سیستم‌های ساختمانی‌ای که از مصالح آن به‌عنوان نمای اصلی ساختمان استفاده می‌گردد؛ - کیفیت، دوام و مقاومت بالای مصالح مصرفی در ساخت - انتخاب سیستم ساخت مناسب با شرایط پس از زلزله در شهر تهران؛ - تهیه و انبار کردن مصالح ساختمانی؛ - ساخت و تحویل به‌موقع مسکن؛ - طول عمر و دوام سازه و اجزای آن؛ - تأمین ابزار و ماشین‌آلات ساختمانی - سقف؛ - دیوارها و جداکننده‌ها؛ - به کارگیری سیستم ساخت پیش‌ساخته	(Celentano, 2019) (UNDP, 2020)
پیش‌ساخته سازي اجزا	از نوع جعبه‌ای - به کارگیری سیستم سازه‌ای تیر، ستون و سقف نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح با اتصالات تر؛ - به کارگیری سیستم سازه‌ای قاب پیش‌ساخته بتن مسلح با اتصالات خشک؛ - به کارگیری سیستم پیش‌ساخته دیوار باربر	شاخص‌های حاصل از نظر سنجی با متخصصین و خبرگان
میزان مصرف انرژی	- انرژی مورد نیاز پایین جهت تطابق اقلیمی در مسکن؛ - به کارگیری فناوری مصالح هوشمند جهت ذخیره و بازیافت حرارت در ساختمان؛ - به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در ساخت و اجرا؛	(Celentano, 2019) (Jin et al., 2020)

ادامه جدول (۱).

مؤلفه	شاخص	منبع
	- کاربرد مهاربند در سازه؛ - کاربرد جداسازهای لرزه‌ای در پی؛ - استفاده از دیوار برشی	شاخص‌های حاصل از نظرسنجی با متخصصین و خبرگان
ایمنی	- کاربرد دمپر مستهلک‌کننده نیروی زلزله در ساختمان؛ - مقاوم‌سازی عناصر غیر سازه‌ای در مسکن؛ - رسیدن به ایمنی بالای ساخت با سبک‌سازی ساختمان	شاخص‌های حاصل از نظرسنجی با متخصصین و خبرگان
ویژگی‌های فرهنگی	- مطلوبیت برای افراد تهرانی؛ - تناسب با هویت و کرامت افراد	(Ophiyaandri et al., 2013)
ویژگی‌های اجتماعی	- توجه به ابعاد انسانی مسکن دائم پس از زلزله؛ - در نظر گرفتن فناوری‌های ساخت متناسب با وضعیت افراد کم‌توان پس از وقوع سانحه در مسکن؛ - آموزش مهارت‌های ساخت در جامعه آسیب‌دیده؛ - مشارکت افراد آسیب‌دیده بومی در ساخت‌وساز؛ - در نظر گرفتن مناطق مختلف شهر تهران؛ - لحاظ کردن وضعیت مالی خانوارها (درآمد خانوار) در انتخاب نوع سیستم ساخت مسکن؛ - توجه به مقوله زیبایی‌شناسی سرپناه؛ - مشورت با سازمان‌های دولتی؛ - مشورت با سازمان‌های اجرایی؛ - هماهنگی سیستم ساخت مورد نظر با مرجع کدها و استانداردهای موجود ساختمان	(Fayazi, 2017) (Taghi Zadeh, 2015)
شرایط زیست‌محیطی	- میزان آلاینده‌گی پایین زیست‌محیطی (تولید گاز گلخانه‌ای) با توجه به نوع فناوری ساخت انتخاب‌شده؛ - سازگاری فناوری‌های ساخت با شرایط بومی و زیست‌محیطی	(Fayazi, 2017) (Jin et al., 2020)
تناسب با طرح معماری	- قابل بازیافت بودن مصالح و برگشت آن‌ها به چرخه حیات - انتخاب فناوری‌های ساختی که قابلیت انطباق‌پذیری با طرح معماری را داشته باشد؛ - تأمین نور فضا؛ - سهولت اجرای تأسیسات در بنا	شاخص حاصل از نظرسنجی با متخصصین و خبرگان (Lines et al., 2022) (Wir-konas, 2016) (Zabihi et al., 2012)
	- تأثیر طراحی معماری بر نوع فناوری ساخت	شاخص حاصل از نظرسنجی با متخصصین و خبرگان

جدول شماره ۱

در نهایت نظرات متخصصین درباره فناوری‌های ساخت پس از زلزله در شهر تهران اخذ شد. داده‌های به کار رفته در این پرسش‌نامه به صورت کمی و از طریق وزن‌دهی پرسش‌نامه بر اساس طیف لیکرت پنج‌تایی تهیه شد و وزن یافته‌ها بر اساس تکنیک شانون مورد ارزیابی قرار گرفت.

با استفاده از این تکنیک که از دقت بالاتری برخوردار است، می‌توان بار اطلاعاتی هر شاخص و سپس وزن آن را محاسبه نمود. در ابتدا جهت استفاده از فرمول محاسبه آنتروپی شانون، داده‌های جدول فراوانی از طریق رابطه (۱) بهنجار می‌شود. در این فرمول، P_{ij} نمره بهنجار و F_{ij} نمره هر پاسخ‌دهنده به معیار مورد نظر است. سپس بار اطلاعاتی هر مقوله (E^i) از طریق رابطه (۲) محاسبه

می‌گردد.

در این فرمول m تعداد پاسخ‌دهندگان و n تعداد معیارهاست. وزن هر معیار از طریق رابطه (۳) به دست می‌آید. W^j شاخصی است که ضریب اهمیت هر معیار را در یک پیام با توجه به کل پاسخگوها مشخص می‌کند، طوری که هر معیاری که دارای بار اطلاعاتی بیشتری است باید از درجه اهمیت (W^j) بیشتری برخوردار باشد.

$$P_{ij} = \frac{F_{ij}}{\sum_{i=1}^m F_{ij}} \quad (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [P_{ij} \ln(P_{ij})] \quad j \in 1 \dots nk = \frac{1}{\ln(m)} \quad (2)$$

از این رو در برنامه‌ریزی شهر تهران می‌بایست به مسئله ساخت مسکن پس از زلزله متناسب با زمینه شهری و نیازهای خانوارهای آسیب‌دیده توجه ویژه گردد.

