

## تدوین معیارهای توسعه فضاهای زیرسطحی از منظر شاخص‌های مدیریت بحران شهری

راحله حسینی\*

### چکیده

به دنبال افزایش جمعیت به ویژه در شهرهای بزرگ و تغییر و تحولات شهری در دوران اخیر، موضوع استفاده از فضاهای زیرسطحی به عنوان راه‌حلی برای رفع مشکلات شهری مورد توجه بسیاری از کشورها قرار گرفته است. فضاهای زیرسطحی به عنوان سطوحی که در لایه‌های زیرین زمین قرار می‌گیرند حایز قابلیت‌ها و امکانات متعددی هستند اما تاکنون از میان قابلیت‌های مختلف فضاهای زیرسطحی در رفع مشکلات شهری، تنها به جنبه‌های کالبدی آن در جهت حل معضلات ترافیکی پرداخته شده است در حالی که یکی از مهم‌ترین معضلات شهری، آسیب‌پذیری شهرها در برابر انواع بحران‌ها و مخاطرات است. لذا پرداختن به موضوع توسعه زیرسطحی و شناخت پتانسیل‌ها و قابلیت‌های آن از یک‌سو و بررسی ویژگی‌های مدیریت بحران و اقدامات مؤثر در هر مرحله از سوی دیگر می‌تواند در دستیابی به راه‌حلی برای کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر بحران مورد توجه قرار گیرد. در این راستا به منظور بررسی ارتباط میان این دو موضوع، از مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی اسناد و متون معتبر علمی مرتبط، بررسی تجربیات نمونه‌های موفق جهانی و نیز نظرسنجی از ۳۵ نفر از صاحب‌نظران در این حیطه و استخراج نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها با استفاده از مدل دلفی فازی استفاده شده است. از همپوشانی معیارهای استخراج شده در هر دو حوزه و نیز نتایج حاصل از نظرسنجی از صاحب‌نظران، معیارهای پیشنهادی توسعه فضاهای زیرسطحی در جهت مدیریت بحران تدوین شده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که میان معیارهای توسعه فضاهای زیرسطحی و مدیریت بحران در حوزه کالبدی بیش از ۸۵ درصد، در حوزه حمل و نقل حدود ۹۰ درصد، در حوزه زیست‌محیطی حدود ۷۵ درصد و در حوزه اقتصادی در حدود ۷۰ درصد همپوشانی وجود دارد و در این میان بیشترین همپوشانی میان معیارها در حوزه‌های کالبدی، حمل و نقل و محیط زیست وجود دارد. به این ترتیب که ایجاد مسیرهای زیرسطحی تندرو و ارتباط زیرسطحی مراکز مهم امدادی در حوزه حمل و نقل و نیز استفاده از فضاهای زیرسطحی برای دفع مواد خطرناک در حوزه محیط زیست در انطباق کامل با معیارهای مدیریت بحران قرار دارد. چنین به نظر می‌رسد که می‌توان از معیارهای پیشنهادی در جهت توسعه فضاهای زیرسطحی با رویکرد حاضر بهره جست.

### واژگان کلیدی

فضاهای زیرسطحی، بحران، مدیریت بحران، فضاهای شهری، مدل دلفی فازی.

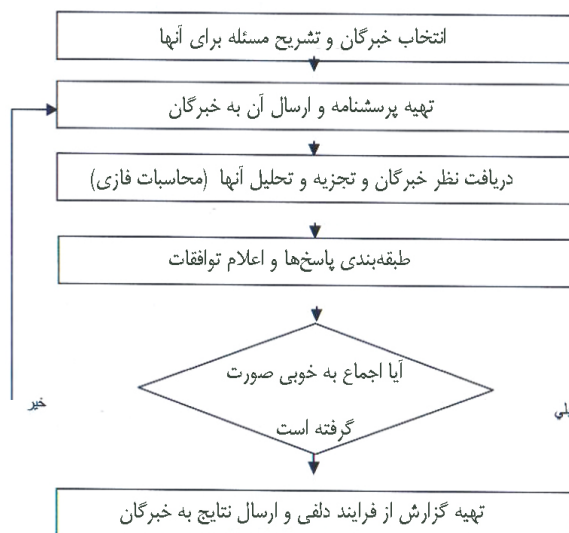
\*کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، شعبه شهر قدس. نویسنده مسئول ۰۹۱۲۶۵۳۰۶۵۰ ra.hosseini.86@gmail.com

**مقدمه**

شده و نتایج حاصل از مطالعات در حوزه‌های مختلف کالبدی، زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی طبقه‌بندی شده و در قالب جداول ارایه شده است. در مرحله بعد به منظور بررسی همپوشانی میان معیارهای استخراج شده در هر دو حوزه با یکدیگر از روش تهیه پرسشنامه و نظرسنجی از ۳۵ نفر از صاحب‌نظران در حوزه‌های مختلف مورد مطالعه استفاده شده است. در تدوین سؤالات پرسشنامه میزان انطباق معیارهای پیشنهادی توسعه فضاهای زیرسطحی در مراحل مدیریت بحران از بسیار کم تا بسیار زیاد مورد ارزیابی قرار گرفته است. روش تحلیلی مورد استفاده در این مقاله روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی است که براساس آن نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها در فرایند تحلیل مدل وارد شده و در نهایت میزان اجماع در مورد معیارهای پیشنهادی مشخص می‌شود.

**مروری بر روش دلفی فازی**

روش دلفی فازی در دهه ۱۹۸۰ میلادی توسط کافمن و گویتا ابداع شد (چنگ لین، ۲۰۰۲ : ۱۴۷). ویژگی مهم این روش ارایه چهارچوب انعطاف‌پذیر است که بسیاری از موانع مربوط به عدم دقت و صراحت را تحت پوشش قرار می‌دهد. بسیاری از مشکلات در تصمیم‌گیری‌ها مربوط به اطلاعات ناقص و نادقیق است همچنین تصمیمات اتخاذ شده خبرگان براساس صلاحیت فردی آنان و به شدت ذهنی است. بنابراین بهتر است داده‌ها به جای اعداد قطعی با اعداد فازی نمایش داده شوند. مراحل اجرایی روش دلفی و انجام تحلیل‌ها بر روی اطلاعات با استفاده از تعاریف نظریه مجموعه‌های فازی است. الگوریتم اجرای روش فازی در تصویر ۱ نمایش داده شده است.



تصویر ۱. الگوریتم اجرای روش فازی. مأخذ: نگارنده.

Fig. 1. Algorithm to implement fuzzy Delphi method. Source: authors.

موضوع توسعه فضاهای زیرسطحی همواره در طول تاریخ به اشکال و اهداف گوناگون مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال می‌توان به زندگی در غارها تا استخراج معادن و ایجاد شبکه‌های آبرسانی و ... اشاره کرد. ولی اوج تفکر استفاده از این فضاها به عنوان راهی برای حل معضلات شهری همزمان با تشکیل انجمن تونل‌سازی در سال ۱۹۷۴ آغاز شد (Broere, 2013: 1528). بدیهی است که نتیجه رشد بی‌رویه جمعیت در شهرهای بزرگ، توسعه عمودی و افقی شهرها، متراکم شدن ساختمان‌ها و کمبود فضاهای باز شهری، آسیب‌پذیری بالای برخی از بافت‌های شهری در مقابل مخاطرات طبیعی و عدم وجود فضاهای شهری مناسب جهت استفاده در مواقع بحرانی است. در چنین شرایطی نیاز به نوعی توسعه نوین برای حل این چالش‌ها ضروری است. لذا با توجه به پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های بالای فضاهای زیرسطحی، لزوم بهره‌برداری از این فضاها بیش از پیش آشکار می‌شود. متأسفانه تأثیر عملکرد مخاطرات محیطی در جوامع در حال توسعه بیش از کشورهای پیشرفته است و به همین خاطر یکی از محورهای بسیار مهم در سی‌وهشتمین کنفرانس جهانی تونل در سال ۲۰۱۲ که در بانکوک تایلند برگزار شد، موضوع "کاهش خطرات حوادث طبیعی و مدیریت آن از طریق استفاده از فضاهای زیرسطحی" بوده است. یکی از کشورهای پیشرو در این زمینه کشور ژاپن است که در سپتامبر ۲۰۰۱ به ایجاد یک سیستم مدیریت بحران برای فضاهای زیرسطحی اقدام کرد (www.tunnel-online.info/en).

