

## مقاله پژوهشی

# بررسی میزان آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شهر اصفهان در برابر پدیده فرونشست زمین

علی شفیعی دارافشانی\*

دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشکده معماری شهرسازی، واحد خوراسگان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

علی شمسی اژیبه

دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده فنی مهندسی، واحد دولت‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۱ تاریخ قرارگیری روی سایت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

**چکیده** | پدیده فرونشست سطح زمین ناشی از عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی در نقاط مختلف دنیا و در طی سال‌های اخیر در کشور به‌خصوص در اصفهان به‌علت برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، خشکسالی و عوامل دیگر پدیدار و سبب آسیب‌های جدی به زمین‌های کشاورزی، ساختمان‌های مسکونی، جاده‌ها و دیگر سازندها و بروز خسارت‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی شده است. تحلیل آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شهری ناشی از این فرونشست زمین در اصفهان به‌عنوان ابزاری در راستای پیشگیری از زایش فاجعه مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهش بر آن است تا به پرسش اینکه شهر اصفهان در برابر پدیده فرونشست زمین چه مقدار آسیب‌پذیر است؟ پاسخ دهد. هدف این پژوهش بررسی نقش تاب‌آوری شهری بر میزان آسیب‌پذیری شهر اصفهان در برابر پدیده فرونشست زمین باشد. در این مطالعه ابتدا با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی راداری نرخ و دامنه فرونشست به‌عنوان فاکتور عامل در تولید خطر به تحلیلگر سیستم در محیط GIS وارد شد سپس با کمک تحلیل‌های کیفی به بررسی شاخص‌های تاب‌آوری شهری بر روی شهر اصفهان پرداخته شد. نتایج بیانگر این است که نواحی از شمال شهر و قسمت‌هایی به‌صورت نواری به‌علت نزدیکی به عوامل خطرزا مانند گسل، مسیل، قنات‌های قدیمی، منابع ذخیره سوخت، لوله انتقال نفت به این مخازن و تغییر مداوم مسیر رود روی آنها هم موجب افزایش آسیب‌پذیری است. همچنین نشان می‌دهد که اکثر ساخت‌وسازهای موجود در منطقه غیراصولی و غیرمتناسب با شرایط مخاطره‌آمیز است.

**واژگان کلیدی** | آسیب‌پذیری، تاب‌آوری شهری، فرونشست زمین، تداخل‌سنجی راداری، GIS، اصفهان.

**مقدمه** | در دهه‌های اخیر برداشت بیش از حد از منابع زیرزمینی مانند استخراج نفت، گاز و آب سبب وقوع حوادث زیست‌محیطی در نقاط مختلفی از جهان شده است. از پیامدهای زیست‌محیطی که متأثر از برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و همراه با افزایش جمعیت و توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی بوده، فرونشست زمین است (عابدینی، ۱۳۹۲، ۷۹). فرونشست زمین (پایین آمدن سطح زمین)، یک خطر بالقوه مخرب است که می‌تواند توسط عوامل بسیاری از محرک‌های طبیعی یا انسانی ایجاد شود که عمدتاً ناشی از حرکت جامد یا سیال در زیرزمین است. فرونشست زمین در مقایسه با دیگر مخاطرات زمین‌شناختی مانند زمین لرزه، سیل و زمین لغزش، خسارات جانی کمتری دارد. از سوی دیگر پیامدهای سوء برجای‌مانده از آن به‌حدی است که به‌طور مستقیم بر توسعه انسانی، صنعتی، کشاورزی و عمرانی تأثیرگذار خواهد بود. آسیب‌پذیری پیامد منطقی خطرپذیری ناشی از زیستن در

عرصه‌های مخاطره‌آمیز و مبین وضعیت تاب‌آوری ناشی از ظرفیت پذیرش خطر و توان ترمیم‌پذیری آن است. آسیب‌پذیری فرایندی چندوجهی است که در فرم آسیب‌پذیری محیطی، سیاسی، اقتصادی و اجتماعی بروز می‌کند (Ezquerro et al, 2020, 12). در چنین شرایطی شناخت کافی از درجه و میزان آسیب‌پذیری، تحلیل و تبیین ویژگی‌ها و شرایط گروه‌های انسانی و مکان‌های در معرض خطر می‌تواند مجال برنامه‌ریزی و آمایش محیطی فضا را در جهت تعدیل خطرپذیری و به‌دنبال آن دوری از بحران فراهم کند. موضوعی که بی‌توجهی و یا کم‌توجهی به آن می‌تواند رویداد یک پدیده مانند فرونشست در بستر محیطی خود را به تهدید و ناامنی تبدیل کرده و در مواد زیادی فاجعه‌بار شود. مطالعات تاریخی و قدیمی در خصوص شهر اصفهان و مناطق پیرامونی آن همه‌وهمه حکایت از آن دارد که این شهر از خطرات احتمالی وقوع هر یک از مخاطرات ژئومورفولوژی به‌خصوص پدیده فرونشست زمین در آینده همان‌طور که در قدیم در امان نبود، در امان نخواهد بود. طبق آخرین داده‌های سازمان

\* نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۲۱۴۸۴۷۷@ashafiee646@gmail.com

اکبر و همکاران (Akbar et al., 2019) در مقاله‌ای با عنوان «اصول طراحی شهری تطبیقی برای فرونشست زمین و افزایش سطح دریا در منطقه ساحلی تمبک لورک»، سمارنگ به این نتیجه رسیده است که مناسب‌سازی فضای شهری می‌تواند تأثیر فاجعه را کاهش دهد و یک منطقه ساحلی انعطاف پذیر ایجاد کند تا خطر بلایای طبیعی را کاهش دهد.

در داخل کشور رجایی و نصرتی هشی (۱۴۰۲) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی آسیب‌پذیری بافت شهری با تأکید بر پدیده فرونشست زمین (مطالعه موردی: شهر تهران)» به این نتیجه رسیده اند که با توجه به رشد جمعیت، مهاجرت و فشار وارده بر دشت تهران و نیز افزایش مصرف در بخش‌های کشاورزی، صنعت و آشامیدنی همراه با تغییرات اقلیمی و خشکسالی ناشی از آن، پیامدهای نامطلوبی را برای تهران از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و محیطی در پی خواهد داشت و موجب افزایش فرونشست زمین و بروز مخاطرات طبیعی و انسانی جبران ناپذیر در بسیاری از بخش‌های شهر تهران خواهد شد.

حسینعلی بگی (۱۴۰۲) در مقاله‌ای تحت‌عنوان «تحلیل و شبیه‌سازی فرونشست زمین در شمال شهر اصفهان» به این نتیجه رسیده است که تغییر شدید بافت آبرفتی در اصفهان به‌خصوص در شمال شهر وجود دارد و شامل افزایش غیرقابل تصور ضخامت لایه رسی از حدود دو متر در مجاورت سی‌وسه پل اصفهان (مرکز شهر) به سمت شمال شهر اتفاق افتاده و همچنین همزمان کاهش سطح ایستابی در چند دهه اخیر، اثرات قابل توجهی بر تخریب سازه‌های داشته است.

بصیری و همکاران (۱۴۰۱) در مقاله‌ای تحت‌عنوان «فرونشست زمین و افزایش آسیب‌پذیری لرزه‌ای در کلانشهر اصفهان» به این نتیجه رسیده‌اند که افزایش فروریزش ناگهانی زمین در اصفهان شاید به دلیل نفوذ شکاف‌های فرونشست زمین به داخل شهر و همچنین نشست نامتقارن زمین باشد. تشکیل تعداد زیادی از این فروچاله‌ها در هنگام زمین لرزه موجب مسدودشدن مسیرهای امدادسانی، قطع لوله‌های گاز و آتش‌سوزی‌های گسترده خواهد شد.

شیرانی و همکاران (۱۴۰۰) در مقاله‌ای تحت‌عنوان «بررسی فرونشست زمین در دشت نجف‌آباد اصفهان با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی تفاضلی راداری» را ارائه دادند، نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌های راداری مذکور در زمینه تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر، پیش‌بینی و روند فرونشست زمین از نظر رخدادهای مکانی می‌تواند به‌طور مستقیم مبنای مدیریت و برنامه‌ریزی برای الویت‌بندی اقدامات کنترل و ساماندهی قرار گیرد.

کریمی و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای تحت‌عنوان «سنجش خطرپذیری سکونتگاه‌های شهری از پدیده فرونشست زمین، مطالعه موردی منطقه ۱۸ تهران» به این نتیجه رسیده است که پدیده نشست در منطقه ۱۸ و مناطق اطراف آن الگوی پهنه‌ای دارد. نقشه الگوی توزیع فضایی نواحی مسکونی نشان‌دهنده استقرار بخش قابل توجهی از مسکن این منطقه در عرصه درگیر با پدیده نشست است.

زمین‌شناسی در حال حاضر نرخ فرونشست در دشت اصفهان-برخوار در حدود ۱۶۰ میلیمتر در سال و فرودگاه شهید بهشتی اصفهان بین ۸ تا ۱۲ سانتی‌متر در سال است. اهمیت این نگرانی زمانی قابل مشاهده است که در دنیا وقتی که نرخ فرونشست به چهار میلیمتر در سال می‌رسد، وضعیت بحرانی اعلام می‌شود، این در حالی است که طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ ه.ش. در مناطق شمالی اصفهان نرخ فرونشست ۱۵۶ میلیمتر اعلام شده که تقریباً ۴۰ برابر نرخ جهانی است.