۶- یافته‌ها

هدف از پژوهش حاضر، یافتن متغیرهایی است که در بازسازی پس از زلزله نیاز بیشتری به استفاده از تکنولوژی‌های نوین ساخت دارند. طبق یافته‌های پژوهش تکنولوژی ساخت مسکن تنها مختص مسائل کالبدی و سازه‌ای نیست و شامل متغیرهایی نظیر طرح معماری، نوع مصالح ساخت، ایمنی، تغییرات جمعیتی، شرایط اقلیمی و میزان مصرف انرژی است که در درازمدت نیاز به نوآوری‌های متعدد و انطباق دائم با نیازهای جامعه دارند، می‌شود. مراحل برنامه‌ریزی، طراحی و اجرا در هر پروژه، مستلزم انتخاب یا تعیین یک شیوه اجرایی مناسب ساختمان‌سازی از بین تعدادی گزینه متفاوت است. نتایج حاصل از تکنیک شانون در جدول (۲) نشان می‌دهد از بین ۱۲ مؤلفه انتخابی، مؤلفه‌های تناسب تکنولوژی‌های ساخت با طرح معماری و مصرف انرژی در رتبه اول قرار دارند.

مؤلفه تکنولوژی‌های ساخت در اجزای ساخت مسکن که در اینجا شامل پی، عناصر سازه‌ای و غیر سازه‌ای، سقف و اتصالات در سازه می‌شود از جمله مهم‌ترین بخش‌هایی است که باید پس از سانحه در اولویت ساخت با تکنولوژی‌های مناسب قرار بگیرند زیرا بیشترین آسیب در برابر زلزله غالباً در این عناصر به وجود می‌آید. پس از آن مصالح ساخت در جایگاه سوم قرار می‌گیرد.

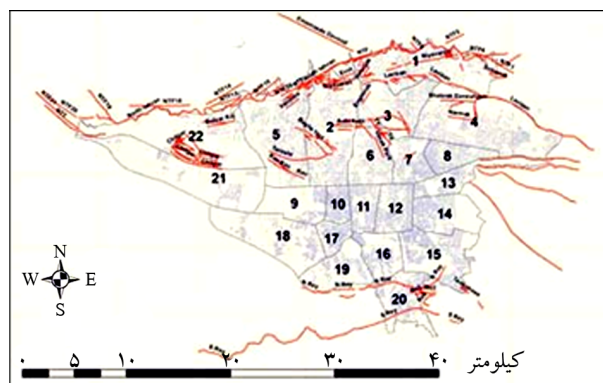
با توجه به نیاز جامعه به ساخت مسکن در شرایط پس از سانحه توجه به مصالح نوین، صنعتی، قابل بازیافت و دوستدار محیط‌زیست، باکیفیت و با دوام به‌منظور افزایش سرعت اجرا، سبک‌سازی، افزایش عمر مفید ساختمان‌ها بیش‌ازپیش مطرح می‌شود. مؤلفه چهارم که از منظر پاسخ‌گویان دارای اهمیت بسیاری بوده است بحث ایمنی در برابر زلزله است که شامل انواع تکنولوژی‌های قابل اجرا در اجزا سازه‌ای و غیر سازه‌ای در

$$W_{ij} = \frac{E_j}{\sum_{j=1}^n E_j} \quad (3)$$

تعیین روایی به روش بازبینی در یک پانل ۱۵ نفره تخصصی انجام گرفت. در فرآیند دلفی چنانچه اعضای شرکت‌کننده در مطالعه، نماینده گروه یا حوزه دانش مورد نظر باشند، اعتبار محتوی تضمین می‌شود. لذا در این پژوهش شاخص‌های نهایی و پرسش‌نامه از روایی کافی برخوردار بودند. همچنین به‌منظور بررسی پایایی پرسش‌نامه، از آزمون کرونیخ استفاده شد. این شاخص آماری در مقایسه با سایر روش‌های ارزیابی پایایی، کاربرد آسان‌تری دارد و فقط به یکبار اندازه‌گیری نیاز دارد (Linstone & Turoff, 2002). از این رو نسخه روا شده پرسش‌نامه به ۱۵ نفر جهت تکمیل داده شد. نتایج گویای آن بود که میزان ضریب آلفای کرونیخ عدد ۰/۷۹۶ بوده که نشان از پایایی مناسب پرسشنامه دارد.

۵- شناخت محدوده مورد مطالعه

همانگونه که در شکل (۱) مشخص است، دو گسل فعال در شمال (جنوب کوه‌های البرز) و جنوب تهران این شهر را محصور ساخته و تبدیل به یکی از مناطق پرخطر کشور کرده است. تهران به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود مانند تمرکز بالای ساختمانی، عدم رعایت استانداردهای لازم در اکثر سازه‌های مناطق مختلف، جمعیت زیاد، همچنین دارا بودن چندین گسل مهم در معرض آسیب‌پذیری بالایی در برابر زلزله قرار دارد.



شکل (۱): نقشه گسل‌های مبنایی در شهر تهران، منبع: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

برابر زلزله می‌شود. در انتخاب تکنولوژی مناسب پسا سانحه، مؤلفه‌های هزینه و ویژگی‌های اجتماعی جامعه در جایگاه پنجم قرار گرفتند. این مطلب گویای آن است که انتخاب تکنولوژی ساخت پایدار و مقبول باید متناسب با شرایط اجتماعی منطقه آسیب‌دیده در کنار صرف هزینه‌های پروژه باشد. در ارتباط با شاخص‌های تکنولوژی ساخت، شاخص کیفیت، دوام و مقاومت بالای مصالح مصرفی در ساخت مسکن از منظر متخصصین در رتبه اول قرار دارد. مسکن دائم باید از مصالحی ساخته شود که قادر به مقاومت در برابر سوانح طبیعی بوده و با محیط زیست سازگار باشد. همچنین نامرغوب بودن آن به‌عنوان مهم‌ترین عامل کاهش کیفیت و طول عمر و افزایش آسیب‌پذیری در ساختمان‌ها به‌شمار می‌آید.

