

۱ بررسی جایگاه سامانه زیرساخت داده‌های مکانی ملی در مدیریت بحران‌ها با تاکید بر فرونشست زمین در

۲ ایران

۳ چکیده

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

۱۵
۱۶
۱۷ کلید واژه‌ها: سامانه زیرساخت داده‌های مکانی، فرونشست، مدیریت داده، مدیریت بحران، ایران

۱۸ ۱-مقدمه و بیان مسئله

۱۹ داشتن اطلاعات یکی از نیازهای اساسی و اولیه جهت مدیریت مسائل گوناگون بوده و بدون وجود اطلاعات دقیق، قابل اعتماد و
۲۰ به‌هنگام امکان مدیریت بهینه مسائل وجود نخواهد داشت. فقدان اطلاعات لازم می‌تواند سبب تطویل در تصمیم‌گیری و اجرا شده،
۲۱ هزینه‌های مترتب را بشدت افزایش داده و موجب شود نتیجه مورد انتظار حاصل نگردد. لذا تمامی مدیران و تصمیم‌گیران سازمان‌ها
۲۲ و دستگاه‌ها و کاربران تخصصی و عمومی جهت انجام امور مختلف تصمیم‌سازی، تصمیم‌گیری، مدیریت، برنامه‌ریزی، اجرا و حتی
۲۳ عملیات روزمره نیازمند داشتن اطلاعات لازم و به‌روزرسانی شده می‌باشند. از آنجا که بسیاری از اطلاعات موردنیاز جهت اهداف
۲۴ فوق، دارای ماهیتی مکانی است لذا جهت دستیابی به توسعه پایدار، باید تولید، دسترسی و به‌کارگیری داده‌های مکانی مناسب در
۲۵ فرآیند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی به نحو مطلوب در اختیار کاربران باشد. از اینرو امروزه در برنامه بسیاری از دولت‌ها در سطوح
۲۶ مختلف، ایجاد زیرساخت داده مکانی (Spatial Data Infrastructure) که به اختصار (SDI) نامیده می‌شود مورد توجه قرار گرفته
۲۷ است. زیرساخت داده‌های مکانی (SDI)، زیرساختی است که کشف، دسترسی، مدیریت، توزیع، استفاده مجدد و حفظ منابع
۲۸ جغرافیایی دیجیتال را از طریق منابع مختلف شامل نقشه‌ها، داده‌ها، خدمات مکانی و ابزارها تسهیل می‌کند.
۲۹ یکی از کاربردهای بسیار حیاتی SDI در مدیریت بحران‌های طبیعی است. بحران‌ها غالباً پدیده‌هایی چندبعدی هستند که مدیریت
۳۰ آن‌ها نیازمند شناخت ابعاد مختلف و استفاده از اطلاعات دستگاه‌های متعدد است. اهمیت این موضوع بویژه با افزایش شمار
۳۱

زیرساخت‌های در معرض خطر از یک سو و ازدیاد اشکال، جمعیت تحت تاثیر و تنوع خطرها از سوی دیگر در سال‌های اخیر پررنگ‌تر شده است. در این شرایط مدیریت بحران امری پیچیده بوده و به علت تعدد و گستردگی سازمان‌ها و ذی‌نفعان درگیر و منابع اطلاعاتی، نیازمند یکپارچه‌سازی داده‌ها و اطلاعات می‌باشد (Mehdi Nia, 2013). از آنجایی که ایران از لحاظ بحران‌های طبیعی و جمعیت تحت تاثیر، جزء ۱۰ کشور اول دنیا قرار دارد این موضوع اهمیت ویژه‌ای دارد اما با این وجود بدلیل به نبود سامانه زیرساخت داده مکانی جامع، امکان مدیریت یکپارچه کاهش ریسک بحران در حال حاضر میسر نبوده و در نتیجه، شاهد تحمیل خسارت‌های مضاعف می‌باشیم. لذا 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 می‌باشد. از آنجا که این موضوع بویژه در خصوص بحران فرونشست و نقشی 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 بنابراین در این پژوهش تلاش شده به بررسی جایگاه SDI در مدیریت بحران‌ها بویژه فرونشست زمین در ایران پرداخته شود. با عنایت به موارد اشاره شده در ادامه مختصری در رابطه با سامانه زیرساخت مکانی و اجزای کلیدی آن توضیح داده شده و بعد از بیان کلیاتی در رابطه با فرونشست زمین به نقش سامانه زیر ساخت داده‌های مکانی در مدیریت این بحران و اقدامات لازم جهت این امر به تفصیل اشاره شده است.

۴۴

۴۵

۲- مرور ادبیات

پیدایش زیرساخت‌های داده‌های مکانی (SDI) ارتباط نزدیکی با تلاش‌های صورت گرفته 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 سنجنش از راه دور و موقعیت‌های GPS در کشورهای مختلف تولید و جمع‌آوری شده‌اند. علیرغم 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، چالش برانگیز و بعضاً مشکل و نشدنی است (Li et al., 2016). در کنار این مشکلات، حجم داده‌های مازاد زیادی وجود دارد که یا بی‌استفاده بوده یا تکراری می‌باشند که در نتیجه آن پول و منابع انسانی زیادی در جمع‌آوری و نگهداری این داده‌های تکراری به هدر می‌رود (Rajabifard, 2005; Williamson, 2001; Maguire and Longley, 2005). این مشکلات سبب شد بسیاری از کشورهای دنیا به منظور برنامه ریزی و هماهنگی زیرساخت‌های داده‌های مکانی اقدام نمایند. در ایالات متحده، یک زیرساخت ملی داده‌های مکانی (National Spatial Data Infrastructure) که به اختصار NSDI نامیده شده و طبق تعریف شامل «فناوری، سیاست‌ها، استانداردها و منابع انسانی لازم برای کسب، پردازش، ذخیره، توزیع و بهبود استفاده از داده‌های مکانی است» در سال ۱۹۹۳ برای ارائه دسترسی استاندارد به منابع اطلاعات جغرافیایی شروع بکار کرد (National Research Council, 1993; Longley et al., 2001; Maguire, 2005). بطور کلی می‌توان گفت زیرساخت داده‌های مکانی، دارای مزایایی به شرح زیر می‌باشد:

۵۸

۵۹

۶۰

- تسهیل در تبادل، ادغام و بکارگیری داده‌های مکانی
- افزایش منافع اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی

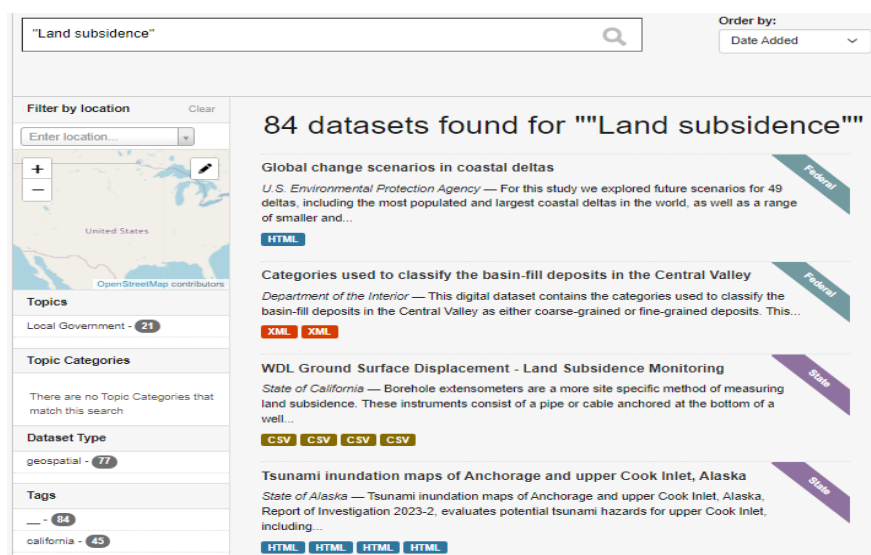
- تسهیل در توسعه بازار اطلاعات ۶۱
- نقش کلیدی در دولت الکترونیک و افزایش شفافیت فعالیت‌های دولتی (Georgiadou et al., 2006) ۶۲
- ارائه خدمات نوین و بهینه به کاربران با استفاده از فناوری اطلاعات ۶۳
- افزایش خدمات و امنیت اجتماعی با بکارگیری اطلاعات مکانی در مدیریت بحران ۶۴
- ایجاد فرصت‌های شغلی جدید (Ralston, 2004) ۶۵
- برگشت اقتصادی چشم‌گیر. تحقیقات بین‌المللی نشان داده که با هر یک واحد سرمایه‌گذاری در این حوزه، سه تا پانزده ۶۶
- برابر برگشت سرمایه خواهیم داشت. ۶۷
- توسعه پایدار در تمامی امور (Nebert, 2009). ۶۸
- ۶۹
- ۷۰

