



University of Tehran Press

The Roll of National Spatial Data Infrastructure System in Crisis Management (with an Emphasis on Land Subsidence)

Hossein Sarbaz^{1*} | Seyed Mohammad Aghamiri²

1. Corresponding Author, Department of Civil Engineering, Faculty of Technology and Engineering, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: Dr.sarbaz@iau.ac.ir

2. Department of Civil Engineering, Technical and Engineering Faculty, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: aghamiri@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:

Received: May 02, 2026

Revised: June 14, 2026

Accepted: June 30, 2026

Published online: September 22, 2026

Keywords:

Crisis management,
Data management,
Spatial data infrastructure,
Subsidence.

ABSTRACT

The growing volume of information has necessitated its classification, sharing, and processing across various management domains, including crisis management. A key requirement in crisis management is access to appropriate, reliable, and up-to-date spatial data for decision-making and planning. During crises, significant decisions must be made to enable management that is as swift and efficient as possible. Under such circumstances, the availability of decision-support tools, along with the rapid collection, utilization, and reporting of information from current databases, is essential. In this context, spatial data infrastructure (SDI) systems provide the necessary platform for collecting and classifying spatial data to facilitate sharing and, consequently, enable integrated management. This study examines the role of spatial data infrastructure as a platform for achieving integrated management in reducing crisis risk, with a specific focus on the land subsidence crisis. To this end, by gathering input from relevant experts and managers, the factors influencing the initiation and spread of subsidence in the country were analyzed. Subsequently, the tasks and data that each responsible agency must implement and prepare to confront the subsidence crisis were identified. Finally, considering the large volume of data produced across various authorities, the critical role of the spatial data infrastructure system in achieving objectives and fostering synergistic actions in this field was evaluated.

Cite this article: Sarbaz, H. & Aghamiri, M. (2026). The Roll of National Spatial Data Infrastructure System in Crisis Management (with an Emphasis on Land Subsidence). *Town and Country Planning*, 18 (1), 193-214. <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.407508.670537>



© Authors retain the copyright and full publishing rights.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.407508.670537>

Publisher: University of Tehran Press.



انتشارات دانشگاه تهران

آمایش سرزمین

شاپا الکترونیک: ۶۲۶۸-۲۴۲۳

سایت نشریه: <https://jtcp@ut.ac.ir/>

بررسی جایگاه سامانه زیرساخت داده‌های مکانی ملی در مدیریت بحران‌ها با تأکید بر فرونشست زمین در ایران

حسین سرباز^{۱*} | سید محمد آقامیری^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، رایانامه: Dr.sarbaz@iaau.ac.ir

۲. گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: aghamiri@yahoo.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۰۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

کلیدواژه:

ایران،
سامانه زیرساخت داده‌های مکانی،
فرونشست،
مدیریت بحران،
مدیریت داده.

افزایش حجم داده‌های مکانی ضرورت طبقه‌بندی، اشتراک‌گذاری، و پردازش آن‌ها را در مدیریت بحران دوجندان کرده است. در زمان بحران ما نیازمند تصمیم‌گیری‌های بزرگ و کلان به منظور مدیریت هر چه سریع‌تر و کارآمدتر شرایط هستیم. در شرایط بحران، وجود ابزارهای پشتیبان تصمیم‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات و بهره‌مندی و گزارش‌گیری سریع و چابک از بانک‌های اطلاعاتی به‌روز ضروری است. در این میان سامانه زیرساخت داده‌های مکانی (SDI) می‌تواند بستری برای جمع‌آوری، استانداردسازی، و به‌اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی و در نتیجه ایجاد مدیریت یکپارچه فراهم کند. در این مطالعه به بررسی جایگاه زیرساخت اطلاعات مکانی به عنوان بستری برای دستیابی به مدیریت یکپارچه در کاهش ریسک بحران‌ها با تأکید بر بحران فرونشست زمین پرداخته شده است. روش پژوهش حاضر شامل مرور سیستماتیک پیشینه فنی، تحلیل محتوای قوانین مرتبط، و استفاده از نظرات استادان دانشگاهی و مدیران سازمان‌های متولی به صورت پرسشنامه‌ای و مصاحبه ساختاریافته است. یافته‌ها نشان می‌دهد قوانین موجود عمدتاً به کنترل برداشت آب زیرزمینی پرداخته‌اند و ابعاد دیگری چون پایش نرخ فرونشست، پهنه‌بندی خطر، و مقاومت‌سازی زیرساخت‌ها را نادیده گرفته‌اند. تحلیل داده‌ها منجر به شناسایی ۵ دسته اقدام کلیدی (شناخت پدیده، پایش، کنترل، علاج‌بخشی و مقاومت‌سازی، پیش‌بینی) و تعیین داده‌های مورد نیاز هر دستگاه شد. بر اساس این تحقیق مشخص شد استقرار SDI با مدل پایگاه داده توزیع یافته همراه با بازنگری قوانین و الزام دستگاه‌ها به اشتراک‌گذاری داده‌های استاندارد می‌تواند بستر مدیریت یکپارچه بحران فرونشست را فراهم آورد.

استناد: سرباز، حسین و آقامیری، سید محمد (۱۴۰۵). بررسی جایگاه سامانه زیرساخت داده‌های مکانی ملی در مدیریت بحران‌ها با تأکید بر فرونشست زمین در ایران. *آمایش سرزمین*، ۱۸ (۱) ۲۱۴-۱۹۳. <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.407508.670537>

© نویسندگان. ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.407508.670537>



مقدمه و بیان مسئله

داشتن اطلاعات یکی از نیازهای اساسی و اولیه جهت مدیریت مسائل گوناگون است و بدون وجود اطلاعات دقیق، قابل اعتماد، و به‌هنگام امکان مدیریت بهینه مسائل وجود نخواهد داشت. فقدان اطلاعات لازم می‌تواند سبب تطویل در تصمیم‌گیری و اجرا شود، هزینه‌های مترتب را به‌شدت افزایش دهد، و موجب شود نتیجه مورد انتظار حاصل نشود. بنابراین تمامی مدیران و تصمیم‌گیران سازمان‌ها و دستگاه‌ها و کاربران تخصصی و عمومی جهت انجام دادن امور مختلف تصمیم‌سازی، تصمیم‌گیری، مدیریت، برنامه‌ریزی، اجرا، و حتی عملیات روزمره نیازمند داشتن اطلاعات لازم و به‌روزرسانی‌شده هستند. از آنجا که بسیاری از اطلاعات مورد نیاز جهت اهداف فوق دارای ماهیتی مکانی است، جهت دستیابی به توسعه پایدار باید تولید و دسترسی و به‌کارگیری داده‌های مکانی مناسب در فرایند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی به نحو مطلوب در اختیار کاربران باشد. از این‌رو امروزه در برنامه بسیاری از دولت‌ها در سطوح مختلف ایجاد زیرساخت داده مکانی¹، که به اختصار SDI نامیده می‌شود، مورد توجه قرار گرفته است. زیرساخت داده‌های مکانی (SDI) زیرساختی است که کشف، دسترسی، مدیریت، توزیع، استفاده مجدد و حفظ منابع جغرافیایی دیجیتال را از طریق منابع مختلف شامل نقشه‌ها، داده‌ها، خدمات مکانی، و ابزارها تسهیل می‌کند.

یکی از کاربردهای بسیار حیاتی SDI در مدیریت بحران‌های طبیعی است. بحران‌ها غالباً پدیده‌هایی چندبعدی هستند که مدیریت آن‌ها نیازمند شناخت ابعاد مختلف و استفاده از اطلاعات دستگاه‌های متعدد است. اهمیت این موضوع به‌ویژه با افزایش شمار زیرساخت‌های در معرض خطر از یک سو و ازدیاد اشکال و جمعیت تحت تأثیر و تنوع خطرهای از سوی دیگر در سال‌های اخیر پررنگ‌تر شده است. در این شرایط مدیریت بحران امری پیچیده است و به علت تعدد و گستردگی سازمان‌ها و ذی‌نفعان درگیر و منابع اطلاعاتی نیازمند یکپارچه‌سازی داده‌ها و اطلاعات است (Mehdi-Nia, 2013). از آنجا که ایران از لحاظ بحران‌های طبیعی و جمعیت تحت تأثیر جزء ده کشور اول دنیاست این موضوع اهمیت ویژه‌ای دارد. با وجود این، به دلیل نبود سامانه زیرساخت داده مکانی جامع امکان مدیریت یکپارچه کاهش ریسک بحران در حال حاضر میسر نیست و در نتیجه شاهد تحمیل خسارت‌های مضاعف هستیم. بنابراین، لزوم بررسی و شناسایی چالش‌ها و مشکلات موجود در مسیر ایجاد و توسعه سامانه زیرساخت داده مکانی ملی در جهت مدیریت یکپارچه بحران به عنوان مدل بهینه مبرهن است. از آنجا که این موضوع به‌ویژه در خصوص بحران فرونشست و نقش سامانه زیرساخت داده‌های مکانی در مدیریت این بحران به صورت جامع بررسی نشده و الزامات و نیازهای آن با توجه به ملاحظات فنی و قانون‌گذاری در ایران مورد بررسی قرار نگرفته است، در این پژوهش تلاش شد به بررسی جایگاه SDI در مدیریت بحران‌ها، به‌ویژه فرونشست زمین در ایران، پرداخته شود. با عنایت به موارد اشاره‌شده در ادامه مختصری در رابطه با سامانه زیرساخت مکانی و اجزای کلیدی آن توضیح داده می‌شود و بعد از بیان کلیاتی در رابطه با فرونشست زمین به نقش سامانه زیرساخت داده‌های مکانی در مدیریت این بحران و اقدامات لازم جهت این امر به تفصیل اشاره می‌شود.

مرور پیشینه

پیدایش زیرساخت‌های داده‌های مکانی (SDI) ارتباط نزدیکی با تلاش‌های صورت‌گرفته در خصوص جمع‌آوری و تولید داده‌های مکانی و همچنین پیشرفت فناوری‌های نقشه‌برداری و رایانه‌ای دارد. در دهه‌های اخیر، حجم زیادی از داده‌های جغرافیایی، مانند تصاویر سنجش از راه دور و موقعیت‌های GPS، در کشورهای مختلف تولید و جمع‌آوری شده‌اند. به‌رغم این پیشرفت‌ها، وجود تعداد زیاد داده‌ها، خدمات، نقشه‌ها، و موارد دیگر استفاده از این منابع جغرافیایی را آسان نکرده و بلکه یافتن و دسترسی به این منابع دیجیتال، که به طور گسترده در سازمان‌ها و وبسایت‌های دولتی مختلف توزیع شده‌اند، چالش‌برانگیز و بعضاً مشکل و نشدنی است (Li et al., 2016). در کنار این مشکلات، حجم داده‌های مازاد زیادی وجود دارد که یا بی‌استفاده‌اند یا تکراری؛ که در نتیجه آن پول و منابع انسانی زیادی در جمع‌آوری و نگهداری این داده‌های تکراری هدر می‌رود (Rajabifard & Williamson, 2001; Maguire & Longley, 2005). این مشکلات سبب شد بسیاری از کشورهای دنیا به منظور برنامه

ریزی و هماهنگی زیرساخت‌های داده‌های مکانی اقدام کنند. در ایالات متحده، یک زیرساخت ملی داده‌های مکانی «national spatial data infrastructure» است که به اختصار NSDI نامیده می‌شود و طبق تعریف شامل فناوری، سیاست‌ها، استانداردها، و منابع انسانی لازم برای کسب، پردازش، ذخیره، توزیع، و بهبود استفاده از داده‌های مکانی است و در سال ۱۹۹۳ برای ارائه دسترسی استاندارد به منابع اطلاعات جغرافیایی شروع به کار کرد (National Research Council, 1993; Longley et al., 2001; Maguire & Longley, 2005). به طور کلی می‌توان گفت زیرساخت داده‌های مکانی دارای مزایایی بدین شرح است:

- تسهیل در تبادل، ادغام، و به‌کارگیری داده‌های مکانی
- افزایش منافع اقتصادی، اجتماعی، و محیط زیستی
- تسهیل در توسعه بازار اطلاعات
- نقش کلیدی در دولت الکترونیک و افزایش شفافیت فعالیت‌های دولتی (Georgiadou et al., 2006)
- ارائه خدمات نوین و بهینه به کاربران با استفاده از فناوری اطلاعات
- افزایش خدمات و امنیت اجتماعی با به‌کارگیری اطلاعات مکانی در مدیریت بحران
- ایجاد فرصت‌های شغلی جدید (Ralston, 2004)
- برگشت اقتصادی چشم‌گیر (تحقیقات بین‌المللی نشان داده که با هر یک واحد سرمایه‌گذاری در این حوزه سه تا پانزده برابر برگشت سرمایه خواهیم داشت)
- توسعه پایدار در تمامی امور (Nebert, 2009)