جدول (۲): میانگین و اوزان به‌دست‌آمده از مؤلفه‌ها و شاخص‌های تدقیق‌شده در حوزه شاخص‌های تکنولوژی‌های ساخت مسکن دائم پس از زلزله با بهره‌گیری از تکنیک آنتروپی شانون.

شاخصه‌ها	میانگین وزن شاخص	رتبه	میانگین وزن دسته
مؤلفه مدیریت ساخت و اجرا			
۱. سرعت بالا در اجرا	۰/۰۱۲۳	۴	۰/۰۱۲۸۸
۲. سهولت اجرا	۰/۰۱۲۹۱	۴/۴۴	
۳. قابلیت اجرا برای مساحت‌های گوناگون	۰/۰۱۲۹۰	۴/۲۸	
۴. وزن کم اجزا	۰/۰۱۲۸۸	۴/۳۹	
۵. قابلیت توسعه‌پذیری در آینده	۰/۱۲۷۳	۳/۹۴	
۶. قابلیت حمل و نقل آسان اجزا و عناصر	۰/۰۱۲۸۸	۴/۶۱	
۷. قابلیت تعویض و جایگزینی قطعات	۰/۰۱۲۷۷	۴/۱۱	
۸. مدولار بودن اجزای ساخت	۰/۰۱۲۸۳	۳/۸۹	
۹. کم بودن میزان نیروی کار مورد نیاز در اجرا	۰/۱۲۶۶	۳/۵۰	
۱۰. دوام بالای اجزای سیستم ساخت مسکن	۰/۰۱۲۸۹	۴/۴۴	
۱۱. استفاده از شیوه‌های نوین ساخت در مقابل شیوه‌های سنتی در بازسازی مسکن پس از زلزله	۰/۰۱۲۷۱	۳/۸۳	
۱۲. شیوه‌های ساخت بومی با اتکا به مصالح و فناوری بومی	۰/۰۱۲۷۵	۳/۷۲	
۱۳. به‌کارگیری استانداردهای موجود صنعت ساخت در سیستم‌های ساختمانی	۰/۰۱۲۹۳	۴/۶۷	
۱۴. به‌کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مدیریت ساخت مسکن دائم پس از زلزله	۰/۰۱۲۹۱	۴/۵۰	
۱۵. تأمین و در دسترس بودن ماشین‌آلات روز دنیا در زمان اجرای پروژه بازسازی	۰/۰۱۲۸۶	۳/۷۸	
۱۶. به‌کارگیری فناوری همکاری ابری در فرآیند بازسازی	۰/۰۱۲۸۷	۴/۱۷	
مؤلفه هزینه			
۱۷. بی‌کنی (حفاری)	۰/۰۱۲۵۵	۳/۵۶	۰/۰۱۲۸۲
۱۸. سفت کاری	۰/۰۱۲۸۹	۳/۸۹	
۱۹. نازک کاری	۰/۰۱۲۸۵	۳/۶۱	
۲۰. در و پنجره	۰/۰۱۲۸۲	۳/۵۶	
۲۱. تأسیسات	۰/۰۱۲۹۱	۳/۹۴	
۲۲. عایق کاری رطوبتی	۰/۰۱۲۸۰	۳/۵۶	
۲۳. عایق کاری حرارتی	۰/۰۱۲۸۳	۳/۸۹	
۲۴. عایق کاری ساختمان در مقابل حریق	۰/۰۱۲۸۷	۴/۰۶	
۲۵. انتقال و جابه‌جایی اجزای ساخت	۰/۰۱۲۷۹	۳/۵۶	
۲۶. تأمین و تهیه ماشین‌آلات	۰/۰۱۲۸۵	۳/۸۱	
۲۷. هزینه نیروی کار ساده و ماهر	۰/۰۱۲۸۰	۳/۲۲	

ادامه جدول (۲).