۱-۲- اجزای کلیدی در زیرساخت داده‌های مکانی

- براساس تعریف دستورالعمل ایجاد زیرساخت داده‌های مکانی که توسط سازمان برنامه و بودجه ارائه شده است زیرساخت داده‌های ۷۱
- مکانی، مجموعه‌ای از سیاست‌ها، استانداردها، شبکه‌های دسترسی، داده‌های مکانی، سازمان‌ها و مردم می‌باشد که امور مختلف ۷۲
- تولید، جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، دسترسی و استفاده بهینه از داده‌های مکانی را در حوزه مشخصی تسهیل و هماهنگ می‌سازد ۷۳
- (Instruction No. STD01-O01CY0004D, 2023). یک SDI کارآمد برای دستیابی به اهداف تعیین شده علاوه بر منابع ۷۴
- جغرافیایی دیجیتال، به سخت‌افزار، نرم‌افزار، افراد، سازمان‌ها، استانداردها، خط‌مشی‌ها و همچنین ارتباطات موثر بین جوامع و ۷۵
- سازمان‌ها و حتی کشورها نیاز دارد. در ادامه به بررسی پورتال‌های جغرافیایی، فراداده‌ها و توابع جستجو که سه جزء کلیدی یک ۷۶
- SDI معمولی هستند می‌پردازیم. ۷۷
- ژئوپورتال‌ها دروازه‌های ورودی به وب هستند که دسترسی به منابع مکانی را فراهم می‌کنند (Tait, 2005). ژئوپورتال‌ها قابل ۷۸
- مشاهده‌ترین بخش SDI‌ها بوده که از طریق آن افراد می‌توانند منابع جغرافیایی را جستجو و پیدا کنند. شکل ۱ یک ژئوپورتال ۷۹
- داده‌های در دسترس دولت ایالات متحده (Data.gov) می‌باشد که به عنوان مثال نتایج حاصل از جستجوی کلمه کلیدی ۸۰
- "فرونشست زمین" که توسط کاربر در نوار جستجو نوشته شده را نشان می‌دهد. ۸۱
- فراداده اسناد و مدارکی در خصوص محتوا و فرآیند تولید منابع جغرافیایی فراهم می‌کند. فراداده اغلب اطلاعات مربوط به داده‌ها ۸۲
- نامیده شده و شامل اطلاعاتی مانند عناوین، توضیحات، دسته‌بندی داده‌ها، مکان و زمان جمع‌آوری داده‌ها، گردآورنده‌ها، ۸۳
- سیستم‌های مختصات مورد استفاده و روش‌های پاکسازی و پردازش داده‌ها است. فراداده‌ها نقش کلیدی در SDI‌ها برعهده دارند ۸۴
- و به پورتال‌های جغرافیایی این امکان را می‌دهند که منابع جغرافیایی را بر اساس مکان، زمان، ویژگی‌های موضوعی، انواع داده‌ها، ۸۵
- سال‌های انتشار، گردآورندگان داده‌ها و بسیاری از شرایط دیگر که به طور صریح یا ضمنی در جستجوهای کاربر مشخص شده ۸۶
- است، پیدا و رتبه‌بندی کنند. در آمریکا، برای اطمینان از کیفیت فراداده و تعریف استانداردهای یکسان کمیته داده‌های جغرافیایی ۸۷
- فدرال (FGDC) از سال ۲۰۱۰ مسئول هماهنگی و توسعه استانداردهای فراداده بوده و یک سری استانداردهای بین‌المللی فراداده ۸۸

مانند استانداردهای سری ISO 19100 را برای ارتقای زیرساخت داده‌های مکانی جهانی (Global Spatial Data Infrastructure) ۸۹ معرفی کرده است. ۹۰

۹۱

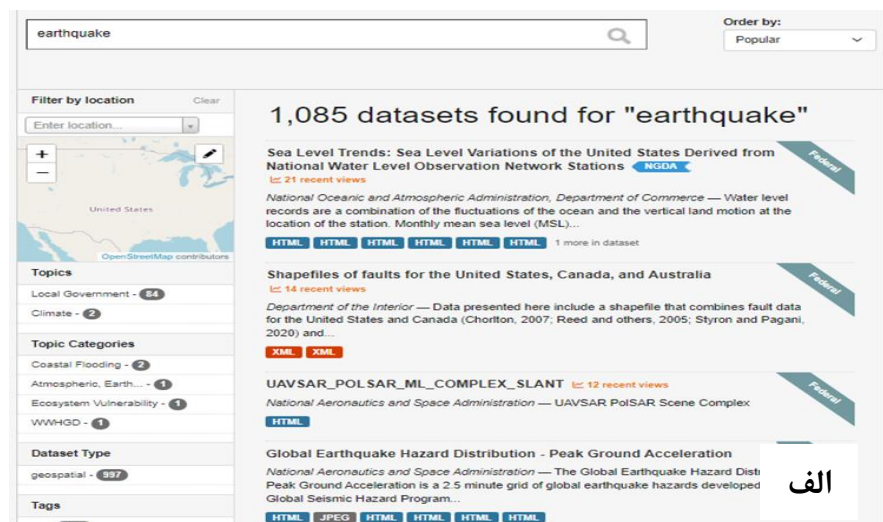


۹۲ شکل ۱- فهرستی از نتایج جستجو شده برای فرونشست در ژئوپرتال ایالت متحده آمریکا (منبع: داده‌های باز پورتال دولت آمریکا <https://data.gov>) ۹۳