موضوع استفاده از فضاهای زیرسطحی در کشور ما هنوز موضوع جوانی است که تاکنون تعداد کمی پژوهش، در قالب پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و مقالات و بیشتر با رویکرد حل مشکلات ترافیکی در این زمینه انجام شده است. با توجه به اهمیت موضوع مدیریت بحران مقاله حاضر در پی پاسخگویی به این پرسش اساسی است که آیا اساساً استفاده از فضاهای زیرسطحی می‌تواند آسیب‌ها و خسارات ناشی از بحران را مدیریت کرده و آن را کاهش دهد؟ برای پاسخ به این پرسش لازم است پس از بررسی ویژگی‌های فضاهای زیرسطحی و مدیریت بحران از جنبه‌های زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و کالبدی، میزان همپوشانی و انطباق این دو مؤلفه جهت تدوین معیارهای پیشنهادی مورد ارزیابی قرار گیرد.

**روش تحقیق**

این پژوهش از منظر ماهیت و روش تحقیق از نوع توصیفی-تحلیلی است. در این پژوهش به منظور دستیابی به اطلاعات پایه در زمینه‌های مورد بررسی از مطالعه و جستجوی اسنادی و کتابخانه‌ای و مرور نوشتارهای تخصصی داخلی و خارجی استفاده

### مفهوم فضاهای زیرسطحی و ویژگی‌های آن

فضاهای زیرسطحی شهری فضاهایی با ساختارها و عملکردهای مختلف شامل: ذخیره‌سازی، صنایع، حمل و نقل، ارتباطات، خدمات عمومی و استفاده‌های خصوصی و شخصی‌اند (Bobylev, 2009: 26). در حال حاضر بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند و انتظار می‌رود که این رقم به سرعت در دهه‌های اخیر رشد کرده و به مرز ۷۰ درصد در سال ۲۰۵۰ برسد (ITA, 2011: 1). به همین خاطر شناخت پتانسیل‌های بالقوه فضاهای زیرسطحی می‌تواند در راستای حل معضلات ناشی از رشد بالای جمعیت مؤثر واقع شود. از جمله این قابلیت‌ها و پتانسیل‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مکان‌یابی برخی از کاربری‌های شهری: فراهم‌ساختن امکان مکان‌یابی کاربری‌ها و خدماتی که به دلایلی چون کمبود فضای کافی یا ناسازگاری، امکان ایجاد آن بر روی سطح زمین وجود ندارد (سالک‌احمدی، ۱۳۸۹: ۸).

- قابلیت حفاظت در مقابل شرایط نامساعد: به نظر می‌رسد سازه‌های زیرسطحی نسبت به سازه‌های سطحی در مقابل امواج زلزله تأثیرپذیری و بالطبع تخریب کمتری نیز خواهند داشت. به جز تعدادی تخریب‌های خاص در بحث حمل و نقل‌های زیرسطحی مابقی زیرساخت‌های زیرسطحی در زلزله‌های مهم اخیر دوام خوبی نشان داده‌اند. (Moreland, 1981) فضاهای زیرسطحی به دلیل قرارگیری در میان توده‌های خاک نسبت به سازه‌های سطحی در مقابل ارتعاشات ایجاد شده در اثر انفجار و شوک‌های ناشی از آن از خود مقاومت بیشتری نشان می‌دهند. از سوی دیگر این سازه‌ها در مقابل نشت مواد رادیواکتیو نیز مقاومت مناسبی دارند به طوری که بسیاری از این مواد خطرناک، توسط چند اینچ بتن، فولاد و خاک جذب می‌شوند. سازه‌های زیرزمینی، خصوصاً اگر قابلیت دفع یا فیلتر کردن هوای آلوده بیرونی را داشته باشند، پناهگاه‌های بسیار ارزشمندی در مواقع اضطراری به شمار می‌روند (استرلینگ، ۱۳۸۸: ۳۰). همچنین سازه‌های زیرزمینی در صورت عایق‌بندی مخصوص می‌توانند در مقابل آسیب‌های ناشی از سیلاب مقاومت کنند (Ishigaki, et al, 2008: 1). به طور کلی زمین به دلیل خاصیت غیر قابل اشتعالی، عایق بسیار مناسبی برای سازه‌های زیرین خود به شمار رفته و سطح زمین به طور بالقوه در برابر آتش‌سوزی‌های بیرونی محافظت می‌شود (Impson, 1984: 29).

- حفاظت از محیط زیست: مسایل مهمی چون آلودگی آب و هوا، کمبود فضاهای باز و سبز و دفن مواد خطرناک از جمله مشکلات زیست‌محیطی‌اند که با به کارگیری فضاهای زیرسطحی می‌توان اثرات سوء آن را تا حد زیادی کاهش داد (Gordad, 2004: 5).

- امکان ایجاد تونل‌های مشترک انتقال انرژی: زیرساخت‌ها عناصری‌اند که حیات کالبدی آنها با حیات کالبدی جامعه گره خورده و در مقایسه با تجهیزات و تأسیسات روبنایی برای ماندگاری و ایمن‌سازی حیات شهری الزامی‌اند (بهزادفر، ۱۳۸۸). به طور کلی با

توجه به عوامل مخرب در اجرای تأسیسات زیربنایی از جمله تماس مستقیم خاک با تأسیسات، تأثیر عوامل جوی و طبیعی، مشکلات افزایش ظرفیت شبکه‌ها، مناسب‌ترین بستر برای استقرار تأسیسات زیربنایی ایجاد معبری با مقاومت کافی در مقابل عوامل جوی و طبیعی با امکان توسعه شبکه‌های مستقر درون آن واقع در زیرزمین از طریق ایجاد تونل مشترک تأسیساتی است (زندیه و اردانه، ۱۳۹۰: ۷۶).

- افزایش بهره‌وری سیستم حمل و نقل: در حال حاضر ۵۰۰ میلیون وسیله نقلیه وجود دارد که اگر این روند افزایشی ادامه یابد مسایل و مشکلات بسیاری را به همراه خواهد آورد. در این راستا استفاده از سیستم‌های حمل و نقل زیرسطحی ایمنی و سرعت را برای استفاده‌کنندگان تأمین کرده و در شرایط وقوع بحران‌ها و انسداد معابر سطحی در اثر ریزش آوار جایگزین بسیار مطمئنی برای انتقال سریع مجروحین و انجام عملیات امدادسانی به شمار می‌رود (حبیبی، ۱۳۸۹).

- صرفه‌جویی‌های اقتصادی: مزایای فیزیکی ساختمان‌های زیرزمینی در مقایسه با تأسیسات روستحی می‌تواند دارای امتیازات مستقیم در کاهش هزینه‌ها باشد. برای مثال، عایق‌بودن در مقابل تغییرات حرارتی، تقاضا برای تعبیه سیستم‌های تهویه مطبوع عظیم را کاهش می‌دهد (Setter & Lindstrom, 1980). مهم‌ترین این ویژگی‌ها در قالب جدول ۱ آورده شده است.