## پیشینه پژوهش

در ارتباط با فرونشست زمین، این موضوع در تحقیقات بسیاری مورد توجه قرار گرفته است. براساس یافته‌های پیشینه و براساس اطلاعات کارگروه فرونشست در سازمان یونسکو، قدیمی‌ترین فرونشست شناخته‌شده در ایالات آلابامای ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۰۰ م. به وقوع پیوسته است. مطالعات این کارگروه، بررسی‌های تفصیلی روی ۴۲ فرونشست در ۱۵ کشور جهان بوده است (Baffoe, 2020). در ایران نیز برای اولین بار در دشت رفسنجان (سال ۱۳۴۶ ه.ش.)، نشست زمین در اثر افت سطح آب زیرزمینی گزارش شد. که پس از آن، مطالعات مرتبط نیز انجام شد. مهم‌ترین بخش در بررسی پیشینه، تحلیل تحقیقاتی است که در چارچوب پژوهش انجام شده باشد که اهم آن به شرح زیر است: در خارج از کشور هان جیان و همکاران (Jiang et al., 2023) در مقاله‌ای با عنوان «آیا سیل با فرونشست زمین بدتر می‌شود؟» بررسی اثرات فرونشست زمین بر طغیان سیل از طوفان هاروی به این نتیجه رسیده است که تغییر کلی عمق سیل ناشی از فرونشست زمین با عمق شش سانتیمتری آب سیلاب به‌ازای هر یک متر از زمین فرو نشسته در بدترین مکان تحت تأثیر، نسبتاً جزئی است. تأثیر فرونشست زمین بر عمق سیل، غیرخطی بودن شدیدی را در زمان نشان می‌دهد، جایی که اثرات ناشی از نقاط داغ فرونشست زمین قبلی می‌تواند با ادامه فرونشست زمین تغییر کند.

ون لالونپویی و کانوجیا (Vanlalnunpuii & AshKanojia, 2023) در مقاله‌ای تحت‌عنوان «مروری بر اقدامات تاب‌آوری برای مناطق مستعد فرونشست زمین» به این نتیجه رسیدند که اقدامات باید در یک استراتژی فراگیر اجرا شود و تحقیقات مستمر با ابزارهای کارآمد در مورد فرونشست برای شناسایی و جلوگیری از خطرات احتمالی که ممکن است باعث ایجاد یا تحریک در آن شود، ضروری است.

پابلو از کوئرو و همکاران (Ezquerro et al, 2020, 12)، در مقاله‌ای تحت‌عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در اثر فرونشست زمین با استفاده از داده‌های InSAR در شهر تاریخی باستانی پیستویا (ایتالیا)» ارائه داده‌اند که این مقاله یک روش کامل، از تشخیص خودکار تا احتمال آسیب ساختمان، برای ارزیابی ریسک در مناطق فرونشست زمین پیشنهاد می‌کند.

و ... شده است. اگرچه بیشتر توجه آن بر مسائل زیست‌محیطی متمرکز و بخش وسیعی از اکتشافات آن به مدیریت کاهش خطرات زیست‌محیطی مانند زلزله، سیل، طوفان و گرم‌شدن زمین اختصاص یافته است (Bell et al., 1987).

با توجه به موارد فوق می‌توان بیان کرد که اصطلاح تاب‌آوری مکرراً بازتعریف شده و از طریق ابعاد اکتشافی، استعاری و هنجاری، توسعه یافته است. به طوری که ادگر در نظام‌های اجتماعی، کارپینتر و همکاران، در نظام‌های انسانی و اجتماعی، لیبیل و همکاران در نظام‌های اجتماعی - اکولوژیکی، برنثو و همکاران در مدیریت سوانح کوتاه مدت و پیکت و همکاران (Pickett et al., 2004) در نظام‌های اجتماعی و اقتصادی آن را به کار گرفته‌اند (دهقان سورکی، ۱۳۹۰، ۱۲). هولینگ (Holling, 1973) بعد از تعریف اولیه خود از تاب‌آوری شهری عواملی را برای سنجش میزان تاب‌آوری در نظر گرفت که با اندازه‌گیری هر یک از این عوامل می‌توان دریافت که محدوده مورد نظر در برابر مخاطرات تاب‌آوری دارد. براساس نظریه او و دیگر دانشمندان می‌توان مؤلفه‌های زیر را برای اندازه‌گیری استخراج کرد که آن عوامل به شرح جدول ۲ و تصویر ۱ است.

البته بعضی از نظریه‌پردازان در این زمینه مانند ادگر مؤلفه‌هایی به این موارد اضافه و یا کم کرده و برخی دیگر از دانشمندان هم به کل این عوامل را رد کرده‌اند اما در این پژوهش برای اندازه‌گیری میزان تاب‌آوری اصفهان به این مؤلفه‌ها استناد شده است.

#### • آسیب‌پذیری شهری

بلايا و سوانح طبیعی در قرون متمادی همواره جوامع انسانی را مورد تهدید قرار داده و در حوزه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی، سکونتی، زیست‌محیطی و ... زندگی انسان‌ها را به مخاطره انداخته است. تا اواخر قرن نوزدهم رویکرد و نگرش غالب در موضوع کاهش آسیب‌پذیری در مقابله با حوادث مبتنی بر مفاهیم نظری مدیریت بحران بود.

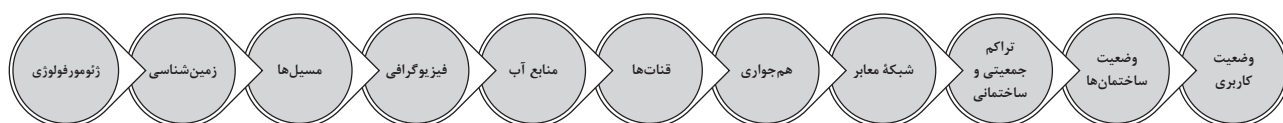
آسیب‌پذیری فرایندی است که پایداری اجتماع را برای روبرویی و برخورد با رخداد خطر کاهش می‌دهد. آسیب‌پذیری نوعی آمادگی و استعداد اجتماع مبتلا به رویدادهای مخاطره‌آمیز است. توماس (Thomas, 2005) از آسیب‌پذیری به‌عنوان میزان توانایی سیستم اقتصادی - اجتماعی و قویکی جوامع و همچنین آمادگی و انعطاف‌پذیری در برابر فشارهای مخاطرات طبیعی یاد می‌کند (نصیری زارع و کرم، ۱۴۰۱، ۱۵). در جوامع توسعه‌یافته مخاطرات می‌تواند باعث آسیب اقتصادی زیادی شود ولی در مناطق در حال توسعه بر اثر از دست‌دادن زندگی آسیب عمدتاً به معنی از دست‌دادن انسان‌ها است. آسیب‌پذیری توسط یونسکو به‌عنوان میزان درجه

همان‌طور که در این قسمت بیان شد، افراد زیادی در داخل و خارج از کشور در این زمینه پژوهش کرده‌اند اما کسی به موضوع تاب‌آوری در زمینه فرونشست زمین اشاره نکرده است. این مقاله بر آن است تا به بهبود تاب‌آوری شهری در برابر فرونشست زمین کمک کند و این تفاوت این مقاله با دیگر پژوهش‌هاست.

#### مبانی نظری • تاب‌آوری

استراتژی بین‌المللی کاهش خطر (UNISDR) در تعریفی جامع، تاب‌آوری در برابر مخاطرات طبیعی را این‌گونه معرفی می‌کند: توانایی یک سیستم جامع یا اجتماع در معرض خطر برای مقاومت، جذب تطبیق و بهبود اثرات یک مخاطره به طرز کارآمد و به‌موقع از جمله از طریق حفاظت و ترمیم ساختارها و کارکردهای ضروری و اساسی خود. در فرهنگ لغت برای واژه «تاب‌آوری» معانی متعددی از جمله: قدرت بازیابی، بهبود با سرعت، تغییر، شناوری، کشسانی وجود دارد ولی به‌طور کلی اکثر محققان واژه «تاب‌آوری» را به مفهوم بازگشت به شرایط گذشته به کار می‌برند که از ریشه لاتین «Resilio» به معنای «برگشت به عقب» گرفته شده و استفاده از مفهوم و کاربرد تاب‌آوری نیز دارای سابقه‌ای بسیار طولانی است و حداقل به یک قرن قبل از میلاد برمی‌گردد (رجایی و نصرتی هشی، ۱۴۰۲، ۲). اصطلاح «تاب‌آوری» برای اولین بار توسط هولینگ (Holling, 1973) در علم اکولوژی به‌مثابه توانایی یک سیستم برای جذب شوک‌ها، تغییرات و اختلالات درحالی که عملکرد سیستم باقی بماند، تعریف شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که واژه «تاب‌آوری» برای اولین بار در علم فیزیک و ریاضی برای تشریح توانایی برگشت به شکل اولیه بعضی از مواد مخصوص که هنگام جابه‌جایی تغییر شکل می‌دهند، مورد استفاده قرار گرفته است ولی در حال حاضر می‌توان گفت مفهوم تاب‌آوری دیگر معنای تحت‌اللفظی خود را از دست داده است و مربوط به علم خاصی نیست و همچنین تاب‌آوری امروزه یک اصطلاح است و باید در مکاتبات و محاوره‌ها آن را به‌صورت صحیح اصطلاح بیان کرد. باید دانست که تغییرات به کل یک مجموعه وارد شود و تک‌تک اعضای آن را تغییر شکل دهد (Wang et al., 2015). در حال حاضر تاب‌آوری مخصوصاً تاب‌آوری شهری جهت دستیابی به یک پایداری از مهم‌ترین سرفصل‌های پژوهش و تحقیقات شده است که در جدول ۱ به بعضی از اهم تعاریف مفهوم تاب‌آوری شهری ذکر شده توسط افراد در پژوهش‌ها اشاره می‌شود.

امروزه مفهوم تاب‌آوری وارد حوزه برنامه‌ریزی با جهت‌گیری‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی، کالبدی، مدیریتی، زیست‌محیطی



تصویر ۱. عوامل مهم سنجش تاب‌آوری. مأخذ: نگارندگان.