۹۴

توابع جستجو نیز از اجزای کلیدی در زیرساخت داده‌های مکانی هستند که از طریق آن کاربران، منابع را در SDI کشف و استفاده ۹۵ می‌کنند. اغلب دو نوع تابع جستجو شامل جستجوی مبتنی بر متن (مشابه موتورهای جستجوی وب) و جستجوی مبتنی بر نقشه ۹۶ بکار می‌روند. امروزه توابع جستجو در SDI توسط محققان در حال توسعه و بهبود می‌باشد. یکی از پیشرفت‌هایی که باید در ۹۷ جستجوی متنی صورت پذیرد جایی است که نیاز است یک انتقال از جستجوی مبتنی براساس "کلمه کلیدی" به جستجوی ۹۸ "معنایی" انجام شود. جستجو براساس "کلمه کلیدی"، تطابق بین کلمات کلیدی ورودی توسط کاربران و توضیحات متنی منابع ۹۹ را بررسی می‌کند. بنابراین، اگر کاربر در قسمت جستجو عبارت "جاده" را تایپ کند، عملکرد جستجو نمی‌تواند منابع برچسب ۱۰۰ گذاری شده به‌عنوان "خیابان" را پیدا کند. هدف "جستجوی معنایی"، تطبیق منابع با پرسش‌های کاربر براساس معنی ۱۰۱ (معناشناسی) جستجوهاست. لذا می‌تواند داده‌ها و سرویس‌های مرتبط را حتی اگر دقیقاً با کلمات مشابه برچسب‌گذاری نشده ۱۰۲ باشند شناسایی کند. تلاش‌هایی برای جستجوی معنایی شامل استفاده از بسط جستجو مبتنی بر هستی‌شناسی (Lutz and ۱۰۳ Klien, 2006)، استدلال معنایی مبتنی بر قانون (Li, Zhou and Wu, 2016) و جستجوی شکلی (Hostetter, 2006) در حال ۱۰۴ انجام است (Hu and Li, 2017). شکل ۲ نمونه‌هایی از جستجوی کلمه "زلزله" (شکل ۲-الف) و کلمه "فاجعه طبیعی" (شکل ۲-ب) ۱۰۵ را در سامانه Data.gov نشان می‌دهد. در حالی که زمین لرزه به طور کلی به عنوان یک نوع فاجعه طبیعی در نظر گرفته ۱۰۶ می‌شود، با این حال، جستجوی کلمه "زلزله"، رکوردهای تطبیقی بیشتری را نسبت به جستجوی "فاجعه طبیعی" ارائه می‌نماید، ۱۰۷ که نشان می‌دهد عملکرد جستجو براساس تطبیق کلمه کلیدی ساده احتمالاً بهتر انجام شده است. ۱۰۸

۱۰۹



۱۱۰

۱۱۱ شکل ۲- جستجوی موضوعات براساس عناوین مختلف در پایگاه داده Data.gov. (منبع: داده‌های باز پورتال دولت آمریکا <https://data.gov>)

۱۱۲

۱۱۳

۲-۲- نقش زیرساخت داده‌های مکانی در مدیریت بحران

۱۱۴ مدیریت بحران شامل پیش‌بینی‌ها و اقدامات قبل از شروع بحران تا پایان حادثه و عملیات پس از آن می‌شود. در تمامی این مراحل

۱۱۵ مدیریت کارآمد جز با یکپارچگی و جامع‌نگری محقق نمی‌شود. در این راستا سامانه زیرساخت اطلاعات مکانی، بستر لازم برای

۱۱۶ ایجاد مدیریت یکپارچه در کمترین زمان ممکن را از طریق داشتن بانک اطلاعات مکانی به‌روز، جامع و دقیق از امکانات، تجهیزات،

۱۱۷ نیروی انسانی و دسترسی‌ها در کنار اطلاعات مربوط به وضعیت کنونی حادثه فراهم می‌کند. مطالعات قبلی در کشورهای مختلف

۱۱۸ نشان داده که وجود این سامانه چارچوب مناسبی برای مدیریت اطلاعات مکانی در شرایط بحرانی فراهم می‌کند (Mansourian, 2005).

۱۱۹ به‌عنوان مثال سیستم ملی مدیریت سوانح (NIMS) که بخشی از برنامه‌های آژانس مدیریت اضطراری فدرال در آمریکا

۱۲۰ می‌باشد، یک سیستم نظام‌مند اشتراک‌گذاری داده‌ها به منظور یکپارچه‌سازی همکاری سازمان‌ها و ادارات دولتی در تمام سطوح با

۱۲۱ هدف مدیریت بحران و تهدیدهاست. در ژاپن نیز براساس تجارب زلزله‌های پیشین، نظام مدیریت بحران ژاپن به‌صورت یک سیستم

۱۲۲ یکپارچه مدیریت بحران توسعه یافته و این سیستم با تبادل صحیح اطلاعات بین سازمان‌های مربوطه، امکان تصمیم‌گیری سریع و

مناسب برای عملیات پاسخگویی را فراهم می‌نماید (Hosseini Jenab, 2012). این زیرساخت دارای یک پایگاه داده، یک مرکز ۱۲۳ تبادل داده و یک پورتال است (Kohler Watcher, 2006). در چین نیز یک سیستم یکپارچه اطلاعات مدیریت بحران‌های طبیعی ۱۲۴ (ISNDM) در مرکز کاهش فاجعه آکادمی علوم چین در بستر GIS ایجاد گردیده که شامل ۵ بخش اصلی اطلاعات پیش زمینه ۱۲۵ بحران، اطلاعات اجتماعی و اقتصادی، ارزیابی بحران، پایگاه داده فاکتورهای ناشی از بحران و پایگاه داده توصیف نظام‌مند بحران ۱۲۶ می‌باشد. در زمینه جمع‌آوری اطلاعات، این سیستم می‌تواند اطلاعات هم‌زمان بحران را از منابع مختلف مانند وزارتخانه‌ها، سازمان‌ها، ۱۲۷ استان‌ها و شهرستان‌ها دریافت کند (Wu and Zhang, 2009). علیرغم مشخص بودن نقش حیاتی وجود سامانه زیرساخت مکانی ۱۲۸ در مدیریت بحران‌ها اما متأسفانه این زیرساخت در ایران بدلائل مختلف آن چنان که باید توسعه نیافته است. این امر ما را برآن ۱۲۹ داشت که در این پژوهش به این موضوع بپردازیم.

۱۳۰

۱۳۱

۱۳۲

۳- روش‌شناسی

این تحقیق از نوع کاربردی و با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی (Content Analysis) و دسته‌بندی است که با کمک ابزار ۱۳۳ مطالعات کتابخانه‌ای و استفاده از نظرات متخصصین در ۴ فاز انجام شده است. در فاز اول با جستجوی کلید واژه‌های مربوطه از ۱۳۴ جمله زیرساخت داده مکانی، SDI، مدیریت بحران، فرونشست زمین در پایگاه‌های معتبر تعداد ۱۹۶ سند (شامل مقالات علمی، ۱۳۵ گزارش‌های سازمانی و قوانین) شناسایی و پس از حذف موارد تکراری و نامرتبط، بالغ بر ۵۰ سند برای تحلیل نهایی انتخاب شد. ۱۳۶ همچنین ۱۶ سند قانونی مرتبط با مدیریت آب، فرونشست و مدیریت بحران (شامل قوانین برنامه توسعه، قانون توزیع عادلانه آب، ۱۳۷ قانون مدیریت بحران و غیره) به طور کامل مطالعه و تحلیل محتوا شد. در فاز دوم شناسایی و انتخاب مشارکت‌کنندگان ۱۳۸ شامل اساتید دانشگاهی و مدیران سازمان‌های متولی صورت پذیرفت. معیارهای انتخاب عبارت بودند از: (۱) اساتید با حداقل ۱۰ ۱۳۹ سال سابقه مطالعات علمی مرتبط در دانشگاه‌های معتبر، (۲) تجربه کار مطالعاتی در زمینه‌های مرتبط در یکی از سازمان‌های ۱۴۰ کلیدی (وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان نقشه‌برداری، سازمان زمین‌شناسی، سازمان مدیریت بحران، شهرداری‌ها، وزارت ۱۴۱ راه و شهرسازی و غیره) و (۳) داشتن سمت مدیریتی یا کارشناسی در حوزه‌های مرتبط. در نهایت ۵۰ نفر انتخاب شدند. در فاز ۱۴۲ سوم مصاحبه‌های حضوری با افراد فوق با تاکید بر وضعیت فرونشست در ایران و جهان، راهکارهای مواجهه و کنترل آن، مشکلات ۱۴۳ و موانع قانونی و اجرایی در موضوع فرونشست در ایران و کمبودها و چالش‌های مدیریت بحران فرونشست صورت گرفت. در نهایت ۱۴۴ در فاز چهار با انجام تحلیل کیفی، داده‌ها در ۵ تم اصلی (شامل شناخت پدیده، پایش، کنترل، علاج بخشی و مقاوم‌سازی و ۱۴۵ پیش‌بینی) دسته‌بندی گردید. در ادامه نیز راهکارهای بدست آمده، با توجه به ساختار نظام سیاسی، اداری و حاکمیتی ایران و ۱۴۶ همچنین قوانین بالادستی و شرح وظایف قانونی تعریف شده، بازتعریف و وظایف انفرادی و گروهی دستگاه‌ها و سازمان‌های مسئول ۱۴۷ در مدیریت فرونشست تعیین گردید. همچنین در کنار تعیین وظایف، اطلاعات و داده‌های موردنیاز و مسئولیت هر یک از دستگاه‌ها ۱۴۸ در تولید و به اشتراک‌گذاری داده‌های SDI ملی مشخص گردید. در انتها نیز با بررسی مدل‌های مختلف ارتباطی بین دستگاه‌ها در ۱۴۹ ایران و با توجه به شرایط و حساسیت‌های فنی و سیاسی در کشور مدل مناسب و بهینه برای SDI ملی بررسی گردید.

