

تعیین حداکثر تراکم ساختمانی با رویکرد کاهش آسیب پذیری

در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهر شاهرود)

سجاد فردوسی^۱، پری شکری فیروزجاه^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۲

چکیده

امروزه افزایش تراکم ساختمانی جهت پاسخگویی به رشد جمعیت، موجب اجتناب ناپذیر است. در این میان، رشد و توسعه شهری به مراتب افزایش مخاطرات طبیعی را نیز به دنبال داشته و با توجه به قرارگیری کشور ایران بر روی یکی از دو کمربند زلزله خیز زمین، نیاز به برنامه ریزی و طراحی مطابق با اصول پدافند غیرعامل شهری در عرصه ساخت و ساز به شدت احساس می گردد. در این راستا در پژوهش حاضر به روش توصیفی-تحلیلی و با هدف کاهش آسیب پذیری شهرها در برابر مخاطرات طبیعی به ویژه زلزله به تعیین حداکثر تراکم ساختمانی مطابق با اصول پدافند غیرعامل پرداخته شده است. اطلاعات مورد نیاز از طریق اسناد، مجلات و کتب مربوطه به دست آمده است. در این پژوهش پس از بررسی اسناد و اطلاعات، روشی جهت تعیین بیشینه تراکم ساختمانی با رویکرد کاهش آسیب پذیری در برابر زلزله ارائه شده و با استفاده از آن، الگوی تراکمی محدود مورد مطالعه در شهر شاهرود محاسبه شده است. بر این اساس و مطابق با روش ارائه شده، در مرحله اول نیاز است مشخص گردد که پس از وقوع زلزله فرضی، به شرط حفظ حداقل فضای مورد نیاز در معابر جهت امداد رسانی، فضای باقیمانده از معبر جهت انباشت مصالح ریزشی، ظرفیت تخریب حداکثر چه ارتفاعی از یک ساختمان را دارد. در مرحله بعد، پس از دستیابی به ارتفاع بنا، می توان با مفروض داشتن ارتفاع هر طبقه و هم چنین درصد سطح اشغال بنا، حداکثر تراکم و نیز تعداد طبقات ساختمان را محاسبه نمود.

کلیدواژه ها: آسیب پذیری، شهر، شبکه معابر، تراکم ساختمانی، پدافند غیرعامل

۱- کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه پیام نور ایران Sajad.ferdowsi@yahoo.com - نویسنده مسئول

۲- استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه پیام نور واحد تهران ایران Shokri.pari@yahoo.com

۱- مقدمه

بخش‌های مختلف شهر و بهبود کیفیت زندگی شهری، به‌عنوان اهداف فرعی پژوهش مطرح است.

۱-۱- طرح مسئله

یکی از راه‌های توسعه درون‌شهری، افزایش تراکم از طریق احداث ساختمان‌های بلند است. این روش، پاسخی طبیعی به رشد جمعیت، کمبود زمین و محدودیت‌های توسعه افقی شهرها به‌شمار می‌رود و اگرچه برخی از مشکلات شهری را حل می‌کند، ولی مسائل تازه‌ای می‌آفریند، به خصوص در شرایطی که بستر مناسب خود را از نظر محیطی نیافته باشد [۲۶]. در این زمینه، از جمله مسائل و مشکلاتی که به‌واسطه افزایش تراکم ساختمانی پیش می‌آید، تأثیرگذاری منفی بر عملکرد و کارایی مطلوب شبکه معابر است. این معضل زمانی به اوج خود می‌رسد که شهر با مخاطرات طبیعی (سیل، زلزله و...) مواجه گردد.

بنابراین، استفاده از برنامه‌ریزی و طراحی شهری اصولی و توجه به مقوله مدیریت بحران، در کاهش آسیب‌پذیری شهر، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است [۶]. در این راستا در پژوهش حاضر، محله‌ای واقع در جنوب شهر شاهرود به‌عنوان نمونه مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفته است. محدوده مورد مطالعه اخیراً با توجه به طرح آماده‌سازی آن، مورد ساخت‌وساز قرار گرفته است. بر اساس ضوابط تراکمی محدوده مذکور، در معابر ۱۰ و ۱۲ متری میزان تراکم ساختمانی ۱۸۰ درصد و در معبر ۱۴ متری میزان تراکم برابر با ۲۴۰ درصد لحاظ گردیده است. بر این اساس در این پژوهش سعی بر آن است تا با بررسی و تحلیل محدوده مطالعاتی و تطابق آن با اصول پدافند غیرعامل در زمینه تعیین بیشینه تراکم ساختمانی با رویکرد کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله، بتوان در جهت مقابله با مخاطرات طبیعی گامی موثر برداشت.

۱-۲- اهمیت و ضرورت پژوهش

با توجه به رشد مداوم جمعیت در شهرها و هم‌چنین افزایش مخاطرات طبیعی به دلایل مختلف، به‌خصوص مسئله زلزله که کشور ایران در یکی از دو کمربند زلزله‌خیز زمین قرار دارد و تهدیداتی که در پی آن متوجه شهرها گشته، پرداختن به برنامه‌ریزی و طراحی شهری بر اساس اصول علمی، امری ضروری به‌نظر می‌رسد. در این راستا کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر حوادث طبیعی، اهمیت این پژوهش را روشن می‌سازد.

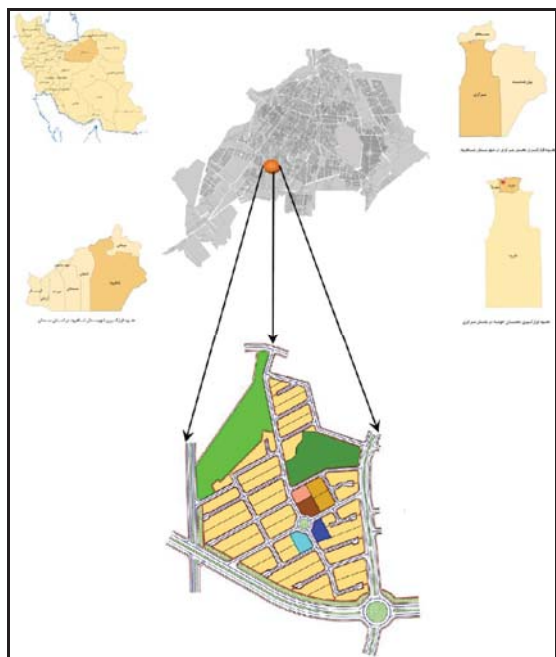
۱-۳- اهداف پژوهش

با توجه به اهمیت موضوع، هدف اصلی این پژوهش، تعیین بیشینه تراکم ساختمانی با رویکرد کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله، در جهت مقابله با مخاطرات طبیعی می‌باشد. در این زمینه تعیین تراکم مطلوب ساختمانی، ارتقاء عملکرد سرویس‌دهی شبکه معابر به

۱-۴- پیشینه پژوهش

در رابطه با تعیین تراکم ساختمانی، مطالعات و پژوهش‌های مختلفی انجام پذیرفته است. رویکرد اغلب این مطالعات، مسائلی از جمله: توجه به شرایط اقلیمی، بهبود سیما و منظر شهری و ارتقاء کیفیت ترافیک و... بوده است و کمتر به موضوع کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله در تعیین تراکم ساختمانی توجه شده است. در این خصوص به برخی از این مطالعات به شرح ذیل اشاره شده است:

- کریمی و همکاران در مقاله‌ای با عنوان "مدل تعیین تراکم مطلوب شهری با استفاده از سیستم‌های اطلاعات زمینی: مطالعه موردی خمینی‌شهر" به ارائه مدلی پرداخته است که به روش تحلیلی با کمی ساختن عوامل اصلی کالبدی، اقتصادی و اجتماعی موثر در تراکم شهری و نرمالیزه نمودن آنها، نتایج مفیدی را در تشکیل مدل تراکم ارائه داده است [۱۵].
- ادب‌خواه و همکاران در پژوهشی با عنوان "بررسی وضعیت تراکم ساختمانی و ارائه مدل پیشنهادی تعیین F.A.R با توجه به شبکه معابر: مطالعه موردی محله الهیه تهران" نتیجه گرفته‌اند که تراکم ساختمانی نه‌تنها به‌عنوان ابزاری جهت تعادل بین ظرفیت زیرساخت‌ها و جمعیت مورد استفاده قرار نگرفته بلکه موجب بروز مشکلات ترافیکی و... نیز شده است و در پایان به محاسبه تراکم ساختمانی مبتنی بر ظرفیت پذیرش زیرساخت‌ها به‌ویژه ظرفیت شبکه سواره پرداخته است [۳].
- حسینی و همکاران در مقاله‌ای با عنوان "ارائه روشی برای تعیین حداکثر تراکم ساختمانی در مقیاس قطعات مسکونی" بیان می‌دارد که عامل اصلی در تعیین تراکم ساختمانی، طول سایه‌اندازی ابنیه و فضای باز به ازای هر واحد مسکونی است و تراکم ساختمانی، سطح اشغال و تعداد طبقات می‌تواند مقادیر متفاوتی داشته باشد [۷].
- منعم و ضرابیان در مقاله‌ای با عنوان "بررسی اثرات کالبدی-فضایی بلندمرتبه‌سازی در شهر" به این نتیجه رسیدند که بزرگترین مشکل در بلندمرتبه‌سازی در ایران، نبود انتخاب صحیح در زمین مورد بهره‌برداری است، به‌طوری که در همدان، مجاور خیابان ۳۰ متری، برجی به ارتفاع ۵۰ متر ساخته شده است [۱۴].
- فرهودی و محمدی در مقاله‌ای با عنوان "تأثیر احداث ساختمان‌های بلندمرتبه بر کاربری‌های شهری مطالعه مناطق ۱، ۲ و ۳ شهر تهران" به این نتیجه رسیدند که عدم رعایت ضوابط و مقررات شهرسازی در خصوص مکانیابی و احداث



شکل ۱- موقعیت سیاسی شهر شاهرود و محدوده مورد مطالعه [۸]

و ۱۲ متری معادل ۱۸۰ درصد و در معبر ۱۴ متری برابر با ۲۴۰ درصد در نظر گرفته شده است.

براساس آخرین سرشماری نفوس و مسکن، جمعیت شهر شاهرود در سال ۱۳۹۰ برابر ۱۴۰۴۷۴ نفر می‌باشد. جدول (۱) تحولات جمعیتی شاهرود طی یک دوره ۵۵ ساله را به تفکیک مقاطع آمارگیری نشان می‌دهد. بر این اساس، بیشترین نرخ رشد جمعیت در ده ساله ۴۵-۱۳۳۵ و کمترین آن در دوره ۹۰-۱۳۸۵ بوده است.

در محدوده قلمرو جغرافیایی که شهر شاهرود در آن قرار دارد گسل‌های متعددی پراکنده شده‌اند که از این میان، دو رشته گسل‌های عطاری و میامی از نظر طول و امتداد و نزدیکی به شهر واجد اهمیت می‌باشند. گسل عطاری از شمال سمنان شروع شده و با امتداد شمال شرقی تا حوزه جنوب غربی شاهرود ادامه دارد و گسل میامی در دنباله گسل عطاری از جنوب شرق شاهرود شروع شده و تا شمال غرب شهر سبزوار ادامه می‌یابد. با توجه به تاریخ زمین‌شناسی منطقه و وجود گسل‌های فعال دوران چهارم در شمال و شرق ایران، احتمال وقوع زلزله‌هایی با شدتی متوسط به شعاع ۳۲ کیلومتر، به‌طور بالقوه شهر شاهرود را تهدید می‌نماید [۱۹]. در این راستا برخی از زلزله‌های حادث‌شده در استان سمنان به شرح جدول (۲) بیان شده است.

این‌گونه بناها در سطح شهر، مسائل و مشکلات عدیده‌ای را به‌وجود آورده است [۱۷].

۵-۱- سؤالات و فرضیه‌های تحقیق

پژوهش حاضر در پی پاسخ‌گویی به سؤال ذیل می‌باشد:

- چگونه می‌توان با رویکرد کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله به تعیین بیشینه تراکم ساختمانی پرداخت؟
- سؤال فوق نشأت گرفته از فرضیات ذیل می‌باشد:
- به‌نظر می‌رسد توجه به ملاحظات مسئله کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله، در تعیین بیشینه تراکم ساختمانی تأثیرگذار است.
- به‌نظر می‌رسد که در بخش‌هایی از محدوده مورد مطالعه، تناسب مطلوبی میان ارتفاع بنا و عرض معبر در جهت اجتناب از انسداد معبر در زمان وقوع زلزله، در نظر گرفته نشده است.

۶-۱- روش تحقیق

با توجه به ماهیت موضوع و اهداف پژوهش، نوع تحقیق، کاربردی و رویکرد حاکم بر فضای تحقیق، "توصیفی-تحلیلی" است. به‌منظور عینیت یافتن مبانی نظری پژوهش، محله‌ای از شهر شاهرود به‌عنوان نمونه مطالعاتی، مورد بررسی قرار می‌گیرد. اطلاعات مورد نیاز از طریق اسناد، مجلات و کتب مربوطه به‌دست آمده است. در این پژوهش پس از بررسی اسناد و اطلاعات جمع‌آوری‌شده، به‌چگونگی تعیین تراکم ساختمانی با رویکرد کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله پرداخته می‌شود.