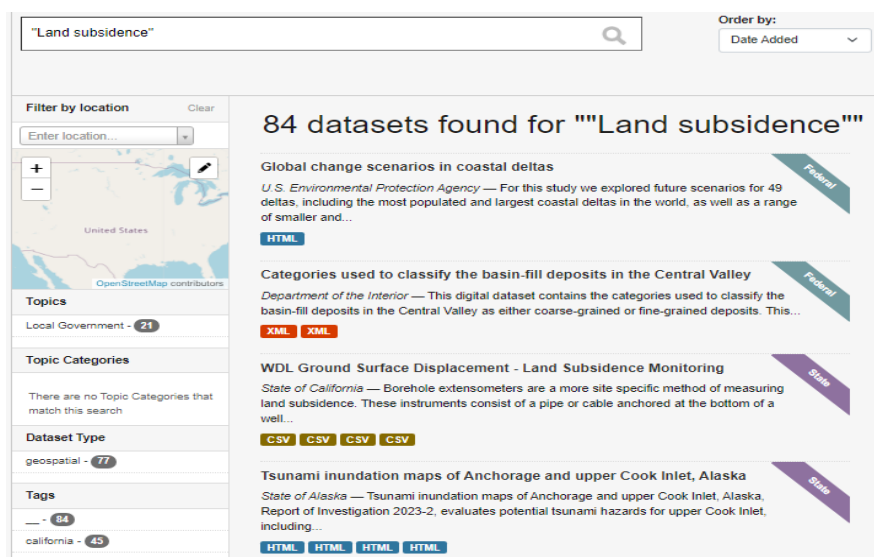
اجزای کلیدی در زیرساخت داده‌های مکانی

بر اساس تعریف دستورالعمل ایجاد زیرساخت داده‌های مکانی که توسط سازمان برنامه و بودجه ارائه شده است زیرساخت داده‌های مکانی مجموعه‌ای از سیاست‌ها، استانداردها، شبکه‌های دسترسی، داده‌های مکانی، سازمان‌ها، و مردم است که امور مختلف تولید، جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، دسترسی، و استفاده بهینه از داده‌های مکانی را در حوزه مشخصی تسهیل و هماهنگ می‌سازد (Instruction No. STD01-O01CY0004D, 2023). یک SDI کارآمد برای دستیابی به اهداف تعیین‌شده، علاوه بر منابع جغرافیایی دیجیتال، به سخت‌افزار، نرم‌افزار، افراد، سازمان‌ها، استانداردها، خط‌مشی‌ها، و همچنین ارتباطات مؤثر بین جوامع و سازمان‌ها و حتی کشورها نیاز دارد. در ادامه به بررسی پورتال‌های جغرافیایی، فراداده‌ها، و توابع جست‌وجو که سه جزء کلیدی یک SDI معمولی هستند می‌پردازیم.

ژئوپورتال‌ها دروازه‌های ورودی به وب هستند که دسترسی به منابع مکانی را فراهم می‌کنند (Tait, 2005). ژئوپورتال‌ها قابل مشاهده‌ترین بخش SDIها هستند که از طریق آن افراد می‌توانند منابع جغرافیایی را جست‌وجو و پیدا کنند. شکل ۱، یک ژئوپورتال داده‌های در دسترس دولت ایالات متحده (Data.gov) است که مثلاً نتایج حاصل از جست‌وجوی کلمه کلیدی «فرونشست زمین» را که توسط کاربر در نوار جست‌وجو نوشته شده نشان می‌دهد.

فراداده اسناد و مدارکی در خصوص محتوا و فرایند تولید منابع جغرافیایی فراهم می‌کند. فراداده اغلب اطلاعات مربوط به داده‌ها نامیده می‌شود و شامل اطلاعاتی مانند عناوین، توضیحات، دسته‌بندی داده‌ها، مکان و زمان جمع‌آوری داده‌ها، گردآورنده‌ها، سیستم‌های مختصات مورد استفاده، و روش‌های پاک‌سازی و پردازش داده‌ها است. فراداده‌ها نقش کلیدی در SDIها بر عهده دارند و به پورتال‌های جغرافیایی این امکان را می‌دهند که منابع جغرافیایی را بر اساس مکان، زمان، ویژگی‌های موضوعی، انواع داده‌ها، سال‌های انتشار، گردآورندگان داده‌ها، و بسیاری از شرایط دیگر که به طور صریح یا ضمنی در جست‌وجوهای کاربر مشخص شده است پیدا و رتبه‌بندی کنند. در امریکا، برای اطمینان از کیفیت فراداده و تعریف استانداردهای یکسان کمیته داده‌های جغرافیایی فدرال (FGDC) از سال ۲۰۱۰ مسئول هماهنگی و توسعه استانداردهای فراداده بوده و یک

سری استانداردهای بین‌المللی فراداده (مانند استانداردهای سری ISO 19100) را برای ارتقای زیرساخت داده‌های مکانی جهانی (global spatial data infrastructure) معرفی کرده است.



شکل ۱. فهرستی از نتایج جست‌وجو شده برای فرونشست در ژئوپرتال ایالت متحده آمریکا (منبع: داده‌های باز پورتال دولت آمریکا <https://data.gov>)

توابع جست‌وجو نیز از اجزای کلیدی در زیرساخت داده‌های مکانی هستند که از طریق آن کاربران منابع را در SDI کشف و استفاده می‌کنند. اغلب دو نوع تابع جست‌وجو شامل جست‌وجوی مبتنی بر متن (مشابه موتورهای جست‌وجوی وب) و جست‌وجوی مبتنی بر نقشه به کار می‌روند. امروزه توابع جست‌وجو در SDI توسط محققان در حال توسعه و بهبود است. یکی از پیشرفت‌هایی که باید در جست‌وجوی متنی صورت پذیرد جایی است که نیاز است یک انتقال از جست‌وجوی مبتنی بر «کلمه کلیدی» به جست‌وجوی «معنایی» انجام شود. جست‌وجو بر اساس «کلیدواژه» تطابق بین کلمات کلیدی ورودی توسط کاربران و توضیحات متنی منابع را بررسی می‌کند. بنابراین، اگر کاربر در قسمت جست‌وجو عبارت «جاده» را تایپ کند، عملکرد جست‌وجو نمی‌تواند منابع برچسب‌گذاری شده به عنوان «خیابان» را پیدا کند. هدف «جست‌وجوی معنایی» تطبیق منابع با پرسش‌های کاربر بر اساس معنی (معناشناسی) جست‌وجوهاست. بنابراین می‌تواند داده‌ها و سرویس‌های مرتبط را حتی اگر دقیقاً با کلمات مشابه برچسب‌گذاری نشده باشند شناسایی کند. تلاش‌هایی برای جست‌وجوی معنایی شامل استفاده از بسط جست‌وجو مبتنی بر هستی‌شناسی (Lutz & Klien, 2006)، استدلال معنایی مبتنی بر قانون (Li et al., 2016)، و جست‌وجوی شکلی (Hostetter, 2006) در حال انجام گرفتن است (Hu & Li, 2017). شکل ۲ نمونه‌هایی از جست‌وجوی کلمه «زلزله» (شکل ۲الف) و کلمه «فاجعه طبیعی» (شکل ۲ب) را در سامانه Data.gov نشان می‌دهد. درحالی‌که زمین‌لرزه به طور کلی به عنوان یک نوع فاجعه طبیعی در نظر گرفته می‌شود، جست‌وجوی کلمه «زلزله» رکوردهای تطبیقی بیشتری را نسبت به جست‌وجوی «فاجعه طبیعی» ارائه می‌کند که نشان می‌دهد عملکرد جست‌وجو بر اساس تطبیق کلیدواژه ساده احتمالاً بهتر انجام شده است.

The screenshot shows the Data.gov search results for the keyword "earthquake". The search bar at the top contains "earthquake" and the "Order by" dropdown is set to "Popular". On the left, there is a "Filter by location" section with a map of the United States and a "Topics" section listing categories like Local Government, Climate, and Topic Categories. The main content area displays "1,085 datasets found for 'earthquake'". The first dataset is "Sea Level Trends: Sea Level Variations of the United States Derived from National Water Level Observation Network Stations" by NGDA, with 21 recent views. The second dataset is "Shapefiles of faults for the United States, Canada, and Australia" by the Department of the Interior, with 14 recent views. The third dataset is "UAVSAR POLSAR ML COMPLEX SLANT" by NASA, with 12 recent views. The fourth dataset is "Global Earthquake Hazard Distribution - Peak Ground Acceleration" by NASA, with 11 more in dataset. The label "الف" is written in the bottom right corner of the screenshot.

The screenshot shows the Data.gov search results for the keyword "natural disasters". The search bar at the top contains "natural disasters" and the "Order by" dropdown is set to "Popular". On the left, there is a "Filter by location" section with a map of the United States and a "Topics" section listing categories like Local Government, Climate, and Topic Categories. The main content area displays "125 datasets found for 'natural disasters'". The first dataset is "Global Landslide Catalog Export" by NASA, with 84 recent views. The second dataset is "U.S. Billion-dollar Weather and Climate Disasters, 1980 - present (NCEI Accession 0209268)" by NOAA, with 84 recent views. The third dataset is "Louisville Metro KY - Animal Service Intake and Outcome" by Louisville Metro Government, with 21 recent views. The label "ب" is written in the bottom right corner of the screenshot.

شکل ۲. جست‌وجوی موضوعات بر اساس عناوین مختلف در پایگاه داده Data.gov
(منبع: داده‌های باز پورتال دولت آمریکا <https://data.gov>)

نقش زیرساخت داده‌های مکانی در مدیریت بحران

مدیریت بحران شامل پیش‌بینی‌ها و اقدامات قبل از شروع بحران تا پایان حادثه و عملیات پس از آن است. در تمامی این مراحل مدیریت کارآمد جز با یکپارچگی و جامع‌نگری محقق نمی‌شود. در این زمینه سامانه زیرساخت اطلاعات مکانی بستر لازم برای ایجاد مدیریت یکپارچه در کمترین زمان ممکن را از طریق داشتن بانک اطلاعات مکانی به‌روز و جامع و دقیق از امکانات، تجهیزات، نیروی انسانی، و دسترسی‌ها در کنار اطلاعات مربوط به وضعیت کنونی حادثه فراهم می‌کند. مطالعات قبلی در کشورهای مختلف نشان داده که وجود این سامانه چارچوب مناسبی برای مدیریت اطلاعات مکانی در شرایط بحرانی فراهم می‌آورد (Mansourian, 2005). مثلاً سیستم ملی مدیریت سوانح (NIMS)، که بخشی از برنامه‌های آژانس مدیریت اضطراری فدرال در امریکاست، یک سیستم نظام‌مند اشتراک‌گذاری داده‌ها به منظور یکپارچه‌سازی همکاری سازمان‌ها و ادارات دولتی در

تمام سطوح با هدف مدیریت بحران و تهدیدهاست. در ژاپن نیز بر اساس تجارب زلزله‌های پیشین نظام مدیریت بحران ژاپن به صورت یک سیستم یکپارچه مدیریت بحران توسعه یافت و این سیستم با تبادل صحیح اطلاعات بین سازمان‌های مربوطه امکان تصمیم‌گیری سریع و مناسب برای عملیات پاسخگویی را فراهم می‌کند (Hosseini Jenab, 2012). این زیرساخت دارای یک پایگاه داده، یک مرکز تبادل داده، و یک پورتال است (Kohler Watcher, 2006). در چین نیز یک سیستم یکپارچه اطلاعات مدیریت بحران‌های طبیعی (ISNDM) در مرکز کاهش فاجعه آکادمی علوم چین در بستر GIS ایجاد شده که شامل ۵ بخش اصلی اطلاعات پیش‌زمینه بحران، اطلاعات اجتماعی و اقتصادی، ارزیابی بحران، پایگاه داده فاکتورهای ناشی از بحران و پایگاه داده توصیف نظام‌مند بحران است. در زمینه جمع‌آوری اطلاعات، این سیستم می‌تواند اطلاعات هم‌زمان بحران را از منابع مختلف مانند وزارتخانه‌ها، سازمان‌ها، استان‌ها، و شهرستان‌ها دریافت کند (Wu & Zhang, 2009). به‌رغم مشخص بودن نقش حیاتی وجود سامانه زیرساخت مکانی در مدیریت بحران‌ها، متأسفانه، این زیرساخت در ایران به دلایل مختلف چنان که باید توسعه نیافته است. این امر ما را بر آن داشت که در این پژوهش به این موضوع بپردازیم.