۱۵۰

۱۵۱

۴- نتایج

فرونشست زمین پدیده‌ای ژئوتکنیکی است که در آن تراز سطح زمین در اثر تراکم لایه‌های زیرین کاهش می‌یابد (Kiani et al., 152). منشا این پدیده می‌تواند ناشی از عوامل طبیعی یا به‌علت فعالیت‌های انسانی از جمله تغییرات تراز آب‌های زیرزمینی، 153 حرکات تکتونیکی، خروج گدازه‌ها، عملیات انسانی همانند معدن کاری یا برداشت آب زیرزمینی یا نفت باشد (Allaby, 2013; 154; Galloway et al., 2016; Herrera et al., 2021 و Hosseini et al., 2023). در سال‌های اخیر در بسیاری از مناطق دیگر جهان، 155 منشا اصلی ایجاد فرونشست‌ها به علت بهره‌برداری بیش از حد آب‌های زیرزمینی بوده است (Nikdel, 1992) و (Abidin et al., 156; 2015). در ایران نیز این پدیده عمدتاً بی‌بازگشت به دلیل عدم توازن در ورودی و خروجی آب‌های زیرزمینی باعث مخاطرات زیادی 157 گردیده است (Payne et al., 2025). هنگامی که آب از آبخوان خارج می‌شود، فشار سیال بین دانه‌های خاک کاهش می‌یابد اما 158 فشار ناشی از وزن لایه‌سربار ثابت و در نتیجه تنش مؤثر عمودی خاک افزایش می‌یابد. این پدیده منجر به کاهش حجم خاک و 159 فرونشست زمین می‌شود. در چنین شرایطی راهکارهای بکاررفته برای جلوگیری از تداوم فرونشست، مدیریت برداشت منابع آب 160 زیرزمینی می‌باشد (Ye et al., 2016) و (Sarbaz and Aghamiri, 2023). براساس تحقیقی که سال 2023 توسط دانشگاه کلرادو 161 با همکاری دانشگاه هامبورگ انجام شده، ایران بعد از فیلیپین رتبه دوم بیشترین میانگین فرونشست زمین در دنیا و همچنین رتبه 162 سوم از نظر وسعت مناطق تحت تاثیر فرونشست را بعد از چین و اندونزی دارد (Davydzenka et al., 2024). همچنین براساس 163 مطالعات و آمار در حال حاضر نرخ فرونشست در ایران پنج برابر میانگین جهانی است و وجود پهنه‌های فرونشستی وسیع در ایران 164 موجب شکل‌گیری بحران‌های فزاینده گردیده است (Motagh, et al., 2017; Haghshenas and Motagh, 2021). بحران فرونشست 165 یک بحران چندوجهی بوده و نحوه کنترل، مدیریت و مواجهه با آن نیز صرفاً جز وظایف یک دستگاه نبوده و نیازمند ارتباط و 166 اقدامات بین دستگاهی و سازمانی می‌باشد. لذا ابتدا ضمن تعیین اقدامات لازم برای مواجهه با این بحران و تعیین وظایف دستگاه‌های 167 مختلف، داده‌ها و اطلاعاتی را که باید این دستگاه‌ها تولید و به اشتراک‌گذاری نمایند نیز مشخص شد. 168 در این پژوهش تلاش بر این بود برخلاف مطالعات قبلی که به صورت کلی به راهکارهای مواجهه با فرونشست می‌پردازد، ریزاقدامات 169 اجرایی در تمامی جنبه‌های مؤثر در بحران فرونشست از جمله در پایش نرخ فرونشست، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی و خطر، راهکارهای 170 مؤثر در پیشگیری و کنترل فرونشست، مقاوم‌سازی و بهسازی مستحقات و زیرساخت‌ها و نظارت و تدوین قوانین لازم تعیین 171 گردد. در حال حاضر در زمینه فرونشست قوانین مستقیم و غیرمستقیم زیادی وجود دارد از جمله قانون تأسیس وزارت نیرو مصوب 172 1353/11/28، قانون توزیع عادلانه آب مصوب 1361/12/16، سیاست‌های کلی نظام در زمینه منابع آب ابلاغی سال 1379، 173 ضوابط ایجاد تعادل بین منابع و مصارف آب مصوبه شماره 85166/ت 35378 ه 1387/5/29 هیئت وزیران، مصوبات جلسه 115م 174 شورای عالی آب (1393/06/25)، سند ملی آمایش سرزمین، سازمان برنامه و بودجه کشور مصوب 1399/12/11، ماده 35 قانون 175 برنامه پنج ساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (1396-1400) مجلس شورای اسلامی، برنامه 176 مصوب کارگروه ملی سازگاری با کم‌آبی تصویب نامه 1396/12/12 هیات وزیران و قانون مدیریت بحران کشور مصوب 1398/5/7. 177 اما این قوانین عمدتاً به موضوع کنترل فرونشست به صورت غیرمستقیم یعنی مدیریت منابع آبی و کاهش نرخ فرونشست می‌پردازد 178 و سایر جنبه‌های فرونشست از جمله پایش نرخ فرونشست، نقشه‌های پهنه‌بندی و خطرپذیری، مقاوم‌سازی و بهسازی زیرساخت‌ها 179 و سازه‌های موجود در معرض فرونشست و غیره را در نظر نمی‌گیرند. ضمن اینکه همین قوانین موجود نیز عملاً برای کنترل 180

مدیریت منابع آبی و کاهش نرخ فرونشست چندان مثمرر نبوده است و وضعیت فعلی فرونشست خود گویای ناکارمندی این ۱۸۱ قوانین می باشد. لذا در این پژوهش تلاش شد ریزاقدامات اجرایی دستگاه های مختلف با شناسایی نقاط ضعف و واکاوی علل عدم ۱۸۲ موفقیت قوانین حاضر تهیه و تدوین شود. به عنوان نمونه در جدول ۱ اقداماتی را که باید توسط وزارت نیرو برای مدیریت فرونشست ۱۸۳ در کشور صورت پذیرد آورده شده است. فهرست وظایف کلیه دستگاه ها در جدول پیوست آورده شده است. ۱۸۴