میانگین وزن دسته	رتبه	وزن شاخص	میانگین	شاخص‌ها
مؤلفه اجزای ساخت مسکن				
۰/۰۱۲۸۹	۳۳	۰/۰۱۲۸۸	۴/۳۹	۲۸. پی
	۲	۰/۰۱۲۹۳	۴/۶۷	۲۹. سازه اصلی (تیر و ستون)
	۳۶	۰/۰۱۲۸۷	۴/۱۷	۳۰. سازه ثانویه (دیوارها و جداکننده‌ها)
	۴۱	۰/۰۱۲۸۶	۳/۸۳	۳۱. پوشش دیوار و سقف و کف
	۱۸	۰/۰۱۲۹۰	۴/۶۱	۳۲. اتصالات سازه‌ای موجود در سیستم‌های ساخت
	مؤلفه مصالح			
۰/۰۱۲۸۸	۳۲	۰/۰۱۲۸۸	۴/۳۳	۳۳. کاربرد مصالح نوین
	۲۱	۰/۰۱۲۹۰	۴/۶۵	۳۴. به کارگیری مصالح دوستدار محیط‌زیست
	۴۴	۰/۰۱۲۸۵	۴/۲۲	۳۵. به کارگیری مصالح بازیافتی حاصل از ساختمان‌های آسیب‌دیده در اثر وقوع سانحه در ساخت‌وساز
	۳۹	۰/۰۱۲۸۷	۴/۲۲	۳۶. قابل تأمین بودن مصالح پس از اتمام بازسازی جهت تعمیرات آتی
	۴۰	۰/۰۱۲۸۶	۳/۹۴	۳۷. بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی مصالح
	۵۵	۰/۰۱۲۸۱	۳/۸۹	۳۸. کاربرد سیستم‌های ساختمانی‌ای که از مصالح آن به‌عنوان نمای اصلی ساختمان استفاده گردد
	۱	۰/۰۱۲۹۴	۴/۸۳	۳۹. کیفیت، دوام و مقاومت بالای مصالح مصرفی در ساخت
	مؤلفه زمان			
۰/۰۱۲۷۱	۵۳	۰/۰۱۲۸۲	۳/۹۴	۴۰. زمان مورد نیاز جهت انتخاب تکنولوژی‌های ساخت
	۷۷	۰/۰۱۲۴۶	۳/۲۲	۴۱. تهیه و انبار کردن مصالح ساختمانی
	۶۹	۰/۰۱۲۶۲	۳/۷۸	۴۲. ساخت و تحویل به‌موقع مسکن
	۳۰	۰/۰۱۲۸۹	۴/۲۲	۴۳. طول عمر و دوام سازه و اجزای آن
	۶۴	۰/۰۱۲۷۳	۳/۳۹	۴۴. تأمین ابزار و ماشین‌آلات ساختمانی
مؤلفه پیش‌ساخته سازی				
۰/۰۱۲۸۱	۵۴	۰/۰۱۲۸۲	۴/۲۲	۴۵. سقف
	۱۴	۰/۰۱۲۹۱	۴/۴۴	۴۶. دیوارها و جداکننده‌ها
	۵۹	۰/۰۱۲۷۸	۳/۶۷	۴۷. به کارگیری سیستم ساخت پیش‌ساخته از نوع جعبه‌ای
	۲۴	۰/۰۱۲۹۰	۳/۸۳	۴۸. به کارگیری سیستم سازه‌ای تیر، ستون و سقف نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح با اتصالات تر
	۴۶	۰/۰۱۲۸۳	۳/۷۸	۴۹. به کارگیری سیستم سازه‌ای قاب پیش‌ساخته بتن مسلح با اتصالات خشک
	۷۰	۰/۰۱۲۶۲	۳/۲۸	۵۰. به کارگیری سیستم پیش‌ساخته دیوار باربر
مؤلفه مصرف انرژی				
۰/۰۱۲۹۱	۷۴	۰/۰۱۲۵۹	۴/۱۱	۵۱. به کارگیری مصالح هوشمند جهت ذخیره و بازیافت حرارت در ساختمان
	۲۷	۰/۰۱۲۸۹	۴/۴۴	۵۲. به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در ساخت و اجرا
	۵	۰/۰۱۲۹۳	۴/۶۱	۵۳. انرژی مورد نیاز پایین جهت تطابق اقلیمی در مسکن
مؤلفه ایمنی				
۰/۰۱۲۸۶	۸	۰/۰۱۲۹۲	۴/۶۷	۵۴. کاربرد مهاربند در سازه
	۶۱	۰/۰۱۲۷۶	۴/۱۷	۵۵. کاربرد جداسازهای لرزه‌ای در پی
	۴۷	۰/۰۱۲۸۴	۴/۵۰	۵۶. استفاده از دیوار برشی
	۴۷	۰/۰۱۲۸۴	۴/۳۳	۵۷. کاربرد دمپر مستهلک‌کننده نیروی زلزله در ساختمان
	۲۱	۰/۰۱۲۹۰	۴/۵۶	۵۸. مقاوم‌سازی عناصر غیر سازه‌ای در مسکن
	۹	۰/۰۱۲۹۲	۴/۶۱	۵۹. رسیدن به ایمنی بالای ساخت با سبک‌سازی ساختمان

ادامه جدول (۲).

میانگین وزن دسته	رتبه	میانگین وزن شاخص	میانگین	شاخص‌ها
مؤلفه ویژگی‌های فرهنگی				
۰/۰۱۲۶۳	۶۸	۰/۰۱۲۶۵	۳/۸۹	۶۰. مطلوبیت برای افراد تهرانی
	۷۱	۰/۰۱۲۶۰	۳/۸۳	۶۱. تناسب با هویت و کرامت افراد
مؤلفه ویژگی‌های اجتماعی				
۰/۰۱۲۸۲	۷	۰/۰۱۲۹۲	۴/۵۰	۶۲. توجه به ابعاد انسانی مسکن دائم پس از زلزله
	۱۳	۰/۰۱۲۹۱	۴/۵۰	۶۳. در نظر گرفتن فناوری‌های ساخت متناسب با وضعیت افراد کم‌توان پس از وقوع سانحه در مسکن
	۵۰	۰/۰۱۲۸۳	۴/۰۶	۶۴. آموزش مهارت‌های ساخت در جامعه آسیب‌دیده
	۱۷	۰/۰۱۲۹۰	۴/۲۲	۶۵. مشارکت افراد آسیب‌دیده بومی در ساخت‌وساز
	۶	۰/۰۱۲۹۲	۴/۵۶	۶۶. در نظر گرفتن مناطق مختلف شهر تهران
	۷۲	۰/۰۱۲۶۰	۳/۸۹	۶۷. لحاظ کردن وضعیت مالی خانوارها (درآمد خانوار) در انتخاب نوع سیستم ساخت مسکن
	۱۹	۰/۰۱۲۹۰	۴/۲۸	۶۸. توجه به مقوله زیبایی‌شناسی سرپناه
	۷۵	۰/۰۱۲۵۸	۳/۷۲	۶۹. مشورت با سازمان‌های دولتی
	۲۳	۰/۰۱۲۹۰	۴/۳۳	۷۰. مشورت با سازمان‌های اجرایی
	۶۷	۰/۰۱۲۶۵	۴/۲۸	۷۱. هماهنگی سیستم ساخت موردنظر با مرجع کدها و استانداردهای موجود ساختمان
مؤلفه زیست‌محیطی				
۰/۰۱۲۸۰	۳۱	۰/۰۱۲۸۹	۴/۲۲	۷۲. میزان آلاینده‌گی پایین زیست‌محیطی (تولید گاز گلخانه‌ای) با توجه به نوع فناوری ساخت انتخاب شده
	۲۶	۰/۰۱۲۹۰	۴/۳۹	۷۳. سازگاری فناوری‌های ساخت با شرایط بومی و زیست‌محیطی
	۷۳	۰/۰۱۲۶۰	۳/۹۴	۷۴. قابل بازیافت بودن مصالح و برگشت آنها به چرخه حیات
مؤلفه تناسب با طرح معماری				
۰/۰۱۲۹۱	۲۵	۰/۰۱۲۹۰	۴/۳۹	۷۵. انتخاب فناوری‌های ساختی که قابلیت انطباق‌پذیری با طرح معماری را داشته باشند
	۴	۰/۰۱۲۹۳	۴/۶۷	۷۶. تأمین نور فضا
	۱۱	۰/۰۱۲۹۱	۴/۳۹	۷۷. سهولت اجرای تأسیسات در بنا
	۱۴	۰/۰۱۲۹۱	۴/۴۴	۷۸. تأثیر طراحی معماری بر نوع فناوری ساخت