۷-۱- محدوده و قلمرو پژوهش

شهر شاهرود در حاشیه شمالی دشت کویر و در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز با ارتفاعی معادل ۱۳۸۰ متر از سطح دریا و در شمال خاوری استان سمنان واقع شده است. متوسط ارتفاع شهر از سطح دریاهای آزاد حدود ۱۳۴۵ متر بوده و شیب عمومی شهر از شمال به جنوب می‌باشد. این شهر نقش درجه یک خود را در ارائه خدمات به‌خصوص در زمینه خدمات اجتماعی به جمعیت حوزه نفوذ خود می‌یابد که به‌خصوص با توجه به اقلیم منطقه و مرکزیت عمده شهر، این نقش وجه بارزتری می‌یابد. شهرستان شاهرود قطب کشاورزی استان سمنان محسوب می‌شود. هم‌چنین بخش کشاورزی، بیشترین تعداد شاغلین در شهرستان شاهرود را به خود اختصاص داده است [۱۹]. شکل (۱) موقعیت سیاسی شهر شاهرود و محدوده مورد مطالعه را بیان می‌دارد. محدوده مذکور در راستای پاسخ‌گویی به نیازهای جمعیت، اخیراً با توجه به طرح آماده‌سازی آن، در دست ساخت‌وساز قرار گرفته است. در این میان، بیشینه تراکم ساختمانی در معابر ۱۰

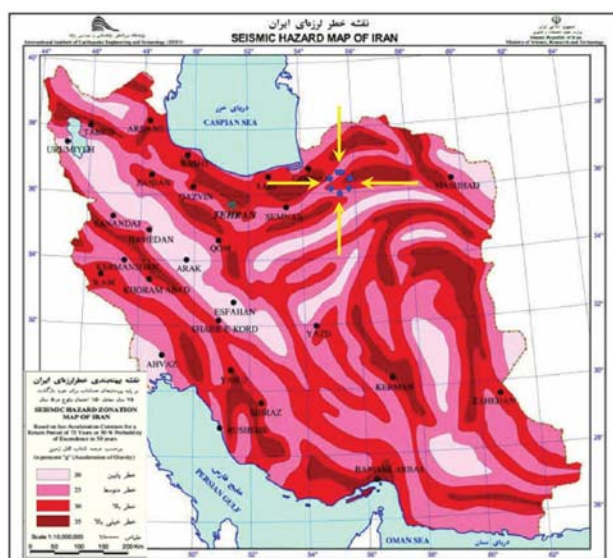
جدول ۱- تحولات جمعیتی شاهرود از سال ۱۳۳۵ تا سال ۱۳۹۰ [۲۳]

| سال | ۱۳۳۵ | ۱۳۴۵ | ۱۳۵۵ | ۱۳۶۵ | ۱۳۷۵ | ۱۳۸۵ | ۱۳۹۰ |
|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| جمعیت | ۱۷۰۵۸ | ۳۰۷۶۷ | ۴۹۷۸۳ | ۷۸۹۵۰ | ۱۰۴۷۶۵ | ۱۳۲۳۷۹ | ۱۴۰۴۷۴ |
| نرخ رشد | ۶،۰۷ | ۴،۹۲ | ۴،۷۱ | ۲،۸۷ | ۲،۳۶ | ۱،۱۹ | |
| میانگین رشد | ۳،۹۱ | | | | | | |

جدول ۲- تاریخچه زلزله در استان سمنان [۱۹]

| سال وقوع | محل وقوع | آثار وقوع حادثه |
|----------------------|-------------------------|--|
| ۳۰۰ سال پیش از میلاد | بین ایوانکی و شهر ری | ویرانی ۲۰۰ آبادی و تخریب شهر ری |
| ۷۴۳ میلادی | ایوانکی | - |
| ۷۶۸ میلادی | استان سمنان | ویرانی شهر قدیمی قومس و شهر دامغان و حدود ۴۵۰۰۰ نفر کشته و هم‌چنین خسارت به شهر بسطام |
| ۱۱۴۰ میلادی | منطقه دامغان | ایجاد چشمه‌ای در گردکوه |
| ۱۳۹۰ میلادی | تاش | تخریب ساختمان‌های زیاد در شاه‌کوه، مجن، قلعه نوخرقان، کلاته‌خان و روستاهای اطراف و با تخریب کمتر در شاهرود و بسطام و هم‌چنین حدود ۱۰۰ نفر کشته |
| ۱۸۵۲ میلادی | منطقه شاهرود | - |
| ۱۹۴۵ میلادی | گرمسار | - |
| ۱۹۵۳ میلادی | طرود | حدود ۹۵ کشته |
| ۱۹۷۰-۱۹۵۰ | جنوب و جنوب غربی شاهرود | زلزله‌های متعدد با شدت متوسط |

در مجموع مطابق شکل (۲) در زمینه خطر لرزه‌ای، شهر شاهرود در پهنه با خطر نسبی زیاد و با شدت مبنای ۰،۳۰ شتاب ثقل یا ۲،۹۴ متر بر مجذور ثانیه قرار دارد.



شکل ۲- جایگاه شهر شاهرود در نقشه خطر لرزه‌ای [۱۹]

زمینه، دستیابی به فناوری‌های پیشرفته در عرصه اجرای ساختمان‌های بلندمرتبه نیز مزید بر علت گردیده است. بنابراین، امروزه رشد و توسعه شهرنشینی باعث به‌وجود آمدن تسهیلات فراوانی شده اما باید در نظر داشت که با رشد شهرنشینی، عوامل بحران‌زا هم افزایش می‌یابد [۳۱]. در این راستا از عوامل موثر در کاهش آسیب‌پذیری شهرها، بویژه خسارات ناشی از زلزله، شکل و ساختار شهر بوده که می‌توان با استفاده از برنامه‌ریزی و طراحی شهری اصولی و توجه به امر مدیریت بحران، در جهت کاهش آسیب‌پذیری سوانح شهری گامی موثر برداشت [۶].

در این میان، توجه به شبکه ارتباطی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین استحکامات زیربنایی، نقش مهمی در کاهش یا افزایش آسیب‌های ناشی از وقوع حوادث طبیعی نظیر زلزله دارد [۸] که در صورت بسته شدن آن‌ها، صدمات ناشی از زلزله چندین برابر شده و ممکن است بازگشت به وضع عادی ماه‌ها به طول انجامد [۴]. از این جهت در صورتی که شبکه ارتباطی بعد از وقوع زلزله آسیب ندیده و کارایی خود را حفظ کند، از تلفات زلزله به میزان زیادی کاسته خواهد شد، زیرا امکان گریز از موقعیت‌های خطرناک و دسترسی به مناطق امن فراهم شده و عبور و مرور وسایل نقلیه امدادی به‌راحتی صورت خواهد گرفت [۲۴]. با توجه به اینکه هنگام وقوع حوادث طبیعی نظیر زلزله، تراکم بالای ساختمان‌ها و در نتیجه، تخریب و ریزش آن‌ها عمده‌ترین موردی است که باعث آسیب رساندن به شبکه معابر و انسداد آن‌ها می‌گردد اما با این وجود در کشور ایران علی‌رغم مطالعات و اقدامات اخیر جهت کاهش خسارت‌های ناشی از زلزله، از جمله توجه به مسئله پدافند غیرعامل در عرصه ساخت‌وساز، در خصوص تعیین بیشینه تراکم ساختمانی با رویکرد کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله اقدام خاصی انجام نگرفته و در اغلب موارد جهت تعیین تراکم به موارد اشاره‌شده در جدول (۲) اکتفا شده است. در راستای اهداف مقابله با زلزله که همانا کاهش آسیب‌پذیری می‌باشد، ملاحظات مربوط به شبکه ارتباطی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر در افزایش و کاهش آسیب‌پذیری، اهمیتی دوچندان دارد. در این خصوص اساسی‌ترین معیار در زمینه کارایی شبکه‌های ارتباطی در برابر حوادث مختلف، به عرض آن‌ها ارتباط پیدا می‌کند. به‌طوری که هرچه عرض معبر بیشتر باشد، ظرفیت معبر افزایش یافته و بنابراین توانایی مانور بیشتری جهت امدادسانی و حضور وسایل نقلیه امدادی مهیا می‌گردد [۵]. در این زمینه بوسیله روش‌های محاسباتی مختلف می‌توان میزان پراکندگی و انباشت مصالح ساختمانی ناشی از تخریب زلزله را در معابر برآورد نمود. از جمله این روش‌ها، رابطه (۱) به شرح ذیل مطرح می‌باشد [۲۱]:

$$\frac{b}{a} = A \quad (1) \quad [21]$$

۲- دیدگاه‌ها و مفاهیم نظری پژوهش

تراکم شهری، یکی از اولین مسائل اساسی در برنامه‌ریزی‌های شهری است [۲۵] که در این میان، تراکم ساختمانی به‌عنوان زبان علمی و اجرایی تراکم در شهرسازی مطرح است [۷]. به‌طور کلی هدف از تعریف تراکم، برقراری موازنه منطقی بین فعالیت تولیدشده توسط ساختمان‌ها و فضاهای خارجی اطراف آن‌ها و نیز ایجاد محیط زیست با کیفیت بهتر است [۱۲]. براساس تحقیقات موجود، تراکم مطلوب و متغیرهای کنترل‌کننده آن می‌تواند تضمین‌کننده مواردی بدین شرح باشد: الف) نور، آفتاب، هوای کافی و فضاهای باز جهت استفاده کلیه واحدهای مسکونی ب) فضای کافی برای کلیه خدمات و تسهیلات مورد نیاز شهری و محله‌ای ج) ایجاد احساس گشادگی و تامین عرصه‌های خصوصی برای ساکنان [۲۷]. در نتیجه، تراکم به‌عنوان یکی از بهترین و اثرگذارترین ابزارهای کنترل‌کننده در اختیار طرح‌ریزان شهری قرار دارد [۳۲].

بررسی‌های صورت‌گرفته در زمینه تعیین تراکم ساختمانی، حاکی از آن است که مؤلفه‌های متعددی بر میزان تراکم ساختمانی تأثیرگذار است. جدول (۳) به‌طور خلاصه مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تراکم ساختمانی را بیان می‌دارد:

جدول ۳- عوامل تأثیرگذار بر میزان تراکم ساختمانی

[۲۸-۹،۳۰-۲،۱۶،۱۳،۱۸،۲۰،۱،۲۲،۱۱]

| ظرفیت شبکه معابر | تأسیسات شهری | مساحت قطعه | نوع بافت شهری |
|-------------------|-------------------|--------------------------|---------------|
| قیمت زمین | فاصله از مرکز شهر | تعداد واحد مسکونی در سطح | محصوریت فضایی |
| کاربری‌های خدماتی | نورگیری ابنیه | فضای باز به ازای هر واحد | مدیریت شهری |

در مجموع، افزایش تراکم ساختمانی می‌تواند بسیاری از مسائل موجود در ارتباط با محدودیت‌ها، به‌خصوص زمین و هزینه‌ها را حل نموده و از اتلاف زمین به‌عنوان عامل اصلی طبیعی و حیاتی توسعه شهرها جلوگیری نماید. به عبارت دیگر، پایین بودن تراکم ساختمانی منجر به افزایش هزینه زیرساخت‌های شهری شده و این امر به نوبه خود، افزایش خدمات را می‌طلبد. توان بالقوه موجود در بافت‌های شهری نیز دلیل دیگری بر توجیه تراکم ساختمانی بالا است به‌طوری که میزان زیادی از امکانات موجود در بافت‌های شهری، فراتر از نیاز ساکنان بوده و به نحو مطلوب استفاده نمی‌شود. از این رو نیازی به توسعه حواشی نیست و می‌بایست امکانات اضافی بافت‌های موجود را مورد بهره‌برداری بهینه قرار داد [۳]. بر این اساس، در سال‌های اخیر شاهد افزایش قابل توجه تراکم ساختمانی در شهرها هستیم و در این

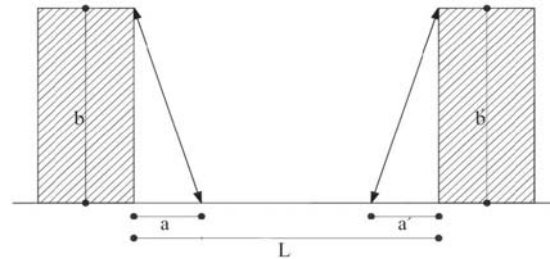
که در آن:

a: بیشترین فاصله پرتاب مصالح ساختمانی

b: ارتفاع ساختمان

A: شتاب مبنای طرح (نسبتی از شتاب جاذبه بر مبنای cm/s^2)

شکل (۳) مدل محاسبه انباشت مصالح ناشی از تخریب زلزله در دو طرف معبر را نشان می‌دهد:



شکل ۳- مدل محاسبه انباشت مصالح ناشی از تخریب زلزله [۲۱]

متطابق با شکل فوق، رابطه (۲) به شرح ذیل مطرح است:

$$(۲) \begin{cases} 1) a + a' > L \\ 2) a + a' = L \\ 3) a + a' < L \end{cases} \quad [۲۱]$$

که در آن:

L: عرض معبر

a و a': میزان انباشت مصالح در معبر

b و b': ارتفاع ساختمان

بر اساس رابطه (۲)، سه حالت محتمل است، اگر حالت اول رخ دهد به این معنی خواهد بود که در هنگام تخریب ساختمان در خلال زلزله، معبر مورد نظر کاملاً مسدود شده و امکان امداد رسانی و استفاده از آن ممکن نخواهد بود. هم‌چنین اگر حالت دوم رخ دهد باز هم امکان مسدود شدن آن در زلزله‌های با شدت زیاد وجود دارد. در این بین اگر حالت سوم رخ دهد، امکان کمک‌رسانی از معبر مورد نظر طی شرایطی برقرار خواهد بود. بدین معنی که جمع دو عامل a و a' باید به نحوی باشد که حداقل عرض مورد نیاز جهت عبور وسایل نقلیه امدادی وجود داشته باشد [۲۱].

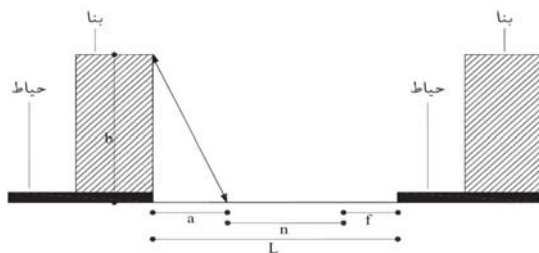
۳- یافته‌های پژوهش

در ادامه با بسط دادن مدل محاسبه انباشت مصالح ناشی از تخریب زلزله که در حیطه ملاحظات پدافند غیرعامل شهری مطرح می‌باشد و هم‌چنین با در نظر گرفتن مفروضات این پژوهش، به تعیین بیشینه تراکم ساختمانی محدوده مورد نظر پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که با توجه به موضوع پژوهش که «کاربرد پدافند

غیرعامل در تعیین تراکم ساختمانی» می‌باشد، الگوی پیشنهادی بیشینه تراکم ساختمانی محدوده مورد مطالعه بر مبنای ملاحظات پدافند غیرعامل انجام پذیرفته و بدیهی است که جهت تعیین تراکم ساختمانی علاوه بر عامل مذکور، سایر موارد تأثیرگذار از جمله، نورگیری ابنیه، ظرفیت شبکه معابر، مساحت قطعه و... را نیز می‌بایست در نظر گرفت. اما در هر صورت، نه تنها نقش پدافند غیرعامل که به‌عنوان عاملی مهم در ادامه حیات شهرها مطرح است را نباید در مقایسه با سایر عوامل تأثیرگذار نادیده گرفت و در حاشیه قرار داد بلکه می‌بایست تأثیر این عامل در تراکم ساختمانی را به‌عنوان حد نهایی تراکم در نظر گرفت و سایر عوامل بر مبنای این میزان، تنظیم گردند.