### سوابق جهانی استفاده از فضاهای زیرسطحی

زیرزمین از دیرباز در سکونتگاه‌های انسانی اعم از شهرها و روستاها برای اهداف مختلف، نظیر اهداف نظامی و استراتژیک، ساختمان‌های مذهبی، انتقال آب و فاضلاب، مسکن، حفاظت در برابر شرایط نامساعد و ... مورد استفاده قرار می‌گرفته است. نمونه‌ای از قدیمی‌ترین استفاده از این گونه فضاها را می‌توان در ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در شهر زیرزمینی کاپادوکیا در ترکیه مشاهده کرد که بیشتر با انگیزه مصون‌ماندن از شرایط نامساعد جوی و نیز به عنوان ساختار دفاعی در مقابل حملات دشمنان مورد استفاده قرار می‌گرفته است. (Golany, 1996: 317) همچنین نمونه‌هایی از بهره‌گیری از فضاهای زیرسطحی با انگیزه دفاعی را می‌توان در معماری و شهرسازی گذشته ایران در شهر زیرزمینی اوبی در نوش‌آباد کاشان و شهر زیرزمینی سامن در ملایر مشاهده کرد (<http://www.csamen.ir>). کشور ایران با وجود بهره‌مندی از فضاهای زیرسطحی در دوران گذشته خود، دوران معاصر از این گونه فضاها استفاده کمتری کرده که عمده آن هم در حوزه حمل و نقل و در قالب طرح توسعه فضاهای زیرسطحی در شهرهای تهران و مشهد صورت گرفته است. از جمله کشورهای پیشرو در این زمینه، می‌توان به کشورهای ژاپن، چین، مالزی و آمریکا اشاره کرد که مهم‌ترین دلایل توسعه فضاهای زیرسطحی، اهداف توسعه و راهکارهای استفاده از این گونه فضاها در جهت مدیریت بحران در قالب جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌ها و پتانسیل‌های فضاهای زیرسطحی. مأخذ: نگارنده.

Table 1. Characteristic and potentials of underground space. Source: author.

قابلیت‌ها و پتانسیل‌ها	زیر فهرست‌ها
فضا، اختلاط از بهینه استفاده جهت ممکن حد تا تراکم جبران کمبود فضا در سطح، مکان‌یابی کاربری‌های ناسازگار، افزایش فضا از چندمنظوره استفاده و کاربری	استفاده بهینه از زمین
محافظت اقلیمی (گرما، سرما، توفان، زلزله، آتش)، محافظت در برابر سر و صدا، لرزش، انفجار، آلودگی‌های هوا، امنیت (به دلیل ورودی‌های محدود، عدم دسترسی به نقاط حساس زیرزمینی، حفاظت از محیط زیست در برابر آلودگی‌ها، مواد خطرناک، فرآیندهای خطرناک، ایمنی در برابر خطرات طبیعی و انسانی، ایمنی در مقابل سرایت آتش‌سوزی‌های بیرونی به دلیل محدودیت دسترسی	محافظت و جدایی‌گزینی
حفظ اکولوژی طبیعی، دفع بهداشتی و ایمن زباله‌های خطرناک، قابلیت حفظ انرژی بالا، حفظ فضای سبز و زمین‌های کشاورزی، افزایش تراکم شهری و کاهش مصرف انرژی و کاهش آسیب به محیط زیست شهری	حفاظت از محیط زیست
امکان ایجاد تونل‌های مشترک انتقال انرژی، ساخت و ساز همراه با آسیب کمتر به محیط رو سطحی	زیرساخت‌ها
استفاده از سیستم پایدار حمل و نقل، امدادسانی سریعتر در شرایط بحرانی، افزایش مسیرهای پیاده	حمل و نقل
جدید، مدیریت تکنولوژی‌های و روش‌ها ملی، به کارگیری اطلاعات پایگاه خطر، ایجاد در معرض مناطق و پایدار مناطق شناسایی اراضی از بهینه استفاده و اراضی کاربری پایدار	مدیریت

### تبیین شاخص‌های توسعه زیرسطحی

نوع توسعه ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا برخی نهادها و سازمان‌ها از جمله انجمن بین‌المللی تونل‌سازی<sup>۱</sup>، دستور کار ۲۱ و طرح توسعه حیات زیرسطحی شهر تهران معیارهایی را برای توسعه فضاهای زیرسطحی ارائه داده‌اند که در این مقاله سعی شده است مهم‌ترین آنها در ۵ حوزه کالبدی، حمل و نقل، اجتماعی، اقتصادی

چنانچه توسعه فضاهای زیرسطحی بخواهد به چیزی فراتر از یک راه‌حل ترافیکی تبدیل شود باید بتوان تشخیص داد که در چه زمینه‌هایی و تا چه اندازه قابلیت استفاده در فرایند مدیریت بحران را دارد. برای رسیدن به این هدف تدوین معیارهایی برای این

جدول ۲. حفاظت و امنیت در شرایط بحران. مأخذ: نگارنده.

Table 2. Protection and safety in crisis situation. Source: author.

حوزه	معیارهای توسعه زیرسطحی	شرح معیار
کالبدی	استفاده بهینه از زمین	ایجاد کاربری‌های چند منظوره، توزیع متناسب امکانات و کاربری‌ها
	بهبود خوانایی محدوده	مکان‌یابی صحیح محورها و مسیرهای اصلی ارتباطی
	ایمنی	محافظت در برابر شرایط نامساعد جوی و بحران‌های طبیعی و انسانی (زلزله، سیل و ...)
حمل و نقل	روان‌سازی ترافیک	برقراری رابطه سلسله‌مراتبی، سرعت در جابه‌جایی کالا و مسافر
	برقراری ارتباط میان فضاهای مختلف	مسیرهای تندرو و امکان تفکیک مسیرهای حرکتی
اجتماعی	برقراری عدالت اجتماعی	توزیع عادلانه امکانات و خدمات، در محوریت قرار دادن انسان (اقتدار آسیب‌پذیر)
	مشارکت‌پذیری	گسترش کاربری‌ها و فعالیت‌های اجتماعی و فرهنگی در ایجاد حس سرزندگی
زیست محیطی	حفظ محیط زیست	افزایش فضاهای باز شهری، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، صوتی، بصری و ...
	فراهم‌آوردن شرایط اقلیمی راحت	ثابت نگهداشتن دما در شرایط آسایش حرارتی
اقتصادی	سودآوری اقتصادی	بازگشت سرمایه، جذب سرمایه‌های بخش‌های غیردولتی، کاهش هزینه‌های اجرایی

آثار زیانبار آن انجام می‌گیرد. در مرحله آمادگی اقداماتی نظیر جمع‌آوری اطلاعات، برنامه‌ریزی و ساماندهی ساختارهای مدیریتی و نیز اقدامات آموزشی و مانورها جهت افزایش توانایی جامعه در انجام مراحل مختلف مدیریت بحران صورت می‌پذیرد. در مرحله مقابله به دنبال وقوع بحران یک‌سری اقدامات و خدمات اضطراری با هدف نجات جان و مال انسان‌ها و جلوگیری از گسترش خسارات صورت می‌گیرد. مرحله چهارم، مرحله بازسازی است و شامل کلیه اقدامات لازم و ضروری پس از وقوع بحران برای بازگرداندن وضعیت عادی به مناطق آسیب‌دیده با در نظر گرفتن کلیه ضوابط ایمنی، مشارکت‌های مردمی و مسایل فرهنگی و تاریخی است (حسینی، ۱۳۸۷: ۳۸-۳۶).

### تبیین معیارهای مدیریت بحران

به طور کلی تمرکز جمعیت در یک محدوده مشخص قابلیت آسیب‌پذیری و در نتیجه ضرورت انجام اقدامات پیشگیرانه را افزایش می‌دهد. ریزش ساختمان‌های بلند، انسداد گذرگاه‌های اصلی و فرعی، انفجار و آتش‌سوزی خطوط و ایستگاه‌های

و زیست‌محیطی ارایه شود. مهم‌ترین معیارهای استخراج شده از منابع مذکور در قالب جدول ۳ آورده شده است.