جدول ۱- وظایف وزارت نیرو در مدیریت بحران فرونشست در ایران ۱۸۵

سازمان/دستگاه	اقدامات
وزارت نیرو	تعیین میزان آب قابل برنامه ریزی برای کلیه مناطق کشور
	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 برنامه ریزی ابلاغ شده
	کاهش هدر رفت آب از طریق بازسازی خطوط انتقال، توزیع و شبکه های فرسوده و مخازن
	بازچرخانی آب خاکستری و استحصال آب باران
	بازنگری در میزان پروانه بهره برداری چاه های آب مجاز و کنترل دقیق برداشت با نصب کنتور هوشمند
	اصلاح تعرفه های آب و برق برای جلوگیری از اضافه برداشت ها از منابع آب زیرزمینی
	برخورد با چاه های غیرمجاز حفر شده و پلمپ آنها
	تکمیل بانک آب و تعیین تکلیف مالکیت آب
	تغذیه مصنوعی آبخوان ها با هدف تغذیه سفره آب های زیرزمینی در خارج شهرها
	باز طراحی و اصلاح شبکه های جمع آوری و تصفیه فاضلاب
	راه اندازی تصفیه خانه های محلی و استفاده از پساب آنها در کلان شهرها

۱۸۶
۱۸۷
۱۸۸ **۵- بحث**

پس از تعیین وظایف دستگاه های مختلف، این نتایج مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و به منظور ایجاد و راه اندازی سامانه زیرساخت ۱۸۹ ملی، وظایف دستگاه ها و سازمان های مختلف در تولید و به اشتراک گذاری داده ها و اطلاعات لازم تعیین گردید. همچنین در ادامه ۱۹۰ مدل بهینه ارتباطی دستگاه ها در ایران برای به اشتراک گذاری این داده ها با در نظر گیری داده های لازم در زمینه مواجهه با فرونشست ۱۹۱ زمین مورد بررسی قرار گرفت. ۱۹۲

۱۹۳ **۵-۱- داده های 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 داده ها و اطلاعات مورد نیاز برای مدیریت ۱۹۴ بحران فرونشست توسط دستگاه های مختلف تولید شوند. قبل از تعیین داده های مورد نیاز، لازم است الزامات و نیازمندی های ۱۹۵ ضروری در مدیریت بحران فرونشست از لحاظ جنبه های مختلف تعیین شود. به این منظور با بررسی اقدامات تعریف شده، ۵ بخش ۱۹۶

کلیدی به شرح ذیل تعریف گردید: (الف) شناخت پدیده، (ب) پایش، (پ) کنترل، (ت) علاج بخشی و مقاوم سازی و (ث) پیش بینی ۱۹۷ و تخمین فرونشست. همزمان با تعریف این بخش ها، نقش سامانه زیرساخت داده های مکانی ملی در مدیریت بحران بر مبنای این ۱۹۸ بخش ها نیز بررسی گردید. ۱۹۹

۲۰۰ (الف) شناخت پدیده:

اولین گام در مواجهه با هر بحران، شناخت و درک صحیح از بحران می باشد. براساس تعریف یونسکو فرونشست عبارت است از ۲۰۱ فروریزش یا نشست سطح زمین که به علت های متفاوتی در مقیاس بزرگ روی می دهد. بطور معمول این پدیده به حرکت قائم ۲۰۲ روبه پایین سطح زمین که می تواند با بردار اندک افقی همراه باشد اطلاق می شود. این تعریف پدیده هایی همچون زمین لغزش ها ۲۰۳ (Monroe, 1992) و همچنین نشست خاک های دستی که دارای مکانیسم متفاوتی می باشد را شامل نمی شود (Allaby, 2013). ۲۰۴ استاندارد به این تعریف سبب شده بعضا در مراکز علمی و سطوح مدیریتی، خیلی از نشست هایی که در زمین اتفاق می افتد صرف نظر ۲۰۵ از تفاوت ماهیت، دلایل، مکانیزم وقوع، تاثیرات، روش بررسی و تحلیل و همچنین نحوه پیشگیری و بهسازی به اشتباه فرونشست ۲۰۶ در نظر گرفته شوند (Galloway & Burbey, 2011). از این رو ضروری است ابتدا این نشست ها از جمله نشست (Settlement)، ۲۰۷ فروچاله (Sink-hole)، فروریزش (Collapse) و فرونشست (Subsidence) را از هم تفکیک نماییم تا در مورد هریک با شناخت علل ۲۰۸ پیدایش، چگونگی رخداد و تاثیرات آن بتوانیم راهکارهای کنترلی، بهسازی و طراحی را تعیین نماییم (Sarbaz and Aghamiri, 2023). ۲۰۹ این امر نیازمند لایه های اطلاعاتی مختلف و وجود سامانه ای برای به اشتراک گذاری آن ها است تا بتوان فرونشست را از ۲۱۰ سایر پدیده های مشابه منفک نمود. ۲۱۱

۲۱۲ (ب) پایش:

به منظور تعیین مناطق دارای فرونشست لازم است پایش تغییرات مکانی سطح پوسته زمین بصورت دائمی صورت پذیرد. در حال ۲۱۳ حاضر سازمان نقشه برداری کشور به عنوان متولی پایش تغییرات هندسی، اعم از تغییرات ارتفاعی، ثقلی و مسطحاتی، در حال پایش ۲۱۴ تغییرات تراز ارتفاعی زمین و تعیین نرخ فرونشست بوده و نخستین اطلس فرونشست ایران را در اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۲ ارائه ۲۱۵ کرده است. البته در بحث پایش فرونشست ما علاوه بر داشتن تغییرات ارتفاعی، نیازمند داشتن تغییرات افقی پوسته زمین و ۲۱۶ همچنین محل وقوع ترک های سطحی (فیشرها) می باشیم که باید در نقشه های آتی فرونشست این موارد نیز لحاظ شوند. با وجود ۲۱۷ این اقدامات اما متأسفانه بعضا نتایج و داده های این سازمان تفاوت ها و مغایرت های زیادی با داده های سایر دستگاه ها و مراکز ۲۱۸ مطالعاتی دارد. این امر سبب می شود تصمیم گیری و اولویت سنجی اقدام برای مدیران و تصمیم گیران دچار خطاهای فاحشی گردد. ۲۱۹ لذا برهم نهدی و یکپارچه سازی اطلاعات و داده ها و تولید نقشه ها و اطلاعات واحد امری ضروری و اساسی در مدیریت بحران فرونشست ۲۲۰ به شمار می رود. بدیهی است استفاده از اطلاعات سایر دستگاه ها در کنار تدوین استاندارد تهیه نقشه و دستورالعمل انجام کار ۲۲۱ می تواند در تدقیق اطلاعات و بروزرسانی آن ها بسیار مؤثرتر بوده و منجر به ارائه داده و اطلاعات واحدی برای تصمیم سازی ۲۲۲ مدیران گردد. در این بخش وجود یک سامانه ملی برای به اشتراک گذاری داده ها، ایجاد ساختار و رویه ای واحد و نهایتا ارائه ۲۲۳ نقشه های دقیق و یکسان امری ضروری در مدیریت بحران است. ۲۲۴