پژوهشگر	تعریف
Alberti et al. (2003)	تاب‌آوری مفهومی است که ترکیبی از توانایی، یادگیری، سازگاری، خودسازماندهی مجدد و دستیابی به تعادل و همچنین جذب آشوب‌هاست.
Walker & Salt (2006)	تاب‌آوری توانایی یک سیستم در جذب اختلال و ساماندهی مجدد درحالی که تحت تغییر بوده و به‌منظور حفظ اصالت همان تابع، ساختار، هویت و بازخورد است.
Boodin (2004)	سرعتی که با آن یک سیستم پز از جابه‌جایی به تبادیل برمی‌گردد، صرف نظر از اینکه چه مقدار نوسان نیاز است.
Pickett et al. (2004)	تاب‌آوری شهری ظرفیت یک سیستم در این مورد یک شهر برای انطباق در مقابل آشوب تعریف کرد.
Allenby & Fink (2005)	تاب‌آوری به‌معنای ظرفیت یک سیستم برای حفظ عملکرد و ساختار خود سیستم در برابر تغییرات داخلی و خارجی است.
Adger et al. (2005)	ظرفیت دستگاه‌های مرتبط اجتماعی و زیست‌محیطی برای جذب اختلالات مکرر به‌طوری که ساختار ضروری، توابع و بازخوردها حفظ شود.
Perrings (2006)	توانایی یک سیستم برای مقاومت در برابر شوک‌های بازار یا زیست‌محیطی بدون از دست دادن ظرفیت تخصیص مؤثر منابع است.
Coaffee & O'Hare (2008)	تاب‌آوری شهری هم به تغییرات در طراحی (ساختاری، معماری، برنامه ریزی مکانی) و هم به اقدامات مدیریتی و حاکمیتی که با هدف جلوگیری یا کاهش آسیب‌پذیری جسمی و اجتماعی مناطق شهری، محافظت از زندگی، املاک و فعالیت‌های اقتصادی شهر اشاره دارد.
Hamilton (2009)	تاب‌آوری توانایی برگشت و ارائه عملکردهای اصلی خود از زندگی در برابر مصیبت‌ها و سایر خطرهای است.
Wardekker et al. (2010)	سیستم تاب‌آور سیستمی است که می‌تواند اختلالات را با استفاده از خصوصیات یا معیارهایی که اثرات آن را محدود می‌کند، کاهش یا خنثی‌سازی خسارت‌ها و اختلالات را تحمل می‌کند و به سیستم اجازه می‌دهد تا پاسخ دهد، بهبود یابد و به سرعت با چنین آشفتگی‌هایی سازگار شود.
Leichenko (2011)	مقاومت در برابر یک شوک و تنش گسترده را تاب‌آوری گویند.
Liao (2012)	تاب‌آوری شهری در برابر طغیان، توانایی شهر در تحمل سیل و سازماندهی مجدد در صورت آسیب‌های جسمی و ایجاد اختلالات اقتصادی برای جلوگیری از مرگ و جراحت و حفظ هویت فعلی اقتصادی-اجتماعی است.
Desouza & Flanery (2013)	تاب‌آوری قدرت جذب و پاسخگویی به تغییرات در سیستم‌های شهری است.
Lu & Stead (2013)	ظرفیت یک شهر برای جذب اختلال و حفظ عملکرد و ساختار آنرا تاب‌آوری گویند.
McPhearson et al. (2015)	تاب‌آوری به مجموعه‌ای از اکوسیستم‌های شهری اطلاق می‌شود که منافع معیشت و رفاه شهری را به همراه دارد.
Folke (2016)	مفهوم تاب‌آوری به‌معنای توانایی و پایداری یک سیستم در مواجهه با آشفتگی‌ها و قابلیت سیستم در توسعه با وجود تغییرات و آشوب‌هاست.
Meerow et al. (2016)	توانایی یک سیستم شهری و کلیه شبکه‌های اکولوژیکی-اجتماعی و تکنیکی-اجتماعی سازماندهی در مقیاس‌های زمانی و مکانی اطلاق می‌شود که در مواجهه با آشوب‌ها اقدام به حفظ عملکردهای مطلوب یا بازگشت سریع به آنها می‌کند.
Spaans, & Waterh out (2017)	تاب‌آوری توانایی افراد، جوامع، مؤسسات، شرکت‌ها و سیستم‌ها در یک شهر برای زنده‌ماندن، سازگاری و رشد بدون در نظر گرفتن نوع استرس مزمن و شوک‌های حاد که در معرض آن قرار دارند، است.

جدول ۲. مؤلفه‌های پژوهش براساس نظریه دانشمندان. مأخذ: نگارندگان.

مؤلفه	دانشمند
ژئومورفولوژی	Walker & Salt (2006)
زمین‌شناسی	Alberti et al. (2003)
مسئله‌ها	Meerow et al. (2016), Pickett et al. (2004)
فیزیوگرافی	Holling (1973)
منابع آب	Perrings (2006)
قنات‌ها	Pickett et al. (2004)
هم‌جواری	Holling (1973)
شبکه‌های معابر	Holling (1973), Lu & Stead (2013)
تراکم ساختمان و جمعیت	Holling (1973)
وضعیت ساختمان‌ها	Holling (1973)
وضعیت کاربری	Holling (1973)

داشته است (شریفی‌کیا و همکاران، ۱۳۹۰، ۱۳۹)، به‌طور معمول این اصطلاح به حرکت قائم رو به پایین سطح زمین گفته می‌شود (Poland, 1994). طبق تعریف انستیتوی زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا شامل فروریزش یا نشست رو به پایین سطح زمین است که می‌تواند دارای بردار جابه‌جایی افقی اندکی نیز باشد. فرونشست زمین باعث تغییرات قابل توجهی در ویژگی‌های هیدرولوژیکی زمین مانند جهت و سرعت جریان آب زیرزمینی می‌شود. سایر پیامدهای فرونشست نیز شامل آسیب به سازه‌های مهندسی شده مانند ساختمان‌ها، جاده‌ها، خطوط لوله و پوشش چاه‌ها می‌شود. مناطق کم‌بارندگی که از خشکسالی رنج می‌برند عمدتاً در معرض فرونشست زمین هستند. به‌رحال، برداشت آب زیرزمینی علت اولیه پدیده فرونشست زمین است (شریفی‌کیا و همکاران، ۱۳۹۲، ۱۰۰). به‌لحاظ روند شکل‌گیری، فرونشست حرکت کند و بطئی عمقی نشست زمین و یا فروریزش ناگهانی آن را شامل شده است. فرونشست فرورفتگی توپوگرافی سطحی زمین که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم در اثر عملکرد انسان به وجود آمده است. تأثیرهای محیطی فرونشست زمین در مناطق شهری بسیار متعدد هستند و می‌توانند به‌صورت تأثیرهای اجتماعی، اقتصادی، محیطی و زیرساخت همانند جدول ۳ تفکیک و طبقه‌بندی شوند. براساس نتایج حاصل شده در چند دهه اخیر پدیده فرونشست از لحاظ منشأ به دو گروه تقسیم شده است: ۱. فرونشست‌های زمین در اثر فرایندهای طبیعی، ۲. فرونشست در اثر فعالیت‌های انسان. فرونشست ناشی از فرایندهای طبیعی به فرونشست در اثر فعالیت‌های تکنوتیکی، فوران‌های آتش‌نشانی، انحلال سنگ‌ها، تراکم رسوبات عمیق، آب‌شدگی یخ‌ها و دیگر فرایندهای طبیعی تقسیم می‌شود. در مقابل این فرایندها فعالیت‌های انسانی می‌تواند فرونشست‌های سریع و جدی‌تری را القا کند و به‌طور شاخص شامل فرونشست در اثر برداشت بی‌رویه سیالات و معدن‌کاری می‌شود که این فرونشست‌ها ناشی از تعامل انسان و محیط موجود است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۲، ۴۸). همان‌طور که ملاحظه می‌شود تصویر ۲ گویای مطلب است.

به‌طور کلی می‌توان گفت که میزان آسیب‌دیدن و خسارت یک مکان به عوامل متعددی بستگی دارد که مهم‌ترین آن تاب‌آوری شهری است. یک شهر اگر تاب‌آور باشد می‌تواند آسیب‌های ناشی از مخاطرات را کنترل کرده و با شوک کمتری با بحران مواجه شود. در شهر اصفهان یکی از مخاطراتی که به تکرار رخ می‌دهد پدیده فرونشست زمین است. در این مطالعه با کمک آزمون‌های مختلف ابتدا مخاطره فرونشست اندازه‌گیری شده و سپس میزان تاب‌آوری این شهر در برابر این فرونشست‌ها طبق تصویر ۳ سنجش شده است.

### روش پژوهش

این مطالعه به‌لحاظ هدف، کاربردی و از نوع پیمایشی تحلیلی است. برای تحلیل اطلاعات از روش کمی استفاده شده است. در

از دست‌دادن یک عنصر یا مجموعه‌ای از عناصر در معرض خطر ناشی از وقوع یک پدیده طبیعی تعریف شده است که در مقیاس از صفر (بدون آسیب) به یک (از دست‌دادن) است. مرکز مدیریت بحران استرالیا در سال ۲۰۰۰ م. آسیب‌پذیری مخاطرات را درجه‌ای از حساسیت و انعطاف‌پذیری جامعه و محیط‌زیست تعریف کرده است (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۸، ۱۲).