### مفهوم مدیریت بحران و مراحل مختلف آن

برای مدیریت بحران تعاریف متعددی ارایه شده، از آن میان می‌توان به تعریفی اشاره کرد که انجمن مدیریت آمریکا<sup>۲</sup> در سال ۲۰۰۳ ارایه داده است. "مدیریت بحران فرایندی است که برای پیشگیری از بحران یا به حداقل رساندن اثرات آن به هنگام وقوع صورت می‌گیرد. برای انجام این فرایند باید برای مقابله با بدترین وضعیت‌ها نیز برنامه‌ریزی انجام گرفته و سپس روش‌هایی برای اداره و انجام آن پیدا کرد" (AMA, 2003). به طور کلی مدیریت بحران را می‌توان به چهار مرحله اصلی تقسیم کرد که هر یک از این مراحل به نوبه خود هدف ویژه‌ای را دنبال کرده و استخوان‌بندی مرحله بعدی را تشکیل می‌دهند. این مراحل به ترتیب عبارتند از پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازسازی (بیرودیان، ۱۳۹۲: ۴۰). در مرحله پیشگیری با مطالعه و ارزیابی سطح خطرپذیری جامعه مجموعه اقداماتی با هدف جلوگیری از وقوع حوادث یا کاهش

جدول ۳. معیارهای توسعه زیرسطحی. مأخذ: نگارنده.

Table 3. Criteria of underground space development. Source: author.

مراحل	معیار	شرح معیار
پیشگیری و آمادگی	کاهش هزینه‌ها	تخصیص بودجه کافی برای تعیین نواحی با احتمال آسیب‌پذیری بالا
	مدیریت کاربری اراضی و شناسایی نقاط حادثه‌خیز	عدم تراکم توزیع کاربری‌ها، توجه به مکان‌یابی کاربری‌های با تراکم جمعیتی بالا، توزیع صحیح مراکز امدادی، تعداد زیاد فضاهای باز شهری و توزیع مناسب آن
	تأسیسات و زیرساخت‌های شهری	استقرار و مکان‌یابی مناسب ذخایر، شبکه لوله‌ها و تأسیسات و کنترل مرکزی آن و زیرساخت‌های شهری، تقویت تجهیزات و زیرساخت‌های شهری با کدهای لرزه‌ای مناسب
	شبکه ارتباطی شهر	عدم تمرکز گره‌های ترافیکی در یک ناحیه، طراحی مسیر جایگزین به عنوان مسیر آسیب‌دیده، برقراری ارتباط میان کاربری‌های حساس، ایجاد سلسله مراتب شبکه دسترسی
مقابله	توجه به نیازهای انسانی	مردم، افزایش تعداد روش‌های برخورد با معضلات آماده‌سازی جهت در آموزش تعمیم
	امدادرسانی	غیره، اسکان موقت مردم آسیب‌دیده و پزشکی کمک‌های و سرپناه غذا، برای اضطراری تمهیدات
	بهبود شبکه‌های حمل و نقل	پیشگیری از گسترش حریق، آواربرداری و پاکسازی معابر، به کار انداختن مسیرهای اضطراری
بازسازی	فعالیت‌های جمعی	مکان، واکنش و امدادرسانی و جمعیت تخلیه به مربوط اقدامات
	بهبود ساختار فضایی شهر	بلندمدت برآورد خرابی و خسارت، آواربرداری و پاکسازی معابر و ساختمان‌های تخریب شده، اقدامات شده ساختمان تخریب مجدد بنای و زیربنایی تأسیسات جایگزینی شامل بازسازی
	برقراری امنیت و آرامش	رسیدگی به اعتراضات و مشاجرات مردم، تامین امنیت در نواحی آسیب دیده
	جلوگیری از صدمه به محیط زیست شهری	دقت در جمع‌آوری و دفع صحیح زباله‌های شهری، صنعتی و مواد حاصل از تخریب، جلوگیری از ریزش مایعات خطرناک و اشتعال‌زا، جلوگیری از نشت و پخش گازهای سمی ناشی از انفجار و آتش‌سوزی، جمع‌آوری سریع مواد غیر قابل تجزیه و دفن در جای مناسب، قطع سریع تابش اشعه‌های خطرناک

محیط شهری امن برای شهروندان در اثر وقوع حوادث فاجعه بار مانند زلزله، سیل، طوفان و ... محسوب شده و امکان خدمات‌رسانی و عملیات امداد را میسر می‌سازد. لذا در این قسمت سعی شده براساس نتایج به دست آمده از سنجش میزان انطباق معیارهای دو حوزه با یکدیگر، معیارهای پیشنهادی برای توسعه فضاهای زیرسطحی با رویکرد اصلی مدیریت بحران در قالب سه مرحله قبل، حین و پس از بحران تدوین شود.

**معیارهای استفاده از فضاهای زیرسطحی در مرحله قبل از بحران**  
یکی از مهم‌ترین و تاثیرگذارترین مراحل مدیریت بحران، مرحله پیشگیری است لذا راهکارهای توسعه فضاهای زیرسطحی جهت بهره‌برداری از این گونه فضاها در شرایط بحرانی بسیار حایز اهمیت است. در این قسمت از بررسی و مقایسه معیارهای توسعه فضاهای زیرسطحی و مدیریت بحران در حوزه‌های کالبدی، حمل و نقل و اجتماعی معیارهای زیر به دست آمده است:

- مدیریت بهینه کاربری اراضی: از طریق انتقال کاربری‌های خطرناک به لایه‌های زیرین، انتقال برخی از کاربری‌های ناسازگار

سوخت‌رسانی، نشست قنات‌ها و حریم مسیل‌ها از جمله موانعی‌اند که در برنامه‌ریزی مدیریت بحران باید به دقت مورد بررسی قرار گیرند (مهاجرى، ۱۳۸۶). برای رسیدن به راه‌حلی کارآمد جهت ایمن‌سازی محیط‌های شهری، شناسایی و تدوین معیارها و شاخص‌های مهم و تأثیرگذار در این زمینه بسیار حایز اهمیت است. در این راستا معیارهای متعددی توسط برخی منابع و سازمان‌ها از جمله برنامه توسعه سازمان ملل<sup>۴</sup>، دفتر سازمان ملل متحد برای کاهش خطر بلایا<sup>۵</sup>، انجمن زمین‌لرزه‌ها و طرح کلان‌شهرها<sup>۶</sup>، برنامه کاهش خطر بحران شهری آسیایی<sup>۷</sup> و نیز پژوهش‌های داخلی مانند طرح ویژه ساختاری و راهبردی مدیریت بحران شهر بم و نیز برخی پایان‌نامه‌ها ارائه شده که به مهم‌ترین این معیارها در قالب جدول ۴ پرداخته شده است.

**تدوین معیارهای پیشنهادی توسعه فضاهای زیرسطحی با محوریت مدیریت بحران**

امروزه فضاهای زیرسطحی علاوه بر حل معضلات ترافیکی که به نوعی یکی از مهم‌ترین اهداف آن است، راهکار مناسبی برای ایجاد

جدول ۴. معیارهای مدیریت بحران. مأخذ: نگارنده.

Table 4. Criteria of risk management. Source: author.

شرح معیار	معیار	مراحل
تخصیص بودجه کافی برای تعیین نواحی با احتمال آسیب‌پذیری بالا	کاهش هزینه‌ها	پیشگیری و آمادگی
عدم تراکم توزیع کاربری‌ها، توجه به مکان‌یابی کاربری‌های با تراکم جمعیتی بالا، توزیع صحیح مراکز امدادی، تعداد زیاد فضاهای باز شهری و توزیع مناسب آن	مدیریت کاربری اراضی و شناسایی نقاط حادثه‌خیز	
استقرار و مکان‌یابی مناسب ذخایر، شبکه لوله‌ها و تأسیسات و کنترل مرکزی آن و زیرساخت‌های شهری، تقویت تجهیزات و زیرساخت‌های شهری با کدهای لرزه‌ای مناسب	تأسیسات و زیرساخت‌های شهری	
عدم تمرکز گره‌های ترافیکی در یک ناحیه، طراحی مسیر جایگزین به عنوان مسیر آسیب‌دیده، برقراری ارتباط میان کاربری‌های حساس، ایجاد سلسله مراتب شبکه دسترسی	شبکه ارتباطی شهر	
مردم، افزایش تعداد روش‌های برخورد با معضلات آماده‌سازی جهت در آموزش تعمیم	توجه به نیازهای انسانی	
غیره، اسکان موقت مردم آسیب‌دیده و پزشکی کمک‌های و سرپناه غذا، برای اضطراری تمهیدات	امدادرسانی	مقابله
پیشگیری از گسترش حریق، آواربرداری و پاکسازی معابر، به کار انداختن مسیرهای اضطراری مکان، واکنش و امدادرسانی و جمعیت تخلیه به مربوط اقدامات	بهبود شبکه‌های حمل و نقل و فعالیت‌های جمعی	
برآورد خرابی و خسارت، آواربرداری و پاکسازی معابر و ساختمان‌های تخریب شده، اقدامات شده ساختمان تخریب مجدد بنای و زیربنایی تأسیسات جایگزینی شامل بازسازی بلندمدت	بهبود ساختار فضایی شهر	بازسازی
رسیدگی به اعتراضات و مشاجرات مردم، تامین امنیت در نواحی آسیب دیده	برقراری امنیت و آرامش	
دقت در جمع‌آوری و دفع صحیح زباله‌های شهری، صنعتی و مواد حاصل از تخریب، جلوگیری از ریزش مایعات خطرناک و اشتعال‌زا، جلوگیری از نشست و پخش گازهای سمی ناشی از انفجار و آتش‌سوزی، جمع‌آوری سریع مواد قابل تجزیه و دفن در جای مناسب، قطع سریع تابش اشعه‌های خطرناک	جلوگیری از صدمه به محیط زیست شهری	