روش‌شناسی

این تحقیق از نوع کاربردی با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی^۱ و دسته‌بندی است که با کمک ابزار مطالعات کتابخانه‌ای و استفاده از نظرات متخصصان در چهار فاز انجام شده است. در فاز اول با جست‌وجوی کلیدواژه‌های مربوطه از جمله زیرساخت داده مکانی، SDI، مدیریت بحران، فرونشست زمین در پایگاه‌های معتبر تعداد ۱۹۶ سند (شامل مقالات علمی، گزارش‌های سازمانی، قوانین) شناسایی و پس از حذف موارد تکراری و نامرتب با ۵۰ سند برای تحلیل نهایی انتخاب شد. همچنین ۱۶ سند قانونی مرتبط با مدیریت آب، فرونشست و مدیریت بحران (شامل قوانین برنامه توسعه، قانون توزیع عادلانه آب، قانون مدیریت بحران، و غیره) به طور کامل مطالعه و تحلیل محتوا شد. در فاز دوم شناسایی و انتخاب مشارکت‌کنندگان شامل استادان دانشگاهی و مدیران سازمان‌های متولی صورت پذیرفت. معیارهای انتخاب عبارت بودند از: ۱. استادان با حداقل ده سال سابقه مطالعات علمی مرتبط در دانشگاه‌های معتبر؛ ۲. تجربه کار مطالعاتی در زمینه‌های مرتبط در یکی از سازمان‌های کلیدی (وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان نقشه‌برداری، سازمان زمین‌شناسی، سازمان مدیریت بحران، شهرداری‌ها، وزارت راه و شهرسازی، و غیره)؛ و ۳. داشتن سمت مدیریتی یا کارشناسی در حوزه‌های مرتبط. در نهایت ۵۰ نفر انتخاب شدند. در فاز سوم مصاحبه‌های حضوری با افراد فوق با تأکید بر وضعیت فرونشست در ایران و جهان، راهکارهای مواجهه و کنترل آن، مشکلات و موانع قانونی و اجرایی در موضوع فرونشست در ایران، و کمبودها و چالش‌های مدیریت بحران فرونشست صورت گرفت. در نهایت در فاز چهار، با تحلیل کیفی، داده‌ها در ۵ تم اصلی (شامل شناخت پدیده، پایش، کنترل، علاج‌بخشی و مقاوم‌سازی، پیش‌بینی) دسته‌بندی شد. در ادامه نیز راهکارهای به‌دست‌آمده، با توجه به ساختار نظام سیاسی و اداری و حاکمیتی ایران و همچنین قوانین بالادستی و شرح وظایف قانونی تعریف شده، بازتعریف و وظایف انفرادی و گروهی دستگاه‌ها و سازمان‌های مسئول در مدیریت فرونشست تعیین شد. همچنین، در کنار تعیین وظایف، اطلاعات و داده‌های مورد نیاز و مسئولیت هر یک از دستگاه‌ها در تولید و به‌اشتراک‌گذاری داده‌های SDI ملی مشخص شد. در انتها نیز با بررسی مدل‌های مختلف ارتباطی بین دستگاه‌ها در ایران و با توجه به شرایط و حساسیت‌های فنی و سیاسی در کشور مدل مناسب و بهینه برای SDI ملی بررسی شد.

نتایج

فرونشست زمین پدیده‌ای ژئوتکنیکی است که در آن تراز سطح زمین در اثر تراکم لایه‌های زیرین کاهش می‌یابد (Kiani et al., 2021). منشأ این پدیده می‌تواند عوامل طبیعی یا فعالیت‌های انسانی، از جمله تغییرات تراز آب‌های زیرزمینی، حرکات تکتونیکی، خروج گدازه‌ها، عملیات انسانی، همانند معدن‌کاری یا برداشت آب زیرزمینی یا نفت، باشد (Allaby, 2013; Galloway et al., 2016; Herrera et al., 2021; Hosseini et al., 2023). در سال‌های اخیر در بسیاری از مناطق دیگر

جهان منشأ اصلی ایجاد فرونشست‌ها بهره‌برداری بیش از حد آب‌های زیرزمینی بوده است (Nikdel, 1992; Abidin et al., 2015). در ایران نیز این پدیده عمدتاً بی‌بازگشت به دلیل عدم توازن در ورودی و خروجی آب‌های زیرزمینی باعث مخاطرات زیادی شده است (Payne et al., 2025). هنگامی که آب از آبخوان خارج می‌شود، فشار سیال بین دانه‌های خاک کاهش می‌یابد. اما فشار ناشی از وزن لایهٔ سربار ثابت می‌ماند و در نتیجه تنش مؤثر عمودی خاک افزایش می‌یابد. این پدیده منجر به کاهش حجم خاک و فرونشست زمین می‌شود. در چنین شرایطی راهکارهای به‌کاررفته برای جلوگیری از تداوم فرونشست مدیریت برداشت منابع آب زیرزمینی است (Ye et al., 2016; Sarbaz & Aghamiri, 2023). بر اساس تحقیقی که سال ۲۰۲۳ توسط دانشگاه کلرادو با همکاری دانشگاه هامبورگ انجام شده، ایران بعد از فلیپین رتبهٔ دوم بیشترین میانگین فرونشست زمین در دنیا و همچنین بعد از چین و اندونزی رتبهٔ سوم از نظر وسعت مناطق تحت تأثیر فرونشست را دارد (Davydzenka et al., 2024). همچنین بر اساس مطالعات و آمار در حال حاضر نرخ فرونشست در ایران پنج برابر میانگین جهانی است و وجود پهنه‌های فرونشستی وسیع در ایران موجب شکل‌گیری بحران‌های فزاینده شده است (Motagh et al., 2017; Haghshenas & Motagh, 2021). بحران فرونشست یک بحران چندوجهی است و نحوهٔ کنترل، مدیریت، و مواجهه با آن نیز صرفاً جزء وظایف یک دستگاه نیست و نیازمند ارتباط و اقدامات بین‌دستگاهی و سازمانی است. بنابراین ابتدا، ضمن تعیین اقدامات لازم برای مواجهه با این بحران و تعیین وظایف دستگاه‌های مختلف، داده‌ها و اطلاعاتی که باید این دستگاه‌ها تولید و به‌اشتراک‌گذاری کنند مشخص شد.

در این پژوهش تلاش شد برخلاف مطالعات قبلی، که به صورت کلی به راهکارهای مواجهه با فرونشست پرداخته‌اند، ریزاقدامات اجرایی در تمامی جنبه‌های مؤثر در بحران فرونشست - از جمله در پایش نرخ فرونشست، تهیهٔ نقشه‌های پهنه‌بندی و خطر، راهکارهای مؤثر در پیشگیری و کنترل فرونشست، مقاوم‌سازی و به‌سازی مستحقات و زیرساخت‌ها، نظارت و تدوین قوانین لازم - تعیین شود. در حال حاضر در زمینهٔ فرونشست قوانین مستقیم و غیر مستقیم زیادی وجود دارد؛ از جمله قانون تأسیس وزارت نیرو مصوب ۱۳۵۳/۱۱/۲۸، قانون توزیع عادلانهٔ آب مصوب ۱۳۶۱/۱۲/۱۶، سیاست‌های کلی نظام در زمینهٔ منابع آب ابلاغی سال ۱۳۷۹، ضوابط ایجاد تعادل بین منابع و مصارف آب مصوبهٔ شمارهٔ ۸۵۱۶۶/ت/۳۵۳۷۸ هـ ۱۳۸۷/۵/۲۹ هیئت وزیران، مصوبات جلسهٔ پانزدهم شورای عالی آب (۱۳۹۳/۰۶/۲۵)، سند ملی آمایش سرزمین، سازمان برنامه و بودجهٔ کشور مصوب ۱۳۹۹/۱۲/۱۱، مادهٔ ۳۵ قانون برنامهٔ پنج‌سالهٔ ششم توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۶ - ۱۴۰۰) مجلس شورای اسلامی، برنامهٔ مصوب کارگروه ملی سازگاری با کم‌آبی تصویب‌نامهٔ ۱۳۹۶/۱۲/۱۲ هیئت وزیران، و قانون مدیریت بحران کشور مصوب ۱۳۹۸/۰۵/۰۷. اما این قوانین عمدتاً به موضوع کنترل فرونشست به صورت غیر مستقیم، یعنی مدیریت منابع آبی و کاهش نرخ فرونشست، می‌پردازد و سایر جنبه‌های فرونشست از جمله پایش نرخ فرونشست، نقشه‌های پهنه‌بندی و خطرپذیری، مقاوم‌سازی و به‌سازی زیرساخت‌ها و سازه‌های موجود در معرض فرونشست، و غیره را در نظر نمی‌گیرند. ضمن اینکه همین قوانین موجود نیز عملاً برای کنترل مدیریت منابع آبی و کاهش نرخ فرونشست چندان مفید نبوده است و وضعیت فعلی فرونشست خود گویای ناکارآمدی این قوانین است. بنابراین، در این پژوهش تلاش شد ریزاقدامات اجرایی دستگاه‌های مختلف با شناسایی نقاط ضعف و واکاوی علل عدم موفقیت قوانین حاضر تهیه و تدوین شود. در جدول ۱ نمونه‌ای از اقداماتی که باید توسط وزارت نیرو برای مدیریت فرونشست در کشور صورت پذیرد آورده شده است. فهرست وظایف کلیهٔ دستگاه‌ها در جدول پیوست آمده است.

جدول ۱. وظایف وزارت نیرو در مدیریت بحران فرونشست در ایران

اقدامات	سازمان/دستگاه
تعیین میزان آب قابل برنامه‌ریزی برای کلیه مناطق کشور	وزارت نیرو
تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی	
احیاء و مرمت و لایروبی قنوات حریم و خارج شهرها	
راه اندازی سامانه برخط تراز آب زیرزمینی	
پایش فصلی کیفیت آب‌ها	
محدود کردن مصارف آب در حد آب قابل برنامه‌ریزی ابلاغ شده	
کاهش هدر رفت آب از طریق بازسازی خطوط انتقال، توزیع و شبکه‌های فرسوده و مخازن	
بازچرخانی آب خاکستری و استحصال آب باران	
بازنگری در میزان پروانه بهره‌برداری چاه‌های آب مجاز و کنترل دقیق برداشت با نصب کنتور هوشمند	
اصلاح تعرفه‌های آب و برق برای جلوگیری از اضافه برداشت‌ها از منابع آب زیرزمینی	
برخورد با چاه‌های غیرمجاز حفر شده و پلمپ آن‌ها	
تکمیل بانک آب و تعیین تکلیف مالکیت آب	
تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها با هدف تغذیه سفره آب‌های زیرزمینی در خارج شهرها	
باز طراحی و اصلاح شبکه‌های جمع آوری و تصفیه فاضلاب	
راه اندازی تصفیه‌خانه‌های محلی و استفاده از پساب آنها در کلان شهرها	

بحث

پس از تعیین وظایف دستگاه‌های مختلف، این نتایج مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و به منظور ایجاد و راه‌اندازی سامانه زیرساخت ملی وظایف دستگاه‌ها و سازمان‌های مختلف در تولید و به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها و اطلاعات لازم تعیین شد. همچنین در ادامه مدل بهینه ارتباطی دستگاه‌ها در ایران برای به‌اشتراک‌گذاری این داده‌ها با در نظرگیری داده‌های لازم در زمینه مواجهه با فرونشست زمین مورد بررسی قرار گرفت.