به‌منظور تعیین تراکم ساختمانی با رویکرد پدافند غیرعامل، در مرحله اول نیاز است مشخص گردد که پس از وقوع زلزله فرضی، به شرط حفظ حداقل فضای مورد نیاز در معابر جهت امداد رسانی، فضای باقیمانده از معبر جهت انباشت مصالح ریزشی، ظرفیت تخریب حداکثر چه ارتفاعی از یک ساختمان را دارد. در مرحله بعد پس از دستیابی به ارتفاع بنا، می‌توان بیشینه تراکم و نیز تعداد طبقات ساختمان را محاسبه نمود. بدین منظور با توجه به روش محاسبه انباشت مصالح ناشی از تخریب زلزله طبق رابطه (۱)، در این پژوهش به‌منظور تعیین حداکثر تراکم ساختمانی با رویکرد پدافند غیرعامل دو حالت مدنظر است:

حالت اول: زمانی که در یک سمت معبر، حیاط و در سمت مقابل، بنا قرار دارد (شکل ۴):



شکل ۴- مدل محاسبه حداکثر ارتفاع ساختمان (حالت اول) [نگارنده]

در این حالت، جهت تعیین بیشینه ارتفاع ساختمان در معبر، می‌بایست ساختمانی که بنای آن در مجاورت با معبر است، مد نظر قرار گیرد؛ به این دلیل که امکان ریزش مصالح ناشی از تخریب زلزله در سطح معبر، از ساختمانی صورت می‌گیرد که بنای آن در مجاورت معبر قرار دارد و در مقابل، ریزش مصالح از ساختمانی که حیاط آن در مجاورت معبر است عمدتاً در داخل حیاط انباشت می‌گردد. در این حالت، رابطه (۳) جهت محاسبه بیشینه ارتفاع ساختمان پیشنهاد می‌شود:

در این حالت و با توجه به شکل (۵)، رابطه (۴) ارائه می‌گردد:

$$b = (L - n) \times A \quad \text{یا} \quad b' \quad \text{[نگارنده] (۴)}$$

که در آن:

b و b' : ارتفاع ساختمان (متر) (در این پژوهش ارتفاع ساختمان‌های

هر دو سمت معبر، یکسان فرض شده است)

L : عرض معبر (متر) (مجموع کل سواره رو و پیاده رو)

n : حداقل فضای مورد نیاز از معبر جهت امداد رسانی (متر) (در این

پژوهش برابر با ۶ متر مفروض است)

A : شتاب مبنای طرح (بر اساس نقشه خطر لرزه‌ای ایران، در شهر

شاهروید برابر است با: ۰,۳۰ شتاب ثقل یا ۲,۹۴ متر بر مجذور ثانیه)

a و a' : بیشترین فاصله پرتاب مصالح ساختمانی (متر)

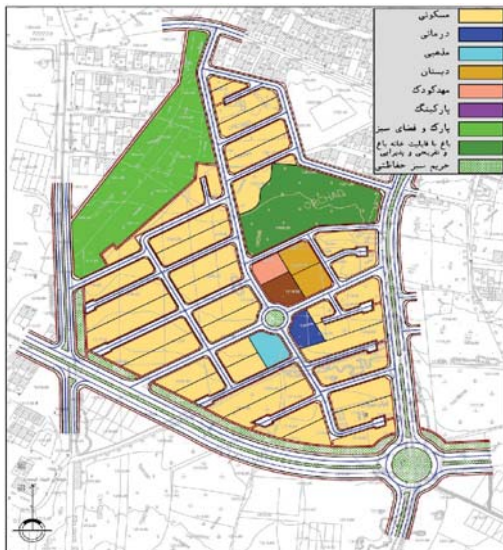
پس از مشخص شدن بیشینه ارتفاع ساختمان می‌توان حداکثر تعداد

طبقات و تراکم ساختمانی را محاسبه نمود. در ادامه با استفاده از

روابط فوق، بیشینه تراکم ساختمانی محدوده مورد مطالعه محاسبه

گردیده است. شکل (۶) کاربری اراضی و شکل (۷) عرض معابر

محدوده مورد مطالعه را نشان داده است.



شکل ۶- کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه [۱۹]

مطابق با رابطه (۳) بیشینه ارتفاع ساختمان و در پی آن، حداکثر

تعداد طبقات و تراکم ساختمانی مطابق با جدول (۴) محاسبه

گردیده است. با توجه به سایت پلان محدوده، دسترسی پلاک‌ها

صرفاً از معابر با عرض ۱۴، ۱۲ و ۱۰ متری تامین گردیده؛ بنابراین،

محاسبات بر مبنای سه عرض مذکور انجام پذیرفته است.

$$\frac{b}{a} = A \rightarrow b = a \times A \quad \text{[۲۱] (۱)}$$

در نتیجه:

$$b = [(L - f) - n] \times A \quad \text{[نگارنده] (۳)}$$

که در آن:

b : ارتفاع ساختمان (متر) (ساختمانی که بنای آن در مجاورت معبر

قرار دارد)

L : عرض معبر (متر) (مجموع کل سواره رو و پیاده رو)

f : عرض پیاده رو (متر) (فقط یک طرف خیابان: سمتی که حیات

ساختمان در مجاورت معبر قرار دارد)

n : حداقل فضای مورد نیاز از معبر جهت امداد رسانی (متر) (در این

پژوهش برابر با ۶ متر مفروض است)

A : شتاب مبنای طرح (بر اساس نقشه خطر لرزه‌ای ایران، در شهر

شاهروید برابر است با: ۰,۳۰ شتاب ثقل یا ۲,۹۴ متر بر مجذور ثانیه)

a : بیشترین فاصله پرتاب مصالح ساختمانی (متر)

لحاظ نمودن عامل (f) به عنوان عرض پیاده رو یک سمت معبر در

رابطه فوق، به این دلیل است که پس از وقوع زلزله، پیاده رو سمت

دیگر (پیاده رو مقابل ساختمانی که بنای آن در مجاورت معبر قرار

دارد) به دلیل انباشت مصالح مسدود می‌گردد و پیاده رو سمت مقابل

(پیاده رو مقابل ساختمانی که حیاط آن در مجاورت معبر قرار دارد)

حتی اگر مسدود نگردد به دلیل وجود مواردی همچون تیرک

برق رسانی، جوی آب، درخت و... عملاً نمی‌تواند جهت عبور وسایط

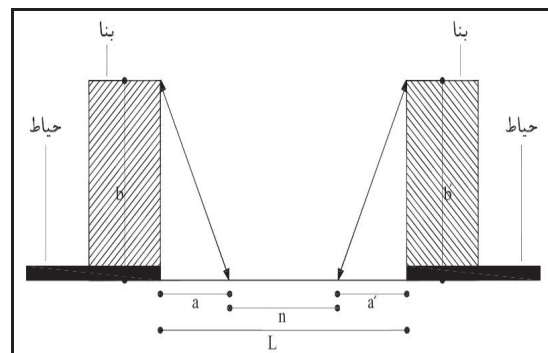
نقلیه امدادی استفاده گردد. ضمناً بخشی از این فضا می‌تواند جهت

انباشت مصالح ناشی از تخریب احتمالی دیوار حیاط در زمان وقوع

زلزله در نظر گرفته شود. بنابراین می‌بایست این فضا را از میزان

فضای مورد نیاز جهت امداد رسانی کسر نمود.