است. از این رو مهم‌ترین معیارهای توسعه فضاهای زیرسطحی در این مرحله عبارت است از:

- نگهداری: نگهداری مداوم و مستمر از تأسیسات زیرسطحی، تعمیر شبکه راه‌های اضطراری زیرسطحی، مراقبت و بهبود سیستم‌های اطلاع‌رسان.
- جلوگیری از صدمه به محیط زیست شهری: استفاده از لایه‌های زیرین زمین جهت انتقال و دفن مواد زائد و خطرناک و جلوگیری از انتقال و نشت مواد سمی به فضاهای روسطحی (Broere, 2013: 1537).
- سرزندگی: ایجاد سرزندگی در فضاهای زیرسطحی از طریق امکان استفاده چندمنظوره از فضای طراحی شده برای مدیریت بحران (ITA, 2012: 25)؛ (جدول ۵).

### مراحل انجام فرایند پژوهشی

در مقاله حاضر پس از استخراج معیارهای توسعه فضاهای زیرسطحی و مدیریت بحران و تدوین معیارها، به جهت دستیابی به اجماع نظر متخصصین در مورد صحت معیارهای تدوین پیشنهادی از تکنیک دلفی فازی به شرح زیر استفاده شده است.

#### نظرسنجی مرحله نخست

در این مرحله پرسشنامه ارایه شده همراه با شرح معیارها و شاخص‌ها به اعضای گروه خبره ارسال شده و میزان موافقت آنها با هر کدام از معیارها اخذ شده و نقطه نظرات پیشنهادی و ارسالی آنها به شکل زیر جمع‌بندی شده است (جدول ۶):

#### نظرسنجی مرحله دوم

در این مرحله ضمن اعمال تغییرات لازم در معیارها و شاخص‌های پژوهش، با توجه به پیشنهادها و دیدگاه‌های خبرگان، پرسشنامه دوم تهیه شده است. نتایج حاصل از این نظرسنجی در جدول ۷ آورده شده است.

با توجه به دیدگاه‌های ارایه شده در مرحله نخست و مقایسه آن با نتایج مرحله دوم، چنانچه اختلاف بین دو مرحله کمتر از حد آستانه خیلی کم ( $0/1$ ) باشد در این صورت فرایند نظرسنجی به پایان رسیده و اجماع کلی در ارتباط با آن معیار صورت می‌پذیرد (چنگ‌لین، ۲۰۰۲، ۱۴۷). میزان اختلاف بین مراحل اول و دوم در جدول ۸ آورده شده است.

همان‌گونه که در جدول دیده می‌شود در معیارهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۸، ۹ و ۱۰ اعضای گروه خبره به وحدت نظر رسیده‌اند و میزان اختلاف نظر در مراحل اول و دوم کمتر از حد آستانه خیلی کم ( $0/1$ ) بوده و لذا نظرسنجی در خصوص مؤلفه‌های فوق متوقف شد. به منظور دستیابی به اتفاق نظر در خصوص معیارهای ۶ و ۷ که بیشتر از حد آستانه ارزیابی شده بود با اعمال نظرات خبرگان پرسشنامه سوم تنظیم شد که در آن تنها به بررسی معیارهای رد صلاحیت شده پرداخته شد که نتایج حاصل از نظرسنجی مرحله سوم در جدول ۹ آورده شده است.

به زیرزمین، در نظر گرفتن پایگاه‌های امدادی متعدد در قسمت‌های مختلف فضاهای زیرسطحی، اجرای طرح تونل مشترک تأسیساتی (آرمانشهر، ۱۳۸۳: ۱۱۹ و ۱۲۰).

- خوانایی: از طریق استفاده از علائم راهنمای مسیرهای حرکتی در فضاهای زیرسطحی، ایجاد سلسله مراتب حرکتی در مسیرهای منتهی به فضاهای زیرسطحی و نیز داخل فضا، نورپردازی مناسب، ورودی‌های قابل تشخیص (Dunk, 2013: 10).

- محصوریت: ایجاد محصوریت کم از طریق ایجاد فضاهای باز گسترده و ایجاد سالن‌های ضد دود و تهویه‌شونده (کارمودی، ۱۳۸۸: ۲۶۷).  
- دسترسی‌ها: جانمایی فضاهای زیرسطحی در فضایی با بیشترین و سریع‌ترین تعداد دسترسی، ایجاد مسیرهای سواری تندرو در زیرزمین، برقراری ارتباط زیرسطحی میان کاربری‌های حساس (Cornaro & Admiraal, 2012: 2).

- توجه به نیازهای انسانی:

از طریق از بین بردن احساس ترس از قرارگیری در فضاهای زیرسطحی به واسطه طراحی فضایی مناسب، رعایت تناسبات و مقیاس انسانی و در نظر گرفتن مسیرهای ویژه گروه‌های آسیب‌پذیر و ...

### معیارهای استفاده از فضاهای زیرسطحی در مرحله حین بحران

در این مرحله به دنبال وقوع بحران، انجام عملیات امداد رسانی، اسکان افراد در فضاهای امن آواربرداری و اصلاح معابر و ... آغاز می‌شود. اقدامات مؤثر در این مرحله در تقلیل آسیب‌ها بسیار حایز اهمیت است. معیارهای مؤثر در توسعه زیرسطحی در حین بحران عبارتند از:

- بهبود مسیرهای دسترسی: از طریق آواربرداری معابر و مبادی ورودی به فضاهای زیرسطحی (آرمانشهر، ۱۳۸۳: ۱۲۱).

- خوانایی: از طریق استفاده از علائم و نشانه‌های واضح در جهت‌یابی مسیرهای امدادی (Dunk, 2013: 10).

- امداد رسانی: از طریق استفاده از مسیرهای حرکتی اضطراری در زیر سطح برای انتقال سریع مجروحان، انتقال افراد به فضاهای امن و پناهگاه‌ها و ... (ITA, 2012: 12-15).

- برقراری عدالت اجتماعی: ایجاد حس برابری و نوع دوستی در هنگام عملیات امداد رسانی و توجه ویژه به گروه‌های آسیب‌پذیر و ...

### معیارهای استفاده از فضاهای زیرسطحی در مرحله پس از بحران

در ادامه روند اقدامات انجام شده در حین وقوع بحران، بازگرداندن جامعه به وضعیت عادی، بازسازی و اصلاح ساختارهای آسیب‌دیده، فراهم آوردن شرایط زیستی قابل قبول در اسکان موقت مردم و تأمین امنیت مالی و روانی افراد جامعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار

جدول ۵. معیارهای پیشنهادی توسعه فضاهای زیرسطحی با رویکرد مدیریت بحران. مأخذ: نگارنده.

Table 5. Proposal criteria of underground space development with risk management approach. Source: author.