داده‌های مورد نیاز برای سامانه زیرساخت ملی در مدیریت بحران فرونشست

پس از تعیین اقدامات لازم در خصوص مواجهه با فرونشست زمین در ایران لازم است داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای مدیریت بحران فرونشست توسط دستگاه‌های مختلف تولید شوند. قبل از تعیین داده‌های مورد نیاز، لازم است الزامات و نیازمندی‌های ضروری در مدیریت بحران فرونشست از لحاظ جنبه‌های مختلف تعیین شود. به این منظور با بررسی اقدامات تعریف شده ۵ بخش کلیدی بدین شرح تعریف شد: الف) شناخت پدیده؛ ب) پایش؛ پ) کنترل؛ ت) علاج بخشی و مقاوم‌سازی؛ و ث) پیش‌بینی و تخمین فرونشست. هم‌زمان با تعریف این بخش‌ها، نقش سامانه زیرساخت داده‌های مکانی ملی در مدیریت بحران بر مبنای این بخش‌ها نیز بررسی شد.

الف) شناخت پدیده

اولین گام در مواجهه با هر بحران شناخت و درک صحیح بحران است. بر اساس تعریف یونسکو فرونشست عبارت است از فروریزش یا نشست سطح زمین که به علت‌های متفاوتی در مقیاس بزرگ روی می‌دهد. به طور معمول، این پدیده به حرکت قائم رو به پایین سطح زمین که می‌تواند با بردار اندک افقی همراه باشد اطلاق می‌شود. این تعریف پدیده‌هایی همچون زمین‌لغزش‌ها (Monroe, 1992) و همچنین نشست خاک‌های دستی، که دارای مکانیسم متفاوتی است، را شامل نمی‌شود (Allaby, 2013). استناد به این تعریف سبب شده بعضاً در مراکز علمی و سطوح مدیریتی خیلی از نشست‌هایی که در زمین اتفاق می‌افتد صرف‌نظر از تفاوت ماهیت، دلایل، مکانیسم وقوع، تأثیرات، روش بررسی و تحلیل، و همچنین نحوه پیشگیری و به سازی به‌اشتباه فرونشست در نظر گرفته شوند (Galloway & Burbey, 2011). از این رو ضروری است ابتدا این نشست‌ها از

جمله نشست^۱، فروچاله^۲، فروریزش^۳، و فرونشست^۴ را از هم تفکیک کنیم تا در مورد هر یک با شناخت علل پیدایش، چگونگی رخداد، و تأثیر آن بتوانیم راهکارهای کنترلی، به سازی و طراحی را تعیین کنیم (Sarbaz & Aghamiri, 2023). این امر نیازمند لایه های اطلاعاتی مختلف و وجود سامانه ای برای به اشتراک گذاری آن ها است تا بتوان فرونشست را از سایر پدیده های مشابه منفک کرد.

ب) پایش

به منظور تعیین مناطق دارای فرونشست لازم است پایش تغییرات مکانی سطح پوسته زمین به صورت دائم صورت پذیرد. در حال حاضر سازمان نقشه برداری کشور به عنوان متولی پایش تغییرات هندسی، اعم از تغییرات ارتفاعی و ثقلی و مسطحاتی، در حال پایش تغییرات تراز ارتفاعی زمین و تعیین نرخ فرونشست است و نخستین اطلس فرونشست ایران را در اردیبهشت ماه ۱۴۰۲ ارائه کرده است. البته، در زمینه پایش فرونشست، علاوه بر داشتن تغییرات ارتفاعی، نیازمند داشتن تغییرات افقی پوسته زمین و همچنین محل وقوع ترک های سطحی (فیشرها) هستیم که باید در نقشه های آتی فرونشست این موارد نیز لحاظ شوند. با وجود این اقدامات متأسفانه بعضاً نتایج و داده های این سازمان تفاوت ها و مغایرت های زیادی با داده های سایر دستگاه ها و مراکز مطالعاتی دارد. این امر سبب می شود تصمیم گیری و اولویت سنجی اقدام برای مدیران و تصمیم گیران دچار خطاهای فاحشی شود. بنابراین برهم نهی و یکپارچه سازی اطلاعات و داده ها و تولید نقشه ها و اطلاعات واحد امری ضروری و اساسی در مدیریت بحران فرونشست به شمار می رود. بدیهی است استفاده از اطلاعات سایر دستگاه ها در کنار تدوین استاندارد تهیه نقشه و دستورالعمل انجام دادن کار می تواند در تدقیق اطلاعات و به روزرسانی آن ها بسیار مفید باشد و منجر به ارائه داده و اطلاعات واحد برای تصمیم سازی مدیران شود. در این بخش وجود یک سامانه ملی برای به اشتراک گذاری داده ها، ایجاد ساختار و رویه ای واحد، و نهایتاً ارائه نقشه های دقیق و یکسان امری ضروری در مدیریت بحران است.

پ) کنترل

یکی از اقدامات لازم برای مواجهه با پدیده فرونشست کنترل نرخ فرونشست و پیشگیری از وقوع و گسترش فرونشست در مناطق دارای پتانسیل است. بر اساس آمار، اغلب فرونشست های اتفاق افتاده در ایران ناشی از متعادل نبودن میزان آب ورودی و خروجی آبخوان هاست. بنابراین، راه مهار این پدیده هم مدیریت برداشت هاست. تغذیه مصنوعی آبخوان ها از طریق هدایت جریان های سطحی و افزایش پروژه های آبخیزداری، کاهش برداشت از آب های زیرزمینی با اصلاح الگوی کشت، افزایش بهره وری و اصلاح یا تغییر روش های آبیاری، تولید محصولات با آب بری کم، تعطیلی چاه های غیر مجاز، کنترل برداشت چاه های مجاز، عدم اعطای مجوز چاه های جدید، استفاده از آب های سطحی و تصفیه شده جهت مصارف غیر شرب و فضای سبز، انتقال صنایع آب بر از مناطق دارای فرونشست، بازچرخانی پساب صنایع، کاهش مصارف شرب، اعمال قانون و تشدید موارد نظارتی بر مصرف کنندگان از جمله اقداماتی است که در کشورهای مختلف برای کنترل فرونشست صورت گرفته است (Sarbaz & Aghamiri, 2023). بدیهی است تمامی این اقدامات ممکن است در همه جا و برای تمامی نقاط ایران امکان پذیر نباشد یا نتیجه چندان به همراه نداشته باشد. بنابراین استفاده از آن ها برای هر منطقه نیازمند بررسی همه جانبه داده ها و اطلاعات و شرایط بومی و منطقه ای از جمله داشتن اطلاعات داده های متنوع شامل تعداد و موقعیت و میزان برداشت از چاه های مجاز و غیر مجاز، وضعیت کشت از لحاظ وسعت و نوع محصول و میزان آبربری، وضعیت جنس لایه های زمین، اطلاعات هواشناسی به لحاظ درجه حرارت، نوع، حجم، و وسعت بارش، تبخیر، پدیده های جو، تغییر سطح تراز آبخوان، موقعیت، و حجم مصرف کاربران آب به تفکیک مصارف کشاورزی، صنعت، شرب، و فضای سبز با لحاظ موقعیت و پراکندگی آن و غیره است. از این رو وجود سامانه زیرساخت برخط برای کنترل و کاهش فرونشست و انجام دادن تمهیدات اثربخش ضروری است.

1. settlement
2. sink-hole
3. collapse
4. subsidence

به منظور مدیریت بحران و پیش‌بینی خطرات ناشی از فرونشست در سال‌های آتی، باید نسبت به برآورد و پیش‌بینی آتی فرونشست در مناطق مختلف اقدام شود. این امر به‌ویژه در گسترش طرح‌ها و پروژه‌های فعلی و طرح‌های توسعه‌ای جدید نقش کلیدی دارد. تعیین احتمال وقوع فرونشست و پیش‌بینی میزان گستره و شدت آن طی زمان با انجام دادن تحلیل‌های پیچیده و آن هم با داشتن اطلاعات و داده‌های مختلف امکان‌پذیر است که هر بخش از آن‌ها ممکن است توسط یک یا چند دستگاه مختلف تهیه شوند. بنابراین برای مدیریت یکپارچه نیازمند اشتراک‌گذاری داده‌ها توسط دستگاه‌های ذی‌ربط در یک سامانهٔ برخط ملی هستیم. تاکنون روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی فرونشست زمین از جمله مدل‌سازی عددی (Ferronato et al., 2001)، روش‌های تحلیلی (Geertsma, 1973a; Geertsma, 1973b; Segal, 1992; Du & Olson, 2001; Mehrabian, 2001 & Abousleiman, 2015; Chanand Zoback, 2007; Jayeoba et al., 2019; Asadi & Ataie, 2011; Gravanis & Angorian et al., 2013; Hastie & Tibshirani, 2009)، روش‌های یادگیری ماشین (Sarris, 2023)، روش‌های تابع تأثیر (Ataie, 1998)، و روش آلپ ریف (Dadashi, 2019) مورد استفاده قرار گرفته است. با بررسی تحقیقات قبلی توسط مولفین مشخص شد مواردی از جمله نوع و جنس و شرایط خاک منطقه، توپوگرافی منطقه، شرایط ژئوهیدرولوژی، سطح اولیه و تغییرات آب در آبخوان، تعداد و چینش و پراکندگی چاه‌های آب منطقه، نرخ برداشت آب از چاه‌ها بر اساس موقعیت مکانی و فرسایش‌پذیری و شدت عوامل فرسایش‌دهندهٔ خاک منطقه، ضخامت زون غیر اشباع منطقه و ارتفاع مویستگی آب، همگونی یا ناهمگونی و همسانی یا ناهمسانی رفتاری مصالح خاکی منطقه، تخمین مصارف و برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی در سال‌های آتی، مرز آبخوان‌ها و اثرگذاری آن‌ها روی هم از اهم داده‌های ورودی مؤثر در تخمین و پیش‌بینی فرونشست محسوب می‌شوند. بدیهی است داشتن این داده‌ها نیازمند استفاده از داده‌های سازمان‌های مختلف و وجود سامانهٔ زیرساخت داده‌های مکانی ملی است. با توجه به موارد فوق، پس از تعیین وظایف به تفکیک دستگاه‌ها و تحلیل صورت‌گرفته، وظایف دستگاه‌ها و سازمان‌های مختلف در تولید و به‌اشتراک‌گذاری داده‌های لازم به منظور ایجاد و راه‌اندازی سامانهٔ زیرساخت ملی و با لحاظ پنج بخش کلیدی تعریف‌شده در بالا تعیین شد. به این منظور اطلاعات و داده‌های مورد نیاز برای هر یک از این پنج بخش به تفکیک با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای صورت‌گرفته و اخذ نظرات استادان دانشگاهی و مدیران ذی‌ربط تعیین شد. در انتها نیز مراجع تولید و به‌اشتراک‌گذاری این داده‌ها و اطلاعات در دستگاه‌ها و سایر منابع با لحاظ قوانین بالادستی و ساختار حاکمیتی به گونه‌ای تعیین شد که ضمن پرهیز از تداخل وظایف امکان به‌اشتراک‌گذاری آن‌ها در یک بستر واحد برای استفاده از سایر کاربران فراهم شود. جدول ۲ اطلاعات و داده‌هایی را نشان می‌دهد که باید توسط وزارت نیرو جهت به‌اشتراک‌گذاری در سامانهٔ زیرساخت ملی به منظور مواجهه با بحران فرونشست تهیه شود.