۲۲۵ (پ) کنترل

یکی از اقدامات لازم برای مواجهه با پدیده فرونشست، کنترل نرخ فرونشست و پیشگیری از وقوع و گسترش فرونشست در مناطق ۲۲۶ دارای پتانسیل می‌باشد. براساس آمار، اغلب فرونشست‌های اتفاق افتاده در ایران ناشی از متعادل نبودن میزان آب ورودی و خروجی ۲۲۷ آبخوان‌ها می‌باشد لذا راه مهار این پدیده هم مدیریت برداشت‌هاست. تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها از طریق هدایت جریان‌های سطحی ۲۲۸ و افزایش پروژه‌های آبخیزداری، کاهش برداشت از آب‌های زیرزمینی با اصلاح الگوی کشت، افزایش بهره‌وری و اصلاح یا تغییر ۲۲۹ روش‌های آبیاری، تولید محصولات با آب‌بری کم، تعطیلی چاه‌های غیرمجاز، کنترل برداشت چاه‌های مجاز، عدم اعطای مجوز ۲۳۰ چاه‌های جدید، استفاده از آب‌های سطحی و تصفیه شده جهت مصارف غیرشرب و فضای سبز، انتقال صنایع آب‌بر از مناطق دارای ۲۳۱ فرونشست، بازچرخانی پساب صنایع، کاهش مصارف شرب، اعمال قانون و تشدید موارد نظارتی بر مصرف کنندگان از جمله اقداماتی ۲۳۲ است که در کشورهای مختلف برای کنترل فرونشست صورت گرفته است (Sarbaz & Aghamiri, 2023). بدیهی است تمامی این ۲۳۳ اقدامات ممکن است در همه جا و برای تمامی نقاط ایران امکان‌پذیر نبوده و یا نتیجه چندانی به همراه نداشته باشد. لذا استفاده از ۲۳۴ آن‌ها برای هر منطقه نیازمند بررسی همه جانبه داده‌ها و اطلاعات و شرایط بومی و منطقه‌ای از جمله داشتن اطلاعات داده‌های ۲۳۵ متنوع از جمله تعداد، موقعیت و میزان برداشت از چاه‌های مجاز و غیرمجاز، وضعیت کشت از لحاظ وسعت، نوع محصول، میزان ۲۳۶ آب‌بری، وضعیت جنس لایه‌های زمین، اطلاعات هواشناسی به لحاظ درجه حرارت، نوع، حجم و وسعت بارش، تبخیر، پدیده‌های ۲۳۷ جوی، تغییر سطح تراز آبخوان، موقعیت و حجم مصرف کاربران آب به تفکیک مصارف کشاورزی، صنعت، شرب و فضای سبز و ۲۳۸ لحاظ موقعیت و پراکندگی آن و غیره می‌باشد. از این رو وجود سامانه زیرساخت برخط برای کنترل و کاهش فرونشست و انجام ۲۳۹ تمهیدات اثربخش ضروری است.

۲۴۰

۲۴۱ (ت) علاج‌بخشی و مقاوم‌سازی:

با توجه به اینکه پدیده فرونشست پدیده‌ای وابسته به زمان بوده و با فرض متوقف کردن کامل برداشت آب زیرزمینی، تحکیم ۲۴۲ لایه‌های زمین و در نتیجه فرونشست زمین همچنان ادامه دار خواهد بود لذا در کنار کنترل نرخ فرونشست، باید از گسترش آثار ۲۴۳ فرونشست بر روی جنبه‌های مختلف زندگی در مناطق تحت تاثیر جلوگیری کرده و تاب‌آوری ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و شریان ۲۴۴ های حیاتی را افزایش دهیم. از طرف دیگر برای سازه‌هایی که در حال حاضر تحت تاثیر فرونشست قرار گرفته‌اند و آسیب دیده‌اند ۲۴۵ نیز باید اقدامات علاج‌بخشی صورت گیرد. این اقدامات، نیازمند داشتن لایه‌های اطلاعاتی از جمله شرایط ژئوتکنیکی، موقعیت ۲۴۶ مکانی، مشخصات کاربری و سازه‌ای زیرساخت‌ها و شریان‌ها و سایر اطلاعات موردنیاز جهت افزایش تاب‌آوری و در نهایت علاج‌بخشی ۲۴۷ می‌باشد. لذا باید دستگاه‌های مختلف مکلف شوند این اطلاعات را در سامانه‌ای برخط ایجاد و بارگذاری نمایند تا در کنار تدوین ۲۴۸ دستورالعمل‌های مربوطه و اصلاح نقشه‌های تفصیلی و طرح‌های توسعه‌ای، بتوان اقدامات مقاوم‌سازی و علاج‌بخشی را طراحی و ۲۴۹ پیاده نمود.

۲۵۰

۲۵۱ (ث) پیش‌بینی و تخمین فرونشست:

به‌منظور مدیریت بحران و پیش‌بینی خطرات ناشی از فرونشست در سال‌های آتی، باید نسبت به برآورد و پیش‌بینی آتی فرونشست ۲۵۲ در مناطق مختلف اقدام شود. این امر بویژه در گسترش طرح‌ها و پروژه‌های فعلی و طرح‌های توسعه‌ای جدید نقش کلیدی دارد. ۲۵۳ تعیین احتمال وقوع فرونشست و پیش‌بینی میزان گستره و شدت آن در طی زمان با انجام تحلیل‌های پیچیده و آن‌هم با داشتن ۲۵۴

اطلاعات و داده‌های مختلف امکان‌پذیر می‌باشد که هر بخش از آنها ممکن است توسط یک یا چند دستگاه مختلف تهیه شوند. لذا ۲۵۵

برای مدیریت یکپارچه، نیازمند اشتراک‌گذاری داده‌ها توسط دستگاه‌های ذیربط در یک سامانه برخط ملی می‌باشیم. تاکنون ۲۵۶

روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی فرونشست زمین از جمله مدل‌سازی عددی (Ferronato et al., 2001)، روش‌های تحلیلی ۲۵۷

۲۵۸ Du and Olson, 2001; Mehrabian and Abousleiman, 2015; Segal, 1992; Geertsma, 1973a; Geertsma, 1973b)

روش‌های ۲۵۹ (Asadi and Ataie, 2011; Gravanis, and Sarris, 2023 ; Jayeoba et al., 2019; Chanand Zoback, 2007;

یادگیری ماشین ۲۶۰ (Rajabi et al., 2018; Angorian et al., 2014; Akhundian et al., 2013 Hastie and Tibshirani, 2009)

روش تابع تاثیر (Ataie, 1998) و روش آلپ ریف (Dadashi, 2019) مورد ۲۶۱

استفاده قرار گرفته است. با بررسی تحقیقات قبلی توسط مولفین مشخص گردید که مواردی از جمله نوع، جنس و شرایط خاک ۲۶۲

منطقه، توپوگرافی منطقه، شرایط ژئوهیدرولوژی، سطح اولیه و تغییرات آب در آبخوان، تعداد، چینش و پراکندگی چاه‌های آب ۲۶۳

منطقه، نرخ برداشت آب از چاه‌ها براساس موقعیت مکانی، فرسایش پذیری و شدت عوامل فرسایش دهنده خاک منطقه، ضخامت ۲۶۴

زون غیراشباع منطقه و ارتفاع موینگی آب، همگونی یا ناهمگونی و همسانی یا ناهمسانی رفتاری مصالح خاکی منطقه، تخمین ۲۶۵

مصارف و برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی در سال‌های آتی، مرز آبخوان‌ها و اثرگذاری آن‌ها بر روی هم از اهم داده‌های ورودی ۲۶۶

موثر در تخمین و پیش‌بینی فرونشست محسوب می‌شوند. بدیهی است داشتن این داده‌ها نیازمند استفاده از داده‌های سازمان‌های ۲۶۷

مختلف و وجود سامانه زیرساخت داده‌های مکانی ملی می‌باشد. ۲۶۸

با توجه به موارد فوق، پس از تعیین وظایف به تفکیک دستگاه‌ها و تحلیل صورت گرفته، وظایف دستگاه‌ها و سازمان‌های مختلف ۲۶۹

در تولید و به اشتراک‌گذاری داده‌های لازم به منظور ایجاد و راه‌اندازی سامانه زیرساخت ملی و با لحاظ ۵ بخش کلیدی تعریف ۲۷۰