زمینه	عنوان معیار	شرح معیار	سنججه‌های ارزیابی معیار
کالبدی	استفاده بهینه از زمین	انتقال برخی از کاربری‌های ناسازگار، در نظر گرفتن پایگاه‌های امدادی، انتقال تأسیسات شهری	میزان کاربری‌های ناسازگار، میزان پایگاه‌های امدادی
	خوانایی	استفاده از علائم راهنما، سلسله مراتب حرکتی، نورپردازی مناسب، ورودی‌های کاملاً مشخص، ایجاد محصوریت کم استفاده از سیستم برق اضطراری در صورت قطع برق	تعداد ورودی‌ها، میزان وجود موانع در ورودی‌ها، میزان نورپردازی مناسب
	ایمنی	جلوگیری از ورود پیامدهای ناشی از بحران به فضاهای زیرسطحی، امکان باز و بسته شدن به موقع کلیه مبادی ورودی و خروجی، ایجاد دستگاه‌های تهویه قوی	میزان استفاده از ورودی‌های هوشمند، تعداد دستگاه‌های هشداردهنده وضعیت اضطراری
	اصلاح زیرساخت‌ها	امکان ایجاد طرح تونل مشترک تأسیساتی تعمیر و نگهداری مستمر از شبکه راه‌های اضطراری زیرسطحی، مراقبت و بهبود سیستم‌های هشداردهنده، تهویه و ...	بررسی وضعیت عبور لوله‌های تأسیساتی، تعداد لوله‌های تأسیساتی فرسوده
حمل و نقل	بهبود مسیرهای دسترسی	بهبود مسیرهای منتهی به فضاهای زیرسطحی، ایجاد مسیرهای سواره تندرو به عنوان مسیرهای جایگزین در مواقع بحرانی، برقراری ارتباط زیرسطحی میان کاربری‌های حساس	تعداد پارکینگ، تعداد مسیرهای زیرزمینی جایگزین در شرایط بحرانی
اجتماعی	مشارکت پذیری	تشکیل کارگروه‌های شناسایی نقاط حادثه‌خیز آموزش‌های عمومی جهت ارتقاء بهره‌وری فضاهای زیرسطحی، ایجاد محیط زیرسطحی جذاب، تأمین ایمنی و امنیت	میزان استفاده از گروه‌های داوطلب، میزان استفاده از گروه‌های امدادی میزان اطلاع رسانی به مردم از طریق رسانه‌ها
	توجه به نیازهای انسانی	از بین بردن احساس ترس از قرارگیری در فضاهای زیرسطحی، توجه ویژه به گروه‌های آسیب‌پذیر جامعه در هنگام امداد رسانی و انتقال افراد به فضاهای زیرسطحی	تعداد دستگاه‌های پله برقی، تعداد مسیرهای مناسب برای سالمندان
اقتصادی	کاهش هزینه‌ها	جلوگیری از آسیب رسیدن به تأسیسات شهری از طریق انتقال آنها به زیرزمین، ایجاد تسهیلات بیمه‌ای برای جبران خسارات، انتقال منابع با ارزش اقتصادی به فضاهای زیرسطحی	میزان پشتیبانی بیمه‌ای از آسیب‌دیدگان، میزان سود ناشی از انتقال منابع
زیست محیطی	جلوگیری از صدمه به محیط زیست	استفاده از لایه‌های زیرین زمین برای انتقال و دفن مواد زاید و خطرناک، جلوگیری از انتقال و نشست مواد و گاذوهای سمی و خطرناک به فضاهای زیرسطحی	ترازهای زیرسطحی مناسب برای دفن مواد زاید، تعداد کاربری‌های ناسازگار در محدوده

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش به منظور دستیابی به پاسخ پرسش اصلی تحقیق مبنی بر بررسی میزان همپوشانی معیارهای توسعه فضاهای زیرسطحی و مدیریت بحران، پس از مطالعه مبانی نظری هر دو حوزه، به تفکیک و بررسی معیارهای مؤثر از دیدگاه نهادها و سازمان‌های مختلف پرداخته شده است. در این راستا معیارهای استخراج شده از منابع در حوزه‌های مختلف کالبدی، حمل و نقل، اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی تدوین شده است. با توجه به معیارهای استخراج شده و نیز نظرسنجی انجام گرفته از صاحب‌نظران و جمع‌بندی دیدگاه‌های آنها با استفاده از مدل دلفی فازی در جهت تدوین معیارهای پیشنهادی توسعه فضاهای زیرسطحی با محوریت مدیریت بحران، با توجه به تصویر ۲ نتایج



جدول ۶ میانگین دیدگاه‌های خبرگان حاصل از نظرسنجی نخست. مأخذ: نگارنده.

Table 6. The average among expert viewpoints resulted from the first poll. Source: author.

میانگین فاززی زدایی شده	میانگین فاززی مثلی	معیارها
۰,۸۸	(۰,۹۴ و ۰,۲۲ و ۰,۱۲)	۱ استفاده بهینه از زمین
۰,۷۸	(۰,۸۱ و ۰,۲ و ۰,۱)	۲ خوانایی
۰,۷۵	(۰,۸ و ۰,۱۹ و ۰,۰۳)	۳ ایمنی
۰,۷۳	(۰,۷۵ و ۰,۱۹ و ۰,۱۳)	۴ اصلاح زیرساخت‌ها
۰,۸۹	(۰,۹۴ و ۰,۲۲ و ۰,۰۳)	۵ بهبود مسیرهای دسترسی
۰,۵۶	(۰,۵۷ و ۰,۱۹ و ۰,۱۷)	۶ مشارکت‌پذیری
۰,۵۷	(۰,۵۷ و ۰,۱۹ و ۰,۱۹)	۷ توجه به نیازهای انسانی
۰,۶۴	(۰,۱۸ و ۰,۱۸ و ۰,۵۹)	۸ کاهش هزینه‌ها
۰,۶۹	(۰,۷ و ۰,۱۹ و ۰,۱۶)	۹ امداد رسانی
۰,۷۴	(۰,۱۴ و ۰,۱۷ و ۰,۷۵)	۱۰ جلوگیری از صدمه به محیط زیست

جدول ۷. میانگین دیدگاه‌های خبرگان حاصل از نظرسنجی دوم. مأخذ: نگارنده.

Table 7. The average among expert viewpoints resulted from the second poll. Source: author.

میانگین فاززی زدایی شده	میانگین فاززی مثلی	معیارها
۰,۹۰	(۰,۹۶ و ۰,۲۳ و ۰,۰۲)	۱ استفاده بهینه از زمین
۰,۸۲	(۰,۸۵ و ۰,۱۹ و ۰,۰۸)	۲ خوانایی
۰,۷۵	(۰,۰۸ و ۰,۲۲ و ۰,۰۳)	۳ ایمنی
۰,۷۶	(۰,۷۸ و ۰,۱۹ و ۰,۱۲)	۴ اصلاح زیرساخت‌ها
۰,۹۰	(۰,۹۶ و ۰,۲۳ و ۰,۰۲)	۵ بهبود مسیرهای دسترسی
۰,۷۳	(۰,۷۵ و ۰,۲ و ۰,۱۳)	۶ مشارکت‌پذیری
۰,۷	(۰,۷۱ و ۰,۱۹ و ۰,۱۵)	۷ توجه به نیازهای انسانی
۰,۷۴	(۰,۷۶ و ۰,۱۹ و ۰,۱۳)	۸ کاهش هزینه‌ها
۰,۷۸	(۰,۸ و ۰,۱۹ و ۰,۱۱)	۹ امداد رسانی
۰,۸۰	(۰,۸۲ و ۰,۱۷ و ۰,۱)	۱۰ جلوگیری از صدمه به محیط زیست

جدول ۸. میزان اختلاف میان دیدگاه خبرگان در نظرسنجی مرحله اول و دوم. مأخذ: نگارنده.