مدیریت ساخت و اجرا، شاخص «به‌کارگیری استانداردهای موجود صنعت ساخت در سیستم‌های ساختمانی» در رتبه اول، سپس شاخص «به‌کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در مدیریت ساخت مسکن دائم پس از زلزله» در رتبه دوم و شاخص «سهولت اجرا» در رتبه سوم قرار گرفتند. در بین شاخص‌های مؤلفه هزینه، به ترتیب اول تا سوم شاخص‌های «تأسیسات»، «سفت‌کاری» و «عایق‌کاری ساختمان در مقابل حریق» قرار گرفتند.

در ارتباط با میزان اهمیت به‌کارگیری فناوری‌های ساخت در مؤلفه اجزای ساخت مسکن به ترتیب اولویت شاخص «سازه اصلی (تیر و ستون)» در رتبه اول، شاخص «اتصالات سازه‌ای موجود در سیستم‌های ساخت» در رتبه دوم و شاخص «پی ساختمان» در جایگاه سوم قرار گرفتند. در مؤلفه مصالح، شاخص «کیفیت، دوام و

بدین منظور ضروری است که به فناوری‌های جدید در حوزه مواد و مصالح ساختمانی باکیفیت و بادوام و مقاوم توجه ویژه گردد. همچنین شاخص‌های «سازه اصلی مسکن (تیر و ستون)» در رتبه دوم، «به‌کارگیری استانداردهای موجود صنعت ساخت در سیستم‌های ساختمانی» در رتبه سوم، «تأمین نور فضای مسکونی» در رتبه چهارم و «انرژی مورد نیاز حداقل جهت تطابق اقلیمی در مسکن» در رتبه پنجم و در نهایت «لحاظ کردن مناطق مختلف شهر تهران» در رتبه ششم را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج حاصل، اجرای پروژه‌های بازسازی مسکن نیازمند صرف وقت و هزینه در راستای شناخت صحیح و مؤثر در این حوزه دارد تا منجر به موفقیت و پایداری آتی و ارتقا تاب‌آوری گردد. با در نظر گرفتن اوزان شاخص‌ها در هر دسته، در مؤلفه

مؤلفه ویژگی‌های اجتماعی شاخص‌های «در نظر گرفتن مناطق مختلف شهر تهران» و «توجه به ابعاد انسانی مسکن دائم پس از زلزله» با اختلافی کم در رتبه‌های اول و دوم و شاخص «در نظر گرفتن فناوری‌های ساخت متناسب با وضعیت افراد کم‌توان پس از وقوع سانحه در مسکن» در رتبه سوم قرار دارد.

بررسی مؤلفه زیست‌محیطی نشان می‌دهد شاخص‌های «سازگاری فناوری‌های ساخت با شرایط بومی و زیست‌محیطی» و «میزان آلاینده‌گی پایین زیست‌محیطی» به ترتیب رتبه‌های اول و دوم را دارا می‌باشند. در مؤلفه تناسب با طرح معماری شاخص‌های «تأمین نور مناسب»، «سهولت اجرای تأسیسات در بنا» و «تأثیر طراحی معماری بر نوع فناوری ساخت» به ترتیب در اولویت‌های یکم تا سوم قرار گرفتند. در نهایت نمودار شاخص‌های فناوری ساخت در حوزه ساخت مسکن پس از زلزله احتمالی در شهر تهران تحت ۱۲ مؤلفه، با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون در شکل (۲) حاصل آمده است.

معیارهای با اولویت بالا در تکنولوژی ساخت مسکن را می‌توان از منظر سازه‌ای و غیر سازه‌ای بودن نیز تحلیل و بررسی کرد. نگاه دقیق‌تر به جدول (۳)، بیانگر این مطلب است که عواملی در زمینه فناوری‌های ساخت مورد نظر پاسخ‌گویان بوده که بیشتر جنبه غیر سازه‌ای و معماری دارند و نوع نگاه سازندگان و طراحان از حیثه صرف مسائل سازه‌ای و کالبدی مسکن به سایر مقولات در فرآیند ساخت از جمله عوامل مدیریتی، معماری و اجتماعی در شهر تهران معطوف شده است. در واقع طیف گسترده‌ای از عوامل مؤثر و مهم در جریان بازسازی مسکن که ممکن است مغفول واقع گردد را نشان داده و بر آنها تأکید می‌کند.

مقاومت بالای مصالح مصرفی در ساخت» در رتبه اول، شاخص «مصالح دوستدار محیط‌زیست» در رتبه دوم و شاخص «کاربرد مصالح نوین در ساخت مسکن» در رتبه سوم قرار گرفتند. در مؤلفه زمان ساخت مسکن پس از زلزله، شاخص «طول عمر و دوام اجزای سیستم ساختمان» با رتبه اول، شاخص «انتخاب سیستم ساخت مسکن دائم مناسب با شرایط پس از زلزله در تهران» رتبه دوم و شاخص «زمان مورد نیاز جهت تأمین ابزار و ماشین‌آلات ساختمانی» در رتبه سوم قرار گرفتند.