حالت دوم: در هر دو سمت معبر، بنا قرار گرفته باشد (شکل ۵):

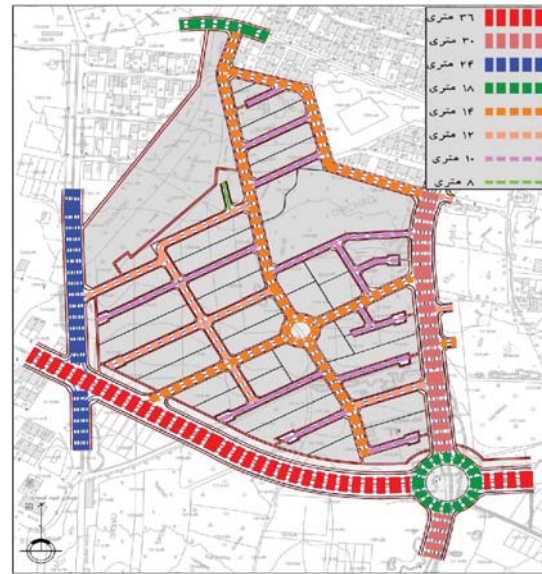


شکل ۵- مدل محاسبه بیشینه ارتفاع ساختمان (حالت دوم) [نگارنده]

شکل‌های (۸) و (۹) توزیع بیشینه تراکم ساختمانی در سطح محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهند.

مطابق با نتایج حاصل شده در محدوده مورد مطالعه با رویکرد پدافند غیرعامل، معابر با عرض ۱۰ متر پاسخ‌گوی ساختمان‌هایی با بیشینه تراکم ۱۲۰ درصد (دو طبقه روی پیلوت) می‌باشند، همچنین در معابر ۱۲ متری می‌توان بیشینه تراکم ساختمانی را ۱۸۰ درصد (سه طبقه روی پیلوت) و در معابر ۱۴ متری برابر با ۲۴۰ درصد (چهار طبقه روی پیلوت) در نظر گرفت.

این در حالی است که مطابق با ضوابط موجود، در مورد معابر ۱۰ متری، میزانی بیش از تراکم پیشنهادی این پژوهش در دستور کار قرار گرفته است. جدول (۵) مقایسه میزان تراکم پیشنهادی حاصل از نتایج این پژوهش و تراکم موجود محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۷- عرض معابر محدوده مورد مطالعه [۱۹]

جدول ۴- تعیین بیشینه ارتفاع ساختمان، تعداد طبقات و تراکم ساختمانی محدوده مطالعاتی [نگارنده]

| بیشینه تراکم ساختمانی (درصد) ** | * حداکثر تعداد طبقات+پیلوت | بیشینه ارتفاع ساختمان بر اساس رابطه (۳) (متر) $b = [(L-f) - n] \times A$ | پایه دو طرف (متر) | سواره (متر) | عرض خیابان (متر) |
|---------------------------------|----------------------------|---|-------------------|-------------|------------------|
| ۲۴۰ درصد | ۴ طبقه+پیلوت | $b = [(14-3) - 6] \times 2.94 = 14.70$ | ۳ + ۳ | ۸ | ۱۴ متری |
| ۱۸۰ درصد | ۳ طبقه+پیلوت | $b = [(12-2) - 6] \times 2.94 = 11.76$ | ۲ + ۲ | ۸ | ۱۲ متری |
| ۱۲۰ درصد | ۲ طبقه+پیلوت | $b = [(10-1) - 6] \times 2.94 = 8.82$ | ۱ + ۱ | ۸ | ۱۰ متری |

* ارتفاع هر طبقه: ۳ متر و ارتفاع پیلوت ۲,۵ متر مفروض است.

** تراکم ساختمانی بر اساس سطح اشغال ۶۰ درصد مفروض است و پیلوت جزء تراکم محسوب نمی‌گردد.



شکل‌های ۸ و ۹- توزیع بیشینه تراکم ساختمانی در سطح محدوده مورد مطالعه [نگارنده]

جدول ۵- تراکم پیشنهادی پژوهش و تراکم موجود محدوده مورد مطالعه [نگارنده]

| مقایسه تراکم پیشنهادی پژوهش و تراکم موجود | ضوابط تراکمی موجود | | تراکم پیشنهادی حاصل از نتایج پژوهش | | پیاپی دو طرف (متر) | سواره (متر) | عرض خیابان |
|---|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------|------------|
| | حداکثر تعداد طبقات+پیلوت | بیشینه تراکم ساختمانی (درصد) | حداکثر تعداد طبقات+پیلوت | بیشینه تراکم ساختمانی (درصد) | | | |
| مطلوب | ۴ طبقه+پیلوت | ۲۴۰ درصد | ۴ طبقه+پیلوت | ۲۴۰ درصد | ۳+۳ | ۸ | ۱۴ متری |
| مطلوب | ۳ طبقه+پیلوت | ۱۸۰ درصد | ۳ طبقه+پیلوت | ۱۸۰ درصد | ۲+۲ | ۸ | ۱۲ متری |
| نامطلوب | ۳ طبقه+پیلوت | ۱۸۰ درصد | ۲ طبقه+پیلوت | ۱۲۰ درصد | ۱+۱ | ۸ | ۱۰ متری |

۴- آزمون فرضیه و پاسخ‌گویی به سؤال پژوهش

مطالعات و بررسی‌های این پژوهش در راستای فرضیه اول پژوهش بیانگر این است که ملاحظات مسئله کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله با میزان بیشینه ارتفاع ساختمان و هم‌چنین بیشینه تراکم ساختمانی در ارتباط بوده و جهت تعیین بیشینه دو عامل مذکور می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. هم‌چنین در رابطه با فرضیه دوم پژوهش، طبق نتایج حاصل شده از تحلیل محدوده مورد مطالعه، مشخص گردید که با توجه به تراکم در نظر گرفته شده در معیار ۱۰ متری، تناسب مطلوبی میان ارتفاع بنا و عرض معبر در جهت اجتناب از انسداد معبر در زمان وقوع زلزله، در نظر گرفته نشده است و ساختمان‌های مجاور این معیار با خطر احتمالی انسداد معبر مواجه می‌باشند.