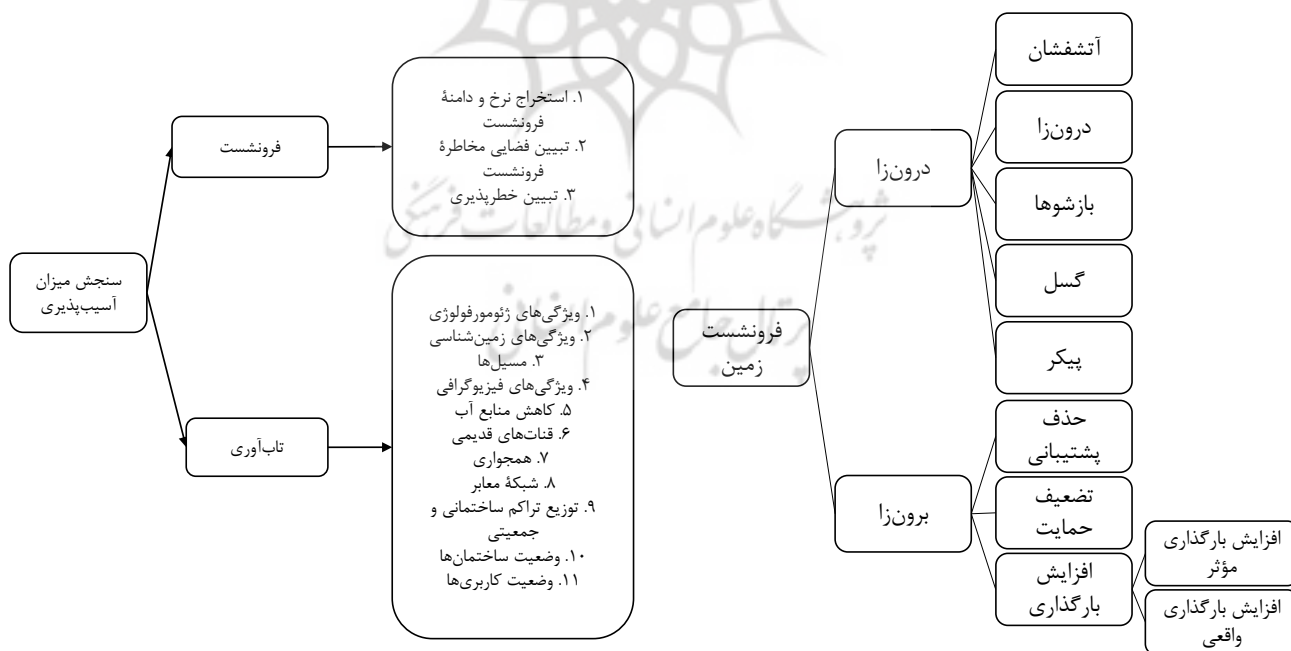
آسیب‌پذیری شهری میزان خسارتی است که در صورت بروز سانحه به اجزا و عناصر یک شهر بر حسب چگونگی کیفیت آنها وارد می‌شود. آسیب‌پذیری شهر پدیده‌ای است گسترده که تمامی عوامل موجود در یک شهر را در بر می‌گیرد و به‌علت وابستگی عناصر به یکدیگر آسیب‌پذیری شهر نیز به سرعت گسترش می‌یابد (Ferretti et al., 2007). آسیب‌پذیری شهری به میزانی از تفاوت‌های ظرفیتی جوامع شهری برای مقابله با اثرهای مخاطرات طبیعی براساس موقعیت آنها در جهان مادی (ساختار فضایی شهر) و ویژگی‌های اجتماعی آن جوامع (ساختار اجتماعی شهر) اطلاق می‌شود (Goli et al., 2019, 9). به‌عبارت دیگر، آسیب‌پذیری یک تابع ریاضی است و به مقدار خسارت پیش‌بینی شده برای هر عنصر در معرض خطرهای مصیبت‌بار، با شدت معین، گفته می‌شود. تحلیل آسیب‌پذیری فرایند، برآورد آسیب‌پذیری عناصر معینی است که در معرض خطر احتمالی ناشی از وقوع مصیبت‌بار هستند (عابدینی، ۱۳۹۲، ۸۱). تحلیل آسیب‌پذیری شهری، تحلیل، ارزیابی و پیش‌بینی احتمال خسارت‌های جانی، مادی و معنوی شهر و ساکنان شهر در برابر مخاطرات احتمالی است. براساس نظریه آسیب‌پذیری و ویژگی‌های مفهومی آن در هر فضای شهری مفروض، مقدار معینی از خطرپذیری وجود دارد، اما سطوح و دامنه آسیب‌پذیری و ایمنی در سطح شهر به‌طور یکنواخت توزیع نشده است؛ چراکه فضاهایی با عنوان آلوده، بی‌دفاع و آسیب‌پذیر محل رخداد انواع خشونت‌ها، جرائم و حتی مخاطرات محیطی هستند، در حالی که در محل‌های دیگر هیچ‌گونه الگوی ناامنی شهری و به‌تبع آن، آسیب‌پذیری وجود ندارد یا آسیب‌پذیری کمتری رخ می‌دهد (رهنما و میراثی، ۱۳۹۵، ۴۹).

در کل آسیب‌پذیری پیامدی منطقی از در معرض مخاطره قرارداشتن و وضعیت تاب‌آوری ناشی از ظرفیت پذیرش و توان ترمیم‌پذیری آن است. به‌طور کلی مفهوم آسیب‌پذیری چارچوب بسیار مناسبی برای درک ماهیت بحران، وقایع بحرانی، آثار و پیامدهای ناشی از وقوع بحران و همچنین واکنش در مقابل بحران در سطوح مختلف فراهم می‌آورد.

### • فرونشست زمین

فرونشست طبق تعریف ارائه‌شده توسط یونسکو عبارت است از فروریزش یا نشست سطح زمین که به‌علت‌های متفاوتی در مقیاس بزرگ روی می‌دهد. رشد جمعیت همراه با گسترش بی‌رویه بهره‌برداری از منابع آب برای استفاده در کشاورزی و صنعت، پیامدهای نامطلوب زیادی در جنبه‌های کمی و کیفی منابع آب

طبقه‌بندی	نمونه تأثیر	سطح تأثیر
زیرساختی	شکستگی دائمی بناها و جاده‌ها	مستقیم
	خمیدگی یا واژگونی خانه‌ها و ساختمان‌ها	مستقیم
	نشست‌کردن خانه‌ها یا ساختمان‌ها	مستقیم
	شکستگی خط لوله‌ها و تأسیسات شهری	مستقیم
	نقص فنی شبکه فاضلاب و سیستم تخلیه	غیر مستقیم
	فرسودگی در عملکرد زیرساخت‌ها و ساختمان‌ها	غیر مستقیم
	تغییرهایی در کانال رودخانه و سیستم‌های تخلیه جریان	غیر مستقیم
	سیلاب مداوم ساحلی	غیر مستقیم
	توسعه گسترده‌تر مناطق سیلابی	غیر مستقیم
	آب‌گرفتگی نواحی و زیرساخت‌ها	غیر مستقیم
محیطی	افزایش پیشروی داخلی آب دریا	غیر مستقیم
	فرسودگی در کیفیت شرایط محیطی	غیر مستقیم
	افزایش در هزینه نگهداری زیرساخت	غیر مستقیم
	کاهش در ارزش زمین و دارایی‌ها	غیر مستقیم
	ساختمان‌ها و امکانات متروک	غیر مستقیم
اقتصادی	اختلال در فعالیت‌های اقتصادی	غیر مستقیم
	فرسودگی در کیفیت زندگی و محیط پویا	غیر مستقیم
	اختلال در فعالیت‌های روزمره مردم	غیر مستقیم
اجتماعی		



تصویر ۳. فلوجارت پژوهش. مأخذ: نگارندگان.

تصویر ۲. طبقه‌بندی انواع فرونشست‌های زمین از لحاظ منشأ. مأخذ: نگارندگان.

فرونشست زمین پرداخته شده است. در مرحله بعد، با روش‌های تحلیلی برای پردازش تصاویر راداری دو زمانه متکی بر تکنیک تداخل سنجی تفاضلی از طریق فاز مستخرج از تداخل‌نگار با هدف شناسایی و تعیین آخرین وضعیت نواحی در معرض فرونشست و

این پژوهش برای بررسی از دو گام استفاده شده است. در گام اول، با کمک GIS به بررسی میزان آسیب‌پذیری شهر اصفهان پرداخته می‌شود که نوع تحلیل کمی و در مرحله دوم که تحلیل‌ها کیفی است به بررسی میزان تاب‌آوری شهر اصفهان در برابر پدیده

حدود ۱/۵ سانتیمتر است. میزان فرونشینی از هسته اصلی در قسمت مرکزی اصفهان در تمام جهات جغرافیایی واجد روند نزولی بوده است.

#### • تبیین فضایی مخاطره فرونشست

به منظور تولید نقشه الگوی فضایی عرصه‌های پر مخاطره، دو فاکتور نرخ و دامنه فرونشست مستخرج از تداخل نگار به عنوان فاکتور عامل در زایش مخاطره به تحلیل گر سیستم در محیط GIS وارد شد. نقشه خروجی معرف سلول‌های واجد ارزش متفاوت از فاکتور زایش مخاطره است. بر این اساس دسته‌بندی ارزش سلول‌های معرفی شده در نقشه خروجی زیر به چهار رتبه متفاوت تحت عنوان پهنه‌های بسیار پرخطر، پهنه پرخطر، پهنه‌های نسبتاً پرخطر و پهنه‌های نسبتاً کم‌خطر تهیه شد.

با توجه به تصاویر ۵ و ۶ و جدول ۴ می‌توان دریافت که نزدیک به نیمی از مساحت محدوده مورد مطالعه در پهنه‌های پرخطر و بسیار پرخطر هستند.

#### • تبیین خطر پذیری

در این پژوهش، تبیین فضایی خطر پذیری در دو الگوی خطر پذیری واحد مسکونی-تأسیساتی و خطر پذیری جمعیت مورد بررسی قرار گرفت. برای تبیین خطر پذیری واحدهای مسکونی و تأسیسات ابتدا نقشه الگوی پراکندگی ساخت‌وسازها استخراج می‌شود و به کمک پیمایش میدانی می‌آید.