در ارتباط با مؤلفه پیش‌ساخته‌سازی اجزا، شاخص «پیش‌ساخته سازی دیوارها و جداکننده‌ها» در درجه اول اهمیت و شاخص «به‌کارگیری سیستم سازه‌ای تیر، ستون و سقف نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح با اتصالات تر» در رتبه دوم و شاخص «به‌کارگیری سیستم سازه‌ای قاب پیش‌ساخته بتن مسلح با اتصالات خشک» در جایگاه سوم قرار گرفتند. شاخص «انرژی حداقل جهت تطابق اقلیمی در مسکن» در مؤلفه میزان مصرف انرژی، در رتبه اول و شاخص‌های «به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در ساخت و اجرا» و «به‌کارگیری فناوری مصالح هوشمند جهت ذخیره و بازیافت حرارت در ساختمان» به ترتیب در اولویت‌های دوم و سوم قرار گرفتند. بررسی مؤلفه ایمنی نشان می‌دهد شاخص «کاربرد مهاربند در سازه» رتبه اول و شاخص «رسیدن به ایمنی بالای ساخت با سبک‌سازی ساختمان» رتبه دوم و شاخص «مقاوم‌سازی عناصر غیر سازه‌ای در مسکن» در رتبه سوم جای گرفتند.

مؤلفه بعدی که مورد بررسی قرار گرفت، ویژگی‌های فرهنگی است؛ که دارای دو شاخص «مطلوبیت برای افراد تهرانی» رتبه اول و شاخص «تناسب با هویت و کرامت افراد» در رتبه دوم قرار دارد. در

جدول (۳): شاخص‌های با اولویت ۱ تا ۵ در تکنولوژی ساخت مسکن دائم پس از زلزله.

اولویت		
۱	غیر سازه‌ای	کیفیت، دوام و مقاومت بالای مصالح مصرفی در ساخت مسکن
۲	سازه‌ای	سازه اصلی مسکن (تیر و ستون)
۳	غیر سازه‌ای (مدیریتی)	به‌کارگیری استانداردهای موجود صنعت ساخت در سیستم‌های ساختمانی
۴	غیر سازه‌ای (معماری)	تأمین نور فضا
۵	غیر سازه‌ای (اجتماعی)	انرژی مورد نیاز حداقل جهت تطابق اقلیمی در مسکن
		در نظر گرفتن مناطق مختلف شهر تهران



مؤلفه‌ها و شاخص‌های مسکن پس از زلزله

شکل (۲): نمودار اولویت‌گذاری مؤلفه‌ها و شاخص‌ها بر اساس روش آنتروپی شانون.

۷- بحث و نتیجه‌گیری

همواره پس از رخداد سانحه، توجه به مبحث اسکان دائم جامعه آسیب‌دیده در کلان‌شهرها با کمترین زمان و بالاترین کیفیت، از اهمیت بالایی برخوردار بوده است. شناسایی مسائل و اولویت‌های موجود در فناوری‌های ساخت در این بخش، جهت حل بسیاری از مشکلات ایجاد شده در حوزه مسکن، از جمله چالش‌های متخصصین و صاحب‌نظران در زمینه سکونت دائم افراد پس از سوانح است. هدف و نتایج حاصل از این پژوهش متکی بر نظرات کارشناسان و متخصصین داخلی بوده است که به جهت آشنایی و ملموس بودن رخداد زمین‌لرزه و وقوع مکرر آن در سراسر کشور، می‌تواند در فرایند ساخت‌وساز پس از زلزله در کلان‌شهرها مورد استفاده قرار بگیرد.

در این تحقیق، شاخص‌های بسیاری در ارتباط با موضوع و با توجه به مستندات موجود، همچنین افراد متخصص طی انجام دو دوره دلفی حاصل شد که طی آن شناسایی شاخص‌های فناوری ساخت مسکن پس از وقوع زلزله در شهر تهران و اولویت‌گذاری آنها در راستای رسیدن به هدف اصلی پژوهش صورت گرفت. نتایج حاصل از تحلیل پرسشنامه‌ها نشان داد در حوزه ویژگی‌های فرهنگی، معیار سازگاری تکنولوژی‌های ساخت با معماری فضای ساخته شده، از اهمیت بالایی برخوردار است. این نتیجه‌گویی این مطلب است که در زمان انتخاب تکنولوژی ساخت مسکن، بعد طرح و نقشه معماری با فناوری‌های ساخت موجود باید ابتدا مورد ارزیابی دقیقی قرار گیرد، در غیر این صورت سبب هدر رفت منابع و انرژی بدون افزودن کارایی در ساخت می‌گردد. عموماً طرح‌های تپ و یکسان در مسکن‌های پسا‌سانحه این قابلیت را دارند که روند بازسازی را به‌جای روش سنتی به سمت پیش‌ساختگی و ساخت‌وساز خارج از سایت هدایت کند.

امروزه شیوه‌های نوین و متعددی در ساخت و اجرای یکایک اجزای مسکن وجود دارد. مقوله مهم و چالش‌برانگیز برای متولیان بازسازی، انتخاب و تصمیم‌گیری بر سر مناسب‌ترین نوع تکنولوژی که قابل تهیه و قابل اجرا در بستر طرح با توجه به تنوع شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جامعه باشد وجود

دارد. پس از انتخاب نوع تکنولوژی مرتبط با ساختار اصلی مسکن، انتخاب مواد و مصالح از جمله مواردی است که نیاز به توجه ویژه دارد. کاربرد مصالح نوین و جدید سبب اجرای سریع، سبک‌سازی، کاهش هدر رفت مصالح و افزایش عمر مفید ساختمان می‌گردد. مؤلفه ایمنی در برابر زلزله از جمله مهم‌ترین بخش‌ها در طراحی و اجرای ساختمان است. با توجه به تکنولوژی‌های متعدد در زمینه ایمنی در ساختمان، برای شرایط پسا‌سانحه، روش‌هایی مؤثرتر هستند که معیارهای آنها منطبق با آیین‌نامه‌ها و قوانین ساخت باشد و از سرعت و کیفیت بالاتری برخوردار باشند. از مجموع بررسی‌ها به‌منظور شناخت تکنولوژی‌های ساخت در مسکن پسا‌سانحه چهار مقوله «مدیریتی»، «اقتصادی»، «فرهنگی» و «اجتماعی» استخراج شدند.