هم‌چنین به منظور پاسخ‌گویی به سؤال پژوهش در خصوص چگونگی تعیین بیشینه تراکم ساختمانی با رویکرد کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله، روشی مطابق با روابط (۳) و (۴) ارائه شد که بیانگر چگونگی تعیین بیشینه تراکم ساختمانی با رویکرد مذکور می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

امروزه رشد و توسعه شهرها به مراتب افزایش مخاطرات طبیعی را نیز به همراه داشته است. این مسئله با توجه به قرارگیری ایران در یکی از دو کمربند زلزله‌خیز زمین، اهمیتی دوچندان یافته است. در این میان به منظور کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر حوادث طبیعی به‌ویژه زلزله، پرداختن به برنامه‌ریزی و طراحی شهری بر اساس اصول علمی، امری ضروری به نظر می‌رسد. در این زمینه مطالعات و اقدامات اخیر جهت کاهش خسارت‌های ناشی از زلزله، از جمله توجه به مسئله پدافند غیرعامل در عرصه ساخت‌وساز شدت یافته ولی در خصوص تعیین تراکم ساختمانی اقدام خاصی در ایران انجام نگرفته است. در این راستا، در این پژوهش با هدف کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات طبیعی به‌ویژه زلزله و هم‌چنین تعیین

با توجه به جدول (۵)، ملاحظه می‌گردد که در معابر ۱۲ و ۱۴ متری، تراکم پیشنهادی پژوهش و تراکم موجود محدوده با هم برابرند اما در معبر ۱۰ متری، تراکم موجود ۱۸۰ درصد بوده که ۶۰ درصد بیش از تراکم پیشنهادی این پژوهش می‌باشد. بنابراین با توجه به ضوابط تراکمی موجود، در صورت وقوع زلزله، انتظار می‌رود که معابر ۱۰ متری محدوده مورد مطالعه با خطر مسدود شدن مواجه شوند. شکل (۱۰) ساختمان‌های در معرض خطر انسداد معبر در صورت وقوع زلزله با شرایط تراکمی موجود را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- ساختمان‌های در معرض خطر انسداد معبر در صورت وقوع زلزله با شرایط تراکمی موجود [نگارنده]

۳. ادب‌خواه، مصطفی، پورجعفر، محمدرضا، تقوایی، علی‌اکبر؛ بررسی وضعیت تراکم ساختمانی و ارائه مدل پیشنهادی تعیین F.A.R با توجه به شبکه معابر؛ مطالعه موردی محله الهیه تهران؛ نشریه هنرهای زیبا؛ شماره ۱۳، ۱۶-۳۱، (۱۳۸۲).
۴. بحرینی، سیدحسین؛ برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌خیز؛ نمونه شهرهای منجیل، لوشان، رودبار؛ تهران؛ بنیاد مسکن انقلاب اسلامی؛ (۱۳۷۵).
۵. پویان، ژیلا، ناطق‌اللهی، فریبرز؛ آسیب‌پذیری ابرشهرها در برابر زمین لرزه؛ مطالعه موردی شهر تهران؛ سومین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله؛ تهران؛ پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله؛ (۱۳۷۸).
۶. حبیبی، کیومرث؛ پوراحمد، احمد؛ مشکینی، ابوالفضل؛ عسگری، علی؛ نظری عدلی، سعید؛ تعیین عوامل سازه‌ای ساختمانی موثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از FUZZY & LOGIC؛ نشریه هنرهای زیبا؛ شماره ۲۲، ۲۶-۲۷، (۱۳۸۶).
۷. حسینی، محمد حسین؛ حسین‌پور، محمد؛ سلطانی، علی؛ اردشیری، مهیار؛ ارائه روشی برای تعیین حداکثر تراکم ساختمانی در مقیاس قطعات مسکونی؛ مجله مدیریت شهری؛ شماره ۳۱، ۴۰-۲۷، (۱۳۹۲).
۸. خیرآبادی، احد؛ ستاره، علی‌اکبر؛ توکل‌زاده، مژگان؛ مکان‌یابی با ملاحظات پدافند غیرعامل در محیط GIS؛ اولین همایش ملی کاربرد سامانه اطلاعات مکانی در برنامه‌ریزی، طراحی و نظارت مدیریت بهینه و بهره‌برداری شبکه‌های برق کشور؛ محمودآباد؛ (۱۳۸۸).
۹. رمضانی، ویدا؛ تعیین روش مناسب جهت توزیع تراکم ساختمانی؛ نمونه موردی منطقه ۱ شهرداری مشهد؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه شیراز؛ شیراز؛ (۱۳۸۸).
۱۰. شفیعی، عباس؛ بررسی سیاست عرضه مازاد تراکم ساختمانی؛ نمونه موردی شهر تهران؛ مجله صفا؛ شماره ۳۴، ۲۵-۳۹، (۱۳۸۱).
۱۱. صادقیان، آرش؛ آستانه‌های تراکم جمعیتی در محلات شهرهای جدید؛ مطالعه موردی شهر جدید پردیس؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه تهران؛ تهران؛ (۱۳۸۷).
۱۲. عزیزی، محمد مهدی؛ تراکم در شهرسازی؛ دانشگاه تهران؛ تهران؛ چاپ دوم؛ (۱۳۸۳).
۱۳. عزیزی، محمد مهدی؛ تراکم در طرح‌های شهری؛ دیدگاهی نظری در شناخت مسئله عوامل و آثار؛ نشریه هنرهای زیبا؛ شماره ۲، ۲۴-۳۲، (۱۳۸۰).

تراکم مطلوب ساختمانی، ارتقاء عملکرد سرویس‌دهی شبکه معابر و بهبود کیفیت زندگی شهری با بسط دادن مدل محاسبه انباشت مصالح ناشی از تخریب زلزله و هم‌چنین با در نظر گرفتن مفروضاتی، به تعیین بیشینه‌تراکم ساختمانی محدوده مورد نظر با رویکرد کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله پرداخته شد. در این زمینه در خصوص چگونگی تعیین بیشینه‌تراکم ساختمانی با رویکرد کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله، روشی مطابق با روابط (۳) و (۴) ارائه شد که بیانگر چگونگی تعیین بیشینه تراکم ساختمانی با رویکرد مذکور می‌باشد. البته در این پژوهش با توجه به موضوع مورد مطالعه، صرفاً رویکرد کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله در تعیین تراکم ساختمانی لحاظ گردیده اما بدیهی است که جهت تعیین تراکم ساختمانی، علاوه بر آن، می‌بایست سایر موارد تأثیرگذار از جمله، نورگیری ابنیه، ظرفیت شبکه معابر، مساحت قطعه و... را نیز در نظر گرفت. با این وجود، نه‌تنها توجه به مسئله کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله که به‌عنوان عاملی مهم در ادامه حیات شهرها مطرح است را نباید در مقایسه با سایر عوامل تأثیرگذار نادیده گرفت و در حاشیه قرار داد، بلکه می‌بایست تأثیر این مقوله در تراکم ساختمانی را به‌عنوان حد نهایی تراکم در نظر گرفت و سایر عوامل بر مبنای این میزان، تنظیم گردند.