طبق تصویر ۷ و جدول ۵ یافته‌ها بیانگر آن است که تمام تأسیسات و سکونتگاه‌های شهری در این محدوده از مخاطره حادث است. به طوری که ۶۰ درصد از مستحقات از خطر پذیری کم تا نسبتاً کم برخوردار هستند و تنها ۴۰ درصد باقی‌مانده خطر پذیری بالایی دارند. خطر پذیری جمعیت و گروه‌های انسانی به سبب محدودیت دسترسی به داده‌های مکانی مناسب صرفاً بر اساس فاکتور حضور یا عدم حضور جمعیت در محدوده خطر تحلیل شده است. بدین منظور برای درک مناسب‌تری از گروه‌های انسانی مستقر در ناحیه خطر و تبیین الگوی توزیعی فضایی و توأمان درجه و میزان خطر پذیری

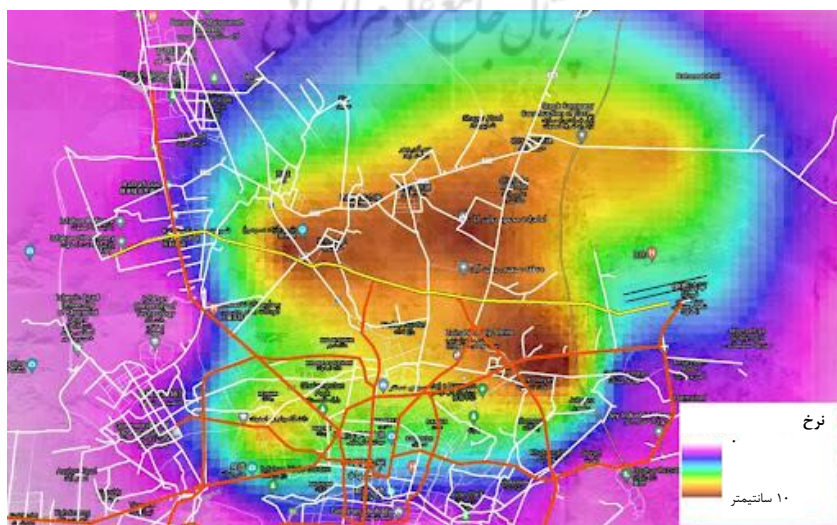
تعیین اندازه‌گیری و نرخ دامنه آن به کار گرفته شده است. فن تداخل سنجی راداری تفاضلی با برخورداری از پوشش زمینی وسیع، مکرر و پیوسته و نیز قدرت تفکیک زمانی و مکانی زیاد، به عنوان یکی از دقیق‌ترین (در مقیاس میلی‌متر) و کم هزینه‌ترین فنون سنجش از دور برای شناسایی و نمایش جابه‌جایی‌های به وجود آمده در سطح زمین است. با تعیین نواحی در معرض فرونشست و دسته‌بندی آنها بر اساس نرخ استخراج شده و همچنین تحلیل داده‌های اسنادی و ثبتی به منظور تبیین علل فرونشست اقدام به انجام پیمایشی با استفاده از ابزار D-GPS برای جست‌وجو و شناسایی مناطق معرفی شده در تصاویر شد.

#### یافته‌های پژوهش

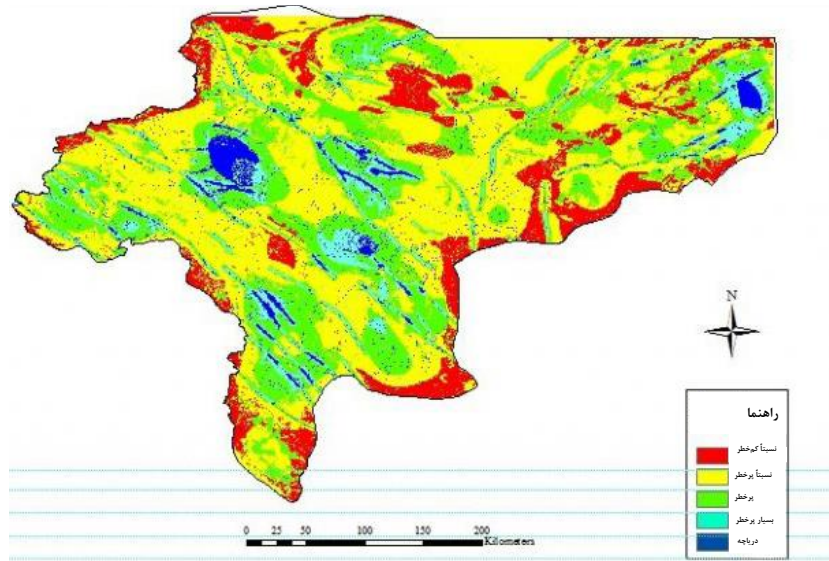
#### • استخراج نرخ و دامنه فرونشست

بدین منظور از تکنیک تداخل سنجی تفاضلی راداری استفاده شده است. این تکنیک متکی بر اندازه‌گیری مقادیر اختلاف فاز حاصل از دریافت مکرر دو سیگنال با تفاضل زمانی از یک پدیده نسبت به سکوی تثبیت شده است. همچنین به منظور بهبود دقت و کاهش ناهم‌دوسی فازی بازه زمانی به حداقل دو ماه تقلیل یافت. مبتنی بر این روش، دو تداخل نگار با دوره زمانی چهار ماهه به دست آمد. مقادیر حاصل از این تداخل نیز بعد از انجام سایر عملیات و تبدیل فاز به نقشه جابه‌جایی و همچنین حذف پیکسل‌های دارای مقادیر صفر (بدون تغییر ارتفاعی) مؤید و بالا از صفر (بالا آمدگی) مؤید فرونشستی با نرخ حداکثر ده سانتیمتر در دوره زمانی چهار ماهه در محدوده مورد مطالعه است که الگوی توزیع فضایی آن در تصویر ۴ نشان داده شده است.

بر اساس نقشه فوق اراضی در معرض فرونشست نواحی مرکزی اصفهان نسبت به اطراف بیشتر در معرض خطر فرونشست زمین هستند. حداکثر نرخ فرونشینی در این محدوده در فرم نقاط با شعاع حداکثری ۸۰۰ متر به میزان ۲/۵ سانتیمتر در ماه و حداکثر آن نیز



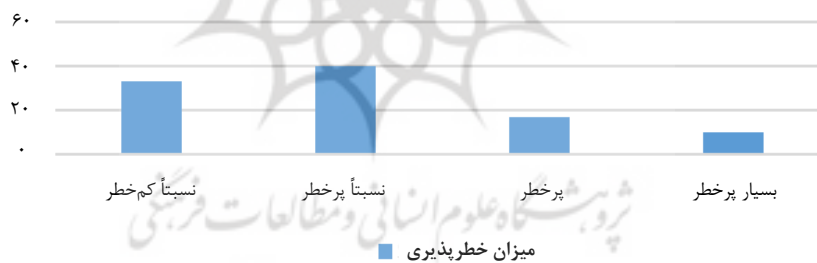
تصویر ۴. نرخ و دامنه فرونشست اصفهان. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۵. تبیین فضایی مخاطره فرونشست زمین در اصفهان. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۴. مساحت و درصد مخاطره فرونشست زمین بر اساس پهنه‌بندی. مأخذ: نگارندگان.

درصد	مساحت (مترمربع)	عرصه خطر
۳۳	۹۵۵۸۵۰۰	نسبتاً کم خطر
۴۰	۴۴۱۹۱۶۱۵	نسبتاً پر خطر
۱۷	۹۰۹۱۶۰۰	پر خطر
۱۰	۸۵۴۰۹۰۰	بسیار پر خطر



تصویر ۶. نمودار میزان خطرپذیری فرونشست زمین در اصفهان. مأخذ: نگارندگان.

### - ویژگی ژئومورفولوژی

بررسی ژئومورفولوژی شهر اصفهان نشان می‌دهد که شهر در بخش خروجی حوضه آبریز ارتفاعات شمالی روی اشکال ژئومورفیکی مانند مخروط افکنه‌های قدیمی و جدید قدرت نفوذپذیری بالا و تغییر مداوم مسیر رود در روی آن که این ویژگی‌ها از جهات شهرسازی به دلیل استحکام ساختار زمین، تغذیه منابع آب زیرزمینی و کاهش حجم رواناب در مواقع بارندگی مناسب و فرصت است ولی با شهرسازی روی آن همین ویژگی‌ها به تهدیدهایی چون افزایش حجم روان آب به دلیل پوشش سطح زمین از طریق آسفالت خیابان‌ها و پشت‌بام ابنیه‌ها و کاهش تغذیه منابع آب، آلودگی منابع آب به خاطر نفوذ فاضلاب‌های گوناگون به آنها و افزایش لرزه‌خیزی تبدیل می‌شود. هسته شهر روی دشت رسوبات ریزدانه با قدرت نفوذپذیری کمتر واقع شده که

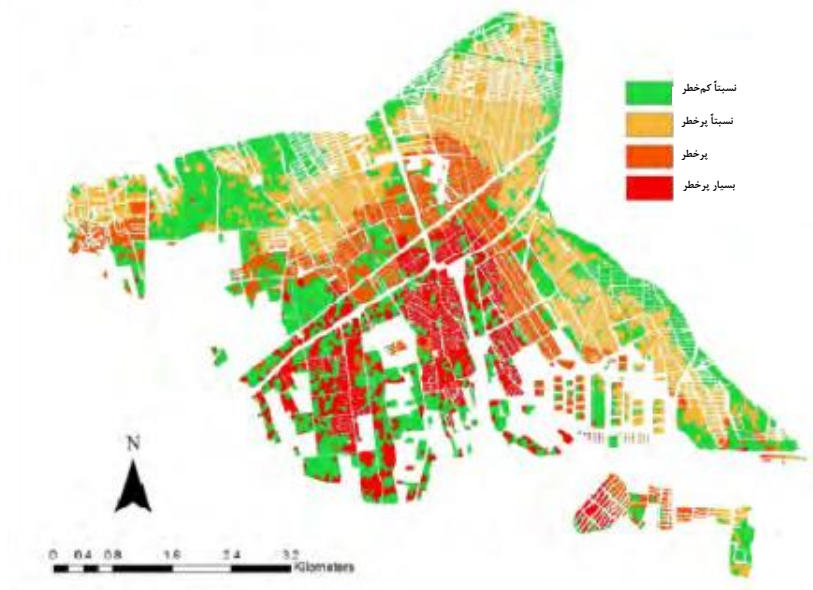
براساس حجم جمعیت در معرض از شاخص تراکمی جمعیت در واحد سطح برده شده است.

با توجه به جدول ۶ به منظور استخراج جمعیت در معرض خطر با استفاده از آمارهای جمعیتی مستقر در بلوک‌ها و نقشه الگوی فضایی خطرپذیری مساکن، اقدام به استخراج مقادیر خطرپذیری برای جمعیت ساکن در محدوده مورد مطالعه شد. براساس یافته‌ها بیش از نیمی از جمعیت ساکن محدوده به سبب استقرار در پهنه‌های مخاطره‌آمیز، خطرپذیری زیاد تا بسیار زیاد دارند.