پژوهش حاضر در مقایسه با سایر تحقیقات صورت گرفته به دنبال یافتن شکاف‌های موجود در ساخت پسا‌سانحه از منظر تکنولوژی است. تحقیقات زیادی در حوزه تکنولوژی ساخت مسکن انجام شده است اما در بیشتر تحقیقات مسئله بازسازی مسکن در شرایط منحصربه‌فرد بعد از سانحه دیده نشده و برنامه‌ریزی‌ای برای آن صورت نگرفته است. همواره در تحقیقات موجود تأکید بر استفاده از تکنولوژی‌های نوین و جدید در عرصه ساخت مسکن بوده است، بدون در نظر گرفتن محدودیت‌های ساخت که اقتضای شرایط پس از سانحه است. تکنولوژی و صنعت ساختمان در کشور ما به علت عدم وجود خلاقیت و ابداع بیشتر تحت تأثیر جهت‌دهی کشورهای خارجی قرار گرفته است و بسیاری از تکنولوژی‌های وارداتی هیچ‌گونه مطابقتی با نیازهای جامعه ندارند.

در بسیاری از پروژه‌های بازسازی به جهت انتخاب تکنولوژی نامناسب در جای نامناسبی از ساختمان توسط اشخاص غیرماهر، شاهد افزایش هزینه، کیفیت پایین ساخت و افزایش آسیب‌پذیری در سوانح بودیم. نتایج نشان می‌دهد از ۷۸ شاخص شناخته شده، شاخص‌های «کیفیت، دوام و مقاومت بالای مصالح مصرفی در ساخت مسکن»، «به‌کارگیری استانداردهای موجود صنعت ساخت در سیستم‌های ساختمانی»،

Resettlement Challenges for Displaced Populations and Refugees, Ali Asgary, Springer Cham, 123-143.

Fayazi, M. (2017). *Household recovery and housing reconstruction after the 2003 Bam earthquake in Iran*. Ph.D. Thesis, Montréal, Canada.

Fernandez, G., & Ahmed, I. (2019). Build back better approach to disaster recovery: Research trends since 2006, *Progress in Disaster Science*, 1(2019), 100003 Contents.

UNDP. (2020). *Owner-Driven Housing Reconstruction Guidelines Strategy*.

Jha, A.K. (2010). *Safer Homes, Stronger Communities: a Handbook for Reconstructing after Natural Disasters*. World Bank Publications.

Jin, Y., Li, J., & Wu, W. (2020). Integration of sustainability into a net-zero energy house. *Applied Sciences*, 10(10), 3541.

Joseph, J. (2018). *Close to home: An Urban Model for Post-Disaster Housing*. NYC Emergency Management Department, New York.

Khorshidian, A.M., & Haj Ebrahim Zargar, A. (2017). Requirements for designing and implementing permanent housing after an earthquake (case study: District 3 of Sari city). *Housing and Village Environment*, 37(163), 105-120.

Lines, R., Faure Walker, J.P., & Yore, R. (2022). Progression through emergency and temporary shelter, transitional housing and permanent housing: A longitudinal case study from the 2018 Lombok earthquake, Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 75, 102959 Contents.

Linstone, H.A. and Turoff, M. (2002). *The Delphi Method*.

Lizarralde, G., & Fayazi, M. (2016). Meta-patterns in post-disaster housing reconstruction and recovery. In: *Coming Home after Disaster Multiple Dimensions of Housing Recovery*, 15, Routledge, 229-245.

Lizarralde, G., Johnson, C., & Davidson, C. (2009). *Rebuilding after Disasters: From Emergency to Sustainability*. Routledge.

Long, J. (2016). *Creation of Architectural Theory: The Role of Behavioral Sciences in Environmental Design*. Tehran University.

«سازه اصلی مسکن»، «تأمین نور فضا»، «انرژی مورد نیاز حداقل جهت تطابق اقلیمی در مسکن» و «لحاظ کردن مناطق مختلف شهر تهران» دارای وزن بیشتری بوده‌اند و نیاز به توجه قابل ملاحظه‌ای دارند. این تحقیق می‌تواند برای مسئولین، متولیان، مدیران شهری، سازمان‌های درگیر امر بازسازی، مجریان ساخت مسکن و دانشجویان حوزه معماری و عمرانی کاربرد داشته باشد.

مراجع

Azizian, H. (2015). Constructional system of cold formed Light Steel Framing (LSF). *Science Journal (CSJ)*, 36(3).

Bouraoui, D., & Lizarralde, G. (2013). Centralized decision making, users participation and satisfaction in post-disaster reconstruction. *Int. J. Disaster Resil. Built Environ.*, 4(2), 145-167.

Carrasco, S., Ochiai, C., & Okazaki, K. (2016). A study on housing modifications in resettlement sites in Cagayan de Oro, Philippines. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 15(1), 25-32. <https://doi.org/10.3130/jaabe.15.25>

Celentano, G., Zea, E., Göswein, & Vand Habert, G. (2019). A matter of speed: The impact of material choice in post-disaster reconstruction, *Disaster Risk Reduct*, 34, 34-44.

Creswell, J.W. (2012). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 1st Edition. Tehran: Mehraban Nashr (in Persian).

Davidson, C. (2008). Myths and realities of prefabrication for post-disaster reconstruction. *4th I-Rec Conference, New Zealand*.

Davis, I., & Alexander, D. (2016). *Recovery from Disaster*. First Published, New York, Routledge, 162-165.

Esper, P., & Tachibana, E. (1998). Lessons from the Kobe earthquake. *Geological Society London Engineering, Geology Special Publications*, 15(1), 105-116.

Fayazi, M., & Lizarralde, G. (2019). The impact of post-disaster housing reconstruction policies on different beneficiary groups: the case of bam Iran. In:

Sustainability Assessment Criteria for Building Systems in Iran Sustainability Assessment Criteria for Building Systems in Iran, *Scientific Research*, 11(10), 1346-1351.

واژه‌نامه

Build Back Better	۱- بازسازی بهینه‌تر از پیش
On-Site Construction	۲- ساخت و ساز در محل
Prefabrication	۳- پیش ساخته
Prefabrication, Preassembly, Modularization, and Off-Site Fabrication (PPMOF)	۴- پیش ساخته، پیش مونتاژ، مدولار سازی و ساخت خارج از سایت
One Size Fits all Approach	۵- رویکرد یک اندازه مناسب برای همه
Recovery	۶- باز توانی
Building Information Modelling (BIM)	۷- مدل سازی اطلاعات ساختمان

Ophiyandri, T., Amaratunga, D., Pathirage, C., & Keraminiyage, K. (2013). Critical success factors for community-based post-disaster housing reconstruction projects in the pre-construction stage in Indonesia, *Disaster Resilience in the Built Environment*, 4(2), 236-249.