شده در بالا تعیین گردید. به این منظور اطلاعات و داده‌های موردنیاز برای هر یک از این ۵ بخش به تفکیک با استفاده از مطالعات ۲۷۱

کتابخانه‌ای صورت گرفته و اخذ نظرات اساتید دانشگاهی و مدیران ذیربط تعیین گردید. در انتها نیز مراجع تولید و به اشتراک‌گذاری ۲۷۲

این داده‌ها و اطلاعات در دستگاه‌ها و سایر منابع با لحاظ قوانین بالادستی و ساختار حاکمیتی به گونه‌ای تعیین شد که ضمن ۲۷۳

پرهیز از تداخل وظایف، امکان به اشتراک‌گذاری آن‌ها در یک بستر واحد برای استفاده از سایر کاربران فراهم گردد. به عنوان نمونه ۲۷۴

جدول ۲ اطلاعات و داده‌هایی که باید توسط وزارت نیرو جهت به اشتراک‌گذاری در سامانه زیرساخت ملی به منظور مواجهه با ۲۷۵

بحران فرونشست تهیه شود آورده شده است. ۲۷۶

جدول ۲- داده‌ها و اطلاعات لازم جهت تولید و به اشتراک‌گذاری توسط وزارت نیرو برای مدیریت بحران فرونشست ۲۷۷

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 گذردهی 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

۲۷۸

۲۷۹

۲۸۰

۲-۵- 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 بصورت زیر در نظر ۲۸۱ گرفت. تا قبل استفاده از ابزارهای نقشه‌ای، هیچ نوع اطلاعات مکانی رقومی موجود نبود و کلیه اطلاعات به صورت کاغذی بودند. ۲۸۲ کم‌کم به وسیله نرم افزارها و امکانات مختلف، هر سازمان و نهاد یک نوع پایگاه اطلاعات مکانی ویژه و مختص به خود را به وجود ۲۸۳ آورد. اما این پایگاه‌های داده از نظر ساختار و محیط کاری با یکدیگر متفاوت بودند. در این شرایط، شیوه ارتباط اطلاعات مکانی ۲۸۴ بین سازمان‌های مختلف همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده، اصطلاحاً به صورت مدل اسپاگتی بوده و از قاعده و نظم خاصی ۲۸۵ تبعیت نمی‌کرد. در روش اسپاگتی انتخاب روش و پروتکل، برای ارتباط با پایگاه‌های داده مکانی با صلاحدید بهره‌برداران و با توجه ۲۸۶ به نوع داده‌های مورد نظر صورت می‌گرفت و وحدت رویه‌ای وجود نداشت (Rajabifard & Williamson, 2001). برای مثال، در ۲۸۷ صورتی که شهرداری نیاز به داشتن اطلاعاتی در خصوص شبکه آب و فاضلاب داشته باشد، با برگزاری جلسات و توافق‌های داخلی ۲۸۸ میان خودشان، درباره چگونگی تبادل اطلاعات و داده‌ها با یکدیگر به تفاهم می‌رسند. از معایب این روش می‌توان به اشکال‌های ۲۸۹ افزونگی داده‌ها و سختی تعامل با سایر ارگان‌ها اشاره کرد. در حقیقت، نمی‌توان این روش را مدل نامید، چون نظام خاصی جز ۲۹۰ رقومی شدن سامانه‌ها در آن وجود ندارد. با گذشت زمان و نیاز به ارتباطات و تعاملات گسترده‌تر در سطوح شهری، استانی و ۲۹۱ کشوری، موجب مطرح شدن بحث پایگاه داده‌های استانی گردید (Rajabifard & Williamson, 2001). در این پایگاه، اطلاعات ۲۹۲

مکانی ارگان‌های مختلف به وسیله توافقی‌های صورت گرفته، با شکل و سبک واحد آماده شده و برای استفاده در سطح استانی در ۲۹۳ اختیار کاربران قرار می‌گیرد (شکل ۴). در این روش برای مشخص نمودن اینکه هر اداره متولی تولید چه داده و لایه‌هایی است، ۲۹۴ نیازمند چه داده‌هایی است، حق استفاده و دسترسی به کدام لایه‌ها و اطلاعات را دارد، داده‌ها با چه فرمت و استاندارد تهیه ۲۹۵ شوند، به جلسات متعدد، مشکل و طولانی بحث و گفتگو برای رسیدن به توافقی‌های مورد نظر، احتیاج است. طبیعی است راه‌اندازی ۲۹۶ چنین پایگاه داده‌ای با مشکلاتی همراه می‌باشد. اولین مشکل این است که شکل‌گیری چنین مجموعه‌ای، نیازمند برگزاری جلسات ۲۹۷ متعدد و هماهنگی‌های بین سازمانی می‌باشد که طبیعتاً بخاطر موازی بودن این سازمان‌ها ایجاد این هماهنگی بسیار مشکل و بعضاً ۲۹۸ نشدنی است. قاعدتاً هر چه وسعت مکانی و حوزه مسئولیت‌ها بیشتر شود، هماهنگی و برگزاری جلسات سخت‌تر و طولانی‌تر خواهد ۲۹۹ بود به همین دلیل، چندان مورد استقبال قرار نگرفته است. مشکل دیگر در این زمینه بحث تداخل وظایف و تعریف اقدامات مشابه ۳۰۰ در دستگاه‌های مختلف است که گاهی این امر با ایجاد فضای تضاد منافع مشکلات را بغرنج‌تر نیز می‌نماید. بعضاً یک موضوع خاص، ۳۰۱ در چند سازمان مختلف دارای متولی مجزا هستند که این امر شکل‌گیری اجماع و هماهنگی را بسیار مشکل می‌سازد. مشکل دیگر ۳۰۲ در این خصوص، مسئله به اشتراک گذاری داده‌ها است. در این نوع سیستم تبادلی، اطلاعات باید در جایی خارج از ارگان‌ها متمرکز ۳۰۳ شوند و در اختیار دیگران قرار بگیرند. به طور کلی، موضوع به اشتراک گذاری داده نه تنها در ایران، بلکه در کل دنیا با حساسیت‌ها ۳۰۴ و مقاومت متولیان داده روبروست. این امر در کشور ما که در معرض تهدیدات سایبری فراوان و جاسوسی از اطلاعات می‌باشد ۳۰۵ بویژه درباره اطلاعات و داده‌های مکانی که از حساسیت بیشتری نیز برخوردارند، پررنگ‌تر است. برای ملزم کردن ارگان‌ها به منظور ۳۰۶ به اشتراک گذاشتن داده، نیاز به استفاده از نفوذ و ابزارهای حاکمیتی مقامات بالاتر است. وجود چنین مشکلاتی، سبب شد از پایگاه ۳۰۷ داده توزیع یافته استفاده شود (Manafie and Saraie, 2021). در این حالت، به کمک تکنولوژی‌های جدید نرم افزاری و سخت ۳۰۸ افزاری، دیگر نیاز نیست که همه اطلاعات در یک پایگاه داده به صورت متمرکز مستقر شوند. همانگونه که در شکل ۵ نشان داده ۳۰۹ شده، هر سازمان می‌تواند پایگاه داده مربوط به خود را در ارگان خود نگهداری و از همان محل، عملیات به اشتراک گذاری داده را ۳۱۰ پشتیبانی کند. در این حالت تنها بخشی از اطلاعات متناسب با نیازها و شرح وظایف دستگاه‌های دیگر در اختیار آن دستگاه قرار ۳۱۱ می‌گیرد. این ساختار ضمن برطرف کردن مشکلات فوق می‌تواند امنیت سیستم را بالا برده و در برابر دسترسی بی‌ضابطه اطلاعات ۳۱۲ محرمانه توسط عموم محدودیت‌های تعریف شده‌ای ایجاد نماید و از سوی دیگر با ایجاد امکان به اشتراک گذاری داده‌های مورد نیاز ۳۱۳ سایر دستگاه‌ها در کوتاهترین زمان ممکن نقش بسیار حیاتی در مدیریت بحران ایفا نماید. هرچند که ساختار پایگاه داده توزیع ۳۱۴ یافته نسبت به پایگاه داده متمرکز مزایایی دارد، ولی هنوز هم مشکل اصلی یعنی به اشتراک گذاری داده‌ها باقی است (سند توسعه ۳۱۵ SDI، ۱۳۹۴). (https://iransdi.ncc.gov.ir). لذا ضروری است مبانی قانونی الزام سازمان‌ها به تولید داده استاندارد و بارگذاری و به ۳۱۶ اشتراک گذاری آن هرچه سریعتر مرتفع گردد. بدیهی است در صورت راه‌اندازی و توسعه زیرساخت داده مکانی و رفع مشکلات آن، ۳۱۷ می‌توان به مدیریت یکپارچه بحران در مواقع لزوم امید داشت. در این حالت با ایجاد زیرساخت داده مکانی اصلی، سرورهای فرعی ۳۱۸ در هر یک از وزارتخانه‌ها و سازمان‌ها نصب و راه اندازی می‌شود، به گونه‌ای که هر دستگاه امکان ورود اطلاعات مربوط به حوزه ۳۱۹ عملیاتی خود را دارد و سامانه قادر است گزارش‌های کاربردی مرتبط با وظایف ذاتی هر دستگاه را طبق استاندارد هماهنگ تعریف ۳۲۰ شده تولید کند. اطلاعات در قالب‌های مختلف شامل متن، اعداد و داده‌های رقومی، آمار، تصاویر و اطلاعات مکانی و غیره، قابل ۳۲۱