### • ارزیابی شاخص‌های تاب‌آوری شهری در اصفهان

براساس نظر هولینگ (Holling, 1973) در ارزیابی تاب‌آوری شهر ویژگی‌های طبیعی، زمین‌شناسی، انواع کاربری‌ها، شبکه معابر و... از جمله شاخص‌هایی هستند که باید مورد بررسی قرار بگیرند. که در این مطالعه به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت.





تصویر ۷. خطر پذیری واحدهای مسکونی و تأسیساتی اصفهان. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۵. تعداد و مساحت واحد مسکونی - تأسیساتی خطر پذیر به تفکیک گروه‌های خطر پذیری. مأخذ: نگارندگان.

درصد	تعداد واحد مسکونی - تأسیساتی	رتبه خطر
۱۹	۱۱۶۰۵	نسبتاً کم خطر
۴۱	۵۴۱۲۳	نسبتاً پرخطر
۳۸	۳۲۰۷۹	پرخطر
۲	۲۱۰۶۱	بسیار پرخطر

جدول ۶. خطر پذیری جمعیت ساکن اصفهان. مأخذ: نگارندگان.

عنوان	خطر پذیری نسبتاً کم	خطر پذیری نسبتاً زیاد	خطر پذیری بسیار زیاد
جمعیت	۹۱۳۸	۹۹۴۹۰	۶۰۷۹۷
خانوار	۵۸۴۱	۵۷۳۲۳	۴۲۹۱۹
درصد	۴	۳۹	۳۲

مسایل‌ها و مادی‌های موجود و عدم رعایت ضوابط حریم رودها در این شهر باعث شده است که در شرایط بحران این مسایل‌ها و مادی‌ها خسارت‌های جانی و مالی زیادی را به وجود آورد.

#### - ویژگی فیزیوگرافی

شیب زیاد در بخش‌های شمالی شهر به سیل‌خیزی منطقه افزوده و کاهش شیب در جنوب و هسته مرکزی مشکلاتی نظیر عدم زهکشی آب‌های سطحی و فاضلاب‌های مختلف و در نتیجه آبگرفتگی معابر و منازل را به همراه دارد.

#### - کاهش منابع آب

توسعه بی‌ضابطه شهر به منابع طبیعی اطراف و تغییر کاربری آنها (پوشش زمین توسط آسفالت خیابان‌ها و ساخت‌وسازها)، از یک طرف موجب عدم تغذیه منابع آب زیرزمینی شده و گاهاً به دلیل نفوذ فاضلاب‌ها به منابع آلودگی آنها را در پی داشته و از طرف

باعث از بین رفتن اراضی کشاورزی که نتیجه آن کاهش تولید مواد غذایی و آلودگی منابع خاک است.

#### - ویژگی‌های زمین‌شناسی

بررسی شاخص‌های زمین‌شناسی منطقه حاکی از حرکات تکتونیکی زیاد دوران دوم است که وجود ۶۳ گسل فعال در اصفهان آمیزه‌های رنگین (افیولیت‌ها) نتیجه حرکات کمپرسی و فشارشی کرتاسه فوقانی است که متأسفانه برخی از کاربری‌های حیاتی این شهر در مجاورت این شکستگی‌ها واقع شده است.

#### - مسایل‌ها

اصفهان شهری با هسته اولیه زیستی و جویباره به معنای زمین جوی‌ها در اصلی‌ترین هسته شهر بوده است. نقش زاینده رود و شبکه‌های مادی منشعب از آن، در گذشته در امور کشاورزی و آبرسانی جمع‌آوری آب‌های سطحی و آبادی شهر اهمیت خاصی داشته است.

مرتبه ساخته شده در شهر، بدون مطالعه انتخاب شده است و میزان فضای سبز و باز عمومی بسیار کم است. در تحلیل آسیب پذیری ناشی از دسترسی، از شاخص عرض معبر استفاده شده است که نتیجه آن ارتباط مستقیم عرض معبر با میزان تاب آوری بود، یعنی معابر با توجه به سلسله مراتب عملکردهای شهری بهتر باشد؛ به دلیل دسترسی بهتر، آسیب پذیری نیز کاهش می یابد. وجود کوچه های بن بست و شبکه ارتباطی با عرض کم با دسترسی به بافت قدیم شهر که عموماً مناطق مرکزی را شامل می شود با مشکل مواجه می سازد ولی در ساخت وسازهای جدید که تناسب بین تراکم ارتفاعی و عرض معبر رعایت نمی شود، شبکه ارتباطی را هم با مشکل مواجه ساخته است که رابطه بین تراکم ارتفاعی (تعداد طبقه) و عرض معبر همجوار مسکن نشان می دهد در برخی نقاط تناسب بین تراکم ارتفاعی معبر اصلاً رعایت نشده است.

### - وضعیت کاربری

با توجه به مطالعات انجام شده، ناهنجاری های عمده در ساختار ایمنی از نظر وضعیت سازهای مسکن شهر، مشهود است. کاربری زمین نقش بسیار مؤثری در تاب آوری دارد؛ مانند کاربری های درمانی، مسکونی، آموزشی و غیره، هر چه نسبت توده به فضا (سطح اشتغال) افزایش یابد تاب آوری هم کاهش می یابد. باین حال عدم سازگاری برخی از کاربری ها در این شهر قابل مشاهده است؛ کاربری هایی که نیاز به انبار دارند در نزدیکی منازل مسکونی باعث فرونشست زمین در این مناطق می شوند.

### • عوامل تهدید کننده تاب آوری شهری اصفهان

گسترش فیزیکی شهر اصفهان که از تمام جهات کم و بیش با محدودیت روبه رو است، نشان می دهد که عوامل طبیعی (مانند: شیب کم هسته مرکزی و جنوب شهر که باعث مشکل جمع آوری آب های سطحی و فاضلاب می شود، بالابودن سطح آب های زیرزمینی مجوس در قنات های قدیمی زیر شهر، تجاوز به مسیله ها و...) و عوامل انسانی در پیشرفت توسعه فضایی شهر نقش اساسی داشته اند.

تجمع و رشد غیراصولی صنایع و به تبع آن مهاجرت مردم روستاهای منطقه به شهر، باعث گسترش نقاط مسکونی جدید در آن شده است که به موازات آن شبکه های ارتباطی نیز بنا به نیاز ساکنین و به نظر فروشندگان املاک (فروش متراژ بالاتر) توسعه یافته اند و از آنجاکه این اقدامات بدون برنامه و اصول خاص انجام شده، بخش زیادی از زمین های کشاورزی و دیگر اراضی با استعداد طبیعی منطقه نیز از بین رفته که سهم صنعت و ساخت وساز بیش از ۲۵ درصد زمین های کشاورزی و مرغوب منطقه را از بین برده است. رشد صنعت و جمعیت، بهره برداری بی رویه از منابع آب را نیز در پی داشته و خسارت های فراوانی به ذخایر زیرزمینی آب وارد کرده که مجموعه این عوامل، خصوصیات طبیعی زمین را دگرگون ساخته است. از دیگر

دیگر، مصرف بی رویه آب بارشد جمعیت، باعث کاهش منابع آب در شهر اصفهان شده است که برای تأمین کمبود نگاه ها به خارج از منطقه است.

### - قنات های قدیمی

بررسی فرونشست و کاهش سطح ارتفاع آب های زیرزمینی به کمتر از سه متر در برخی از مناطق شهر بیانگر وجود بیش از ۲۰ رشته قنات قدیمی در زیر شهر است که مجرای زهکشی برخی از آنها توسط ادارات ذی ربط در سال های اولیه انواع حفاری ها در شهر و اجرای آگو و برخی نیز به علت لایروبی نکردن مالکین بسته شده است که در طول سال ها به دلیل نفوذناپذیری سنگ بستر شهر، آب در مجرای این قنات ها جمع شده و به لایه های بالایی راه پیدا کرده و باعث ریزش سقف قنات ها و بالآمدن سطح آب ها در زیر شهر شده است.

### - همجواری

همجواری بعضی از کاربری ها در سطح شهر با کاربری های مسکونی، حمل و نقل و ورزشی در این مناطق، همجواری تأسیسات گاز با فضای سبز و مجاورت کاربری های درمانی و واسعی، قضایی و خدماتی با گسل و ... در این شهر دارای یک ناسازگاری است. یعنی کاربری های ناسازگار در برخی از مناطق این شهر با هم ناسازگارند.

### - شبکه معابر

شبکه معابر این شهر به دو دسته معابر بافت قدیم و جدید تقسیم می شوند که در بافت قدیم و حاشیه، دارای عرض کم و پریچ و خم و برمی نای نیاز زمان تشکیل بافت بدون شکل هندسی منظم ساختار ارگانیک دارد ولی در بافت جدید ساختار معابر نشان از تحمل بار ترافیکی بالاتری است که به طور کلی به دلایل عرض کم، سازه های مجاور، شکل اتصال، عدم تطابق عرض معبر و ارتفاع ساختمانی در خیلی از مناطق شهر جوابگوی بار ترافیکی در مواقع خطر را نیستند.

### - توزیع تراکم ساختمانی و جمعیتی

در بررسی مناطق و نواحی مختلف شهر طبق اطلاعات اسنادی مرکز آمار در اصفهان یک ناعادلی دیده می شود به طوری که تراکم ساختمانی در شمال و شمال شرق بیشتر از جنوب، غرب و هسته مرکزی شهر است ولی تراکم جمعیتی در غرب و جنوب شهر بیشتر است، در عوض فضای باز و سبز نیز در این مناطق پاسخ گوی جمعیت نیست.

### - وضعیت ساختمان ها

بررسی توزیع انواع کاربری ها در این شهر نشان می دهد که طبق اصول اولیه شهرسازی تعادلی وجود ندارد و در خیلی از مناطق شهر تناسبی بین تراکم و فضاهای باز وجود ندارد که خود عدم تاب آوری را به دنبال خواهد داشت. از تحلیل رابطه ساختمان های بلندمرتبه و ویژگی های زمین ساختاری به تفکیک مناطق شهر مشخص شد که محل استقرار تعداد زیادی از ساختمان های بلند

خطر و حتی در مواردی مدیران و مسئولین به سهولت از وجود آن اطلاع نیافته و بدیهی است در این شرایط آسیب‌پذیری به‌واسطه فقدان اقدانات تبدیلی در خطرپذیری با ظرفیت حداکثری رخ خواهد داد.