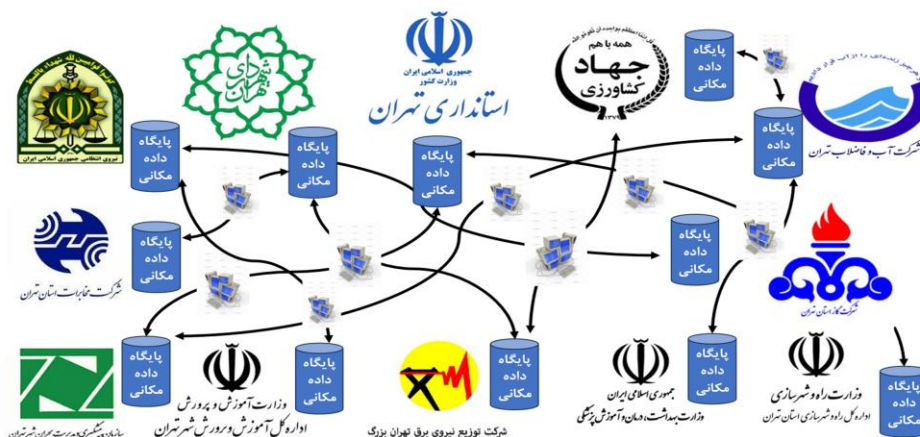
جدول ۲. داده‌ها و اطلاعات لازم جهت تولید و به‌اشتراک‌گذاری توسط وزارت نیرو برای مدیریت بحران فرونشست

تولید و تعیین داده‌ها و اطلاعات
تعیین داده‌های مربوط میزان آب قابل برنامه‌ریزی برای کل کشور در مصارف شرب، بهداشتی، کشاورزی و صنعت با در نظرگیری سهم محیط زیست
تعیین داده‌های مربوط به وضعیت منابع آب زیرزمینی در فواصل زمانی موردنیاز
تعیین داده‌های مربوط به جانمایی و وضعیت کلیه سازه‌ها، تاسیسات و ساختمان‌های تحت پوشش وزارت نیرو در مناطق دارای فرونشست و تعیین اولویت‌بندی جهت انجام اقدام برای مقابله با اثرات فرونشست.
تولید داده‌های مربوط به قنوت شامل طول، حجم گزردهی آب، میزان مصرف و اتلاف و وضعیت کیفی و کمی قنوت در حریم و خارج شهرها
تولید و جمع‌آوری کلیه اطلاعات و داده‌های لازم برای راه‌اندازی سامانه برخط تراز آب زیرزمینی در کل کشور
اندازه‌گیری کیفیت آب‌ها و ارائه داده‌های مربوطه
تعیین مصرف دقیق برای تمامی مصرف‌کنندگان به تفکیک شرب، بهداشتی، صنایع و کشاورزی
تعیین مصرف‌کننده‌های بیش از حد الگوی مصرف در مصارف خانگی، کشاورزی و صنعت برای انجام اقدامات لازم بصورت برخط
مشخص نمودن داده‌های مربوط به میزان هدر رفت آب از تولید تا خطوط انتقال و توزیع و محل مصرف
تولید داده‌های مربوط به تاثیرگذاری بازچرخانی آب خاکستری و آب باران روی منابع آب زیرزمینی
ارائه اطلاعات دقیق برخط مربوط به تعداد چاه‌های آب مجاز و غیرمجاز و میزان دقیق برداشت آن‌ها
ارائه اطلاعات برخط مربوط به میزان دقیق برداشت چاه‌ها برای اخذ بها و جریمه در صورت برداشت بیش از حد مجاز
ارائه اطلاعات برخط مربوط به تعداد چاه‌های آب غیرمجاز جهت برخورد و پلمپ آن‌ها
تکمیل کلیه اطلاعات و داده‌های لازم برای تهیه بانک جامع آب و همچنین تعیین داده‌های مربوط به مالکیت آب در بخش‌های مختلف
تولید داده‌های مربوط جهت جانمایی محل‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی و تعیین تاثیرگذاری آن‌ها روی منابع آب زیرزمینی
تعیین حل و ظرفیت مناسب برای احداث تصفیه‌خانه‌های محلی و بازچرخانی آب خاکستری و تزریق مصنوعی به زمین
تعیین محل و ظرفیت مناسب برای احداث تصفیه‌خانه‌های محلی و استفاده از پساب آن‌ها در کشاورزی، صنعت و فضای سبز

مدل بهینه ارتباطی دستگاه‌ها در ایران

با بررسی روند نحوه ارتباط و تعامل دستگاه‌ها و سازمان‌های مختلف در ایران می‌توان سیر تکامل این ارتباط را به صورت زیر در نظر گرفت. تا قبل استفاده از ابزارهای نقشه‌ای، هیچ نوع اطلاعات مکانی رقومی موجود نبود و کلیه اطلاعات به صورت کاغذی بودند. کم‌کم به وسیله نرم‌افزارها و امکانات مختلف هر سازمان و نهاد یک نوع پایگاه اطلاعات مکانی ویژه و مختص به خود را به وجود آورد. اما این پایگاه‌های داده از نظر ساختار و محیط کاری با یکدیگر متفاوت بودند. در این شرایط، شیوه ارتباط اطلاعات مکانی بین سازمان‌های مختلف، همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده، اصطلاحاً به صورت مدل اسپاگتی بود و از قاعده و نظم خاصی تبعیت نمی‌کرد. در روش اسپاگتی انتخاب روش و پروتکل برای ارتباط با پایگاه‌های داده مکانی با صلاحدید بهره‌برداران و با توجه به نوع داده‌های مورد نظر صورت می‌گرفت و وحدت رویه‌ای وجود نداشت (Rajabifard & Williamson, 2001). مثلاً، در صورتی که شهرداری نیاز به داشتن اطلاعاتی در خصوص شبکه آب و فاضلاب داشته باشد با برگزاری جلسات و توافقات داخلی میان خودشان درباره چگونگی تبادل اطلاعات و داده‌ها با یکدیگر به تفاهم می‌رسند. از معایب این روش می‌توان به اشکال‌های افزونگی داده‌ها و سختی تعامل با سایر ارگان‌ها اشاره کرد. در حقیقت، نمی‌توان این روش را مدل نامید. چون نظام خاصی جز رقومی شدن سامانه‌ها در آن وجود ندارد. با گذشت زمان و نیاز به ارتباطات و تعاملات گسترده‌تر در سطوح شهری، استانی، و کشوری موضوع پایگاه داده‌های استانی مطرح شد (Rajabifard & Williamson, 2001). در این پایگاه، اطلاعات مکانی ارگان‌های مختلف به وسیله توافقات صورت‌گرفته با شکل و سبک واحد آماده می‌شود و برای استفاده در سطح استانی در اختیار کاربران قرار می‌گیرد (شکل ۴). در این روش برای مشخص کردن اینکه هر اداره متولی تولید چه داده و لایه‌هایی است، نیازمند چه داده‌هایی است، حق استفاده و دسترسی به کدام لایه‌ها و اطلاعات را دارد، داده‌ها با چه فرمت و استاندارد تهیه شوند به جلسات متعدد و مشکل و طولانی بحث و گفت‌وگو برای رسیدن به توافقات مورد نظر احتیاج است. طبیعی است راه‌اندازی چنین پایگاه داده‌ای با مشکلاتی همراه است. اولین مشکل این است که شکل‌گیری چنین مجموعه‌ای نیازمند برگزاری جلسات متعدد و هماهنگی‌های بین‌سازمانی است که طبیعتاً به خاطر موازی بودن این سازمان‌ها ایجاد این هماهنگی بسیار مشکل و بعضاً نشدنی است. قاعدتاً هر چه وسعت مکانی و حوزه مسئولیت‌ها بیشتر شود هماهنگی و

برگزاری جلسات سخت‌تر و طولانی‌تر خواهد بود. به همین دلیل، چندان مورد استقبال قرار نگرفته است. مشکل دیگر در این زمینه بحث تداخل وظایف و تعریف اقدامات مشابه در دستگاه‌های مختلف است که گاه این امر با ایجاد فضای تضاد منافع مشکلات را بغرنج‌تر نیز می‌کند. بعضاً یک موضوع خاص در چند سازمان مختلف دارای متولی مجزا هستند که این امر شکل‌گیری اجماع و هماهنگی را بسیار مشکل می‌سازد. مشکل دیگر در این خصوص مسئله به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها است. در این نوع سیستم تبادل، اطلاعات باید در جایی خارج از ارگان‌ها متمرکز شوند و در اختیار دیگران قرار بگیرند. به طور کلی، موضوع به‌اشتراک‌گذاری داده نه تنها در ایران بلکه در کل دنیا با حساسیت‌ها و مقاومت متولیان داده روبه‌روست. این امر در کشور ما، که در معرض تهدیدات سایبری فراوان و جاسوسی از اطلاعات است، به‌ویژه درباره اطلاعات و داده‌های مکانی که از حساسیت بیشتری نیز برخوردارند، پررنگ‌تر است. برای ملزم کردن ارگان‌ها، به منظور به‌اشتراک گذاشتن داده، نیاز به استفاده از نفوذ و ابزارهای حاکمیتی مقامات بالاتر است. وجود چنین مشکلاتی سبب شد از پایگاه داده توزیع یافته استفاده شود (Manafie & Saraie, 2021). در این حالت، به کمک تکنولوژی‌های جدید نرم‌افزاری و سخت‌افزاری دیگر نیاز نیست همه اطلاعات در یک پایگاه داده به صورت متمرکز مستقر شوند. همان‌گونه که در شکل ۵ نشان داده شده، هر سازمان می‌تواند پایگاه داده مربوط به خود را در ارگان خود نگهداری و از همان محل عملیات به‌اشتراک‌گذاری داده را پشتیبانی کند. در این حالت تنها بخشی از اطلاعات متناسب با نیازها و شرح وظایف دستگاه‌های دیگر در اختیار آن دستگاه قرار می‌گیرد. این ساختار ضمن برطرف کردن مشکلات فوق می‌تواند امنیت سیستم را بالا برد و در برابر دسترسی بی‌ضابطه اطلاعات محرمانه توسط عموم محدودیت‌های تعریف‌شده‌ای ایجاد کند و از سوی دیگر با ایجاد امکان به‌اشتراک‌گذاری داده‌های مورد نیاز سایر دستگاه‌ها در کوتاه‌ترین زمان ممکن نقش بسیار حیاتی در مدیریت بحران ایفا کند. هرچند ساختار پایگاه داده توزیع یافته نسبت به پایگاه داده متمرکز مزایایی دارد، هنوز هم مشکل اصلی یعنی به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها باقی است (سند توسعه SDI، ۱۳۹۴؛ <https://iransdi.ncc.gov.ir>). بنابراین ضروری است مبانی قانونی الزام سازمان‌ها به تولید داده استاندارد و بارگذاری و به‌اشتراک‌گذاری آن هر چه سریع‌تر مرتفع شود. بدیهی است در صورت راه‌اندازی و توسعه زیرساخت داده مکانی و رفع مشکلات آن می‌توان به مدیریت یکپارچه بحران در مواقع لزوم امید داشت. در این حالت، با ایجاد زیرساخت داده مکانی اصلی، سرورهای فرعی در هر یک از وزارتخانه‌ها و سازمان‌ها نصب و راه‌اندازی می‌شود؛ به گونه‌ای که هر دستگاه امکان ورود اطلاعات مربوط به حوزه عملیاتی خود را دارد و سامانه قادر است گزارش‌های کاربردی مرتبط با وظایف ذاتی هر دستگاه را طبق استاندارد هماهنگ تعریف‌شده تولید کند. اطلاعات در قالب‌های مختلف شامل متن، اعداد و داده‌های رقومی، آمار، تصاویر و اطلاعات مکانی، و غیره قابل دریافت و پردازش خواهد بود و از یکپارچگی و هماهنگی در تمامی جنبه‌ها برخوردار است. بر این اساس هر دستگاهی با توجه به نیازهای خود نسبت به استفاده از داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز خود استفاده خواهد کرد.

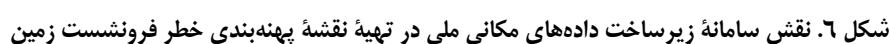
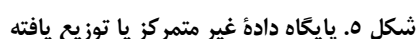