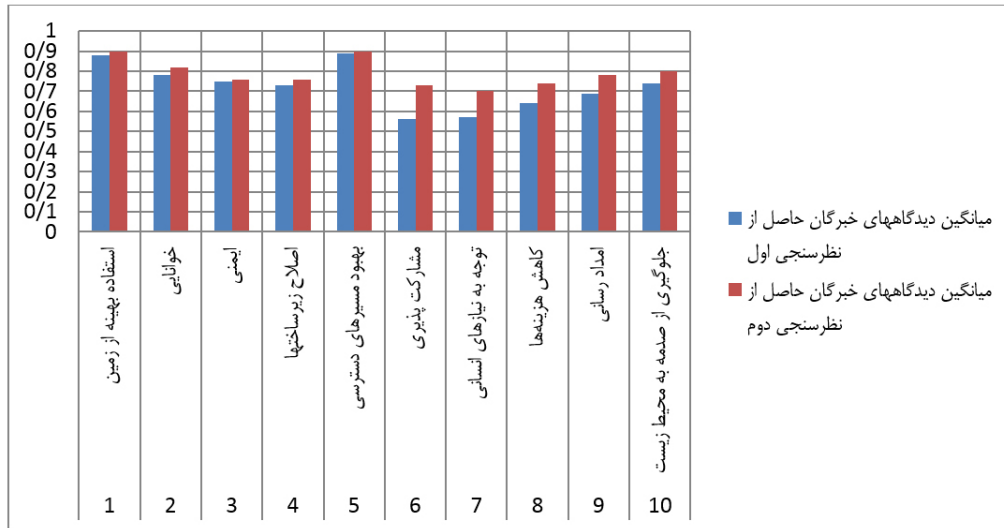
Table 8. The measure of difference between expert viewpoints in the first and second phase of the poll. Source: author.

اختلاف مرحله اول و دوم	مرحله دوم	مرحله اول	معیارها
۰,۰۲	۰,۹۰	۰,۸۸	۱ استفاده بهینه از زمین
۰,۰۴	۰,۸۲	۰,۷۸	۲ خوانایی
۰,۰۱	۰,۷۶	۰,۷۵	۳ ایمنی
۰,۰۳	۰,۷۶	۰,۷۳	۴ اصلاح زیرساخت‌ها
۰,۰۱	۰,۹۰	۰,۸۹	۵ بهبود مسیرهای دسترسی
۰,۱۷	۰,۷۳	۰,۵۶	۶ مشارکت‌پذیری
۰,۱۳	۰,۷	۰,۵۷	۷ توجه به نیازهای انسانی
۰,۱۰	۰,۷۴	۰,۶۴	۸ کاهش هزینه‌ها
۰,۰۹	۰,۷۸	۰,۶۹	۹ امداد رسانی
۰,۰۶	۰,۸۰	۰,۷۴	۱۰ جلوگیری از صدمه به محیط زیست

جدول ۹. میزان اختلاف میان دیدگاه خبرگان در نظرسنجی مرحله دوم و سوم. مأخذ: نگارنده.

Table 9. The measure of difference between expert viewpoints in the second and third phase of the poll. Source: author.

معیارها	مرحله دوم	مرحله سوم	اختلاف مرحله اول و دوم
۶ مشارکت‌پذیری	۰,۵۶	۰,۵۹	۰,۰۳
۷ توجه به نیازهای انسانی	۰,۵۷	۰,۶۱	۰,۰۴



تصویر ۲. نمودار اجماع نظرات خبرگان در مورد معیارهای پیشنهادی. مأخذ: نگارنده.

Fig. 2. Diagram of expert agreement with proposal criteria. Source: author.

زیر به دست آمده است: - بیش از ۸۵ درصد معیارهای کالبدی توسعه فضاهای زیرسطحی با شاخص‌های مدیریت بحران دارای همپوشانی است و از میان آن، معیار استفاده بهینه از زمین بیشترین انطباق را با معیارهای کالبدی مدیریت بحران دارد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که شناسایی نقاط حادثه‌خیز و انتقال کاربری‌های ناسازگار به زیرسطح در کاهش آسیب‌های ناشی از بحران می‌تواند بسیار مؤثر واقع شود. - در حوزه حمل و نقل حدود ۹۰ درصد معیارهای توسعه فضاهای زیرسطحی با شاخص‌های مدیریت بحران در انطباق قرار داشته و از آن میان معیار روان‌سازی ترافیک در انطباق کامل با معیارهای حمل و نقل مدیریت بحران قرار دارد به این صورت که با ایجاد خطوط سواره تندرو و ویژه وسایل نقلیه امدادی در زیرسطح و گسترش خطوط حمل و نقل زیرسطحی و اتصال آن به مراکز مهم شهر به ویژه مراکز امدادی، می‌توان آسیب‌های ناشی از بحران را به میزان قابل توجهی کاهش داد.

- همان‌طور که نتایج حاصل از پرسشنامه و نمودار بالا نشان می‌دهد، در حوزه اجتماعی بیش از ۶۰ درصد معیارهای توسعه فضاهای زیرسطحی با شاخص‌های مدیریت بحران دارای همپوشانی بوده و به نظر می‌رسد نسبت به دیگر شاخص‌ها در این حوزه همپوشانی کمتری وجود دارد. نهایتاً اینکه ذهنیت منفی افراد از قرارگیری در فضای زیرسطحی و احساس ترس، تاریکی و حبس در این‌گونه فضاها، به دلیل عدم آگاهی کافی از قابلیت‌های فضاهای زیرسطحی به وجود آمده است. در این راستا می‌توان با انجام اقدامات آموزشی و مکان‌یابی امکانات و خدمات متنوع در فضاهای زیرسطحی، در جهت فرهنگ‌سازی و آگاهی بخشی به افراد جامعه در این زمینه استفاده کرد. - در حوزه زیست‌محیطی بیش از ۷۵ درصد معیارهای توسعه فضاهای زیرسطحی با شاخص‌های مدیریت بحران در انطباق قرار دارند و می‌توان از توسعه فضاهای زیرسطحی در جهت حفظ محیط زیست و جلوگیری از ادامه روند تخریب به آن در جریان وقوع بحران تا حد زیادی بهره گرفت. - در حوزه اقتصادی در حدود ۷۰ درصد همپوشانی میان معیارهای توسعه فضاهای زیرسطحی و مدیریت بحران وجود دارد و این امر حاکی از آن است که می‌توان با انجام اقداماتی همچون انتقال تأسیسات و زیرساخت‌های شهری به زیرسطح، نه تنها به ایجاد محیط شهری امن کمک کرد، بلکه در بلندمدت با جبران هزینه‌های ناشی از بازسازی و تعمیر زیرساخت‌ها به ویژه در مواقع بحرانی، به سودآوری اقتصادی نیز دست پیدا کرد.

### پی‌نوشت‌ها

۱. (ITA) International Tunnel Association
۲. The United Nations Programme Of Action From Rio (21 Agenda)
۳. American Management Association (AMA)
۴. United Nations Development Programme (UNDP)
۵. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR)

فهرست منابع

- استرلینگ، ریموند و کارمودی، جان. ۱۳۸۸. طراحی فضاهای زیرزمینی راهنمای بهره‌برداری از فضاهای زیرسطحی و برنامه‌ریزی و طراحی مردم محور در این فضاها. ت: وحیدرضا ابراهیمی. مشهد: نشر مرنذیز.
- بهزادفر، مصطفی. ۱۳۸۸. زیرساخت‌های شهری. تهران: انتشارات علم و صنعت.
- بیرودیان، نادر. ۱۳۹۲. مدیریت بحران اصول ایمنی در حوادث غیرمترقبه. مشهد: جهاد دانشگاهی.
- حبیبی، سارا. ۱۳۸۹. نقش فضاهای زیرسطحی در دستیابی به توسعه شهری پایدار نمونه موردی شهر مشهد. نخستین همایش توسعه شهری پایدار. تهران: قطب علمی توسعه شهری پایدار.
- حسینی، مازیار. ۱۳۸۷. مدیریت بحران. تهران: نشر شهر.
- زندیه، مهدی و اردانه، سحر. ۱۳۹۰. رابطه دوسویه تجهیزات و سیمای شهر نقش تونل مشترک تأسیساتی در ساماندهی منظر شهری. مجله منظر، ۳ (۱۶): ۷۴-۷۷.
- سالک احمدی، مهدی. ۱۳۸۹. فضاهای زیرسطحی فرصتی برای دستیابی به الگوی کارآمد توسعه پایدار شهری. نخستین همایش توسعه شهری پایدار. تهران: قطب علمی توسعه شهری پایدار.
- مهندسین مشاور آرمانشهر. ۱۳۸۳. طرح ویژه ساختاری و تفصیلی شهر بم مطالعات مدیریت بحران. وزارت مسکن و شهرسازی، ج ۵.