همچنین در زمینه تاب‌آوری شهری در برابر این پدیده به دلیل اهمیت شبکه ارتباطی شهر در زمان بروز بلایای طبیعی بررسی شده است. از جمله مشکلات شبکه معابر شهر، پایین بودن سطح سرویس‌دهی معابر و احداث خیابان‌های ناهماهنگ با بافت شهر است که در صورت بروز بحران آسیب‌پذیری شهر چندین برابر خواهد شد. با توجه به مطالعات انجام‌شده، ناهنجاری‌های عمده در ساختار ایمنی از نظر وضعیت ساخت‌وسازهای مسکن شهر، مشهود است. یکی دیگر از متغیرهای اساسی در تاب‌آوری تراکم نسبی جمعیت است. تراکم بیش از حد جمعیت باعث کاهش سرانه‌های خدماتی، افزایش ترافیک و آلودگی هوا، ناهنجاری‌های اجتماعی و بسیاری از مشکلات دیگر خواهد شد که هر کدام از این موارد آسیب‌پذیری شهر را در صورت بروز بحران‌های طبیعی چندین برابر خواهد کرد. از جمله مشکلاتی که احداث ساختمان‌های بلند در مناطق مختلف شهری دارند، افزایش عبور و مرور بیش از حد تعیین‌نشده جمعیت ساکن است که این موضوع بر سرانه کاربری‌ها نیز تأثیر نامطلوب دارد. یعنی در طرح جامع، برای هر کاربری سقف خدمات مشخصی برای جمعیت آن در نظر گرفته شده است و احتمال اینکه سطح در نظر گرفته‌شده، کفایت جمعیت جدید را نداشته باشد وجود دارد و کاهش بیش از حد جمعیت نیز باعث اشکال در روند خدمات‌رسانی می‌شود، هرچه میزان تراکم ساختمانی و جمعیتی به‌صورت متعادل در سطح شهر توزیع شده باشد، از جمله راه‌کارهایی که در مورد بافت شهر و کاربری اراضی آن وجود دارد، توجه‌داشتن به خطرات احتمالی حوادث مختلف برای ایجاد یک شهر ایمن در مقابل بلایای طبیعی، پهنه‌بندی شهر براساس احتمال خطر بلایای طبیعی، رعایت حریم‌ها و مجاورت کاربری‌های خطرناک و انتقال کاربری‌های خطرناک به خارج از بافت مسکونی شهر اشاره کرد.

### نتیجه‌گیری

موضوع پژوهش، یک موضوع کاربردی در حیطه مسائل تاب‌آوری شهر و پدیده فرونشست زمین است. مسئله پژوهش، بررسی میزان آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شهر اصفهان در برابر پدیده فرونشست زمین است که به‌صورت نظری-کاربردی و از لحاظ ماهیت روش قیاسی و تحلیلی انجام شده است. در این مطالعه دریافت می‌شود که مسئله فرونشست زمین در ایران به‌طور کلی ناشی از بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی است. یافته‌های این پژوهش مستند به جداول ۴، ۵ و ۶ بیانگر در معرض خطر بودن کلیه مسکن، جمعیت و تأسیسات است، هرچند که درجه خطرپذیری آنها تا حدودی متفاوت است.

عوامل مورد بررسی، نحوه چیدمان فضایی مراکز امداد و نجات در شهر است. گسترش فیزیکی این شهر بدون مطالعه از وضعیت بحران خیزبودن شهر در برابر بلایای طبیعی اتفاق افتاده است. بخش‌هایی از شهر که شامل بافت فرسوده، مناطق حاشیه‌نشین به دلیل پایین بودن شاخص‌های کیفیت مسکن و عدم زیرساخت‌های مناسب جزو آسیب‌پذیرترین قسمت‌های شهر هستند. شبکه ارتباطی شهر به دلیل کمبود خیابان‌های شعاعی در کنار رینگ‌های ترافیکی، وجود شبکه ارتباطی و پیچیده در بخش کم‌عرض حاشیه و بافت قدیم، کنار هم قرار گرفتن شبکه ارتباطی قدیم و جدید، آسیب‌پذیری شهر را افزایش داده است. بررسی الگوی بافت شهری نشان می‌دهد که قطعه‌بندی اراضی ریزدانه، نحوه قرارگیری فضاهای باز در درون قطعات و معابر، شبکه نامنظمی را به وجود آورده است. تمرکز زیادی از فعالیت‌های تجاری، تولیدی و خدماتی به دلیل قرارگیری بازار در هسته مرکزی شهر، ضمن افزایش تراکم جمعیت موقت، در تلفیق با افزایش شرایط فرسودگی منطقه استانداردهای ایمنی را کاهش داده است. شبکه معابر و میزان دسترسی‌ها در میزان تاب‌آوری ساختار فضایی و کالبدی شهر می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا کنند زیرا در مواقع بحران هرگونه خدمات‌دهی منوط به وجود یک شبکه معابر روان و فعال است. اکثر مناطق مرکزی، جنوبی و حاشیه‌ای از نظر معیار دسترسی به شبکه معابر مناسب دارای تاب‌آوری کم است. یکی دیگر از عواملی که در تاب‌آوری نقش عمده دارد، نقش فضاهای باز به‌عنوان تغییردهنده بافت در کاهش آسیب‌های وارد به کالبد بسیار ضعیف است. بلوک‌هایی که تراکم جمعیتی بالا، شبکه ارتباطی کم‌عرض، فاصله زیاد از مراکز امداد و نجات و درجه محصوریت بالایی دارند، تاب‌آوری کمتری دارند و پهنه تاب‌آور با طیف کم و خیلی کم در غرب، مرکز و قسمت‌هایی از شمال مشهود است که این عامل ناشی از ویژگی‌های زمین، تراکم زیاد جمعیتی، ساختمانی و پایین بودن عرض شبکه ارتباطی است.

### بحث

همان‌طور که قبلاً در مطالعات اشاره شد، یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو در کلانشهر اصفهان پدیده فرونشست زمین است. این فرایند که نتیجه برداشت‌های بی‌رویه از منابع زیرزمینی به‌ویژه آب و تحمیل بار حاصل از فعالیت‌های انسانی در سطح حاصل شده است. یافته‌های پژوهش نشانگر کارآمدی و الزامی بودن مطالعات سنجش آسیب‌پذیری در ارتباط با پدیده فرونشست زمین با هدف سازماندهی و آمایش مجدد این نقاط به‌منظور پیشگیری از تبدیل سازه به فاجعه است. امری که هرچند تأکید و توجه به آن در خصوص سایر مخاطرات بدیهی به‌نظر می‌رسد، لیکن متأسفانه در خصوص مخاطره فرونشست به‌سبب حدوث بسیار کند آن، گروه‌های جمعیتی در معرض

همچنين اين یافته‌ها تأکیدی بر تابعیت الگوی توزیع فضایی خطرپذیری در شرایط خاص اجتماعی، اقتصادی و محیطی محدوده، آسیب‌پذیری فراگیری در همه زمین‌ها را داشته است. جدول ۷. خلاصه عوامل مؤثر بر تاب‌آوری شهری اصفهان. مأخذ: نگارندگان.

عامل	معیار	تأثیر
	گسل	هرچه فاصله از گسل بیشتر باشد، تاب‌آوری بیشتر و آسیب‌پذیری کمتر است.
ژئومورفولوژیکی	مسیل، مادی	فاصله از مسیل و دره و مادی‌ها باعث تاب‌آوری بیشتر و آسیب‌پذیری کمتر می‌شود.
	فضای سبز	فاصله بیشتر از فضای سبز تاب‌آوری را کم و آسیب‌پذیری را بیشتر می‌کند.
فیزیوگرافی	شیب	هرچه شیب بیشتر باشد، آسیب‌پذیری بیشتر و تاب‌آوری کمتر است.
	ارتفاع	هرچه ارتفاع بیشتر باشد، آسیب‌پذیری بیشتر و تاب‌آوری کمتر است.
	جهت	دامنه‌های آفتابگیر تاب‌آوری را بیشتر می‌کند و آسیب‌پذیری را کاهش می‌دهد.
	قدمت	هرچه قدمت ساختمان بیشتر باشد، آسیب‌پذیری آن بیشتر و تاب‌آوری آن کمتر است.
وضعیت ساختمان‌ها	تراکم	هرچه تراکم ساختمان بیشتر باشد، آسیب‌پذیری بیشتر و تاب‌آوری کمتر می‌شود.
	قطعه‌بندی	هرچه قطعه‌بندی بزرگتر باشد، تاب‌آوری بیشتر و آسیب‌پذیری کمتر است.
	بافت	بافت منظم تاب‌آوری بیشتر دارد و آسیب‌پذیری کمتر دارد.
	عرض معابر	هرچه عرض معابر بیشتر باشد، آسیب‌پذیری کمتر و تاب‌آوری بیشتر است.
کاربری	کاربری‌های پرخطر	هرچه کاربری‌های پرخطر کمتر باشد، آسیب‌پذیری کمتر و تاب‌آوری بیشتر است.
	کاربری‌های ناسازگار	هرچه کاربری‌های ناسازگار بیشتر باشد، آسیب‌پذیری بیشتر و تاب‌آوری کمتر است.