شکل ۳. نحوه برقراری تبادل اطلاعات مکانی در مدل اسپاگتی



شکل ۴. نحوه برقراری تبادل اطلاعات مکانی در مدل استانی متمرکز

در ادامه برای نمونه به چگونگی نقش پایگاه داده غیر متمرکز یا توزیع یافته در سامانه زیرساخت داده‌های مکانی ملی جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر فرونشست، به عنوان یکی از ضروری‌ترین نیازهای روز کشور در مواجهه با فرونشست زمین، پرداخته می‌شود. نقشه پهنه‌بندی خطر فرونشست زمین نقشه‌ای است که از تلفیق داده‌های به‌دست‌آمده از نقشه پهنه‌بندی نرخ و مقدار فرونشست و عواملی مانند جنس و ضخامت واحدهای زمین‌شناسی، ویژگی‌های آبخوان‌ها، تغییرات تراز آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های تخصصی به دست می‌آید. این نقشه مبین وضعیت فرونشست و نرخ و گسترش آن در حال حاضر و آینده در نقاط مختلف کشور است و تهیه آن نیازمند استفاده از علوم مختلف همانند تخصص‌های نقشه‌برداری، سنجش از دور، ژئوتکنیک، زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی و غیره و همچنین لایه‌های اطلاعاتی متفاوت از جمله داده‌های مربوط به جغرافیا، نقشه‌برداری، جنس لایه‌های زمین، مشخصات و عوارض زمین‌شناسی، عمق بستر سنگی، آبخوان‌ها، هیدروژئولوژی، داده‌های سنجش از دور، اطلاعات مستحدثات، کاربری اراضی، موقعیت و حجم برداشت چاه‌ها و غیره است که هر بخش توسط دستگاه‌های مختلف تولید می‌شود. بر اساس شکل ۶ برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر فرونشست زمین سازمان‌های متولی، همانند وزارتخانه‌های نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، وزارت راه و شهرسازی، وزارت نفت، وزارت صمت، و سازمان‌های نقشه‌برداری و زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت بحران کشور، جغرافیایی نیروهای مسلح، فضایی ایران، نظام مهندسی ساختمان کشور، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شهرداری‌ها و سایر دستگاه‌های ذی‌ربط داده‌های مربوط را با برچسب مکانی بر اساس وظایف ذاتی و قانونی خود تهیه و در پایگاه داخلی خود (به روش مدل پایگاه داده غیر متمرکز یا توزیع یافته) در قالب مشخص و طبق یک فرمت استاندارد ملی ثبت، ذخیره، و به‌روزرسانی می‌کنند. سپس این دستگاه‌ها باید این اطلاعات را در سامانه زیرساخت داده‌های مکانی ملی بارگذاری کنند تا این اطلاعات به فراخور نیاز و سطح دسترسی‌های تعیین‌شده در دسترس دستگاه‌های متقاضی، مثلاً سازمان زمین‌شناسی (به عنوان متولی قانونی آن)، قرار بگیرند. ایجاد و بهره‌وری مناسب از این سامانه، ضمن نیاز به ایجاد فرمت و الگوی استاندارد یکپارچه برای تولید، به‌روزرسانی، و بارگذاری داده‌ها و اطلاعات نیازمند اصلاح قوانین موجود و گاه وضع قوانین جدید و کارآمد است. هرچند این سامانه مدتی است توسط سازمان نقشه‌برداری ایجاد شده، به علت ضعف قوانین و عدم تمکین دستگاه‌ها به تولید و بارگذاری داده‌های استاندارد در این سامانه، عملاً نقش آن به‌خوبی در مدیریت کلان و یکپارچه در کشور عملیاتی نشده است.



یکی از عوامل کلیدی در مواجهه با بحران‌ها استفادهٔ بهینه و سریع از اطلاعات مورد نیاز در فرایند مدیریت بحران است. به علت تعدد و گستردگی سازمان‌های متولی در امر مدیریت بحران و وجود منابع اطلاعاتی فراوان و گوناگون، یکپارچگی داده‌ها و فراهم کردن زیرساختی برای بارگذاری اشتراک‌گذاری و دسترسی به آن‌ها یکی از نیازمندی‌های اساسی در این فرایند است. در این پژوهش، ضمن بررسی ضعف‌ها و کمبودهای قوانین و برنامه‌های فعلی که به نحوی مرتبط با موضوع فرونشست هستند و واکاوی علل عدم دستیابی به اهداف در این برنامه‌ها و قوانین، سعی شد یک برنامهٔ جامع از راهکارهای مؤثر برای مدیریت بحران فرونشست در کشور تهیه شود. همچنین از آنجا که مدیریت بهینهٔ بحران نیازمند داشتن اطلاعات و به‌اشتراک‌گذاری داده‌های زیادی است به بررسی جایگاه سامانهٔ زیرساخت داده‌های مکانی ملی برای مدیریت بحران فرونشست پرداخته شد. این سامانه با تسهیل در تبادل و ادغام و به‌کارگیری داده‌ها امکان کاهش هزینه‌ها، افزایش سرعت تصمیم‌گیری، و افزایش منافع اجتماعی و محیط زیستی در مدیریت بحران فرونشست را فراهم می‌کند. همچنین مدل پایگاه دادهٔ توزیع یافته به عنوان الگوی بهینه برای ایران پیشنهاد شده است. در این مدل، به کمک تکنولوژی‌های جدید نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، دیگر نیاز نیست که همهٔ اطلاعات در یک پایگاه داده به صورت متمرکز مستقر شوند بلکه هر سازمان می‌تواند پایگاه دادهٔ مربوط به خود را در ارگان

خود نگهداری و از همان محل عملیات به اشتراک گذاری داده را پشتیبانی کند. با این حال، چالش‌هایی مانند سیاست‌گذاری، استانداردسازی، و الزام دستگاه‌ها به اشتراک گذاری داده‌ها همچنان باقی است. بنابراین، تدوین قوانین با پشتوانه اجرایی قوی و تعریف استانداردهای ملی برای تولید و اشتراک داده‌ها ضروری است. در بعد اطلاعات، همه اطلاعات باید از استاندارد مشخصی برای جمع‌آوری و آماده‌سازی و به اشتراک‌گذاری در پایگاه داده برخوردار باشند. بنابراین ضروری است مرجع فنی تهیه داده‌ها و اطلاعات در هر بخش مشخص شود و از سوی دیگر باید الگوی واحد و استاندارد در زمینه جمع‌آوری، تولید، آماده‌سازی، و به اشتراک‌گذاری داده‌ها تعریف شود. استفاده از ظرفیت سامانه زیرساخت داده مکانی ایجادشده توسط سازمان نقشه‌برداری در کنار حل مسائل و مشکلات آن از جمله تدوین قوانین با پشتوانه اجرایی لازم و ملزوم کردن ذی‌ربطان به تبعیت از آن و تعریف استانداردهای مربوطه می‌تواند به منظور مدیریت یکپارچه در مواجهه با بحران فرونشست زمین به کار گرفته شود.

منابع

- آخوندیان، فائزه، معماریان، حسین، دولتی ارده جانی، فرامرز (۱۳۹۲). مدل سازی و پیش بینی فرونشست در ایستگاه مشاهداتی احمدآباد جانشپار دشت تهران با استفاده از روش ماشین برداری پشتیبان، اولین کنفرانس ملی مهندسی اکتشاف منابع زیرزمینی، شاهرود، ایران، ۱۹-۲۰ آذر.
- انگورانی، سعید، معماریان، حسین، شریعت پناهی، مسعود، بلورچی، محمدجواد (۱۳۹۴). مدل سازی پویای فرونشست دشت تهران، فصلنامه علمی علوم زمین، دوره ۲۵ (شماره ۹۷)، ۲۱۱-۲۲۰.
- عطایی، محمد (۱۳۷۷). پیش بینی نشست در معادن زیر زمینی با استفاده از روش تابع تاثیر، دومین همایش ایمنی، بهداشت و محیط زیست در معادن و صنایع معدنی.
- داداشی، ثریا، صادق فام، سینا، ندیری، عطاالله، محبی، یوسف (۱۳۹۹). تحلیل آسیب پذیری فرونشست آبخوان دشت مرنده با استفاده از روش ALPRIFT بر اثر بهره برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، مهندسی عمران شریف، دوره ۳۶ (شماره ۱/۳)، ۸۵-۹۶.
- سازمان نقشه برداری کشور، اداره کل سیستم‌های اطلاعات مکانی و زیرساخت (۱۳۹۳). سند توسعه- زیرساخت داده‌های مکانی (SDI). حسینی جناب، وحید (۱۳۹۲). تاب‌آوری در برابر زلزله و برنامه‌ریزی مدیریت بحران و تجربیات ژاپن، موسسه آموزش عالی علمی-کاربردی هلال ایران.
- حسینی، سید حسن، موسوی جهرمی، سید حبیب، سامانی، حجت ا.. محمد ولی (۱۴۰۲). بررسی عوامل مؤثر در پدیده فرونشست زمین در محدوده غرب استان تهران، فصلنامه علمی-پژوهشی مهندسی منابع آب، دوره ۱۶ (شماره ۵۸)، ۷۰-۸۴.
- منافی، سمیه، سرایی، محمد حسین (۱۴۰۰). ارزیابی مدیریت یکپارچه بحران با رویکرد زیرساخت اطلاعات فضایی، فصلنامه اقتصاد و برنامه ریزی شهری، دوره ۲ (شماره ۱)، ۱۰-۱۸.
- مختاری، داوود، ابراهیمی، حسن، سلمانی، سمیه (۱۳۹۷). مدل سازی خطر فرونشست زمین با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی (مطالعه موردی: آبخیز دشت تسوج)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۱۰ (شماره ۳)، ۹۳-۱۰۵.
- رجبی خمسه، کریم، نیکبخت شهبازی، علیرضا، فتحیان، حسین، ظهراهی، نرگس (۱۳۹۹). مدل سازی فرونشست دشت ایزه با استفاده از کد ریاضی MODFLOW، تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱۶ (شماره ۴)، ۱۱۲-۱۲۶.
- سرباز، حسین، آقامیری، سید محمد (۱۴۰۲). سیاست گذاری و مدیریت فرابخشی حل معضل پدیده فرونشست در ایران، فصلنامه پژوهش های سیاست گذاری و برنامه ریزی انرژی، دوره ۹ (شماره ۲)، ۱۰۶-۱۴۷.
- صبحانی قهرمانلو، سعید، دهرویه، آلا، بیگلری، علی (۱۴۰۰). یادگیری هوشمند به عنوان ابزاری مناسب در ارزیابی اثرات زلزله بر رفتار سازه ها، فصلنامه رویکردهای نوین در مهندسی عمران، دوره ۵ (شماره ۲)، ۴۶-۶۱.
- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., & Brinkman, J. J. (2015). Study on the risk and impacts of land subsidence in Jakarta. *Copernicus Publication on behalf of the International Association of Hydrological Sciences*. Doi:10.5194/piahs-372-115-2015.
- Akhundian, F., Memarian, H., & Dovlati Arde Jani, F. (2013). Modeling and prediction of subsidence in Ahmedabad Janspar observation station of Tehran plain using the support machine method. *Proceedings of the First National Conference on Engineering Exploration of Underground Resources*, Tehran, Iran, 1-6. (in Persian)
- Allaby, M. (2013). Subsidence. In *A dictionary of geology and earth sciences*. 4th ed. Oxford University Press.
- Angorian, S., Memarian, H., Shariat Panahi M., & Boloorchy, M. J. (2014). Dynamic modeling of the subsidence of the Tehran plain. *Geosciences*, Fall 2019, Year 25, No. 97, 211-220. (in Persian)
- Asadi, R. & Ataie-Ashtiani, B. (2016). Numerical modeling of subsidence in saturated porous media: A mass conservative method. *Journal of Hydrology*, Vol. 542, November 2016, 423-436.
- Ataie, M. (1998). Prediction of settlement in underground mines using the impact function method. the second conference on safety, health and environment in mines and mineral industries. (in Persian)
- Chan, A. W. & Zoback, M. D. (2007). The Role of Hydrocarbon Production on Land Subsidence and Fault Reactivation in the Louisiana Coastal Zone. *J. of Coastal Research*, (233), 771-786.
- Chan, T. O., Feeney, M. E., & Rajabifard, A. (2001). The dynamic nature of spatial data infrastructure: A method of descriptive classification. *Geomatica*, 55(1), 65-72.
- Dadashi, S., Sadegh Pham, S., Nadiri, A., & Mohebi, Y. (2019). Vulnerability analysis of Marand plain aquifer subsidence using ALPRIFT method due to overexploitation of underground water resources. *Journal of Civil Engineering Sharif*, Fall, Vol. 2-36, No. 1/3, 85-96. (in Persian)