Reference list

- American Management Association. (2003). *Crisis management and security issues*. Available from: <http://www.amanet.org/research/index.htm>.
- Armanshahr Consulting Engineers Company. (2005). *Detailed plan of Bam city, Studies of risk management*. Ministry of road & urban development publishing. vol.5.
- Behzadfar, M. (2010). *Urban infrastructure*. Tehran: University of science & technology publishing.
- Beyroudian, N. (2014). *Crisis management, Safety Principles in disaster*. Mashhad: Jahad daneshgahi Publishing.
- Bobylev, N. (2009). Urban Underground Infrastructure and Climate Change Opportunities And Threats. *Fifth Urban Research Symposium*. Marseille, France June 28-30, 2009. Available from: <http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1256566800920/6505269-1268260567624/Bobylev.pdf> (accessed May 24, 2012).
- Broere, W. (2013). *Urban Problems underground Solution*. Advances in Underground Space Development. Singapore: Research Publishing.
- Cheng, Ch. & Lin, Y. (2002). Evaluating the best mail battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. *European Journal of Operational Research*, (142):147-186.
- Cornaro, A. & Admiraal, H. (2012). Changing world - major challenges: the need for underground space planning. *48th ISOCARP Congress*. Available from: [http://www.isocarp.net/Data/case\\_studies/2245.pdf](http://www.isocarp.net/Data/case_studies/2245.pdf).
- Dunk, M. (2013). *Engineering Design Standard Cable Tunnel Design Standard UK Power Networks*, D.N, EDS 02-0041. Available from: [https://library.ukpowernetworks.co.uk/library/en/g81/Design\\_and\\_Planning/Cables/Documents/EDS+02-0041+Cable+Tunnel+Design+Manual.pdf](https://library.ukpowernetworks.co.uk/library/en/g81/Design_and_Planning/Cables/Documents/EDS+02-0041+Cable+Tunnel+Design+Manual.pdf).
- Godard, J. P. (2004). Urban underground space and benefits of going underground. *World tunneling congress 2004 and 30th ITA General Assembly*. Singapore: Research Publishing. <http://www.csamen.ir>
- Golany, G. & Ojima, T. (1996). *Geo- Space Urban design*. Canada: John Wiley.
- Habibi, S. (2011). The role of underground spaces in achieving to urban sustainable development case study in Mashhad. *11th on urban sustainable development*. Tehran: Ghotb elmi tosee shahri- ye paydar.
- Hosseini, M. (2009). *Risk management*. Tehran: Shahr publishing.
- Impson, J. & L. (1984). Earth sheltered Housing: Defined, enplaned, Examined. *Housing and society*, 11(1): 28-38.
- Ishigaki, T., et al. (2008). Evacuation criteria during urban flooding in underground space. 1<sup>th</sup> International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland. Available from: [http://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th\\_International\\_Conference\\_on\\_Urban\\_Drainage\\_CD/ICUD08/pdfs/174.pdf](http://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th_International_Conference_on_Urban_Drainage_CD/ICUD08/pdfs/174.pdf).
- ITA. (2011). Sustainable Urban Underground Development. Available from: [https://www.ita-aites.org/en/wg-committees/committees/itacus/downloads/download/164\\_f786d8f69478083c8c5f8d1da28f9238](https://www.ita-aites.org/en/wg-committees/committees/itacus/downloads/download/164_f786d8f69478083c8c5f8d1da28f9238).
- ITA. (2012). Report on Underground Solutions For Urban Problems. Available from: <http://www.ita-aites.org/en/future-events/224-underground-solutions-for-urban-problems>.
- Moreland, F., et al. (1981). Earth-covered buildings: An exploratory analysis for hazard and energy performance. Published by Moreland Associates. Texas: Fort Worth.
- Salek ahmadi, M. (2011). Underground space opportunity to achieve effective pattern of urban sustainable development. 11th on urban sustainable development. Tehran: Ghotb elmi tosee shahri- ye paydar.
- Setter, Leach and Lindstrom, Inc. and the Underground Space Center. (1980). *Energy Cost Analysis of Single Story, Non-Residential Buildings*. Report to the U.S Naval Facilities Engineering co. Aug.
- Stirling, R. & carmody, J. (2010). *Design of underground spaces, Guide of operation of Underground Space and People oriented planning and design in these spaces*. Translated from Iranian by Ebrahimi, V. Mashad: Marandiz publishing.
- [www.tunnel-online.info/en](http://www.tunnel-online.info/en)
- Zandieh, M & Ardaneh, S. (2012). Mutual relationship of facilities and landscape, the role of common installation tunnel in organizing of urban landscape. *Manzar Journal*, 3 (16): 74-77.

## Establishing Indices of Underground Space Development in Terms of Urban Crisis Management Criteria

Raheleh Hosseini\*

### Abstract

Following the increase in population, especially in large cities and urban transformations recently, the use of underground space has been considered in many countries as a solution to urban problems. Underground space, as surfaces that placed in underlying layers of the ground, have various features and facilities. But so far from various features of underground space to solve the urban problems, only the physical aspects have been studied to solve traffic problems, whereas one of the main urban problems is vulnerability against crises and disasters. Therefore, studying about urban underground space development and recognition of its potentials on the one hand, capabilities and investigating the features of crisis management and effective actions in each step on the other hand can be considered for achieving a solution to reduce the vulnerability of cities against crisis. In this regard, reviewing literature, studying documents related to scientific reviews, studying examples of successful international experiences and poll of 35 experts in these fields and the result of questionnaires used in Delphi fuzzy model are used in order to investigate the relationship between these two issues. From the overlap of obtained criteria in each field and the result of poll of experts, proposed criteria for underground space development has been prepared in order to control crisis management. Research achievements indicate that developing the underground spaces can be very effective in reducing the amount of casualties especially in large cities. Hence, some of the major reasons for using underground space in improve performance of crisis management are effective in use of ground through moving some of incompatible land uses, considering the humanitarian relief bases and transferring urban facilities to the underground space, creating readability through use of signage, hierarchical motion, proper lighting, quite clear entries, maintaining the safety through preventing of the consequences of the crisis in underground space as well as the possibility of opening and closing on time of all input and output doors, creating a powerful air conditioning system, structural changes in urban facilities through creating the common tunnel installation. Improving access ways through improving ways that leads to underground space, creating extremist roadway as alternative ways in crisis situations, creating connection between critical uses, organizing the social participation for identifying black spots, attention to humanitarian needs through removing fear of exposure in underground spaces, special attention to vulnerable groups can also be effective. Reducing cost through moving the urban facilities to underground space, creating the insurance facilities for compensation for damages of crisis, preventing of damage to the environment through moving and burying disposal of hazardous waste in underlying layers of the ground can lead us to impressive results. There exist overlaps between criteria of underground space development and criteria of crisis management for more than 85 percent in physical field, about 90 percent in transportation field, about 75 percent in environmental field and about 70 percent in economical field. The maximum overlap between proposed criteria there exists in physical, transportation and environmental fields. Therefore creating the extremist underground ways and connected main humanitarian relief centers through underground space development in transportation field and using underground space for disposal of hazardous substances in environmental field is in full compliance with criteria of urban crisis management. Eventually it seems that it can be used for proposed criteria from developing the underground space with the present approach.

### Keywords

Underground space, Crisis, Crisis management, Urban spaces, Delphi fuzzy model.

.....  
 \*. M.A. in Urban Planning, Science and Research, shahr-e Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran .ra.hosseini.86@gmail.com