Schneider, C. (2012). Sustainable Reconstruction in Disaster-Affected Countries: Practical Guidelines, *United Nations Environment Programme and Skat*, Swiss Resource Centre and Consultancies for Development.

Shahpari, M., Mehdizadeh, F., Saman, M., & Piri, S. (2019). Assessing the productivity of prefabricated and in-situ construction systems using hybrid multi-criteria decision making method. *Building Engineering*, 27(2020), 100979.

SKAT & IFRC (2012). *Sustainable Reconstruction in Urban Areas*, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Swiss, 107-110.

Song, J., Fagerlund, W., & Haas, C. (2005). Considering Prework on Industrial Projects, *Construction Engineering and Management*, 131(6), 723-733.

Taghi Zadeh, K. (2015). Obstacles and bottlenecks of technology development in the country's construction industry. *The Second Construction Conference*, Tehran (in Persian).

Tas, M., Tas, N., & Cosgun, N. (2010). Study on permanent housing production after 1999 earthquake in Kocaeli (Turkey). *Disaster Prevention and Management*, 19(1), 6-19.

Tashakkori, A. and Teddlie, C. (2003). *Handbook of Mixed Methods in Social and Behavioural Research*. SAGE, 450-462.

Wagemann Farfán, E. (2016). *From Shelter to Home: Flexibility in Post-Disaster Accommodation*. Ph.D. Dissertation, Department of Architecture University of Cambridge, Churchill College 9th August.

Wir-konas, A. (2016). Flexibility and Incremental Approach in Post-Disaster Housing Reconstruction, In: *Development of Incremental SI (Structure-Infill). Housing for Low-Income Population in Malaysia*, Northumbria University and Universiti Teknologi Malaysia.

Zabihi, H., Habib, F., & Mirsaedie, L. (2012).

Identification and Prioritization of Indicators for Permanent Housing Construction Technology after an Earthquake in Tehran

Fatemeh Mehdizadeh Saradj^{1*} and Maryam Montazeriun²

1. Professor of Architecture and Environmental Studies, School of Architecture and Environmental Design, Iran and University of Science and Technology, Tehran, Iran, *Corresponding Author, email: mehdizadeh@iust.ac.ir
2. Senior Reconstruction Expert and Ph.D. Student in Architecture, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

Planning for housing construction after a probable earthquake in big cities has received less attention due to its complexity and ambiguity in urban settlements like Tehran. Since reconstruction is an opportunity for development and better construction, using up-to-date and suitable technologies in the building is inevitable. The new technology used in the construction of housing after earthquakes must have these features: high construction speed, lower cost, low energy consumption, compatibility with the environment, appropriate stability and strength, seismic resistance, and consequently higher useful life of buildings. Due to the wide dimensions of construction technologies, high implementation costs and the need to have executive knowledge and cognition of post-disaster conditions, the use of suitable and appropriate technology in all dimensions and components of the building requires a correct understanding of the indicators. The current research aims to identify and prioritize the indicators of permanent housing construction technology after the earthquake in Tehran using the Delphi method and Shannon's entropy technique.

The research methodology applies a combination of qualitative and quantitative methods based on analytical and exploratory strategies. After reviewing the articles, documents and specialized texts as well as examining the experiences from previous studies, indicators were extracted and classified using the Delphi method then approved by the experts and ranked using Shannon's entropy technique. After that, the opinions of ten experts, senior managers, officials, and eight university professors aware of the field of housing in Tehran were used. By referring to the qualified specialists and experts in the field of housing construction technologies after the earthquake and by visiting the relevant departments and organizations, senior managers, and officials in person, questionnaires were completed by experts in the field of housing and university professors knowledgeable in the field of housing who made up the target statistical population. Then, to achieve the indicators, the research background, publications and published documents related to the subject were reviewed.

For this purpose, the indicators obtained through interviews with experts were examined, and among dozens of cases, after combining similar cases and including overlaps, removing unrelated and ambiguous cases, and making necessary corrections, 78 variables were selected as the indicators in the field of housing construction technologies were identified after the earthquake in Tehran.

In the first step, a questionnaire was designed under the title of weighting indicators of housing construction technology after a possible earthquake in Tehran, which included 12 components and 90 sub-components and was given to 18 experts to rate each index based on a 5-point Likert scale. It is worth mentioning that the experts were asked to mention, in addition to the determined indicators, if they consider another influencing factor. In the research process, the majority of experts agreed, some added new components, and some did not express an opinion. Then, in the second round, items with an average of less than 3.5 were removed and new items were added. Thus, during two stages and using the Delphi method, various items of post-accident housing construction technologies were extracted. The meaning of housing in this research is permanent and conventional housing of 5 to 7 floors with an area of 70 to 90 square meters in Tehran, which is usually assumed to start construction after the stages of emergency and temporary housing.

Twelve effective components in housing construction technology after the Tehran earthquake have been identified in previous studies. These factors include construction and execution management, cost, housing construction components, type of materials, time, prefabrication, energy consumption, safety, cultural and social characteristics, environmental conditions and compatibility with the architectural design, which are categorized into four managerial, economic, social and cultural sectors.

The results show that among the refined indicators, "quality, durability and high resistance of housing construction materials", "application of existing standards of the construction industry in building systems", "main structure of housing", "supplying space light", "minimum required energy for climate adaptation" and "considering different areas of Tehran" were recognized as the most important indicators of housing construction technology after earthquakes.

The criteria with high priority in housing construction technology can be analyzed from the structural and non-structural points of view.

A Scrutinizing look shows that there are factors in the construction technologies considered by the respondents, which are mostly non-structural and architectural and the view of builders and designers from the scope of structural and physical issues of housing to other categories in the construction process, including Management, architectural and social factors have been focused in Tehran.

Keywords: Construction Technology, Permanent Housing, Delphi Method, Shannon Technique, Earthquakes.