- Davydzenka, T., Tahmasebi, P., & Shokri, N. (2024). Unveiling the Global Extent of Land Subsidence: the sinking Crisis. *Geophysical Research Letters*, Vol. 51, Issue 4. Doi.org/10.1029/2023GL104497
- Du, J. & Olson, J.E. (2001). A poroelastic reservoir model for predicting subsidence and mapping subsurface pressure fronts. *J. Pet. Sci. Eng.*, 30, 181–197.
- Ferronato, M., Gambolati, G., & Teatini, P. (2001). Ill-conditioning of finite element poroelasticity equations. *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 38, Issues 34–35, 5995-6014.
- Galloway, D., Erkens, G., Kuniansky, E., & Rowland, J. (2016). Preface: Land subsidence processes. *Hydrogeology J*, 24, 547–550.
- Galloway, D. L. & Burbey, T. J. (2011). Review: Regional land subsidence accompanying groundwater extraction. *Hydrogeology Journal*, 19(8), 1459-1486. Doi:10.1007/s10040-011-0775-5
- Geertsma, J. (1973a). A basic theory of subsidence due to reservoir compaction: the homogeneous case. *Verhandelingen Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen*, 28, 43-62.
- Geertsma, J. (1973b). Land subsidence above compacting oil and gas reservoirs. *J. Pet. Technol.*, 25(6), 734-744.
- General Administration of Spatial Information Systems and Infrastructure-General Administration (SDI). (2014). SDI Development Document, Country Mapping Organization. (in Persian)
- Georgiadou, Y., Rodriguez-Pabón, O., & Lance, K. T. (2006). Spatial data infrastructure (SDI) and e-governance: A quest for appropriate evaluation approaches. *URISA-WASHINGTON DC-*, 18, 43.
- Gravanis, E. & Sarris, E. N. (2023). A New Analytical Method for Calculating Subsidence Resulting by Fluid Withdrawal from Disk-Shaped Confined Aquifers. *Water* 2023, 15(18), 3175. <https://doi.org/10.3390/w15183175>
- Haghshenas Haghighi, M. & Motagh, M. (2021). Land subsidence hazard in Iran revealed by country-scale analysis of Sentinel-1 InSAR. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B3-2021, 143-149.
- Hastie, T. & Tibshirani, R. (2009). *The Elements of Statistical Learning: Data mining, Inference, and Prediction*. New York: Springer. 485–586.
- Herrera, G., Álvarez Fernández, M., I., Tomás, R., González-Nicieza, C., Lopez-Sanchez, J. M., & Álvarez Vigil, A. E. (2021). Forensic analysis of buildings affected by mining subsidence based on Differential Interferometry (Part III). *Engineering Failure Analysis*, 24, 67-76.
- Hosseini Jenab, V. (2012). *Resilience against earthquakes and crisis management planning and Japanese experiences*. Tehran: Iranian Red Crescent Scientific-Applied Higher Education Institute. (in Persian)
- Hosseini, S. H., Mousavi Jahormi, S., H., & Mohammad Vali Samani, H. (2023). Investigation of effective factors in the phenomenon of land subsidence in the western area of Tehran province. *Scientific-Research Quarterly of Water Resources Engineering*, Autumn 1402, Vol. 16, No. 58, 70-84. (in Persian)
- Hostetter, C. (2006). *Faceted searching with apache solr*. ApacheCon US
- Hu, Y. & Li, W. (2017). Spatial Data Infrastructures. The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (2nd Quarter 2017 Edition), John P. Wilson (ed.). Doi: 10.22224/gistbok/2017.2.1. <https://iransdi.ncc.gov.ir/>. <https://data.gov/>
- Instruction No. STD01-O01CY0004D (2023). Instructions for creating Spatial Data Infrastructure, National Planning and Budget Organization, Iran.
- Jayeoba, A., Mathias Simon A., Nielsen, S., Vilarrasa, Victor, B., & Tore I. (2019). Closed-form equation for subsidence due to fluid production from a cylindrical confined aquifer. *Journal of Hydrology*, Vol. 573, 964-969.
- Kiani, S., Mazidi, A., & Hosseini, S. Z. A. (2021). Identification of subsidence areas using radar interferometry (Case study; Damaneh plain). *Journal of Geography and Environmental Studies*, 10(38), 75-88.
- Kohler, P. & Wachter j. (2006). Towards an open information infrastructure for disaster research and management, Data management and information systems inside DFNK. *Natural Hazards*, Springer, (۳۸)
- Li, W., Wang, S., & Bhatia, V. (2016). Polar Hub: A large-scale web crawling engine for OGC service discovery in cyberinfrastructure. *Computers, Environment and Urban Systems*, 59, 195-207. Doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2016.07.004
- Li, W., Zhou, X., & Wu, S. (2016). An Integrated Software Framework to Support Semantic Modeling and Reasoning of Spatiotemporal Change of Geographical Objects: A Use Case of Land Use and Land Cover Change Study. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5, 179. Doi: 10.3390/ijgi5100179.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2001). Geographic information system and Science. *England: John Wiley & Sons, Ltd*, 327-329.
- Lutz, M. & Klien, E. (2006). Ontology-based retrieval of geographic information. *International Journal of Geographical Information Science*, 20, 233-260. Doi: 10.1080/13658810500287107.

- Maguire, D. J. & Longley, P. A. (2005). The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, 3-14. Doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2004.05.012
- Manafi, S. & Saraie, M. H. (2021). Evaluation of Integrated Crisis Management with Spatial Information Infrastructure Approach. *Economic and Urban Planning Quarterly*, Vol. 2, No. 1, Spring 1400, 10-19. (in Persian)
- Mansourian, A. (2005). Development of an SDI Conceptual Model and Web-based GIS to Facilitate Disaster Management. Ph.D. Thesis, Faculty of Geodesy & Geomatics Eng., K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran.
- Mehdinia, M. H. (2013). An integrated approach to reduce the risk of natural hazards using spatial planning and spatial information infrastructure. *Second International Conference on Environmental Hazards*. Tehran. Iran
- Mehrabian, A. & Abousleiman, Younane N. (2015). Geertsma's subsidence solution extended to layered stratigraphy. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 130, 68-76.
- Mokhtari, D., Ebrahimi, H., & Salmani, S. (2018). Modeling the risk of land subsidence using random forest algorithm (case study: Tasuj plain watershed). remote sensing and geographic information system in natural resources, 10th year, 3rd issue, fall 2018, 93-105. (in Persian)
- Monroe, J. S. (1992). Physical geology: exploring the Earth. St. Paul: West Pub. Co. pp. 502-503. ISBN 0314921958.
- Motagh, M., Shamshiri, R., Haghshenas Haghighi, M., et al. (2017). Land subsidence in Iran: causes, consequences, and monitoring. In *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 382, 689-694.
- National Research Council (1993). Toward a coordinated spatial data infrastructure for the nation. National Academies Press.
- Nebert, D. (2009). "Spatial Data Infrastructure Concepts and Components". In: U.S. Federal Geographic Data Committee Secretariat.
- Nikdel, E. (1992). Report on the mechanism of movement and Subsidence of Rafsanjan plain due to Groundwater withdrawal and tectonics: Professional report. (in Persian) Regional Water organization, Iran. proc-iahs.net/372/115/2015/; doi:10.5194/piahs-372-115-2015.
- Payne, J. A., Watson, A. R., Maghsoudi, Y., et al. (2025). Widespread extent of irrecoverable aquifer depletion revealed by country-wide analysis of land surface subsidence hazard in Iran. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 130, e2024JB030367.
- Rajabi Khamsa, K., Nikbakht Shahbazi, A., Fathian, H., & Zohrabi, N. (2019). Modeling the Subsidence of Izeh Plain Using MODFLOW Mathematical Code. *Iran water resources research*, 16th year, No. 4, 112-136. (in Persian)
- Rajabifard, A. & Williamson, I. P. (2001). Spatial Data Infrastructures: Concept, SDI Hierarchy and Future Directions. In *GEOMATICS'80 Conference*. Tehran, Iran.
- Ralston, B. A. (2004). *GIS and public data*. Thomson/Delmar Learning.
- Sarbaz, H. & Aghamiri, S. M. (2023). Policymaking and cross-sectoral management to solve the problem of subsidence phenomenon in Iran. *Quarterly Journal of Energy Planning and Policy Research*, Vol. 9, No. 2, 106-147. (in Persian)
- Segall, P. (1992). Induced stresses due to fluid extraction from axisymmetric reservoirs. *Pure Appl. Geophys*, 139, 535-560.
- Sobhani Ghahramanlou, S., Dehrouye, A., & Biglari Fadafan, A. (2021). Smart learning is a suitable tool in evaluating the effects of earthquakes on the behavior of structures. *New Approaches in Civil Engineering*, Vol.5, No. 2, 46-61. (in Persian)
- Tait, M. G. (2005). Implementing geoportals: applications of distributed GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, 33-47. Doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2004.05.011.
- Wu, A. & Zhang, X. (2009). Supporting Collaborative Sensemaking in Map-based Emergency Management and Planning. *International Conference on Supporting group work*, 395-396.
- Ye, S., Xue, Y., Wu, J., Yan, X., & Yu, J. (2016). Progression and mitigation of land subsidence in China. *Hydrogeology Journal*, 24(3), 685-693.

پیوست

پیوست ۱- وظایف دستگاه‌های مسئول در مدیریت بحران فرونشست در ایران به همراه داده‌های لازم جهت تولید و به اشتراک گذاری

سازمان/دستگاه	اقدامات	تولید و تعیین داده‌ها و اطلاعات
وزارت نیرو	تعیین میزان آب قابل برنامه‌ریزی برای کلیه مناطق کشور	تعیین داده‌های مربوط میزان آب قابل برنامه‌ریزی برای کلیه مناطق کشور در مصارف شرب، بهداشتی، کشاورزی و صنعت با در نظرگیری سهم محیط زیست
	تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی	تعیین داده‌های مربوط به وضعیت منابع آب زیرزمینی در فواصل زمانی موردنیاز و جانمایی کلیه سازه‌ها، تاسیسات و ساختمان‌های تحت پوشش در مناطق دارای فرونشست و تعیین اولویت‌بندی جهت انجام اقدام برای مقابله با اثرات فرونشست.
	احیاء و مرمت و لایروبی قنوات حريم و خارج شهرها	تولید داده‌های مربوط به قنوات شامل طول، حجم گردهای آب، میزان مصرف و اتلاف و وضعیت کیفی و کمی قنوات در حريم و خارج شهرها
	راه اندازی سامانه برخط تراز آب زیرزمینی	تولید و جمع آوری کلیه اطلاعات و داده‌های لازم برای راه اندازی سامانه برخط تراز آب زیرزمینی
	پایش فصلی کیفیت آب‌ها	اندازه‌گیری کیفیت آب‌ها و ارائه داده‌های مربوطه
	محدود کردن مصارف آب در حد آب قابل برنامه‌ریزی ابلاغ شده	تعیین مصرف‌کننده‌های بیش از حد الگوی مصرف در مصارف خانگی، کشاورزی و صنعت برای انجام اقدامات لازم
	کاهش هدر رفت آب از طریق بازسازی خطوط انتقال، توزیع و شبکه‌های فرسوده و مخازن	مشخص نمودن داده‌های مربوط به میزان هدر رفت آب در خطوط انتقال و توزیع تا محل مصرف
	بازچرخانی آب خاکستری و استحصال آب باران	تولید داده‌های مربوط به تأثیرگذاری بازچرخانی آب خاکستری و آب باران روی منابع آب زیرزمینی
	بازنگری در میزان پروانه بهره‌برداری چاه‌های آب مجاز و کنترل دقیق برداشت با نصب کنتور هوشمند	ارائه اطلاعات برخط مربوط به تعداد چاه‌های آب مجاز و میزان دقیق برداشت آن‌ها
	اصلاح تعرفه‌های آب و برق برای جلوگیری از اضافه برداشت‌ها از منابع آب زیرزمینی	ارائه اطلاعات برخط مربوط به میزان دقیق برداشت چاه‌ها برای اخذ بها و جریمه در صورت برداشت بیش از حد مجاز
	برخورد با چاه‌های غیرمجاز حفر شده و پلمپ آن‌ها	ارائه اطلاعات برخط مربوط به تعداد چاه‌های آب غیرمجاز جهت برخورد و پلمپ آن‌ها
	تکمیل بانک آب و تعیین تکلیف مالکیت آب	تکمیل کلیه اطلاعات و داده‌های لازم برای تهیه بانک جامع آب و همچنین تعیین داده‌های مربوط به مالکیت آب در بخش‌های مختلف
	تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها با هدف تغذیه سفره آب‌های زیرزمینی در خارج شهرها	تولید داده‌های مربوط جهت جانمایی محل‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی و تعیین تأثیرگذاری آن‌ها روی منابع آب زیرزمینی در خارج از شهرها
	باز طراحی و اصلاح شبکه‌های جمع آوری و تصفیه فاضلاب	تعیین محل‌های مناسب برای احداث تصفیه خانه‌های محلی و بازچرخانی آب خاکستری
	راه اندازی تصفیه‌خانه های محلی و استفاده از پساب آنها در کلان شهرها	تعیین محل و ظرفیت مناسب برای احداث تصفیه خانه‌های محلی و استفاده از پساب آن‌ها در صنعت و فضای سبز
وزارت جهاد کشاورزی	تعیین سطوح زیرکشت محصولات کشاورزی و نوع محصولات براساس میزان آب قابل برنامه‌ریزی مشخص شده توسط وزارت نیرو	تعیین داده‌های مربوط به میزان سطوح زیرکشت مجاز به تفکیک هر منطقه، نوع محصول برای برنامه‌ریزی کشاورزان و دستگاه‌های ذیربط براساس داده‌های آب قابل برنامه‌ریزی و جانمایی کلیه سازه‌ها، تاسیسات و ساختمان‌های تحت پوشش در مناطق دارای فرونشست و تعیین اولویت‌بندی جهت انجام اقدام برای مقابله با اثرات فرونشست.
	کاهش اتلاف مصرف آب در بخش کشاورزی	تولید داده‌های مربوط به میزان اتلاف آب در بخش کشاورزی به تفکیک هر منطقه
	پایش فصلی سطح زیرکشت و الگوی کشت	تولید داده‌های برخط مربوط به سطح و نوع الگوی کشت و میزان مصارف آب در بخش کشاورزی به تفکیک هر منطقه
	جلوگیری از کاشت انواع محصولات با مصرف بالای آب	مشخص نمودن مناطق دارای مصرف بیش از حد الگوی مصرف در بخش کشاورزی برای انجام اقدامات لازم
	ارائه شیوه‌های نوین آبیاری و استفاده از روش‌های قطره‌ای یا بارانی	تولید داده‌های برخط مربوط به نحوه آبیاری و کشت برای برنامه‌ریزی مدیریت مصرف و بهبود شیوه‌های آبیاری در بخش کشاورزی به تفکیک هر منطقه
	اصلاح الگوی کشت به سمت محصولاتی با مصرف آبی کم	تعیین سطح کشت و الگوی کشت به تفکیک هر منطقه با توجه به منابع آبی حاضر و آبی و تولید داده‌های برخط از وضعیت فعلی
وزارت صنعت، معدن و تجارت	تدوین برنامه‌ها و دستورالعمل‌های لازم و اجرای آن‌ها برای کاهش استفاده از منابع آب زیرزمینی و جایگزینی آن با سایر منابع آبی	اندازه‌گیری مستمر و برخط مصارف آب در بخش صنعت و استفاده از این داده‌ها برای برنامه‌ریزی و کاهش مصرف براساس میزان آب قابل برنامه‌ریزی و کاهش، جابجایی و الزام به استفاده از پساب تولیدی در صنایعی که به حجم بالایی از آب نیاز دارند. همچنین جانمایی صنایع و کلیه سازه‌ها، تاسیسات و ساختمان‌های تحت پوشش در مناطق دارای فرونشست و
	کاهش و جابجایی صنایعی که برای اداره آن‌ها به حجم بالایی از آب نیاز است	