در ادامه به‌منظور تعیین بیشینه‌تراکم ساختمانی با رویکرد کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله، پیشنهادهایی به شرح ذیل مطرح می‌گردد که شایسته است در طرح‌های توسعه شهری در راستای مقابله با مخاطرات طبیعی مورد توجه بیشتری قرار گیرد:

- مطالعه و بررسی ویژه پیرامون مسئله زلزله و گسل‌ها در شهرها به‌خصوص شهرهایی با خطر لرزه‌ای بالا صورت گیرد.
- تحلیلی بر میزان و شدت زلزله‌های رخ داده و هم‌چنین تعیین دوره بازگشت زلزله در شهرها صورت پذیرد.
- در اولویت قرار دادن معیار پدافند غیرعامل نسبت به دیگر معیارها در جهت تعیین بیشینه تراکم ساختمانی
- لحاظ نمودن تناسبی مطلوب میان ارتفاع ساختمان و عرض معبر در راستای اصول پدافند غیرعامل در شهرها

مراجع

۱. آریافر، علیرضا؛ بررسی نقش تراکم ساختمانی در کنترل تراکم جمعیتی شهرها؛ مطالعه موردی مناطق ۲ و ۱۷ شهر تهران؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه علم و صنعت؛ تهران؛ (۱۳۸۱).
۲. ادب‌خواه، مصطفی؛ تعیین تراکم ساختمانی (F.A.R) با توجه به ظرفیت شبکه سواره؛ مورد مطالعه محله الهیه تهران؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ تهران؛ (۱۳۸۱).

۱۴. فرهودی، رحمت‌الله؛ محمدی، علیرضا؛ تأثیر احداث ساختمان‌های بلندمرتبه بر کاربری‌های شهری؛ مطالعه موردی مناطق ۱ و ۲ و ۳ شهر تهران؛ فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی؛ شماره ۴۱، ۸۲-۷۱، (۱۳۸۰).
۱۵. کریمی، اسدالله؛ دلاور، محمودرضا؛ محمدی، محمود؛ مدل تعیین تراکم مطلوب شهری با استفاده از سیستم‌های اطلاعات زمینی؛ مطالعه موردی خمینی‌شهر؛ نشریه هنرهای زیبا؛ شماره ۳۷، ۱۷-۲۶، (۱۳۸۸).
۱۶. کریمی‌نیا، جلال؛ بررسی نقش مداخلات دولت در شکل‌گیری تراکم ساختمانی و تدوین مکانیزم‌های اجرایی آن (مطالعه موردی: مناطق سراج و بریجستون در شهر شیراز)؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه شیراز؛ شیراز؛ (۱۳۸۱).
۱۷. منعم، محمدرضا؛ ضرابیان، فرناز؛ بررسی اثرات کالبدی-فضایی بلندمرتبه‌سازی در شهر؛ نشریه شهرداری‌ها؛ شماره ۸۲، ۱۰۷-۱۰۲، (۱۳۸۶).
۱۸. منتظری، عباس؛ مدل‌سازی توزیع تراکم ساختمانی با استفاده از GIS؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه شیراز؛ شیراز؛ (۱۳۸۳).
۱۹. مهندسین مشاور طرح معماری محیط؛ طرح توسعه و عمران (جامع) و حوزه نفوذ شهر شاهرود؛ (۱۳۹۰).
۲۰. مسعودی‌مقام، محمود؛ بررسی علل عدم تحقق تراکم‌های ساختمانی در طرح جامع شیراز و ارائه راهبردهایی جهت تحقق آن؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه شیراز؛ شیراز؛ (۱۳۸۱).
۲۱. مهدوی‌نژاد، محمد؛ جوانرودی، کاوان؛ بررسی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شبکه‌های ارتباطی تهران بزرگ؛ مطالعه موردی خیابان ولیعصر شمالی تا چهارراه پارک وی؛ دو فصلنامه مدیریت بحران؛ شماره اول، ۲۱-۱۳، (۱۳۹۱).
۲۲. مشهودی، سهراب؛ تراکم جمعیتی و ساختمانی در شهرها. تهران؛ انتشارات مزینانی؛ چاپ اول، (۱۳۸۹).
۲۳. مرکز آمار ایران؛ سرشماری نفوس و مسکن؛ (۱۳۹۰).
۲۴. نورائی، همایون؛ رضایی، ناصر؛ عباس‌پور، رحیم‌علی؛ ارزیابی و تحلیل مکانی کارایی شبکه‌های ارتباطی محلی پس از زمین‌لرزه از منظر پدافند غیرعامل؛ مجله علوم و فناوری‌های پدافند غیرعامل؛ سال دوم، شماره ۳، ۱۶۰-۱۵۱، (۱۳۹۰).
۲۵. وزارت کشور؛ شیوه‌های تحقق طرح‌های توسعه شهری؛ تهران؛ (۱۳۷۷).
26. Appleyard, Donald, Fishman. Lois; High rise buildings versus San Francisco: Measuring visual and symbolic impacts; In D; Conway (Ed.); Human response to tall buildings; Stroudsburg; Dowden; Hutchinson & Ross; 101-112, (1977).
27. Chiara, Joseph; Time-saver standards for residential development; New York; McGraw-Hill; (1984).
28. Chen, Haiyan, Jia, Beisi, Lau, S.S.Y; Sustainable Urban Form for Chinese Compact Cities: Challenges of a Rapid Urbanized Economy; Habitat International; 32, 28-40, (2008).
29. Edwin H.W Chan, Bo-sin Tang, Wah-Sang Wong; Density control and the quality of living space: a case study of private housing development in Hong Kong; Habitat International; Volume 26, Issue 2, 139-302, (2002).
30. Kirti Kusum, Joshi, Tatsuhito, Kono; Optimization of floor area ratio regulation in a growing city; Regional Science and Urban Economics; vol. 39, issue 4, 502-511, (2009).
31. Nakabayashi, Itsuki; Urban Planning Based on Disaster Risk Assessment; In Disaster Management in Metropolitan Areas for the 21st Century; Proceedings of the IDNDR Aichi/Nagoya International Conference; Nagoya; Japan; 225-239, (1994).
32. Paetz, Matthew; Reconsidering density alternatives for New Zealand; Planning quarterly; No165, 22-26, (2007).

Determining the Maximum Building Density with the Approach of Mitigating Vulnerability Against Earthquakes

(Case Study: Shahroud City)

S. Ferdowsi¹

P. Shokrie Firoozjah²

Abstract

Today increasing building density to respond to population growth is inevitable. In the meantime; urban development leads to the increase of natural hazards too and in regard to Iran being situated on the one of the two seismic belts of the earth, the need to plan and design in accordance with the principles of urban passive defense in the course of construction is strongly felt. In this regard, this study deals with a descriptive-analytical method and aims to reduce the vulnerability of cities against natural hazards, particularly earthquakes, and it attempts to determine the maximum building density based on passive defense principles. Required information has been obtained from documents, journals and related books.

In this paper, after examining the documents and information, a method for determining the maximum building density with an approach to reduce vulnerability against earthquake has been provided and by using that, the density pattern within the limits of the study in Shahroud city has also been calculated.

Accordingly, in compliance with proposed method, in the first step it must be specified that considering a hypothetical earthquake, with the condition of maintaining the minimum required space in the streets for assistance, the remaining space of street for the buildup of building debris, what the maximum of destruction capacity for what the height of a building is. The next step, having obtained the building height, with the assumption of the height of each floor and the building occupation rate, the maximum density and the number of floors of the building can be calculated.

Key Words: *Vulnerability, City, Street Network, Building Density, Passive Defense*

1. Master, Geography and Urban Planning. The University of Payame noor, Iran (Sajad.ferdowsi@yahoo.com)- Writer-in-Charge

2- Assistant professor ,Geography and Urban Planning, The University of Payame noor, Tehran, Iran (Shokri.pari@yahoo.com)