## فهرست منابع

- بصیری، مجتبی؛ سودمند، نگار؛ نادى، بهرام؛ اسلامى، رضا و روحى، ایرج. (۱۴۰۱). فرونشست زمین و افزایش آسیب‌پذیری لرزه‌ای در کلانشهر اصفهان. بیستمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، تهران. <https://civilica.com/doc/1677840/>
- بگی، حسینعلی. (۱۴۰۲). تحلیل و شبیه‌سازی فرونشست زمین در شمال شهر اصفهان. پنجمین کنفرانس ملی مهندسی مکانیک، عمران و فناوری‌های پیشرفته، اسفراین. <https://civilica.com/doc/2006721/>
- بهرامی، فرشاد و همتی، مرتضی. (۱۳۹۹). منظر تاب‌آور: مفهومی غیرمنظری، بررسی و ارزیابی تعاریف موجود در حوزه تاب‌آوری منظر، مرور فشرده ادبیات نظری. منظر، ۱۲(۵۰)، ۴۰-۴۹. <https://doi.org/10.22034/manzar.2020.218060.2032>
- دهقان سورکی، یونس. (۱۳۹۰). به‌کارگیری تکنیک تداخل‌سنجی تفاضلی راداری (*D-InSAR*) در تعیین نرخ و دامنه فرونشست زمین در دشت مرند [پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس]. پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایراندک). <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/487771b9399babc26e179e578fe5c130f>
- رجایی، سیدعباس و نصرتی هشی، مرتضی. (۱۳۹۶). بررسی آسیب‌پذیری بافت شهری با تأکید بر پدیده فرونشست زمین (مطالعه موردی: شهر تهران). پنجمین همایش ملی ژئومورفولوژی و چالش‌های محیطی، خراسان رضوی، مشهد. <https://civilica.com/doc/1677840/>
- مشهد. <https://civilica.com/l/8557/>
- رهنما، حسین و میراثی، سهراب. (۱۳۹۵). تحلیل و ارزیابی پارامترهای مؤثر بر فرونشست زمین. مهندسی عمران مدرس، ۱۶(۱)، ۴۵-۵۳. <http://mcej.modares.ac.ir/article-16-8483-fa.html>
- شریفی‌کیا، محمد؛ امیری، شهرام و شایان، سیاوش. (۱۳۹۰). سنجش آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی ناحیه ولشت از مخاطرات زمینی. برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین، ۱۵(۱)، ۱۲۶-۱۵۰. <http://hsmssp.modares.ac.ir/article-21-2230-fa.html>
- شریفی‌کیا، محمد؛ مال امیری، نعمت و شایان، سیاوش. (۱۳۹۲). سنجش میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر مخاطره فرونشست زمین، مطالعه موردی (بخشی از جنوب شهر تهران). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۰۶-۱۰۷. <https://doi.org/10.22067/geo.v2i1.21020.91-106>
- شیرانی، کوروش؛ پسندی، مهرداد و ابراهیمی، بابک. (۱۴۰۰). بررسی فرونشست زمین در دشت نجف‌آباد اصفهان با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی راداری. علوم آب و خاک، ۲۵(۱)، ۱۰۵-۱۲۷. <http://dx.doi.org/10.47176/jwss.25.1.147214>
- عابدینی، موسی. (۱۳۹۲). بررسی علل فرونشست دشت اردبیل و اثرات آن در محدوده شهر. جغرافیای طبیعی، ۱۹(۶)، ۷۱-۸۴.

- Folke, C. (2016). Resilience [republished]. *Ecology and Society*, 21(4), 44-74. <https://doi.org/10.5751/ES-09088-210444>
- Goli, A., Moradi, M., & Dehghani, M. (2019). Land subsidence vulnerability assessment of rural Settlements in Fars Province. *Journal of Research and Rural Planning*, 8(4), 91-106. <https://doi.org/10.22067/jrrp.v8i4.78463>
- Hamilton, W. A. H. (2009). Resilience and the city: the water sector. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Urban Design and Planning*, 162(3), 109-121. <https://doi.org/10.1680/udap.2009.162.3.109>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- Jiang, H., Zhang, J., Liu, Y., Li, J., & Fang, Z. N. (2023). Does flooding get worse with subsiding land? Investigating the impacts of land subsidence on flood inundation from Hurricane Harvey. *Science of The Total Environment*, 865, 161072. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161072>
- Leichenko, R. (2011). Climate change and urban resilience. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 164-168. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.12.014>
- Liao, K. H. (2012). A theory on urban resilience to floods—a basis for alternative planning practices. *Ecology and Society*, 17(4). <https://doi.org/10.5751/ES-05274-170448>
- Lu, P., & Stead, D. (2013). Understanding the notion of resilience in spatial planning: A case study of Rotterdam, The Netherlands. *Cities*, 35, 200-212. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.06.001>
- McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T., & Frantzeskaki, N. (2015). Resilience of and through urban ecosystem services. *Ecosystem Services*, 12, 152-156. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.07.012>
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- Perrings, C. (2006). Resilience and sustainable development. *Environment and Development Economics*, 11, 417-427. <http://dx.doi.org/10.1017/S1355770X06003020>
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., & Grove, J. M. (2004). Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms. *Landscape and Urban Planning*, 69(4), 369-384. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.035>
- Poland, F. J., Carbognin, L., & Yamamoto, S. (1984). Economic and social impacts and legal considerations. In *Guidebook to studies of land subsidence due to groundwater withdrawal* (pp. 120-126). UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000065167>
- Spaans, M., & Waterhout, B. (2017). Building up resilience in cities worldwide—Rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Programme. *Cities*, 61, 109-116. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.05.011>
- Tran, D. H., & Wang, S. J. (2020). Land subsidence due to groundwater extraction and tectonic activity in Pingtung Plain, Taiwan. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 382, 361-365. <https://piahs.copernicus.org/articles/382/361/2020/>
- Vanlalnunpuii, M., & AshKanojia, A. (2023). A review of resilience measures for land subsidence-prone areas. *Journal of Housing* <https://www.sid.ir/paper/184972/fa>
- قاسمی، الهام؛ حاجیان، امیرمهدی؛ جزینی، محمد؛ معینیان، بهاره و سرلکی، زهره. (۱۳۹۸). تاب‌آوری شهری: مروری بر ادبیات موضوع. نهمین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری. <https://civilica.com/l/10813/>
- کریمی، مرتضی؛ قنبری، علی‌اصغر و امیری، شهرام. (۱۳۹۲). سنجش خطرپذیری سکونتگاه‌های شهری از پدیده فرونشست زمین، مطالعه موردی: منطقه ۱۸ تهران. برنامه‌ریزی فضایی، ۳(۱)، ۳۷-۵۶. [https://sppl.ui.ac.ir/article\\_15949.html?lang=fa](https://sppl.ui.ac.ir/article_15949.html?lang=fa)
- نصیری زارع، سعید و کرم، امیر. (۱۴۰۱). فراروشی برای شناسایی موضوع تحقیقات علمی در فرونشست زمین (یک تحقیق با رویکرد علم سنجی). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۱(۴۴)، ۱-۱۹. <https://doi.org/10.22067/geoh.2022.75885.1202>
- Adger, W. N., Arnell, N. W., & Tompkins, E. L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 15(2), 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005>
- Akbar, I., Poerbo, H. W., & Soedarsono, W. K. (2019). Adaptive urban design principles for land subsidence and sea level rise in coastal area of Tambak Lorok, Semarang. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 273(1), 012005. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/273/1/012005>
- Alberti, M., Marzluff, J. M., Shulenberg, E., Bradley, G., Ryan, C., & Zumbrennen, C. (2003). Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *BioScience*, 53(12), 1169-1179. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[1169:IHIEOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[1169:IHIEOA]2.0.CO;2)
- Allenby, B., & Fink, J. (2005). Toward inherently secure and resilient societies. *Science*, 309(5737), 1034-1036. <https://doi.org/10.1126/science.1111534>
- Baffoe, G. (2020). Rural-urban studies: A macro analysis of the scholarship terrain. *Habitat International*, 98, 102156. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2020.102156>
- Bell, F. G., Cripps, J. C., Culshaw, M. G., & O'Hara, M. (1987). Aspects of geology in planning. *Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications*, 4, 1-38. <https://doi.org/10.1144/GSL.ENG.1987.004.01.01>
- Coaffee, J., & O'Hare, P. (2008). Urban resilience and national security: the role for planning. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Urban Design and Planning*, 161(4), 173-182. <https://doi.org/10.1680/udap.2008.161.4.173>
- Desouza, K. C., & Flanery, T. H. (2013). Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. *Cities*, 35, 89-99. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.06.003>
- Ezquerro, P., Del Soldato, M., Solari, L., Tomás, R., Raspini, F., Ceccatelli, M., Fernández-Merodo, J., Casagli, N., & Herrera, G. (2020). Vulnerability assessment of buildings due to land subsidence using InSAR data in the ancient historical city of Pistoia (Italy). *Sensors*, 20(10), 2749. <https://doi.org/10.3390/s20102749>
- Ferretti, A., Monti-Guarnieri, A., Prati, C., Rocca, F., & Massonnet, D. (2007). *InSAR principles: Guidelines for SAR interferometry processing and interpretation* (Vol. 19). ESA Training Manual. [https://www.esa.int/About\\_Us/ESA\\_Publications/InSAR\\_Principles\\_Guidelines\\_for\\_SAR\\_Interferometry\\_Processing\\_and\\_Interpretation\\_br\\_ESA\\_TM-19](https://www.esa.int/About_Us/ESA_Publications/InSAR_Principles_Guidelines_for_SAR_Interferometry_Processing_and_Interpretation_br_ESA_TM-19)

and *Advancement in Interior Designing*, 6(3), 1-15. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10163562>

- Walker, B., & Salt, D. (2006). *Resilience thinking: Sustaining ecosystems and people in a changing world*. Island Press.
- Wang, L.-J., Guo, M., Sawada, K., Lin, J., & Zhang, J. (2015). Landslide susceptibility mapping in Mizunami City, Japan: A comparison between logistic regression, bivariate statistical analysis and multivariate

adaptive regression spline models. *Catena*, 135, 271-282. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.08.007>

- Wardekker, J. A., De Jong, A., Knoop, J. M., & Van Der Sluijs, J. P. (2010). Operationalising a resilience approach to adapting an urban delta to uncertain climate changes. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(6), 987-998. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.11.005>



#### COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the authors with publication rights granted to Manzar journal. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



نحوه ارجاع به این مقاله  
شفیعی دارافشانی، علی و شمسی اژیہ، علی. (۱۴۰۳). بررسی میزان آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شهر اصفهان در برابر پدیده فرونشست زمین. *منظر*، ۱۶ (۶۹)، ۲۴-۳۷.



DOI: 10.22034/MANZAR.2024.457486.2285  
URL: [https://www.manzar-sj.com/article\\_210462.html](https://www.manzar-sj.com/article_210462.html)