شهرداری ها	تصفیه آب‌های شهری و استفاده مجدد از آن در آبیاری فضای سبز	تعیین دقیق میزان مصرف و الگوی فضای سبز مناسب به تفکیک مناطق مختلف شهری متناسب با وضعیت آبی آن منطقه
	تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها با هدف تغذیه سفره آب‌های زیرزمینی با همکاری وزارت نیرو از جمله احداث چاه‌های با دهانه فراخ در نقاط مناسب برای جذب روان آب‌های ناشی از باران و برف مدیریت نزولات جوی، روان‌آب‌ها، احیاء و ساماندهی رودخانه‌ها، قنوات، فاضلاب شهری و باز طراحی فضاهای شهری و مسیل‌ها در جهت کمک به بازچرخانی آب	تولید داده‌های مربوط به جهت جانمایی محل‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی و تعیین تاثیرگذاری آن‌ها روی منابع آب زیرزمینی در شهرها
	کمک به مقابله با بحران کم‌آبی و جلوگیری از آسیب زیرساخت‌های شهری	تولید داده‌های مربوط به وضعیت رودخانه‌ها، مسیل‌ها، قنوات، فاضلاب شهری از جمله طول، حجم گذردهی، وضعیت سازه‌ای، میزان تغذیه آبخوان و غیره
	اصلاح ضوابط طرح تفصیلی به منظور افزایش تراوایی سطوح معابر، فضاهای باز و عمومی	تولید نقشه‌های مربوط به زیرساخت‌های شهری و جانمایی کلیه زیرساخت‌ها و ساختمان‌های مهم در مناطق دارای فرونشست و تعیین اولویت بندی جهت انجام اقدام برای مقابله با اثرات فرونشست.
	اعمال نقشه فرونشست روی نقشه‌های جامع و تفصیلی شهرها	تولید نقشه‌های سطوح معابر، فضاهای باز و عمومی شهر از لحاظ میزان تراوایی پیاده‌سازی نقشه پهنه‌بندی خطر فرونشست زمین بر روی طرح‌های جامع و تفصیلی شهرها و اصلاح آن‌ها در صورت لزوم
	تغییر الگوی آبیاری و اجرای روش‌های آبیاری نوین در فضای سبز شهری	تولید داده‌های مربوط به نحوه آبیاری فضای سبز شهری برای برنامه‌ریزی مدیریت مصرف و بهبود شیوه‌های آبیاری در این بخش به تفکیک هر منطقه
	استفاده از گیاهان و درختان با نیاز آبی کم	تولید داده‌های مربوط به سطوح فضای سبز در هر ناحیه و تعیین میزان آب مصرفی به‌صورت برخط
	مرمت و لایروبی قنوات داخل محدوده های شهری	تولید داده‌های مربوط به قنوات شامل طول، حجم گذردهی آب، میزان مصرف و اتلاف و وضعیت کیفی و کمی قنوات در محدوده شهرها
	تغییر الگوی مصرف آب شرب با رعایت قوانین مباحث مقررات ملی ساختمان از جمله الزامات دبی خروجی شیرآلات در میحث ۱۶ مقررات ملی با همکاری سازمان نظام مهندسی جداسازی لوله آب باران از لوله فاضلاب بهداشتی در ساختمانها و نظارت بر اجرای آن	تعیین الگوهای مصرف آب شرب و نظارت بر اجرای قوانین مباحث مقررات ملی ساختمان در جهت مدیریت مصارف آب
	اجرای طرح‌های پخش سیلاب در آبخوان های کشور	تعیین داده‌های مربوط به سیلاب و طرح‌های آبخیزداری و آبخوانداری
سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری ایران		
وزارت آموزش و پرورش، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و سازمان صدا و سیما	افزایش آگاهی عمومی و سازمانی و تقویت مسئولیت اجتماعی و همگانی درخصوص پدیده فرونشست	تولید داده و تولید محتوی به منظور افزایش آگاهی عمومی و سازمانی و تقویت مسئولیت اجتماعی و همگانی درخصوص پدیده فرونشست
سازمان نقشه برداری کشور	تدوین استاندارد تهیه نقشه‌های فرونشست	تهیه دستورالعمل و تدوین استاندارد تهیه نقشه‌های فرونشست
	ارائه نقشه تغییرات سالیانه تراز ارتفاعی و مولفه‌های افقی سطح زمین و پایش فرونشست و تعیین میزان نرخ آن در کشور	تولید نقشه‌های میزان فرونشست زمین و پایش آن در فواصل زمانی مشخص و تعیین میزان نرخ آن در کشور
	راه اندازی پایگاه داده واحد و برخط کشوری پدیده فرونشست	جمع آوری کلیه اطلاعات لازم در خصوص وضعیت فعلی فرونشست، پیش‌بینی وضعیت آتی فرونشست، و اطلاعات لازم برای مدیریت آن با راه اندازی پایگاه داده واحد و برخط کشوری پدیده فرونشست
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور	تهیه و تدوین استاندارد پهنه بندی خطر	تهیه و تدوین استاندارد پهنه بندی خطر
	راه اندازی سامانه داده های ژئوتکنیک کشور	جمع آوری و راه اندازی سامانه داده‌های ژئوتکنیک کشور
	پهنه بندی خطر و ارزیابی ریسک فرونشست	تهیه نقشه پهنه بندی خطر و ارزیابی ریسک فرونشست با لحاظ وضعیت در سال‌های آتی با استفاده از اطلاعات موجود در پایگاه داده واحد و برخط کشوری فرونشست راه اندازی شده در سازمان نقشه برداری کشور
	تعیین مناطق ممنوعه به لحاظ ساخت و سازه‌ای مختلف	تعیین مناطق و پهنه‌های ممنوعه به لحاظ ساخت و سازه‌ای مختلف
	شناسایی و تهیه طرح جامع ساختمان‌ها و زیرساخت‌های ارتباطی، مسکونی، اقتصادی، زیست محیطی، انرژی، آب در معرض فرونشست	تهیه طرح جامع ساختمان‌ها و زیرساخت‌های ارتباطی، مسکونی، اقتصادی، زیست محیطی، انرژی، آب در معرض فرونشست با استفاده از نقشه پهنه‌بندی خطر

وزارت راه و شهرداریها، سازمان نظام مهندسی کشور	بازنگری در مباحث مقررات ملی ساختمان در راستای مدیریت مصرف منابع آب و فاضلاب	انجام مطالعات و تحقیقات لازم در خصوص تدوین آیین نامه و دستورالعمل‌های لازم جهت مطالعه، طراحی و اجرای ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و خطوط انتقال انرژی و تأسیسات مربوطه در مناطق مستعد فرونشست
	تدوین آیین نامه و دستورالعمل‌های لازم جهت مطالعه، طراحی و اجرای ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و خطوط انتقال انرژی و تأسیسات مربوطه در مناطق مستعد فرونشست	
	تدوین آیین نامه و دستورالعمل‌های لازم جهت مقاوم سازی و بهسازی ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و خطوط انتقال انرژی و تأسیسات مربوطه موجود و اماکن تاریخی و محوطه‌های باستانی که دچار فرونشست شده اند یا در معرض آن قرار دارند	
	انجام نظارت دائمی بر اجرای آیین نامه و دستورالعمل‌ها	
سازمان میراث فرهنگی و گردشگری	ارائه طرح‌ها و روش‌های مقاوم سازی المان‌های متنوع میراث فرهنگی	انجام مطالعات و تحقیقات لازم در خصوص ارائه طرح‌ها و روش‌های مقاوم‌سازی المان‌های متنوع میراث فرهنگی و اماکن تاریخی و محوطه‌های باستانی و کنترل اثر فرونشست زمین بر محدوده‌ها، بناها و آثار تاریخی و فرهنگی. انجام آموزشهای تخصصی به کارشناسان ذی‌ربط و انجام بازدیدهای دوره‌ای منظم، درخصوص جلوگیری از توسعه خسارت‌های وارده به بناهای تحت مسئولیت خود
	کنترل اثر فرونشست زمین بر محدوده‌ها، بناها و آثار تاریخی و فرهنگی تحت مسئولیت خود	
	انجام آموزشهای تخصصی به کارشناسان ذی‌ربط و انجام بازدیدهای دوره‌ای منظم، درخصوص جلوگیری از توسعه خسارت‌های وارده به بناهای تحت مسئولیت خود	
مجلس شورای اسلامی	اصلاح قوانین موجود و تصویب قوانین جدید در صورت نقص یا کمبود قوانین موجود درخصوص مدیریت منابع آب، کشاورزی و معضل فرونشست	تعیین نقاط ضعف قوانین مستقیم یا غیرمستقیم موجود مرتبط با بحث فرونشست زمین و تنقیح این قوانین و تصویب قوانین جدید و اختصاص ردیف بودجه متناسب با وظایف دستگاه‌ها و سازمان‌های مختلف جهت اجرای قوانین مرتبط با موضوع فرونشست و نظارت قوی بر اجرای قوانین
	اختصاص ردیف بودجه جهت اجرای قوانین مرتبط با موضوع فرونشست	
	تدوین قوانین لازم و نظارت قوی	
کلیه دستگاه‌ها اجرایی (دستگاه‌های موضوع ماده ۵ قانون مدیریت خدمات کشوری (مصوب ۱۳۸۶))	تهیه و تدوین نقشه خطرپذیری فرونشست زمین و همچنین تهیه دستورالعمل‌ها و ضوابط طراحی، اجرایی و بهسازی برای زیرساخت‌ها، سازه‌ها، مستحذات و تأسیسات خود و همچنین تعیین اولویت‌های اجرایی خود	تهیه و تدوین نقشه خطرپذیری فرونشست زمین برای زیرساخت‌ها، سازه‌ها، مستحذات و تأسیسات خود و همچنین تهیه دستورالعمل‌ها و ضوابط طراحی، اجرایی و بهسازی و تدوین برنامه و طرح‌های پیشگیری و مقاوم‌سازی زیرساخت‌ها، سازه‌ها، مستحذات و تأسیسات خود در برابر خطرات فرونشست زمین، براساس اولویت‌های اجرایی تعیین شده