۳۲۳

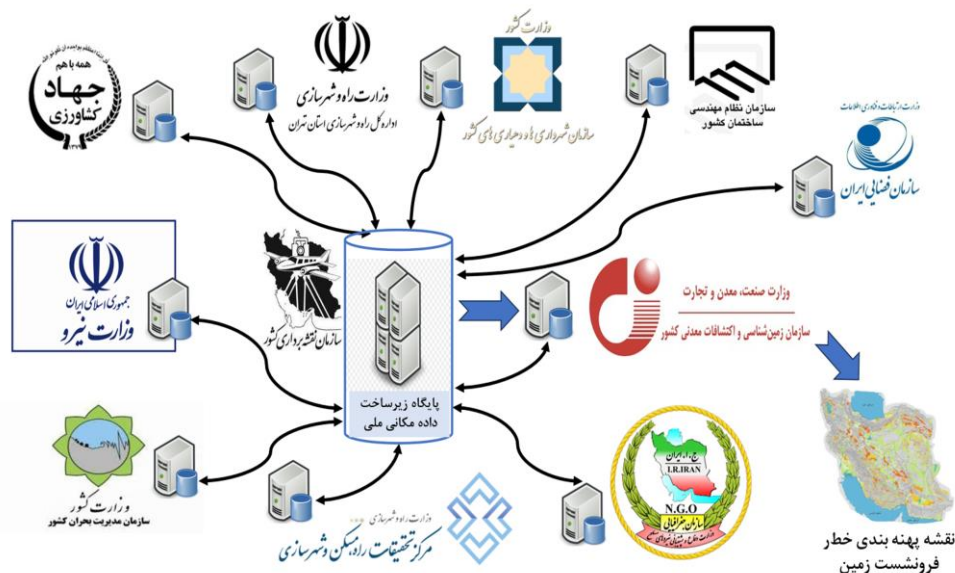


३२५



۳۲۷

३२८



شکل ۶- نقش سامانه زیرساخت داده‌های مکانی ملی در تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر فرونشست زمین

۵- جمع‌بندی و پیشنهادها

یکی از عوامل کلیدی در مواجهه با بحران‌ها استفاده بهینه و سریع از اطلاعات مورد نیاز در فرایند مدیریت بحران است. به علت ۳۵۴

تعدد و گستردگی سازمان‌های متولی در امر مدیریت بحران و وجود منابع اطلاعاتی فراوان و گوناگون، یکپارچگی داده‌ها و فراهم ۳۵۵

نمودن زیرساختی برای بارگذاری، اشتراک گذاری و دسترسی به آن‌ها یکی از نیازمندی‌های اساسی در این فرایند است. در این ۳۵۶

پژوهش ضمن بررسی ضعف‌ها و کمبودهای قوانین و برنامه‌های فعلی که به نحوی مرتبط با موضوع فرونشست می‌باشند و واکاوی ۳۵۷

علل عدم دستیابی به اهداف در این برنامه‌ها و قوانین، سعی گردید یک برنامه جامع از راهکارهای موثر برای مدیریت بحران ۳۵۸

فرونشست در کشور تهیه شود. همچنین از آنجا که مدیریت بهینه بحران نیازمند داشتن اطلاعات و به اشتراک گذاری داده‌های ۳۵۹

زیادی است لذا به بررسی جایگاه سامانه زیرساخت داده‌های مکانی ملی برای مدیریت بحران فرونشست پرداخته شد. این سامانه ۳۶۰

با تسهیل در تبادل، ادغام و بکارگیری داده‌ها، امکان کاهش هزینه‌ها، افزایش سرعت تصمیم‌گیری و افزایش منافع اجتماعی و ۳۶۱

محیط‌زیستی در مدیریت بحران فرونشست را فراهم می‌کند. همچنین مدل پایگاه داده توزیع یافته به عنوان الگوی بهینه برای ایران ۳۶۲

پیشنهاد شده است. در این مدل، به کمک تکنولوژی‌های جدید نرم افزاری و سخت افزاری، دیگر نیاز نیست که همه اطلاعات در ۳۶۳

یک پایگاه داده به صورت متمرکز مستقر شوند بلکه هر سازمان می‌تواند پایگاه داده مربوط به خود را در ارگان خود نگهداری و از ۳۶۴

همان محل، عملیات به اشتراک گذاری داده را پشتیبانی کند. با این حال، چالش‌هایی مانند سیاست‌گذاری، استانداردسازی و الزام ۳۶۵

دستگاه‌ها به اشتراک گذاری داده‌ها همچنان باقی است. لذا تدوین قوانین با پشتوانه اجرایی قوی و تعریف استانداردهای ملی برای ۳۶۶

تولید و اشتراک داده‌ها ضروری است. در بعد اطلاعات، همه اطلاعات باید از استاندارد مشخصی برای جمع‌آوری، آماده‌سازی و به ۳۶۷

اشتراک‌گذاری در پایگاه داده برخوردار باشند. لذا ضروری است مرجع فنی تهیه داده‌ها و اطلاعات در هر بخش مشخص شده و از ۳۶۸

سوی دیگر باید الگوی واحد و استاندارد در زمینه جمع‌آوری، تولید، آماده‌سازی و به اشتراک‌گذاری داده‌ها تعریف گردد. استفاده ۳۶۹

از ظرفیت سامانه زیرساخت داده مکانی ایجاد شده توسط سازمان نقشه‌برداری در کنار حل مسائل و مشکلات آن از جمله تدوین ۳۷۰ قوانین با پشتوانه اجرایی لازم و ملزوم نمودن ذی‌ربطان به تبعیت از آن و تعریف استانداردهای مربوطه می‌تواند به‌منظور مدیریت ۳۷۱ یکپارچه در مواجهه با بحران فرونشست زمین به‌کار گرفته شود.

۳۷۲

۳۷۳

۳۷۴

۳۷۵References

۳۷۶Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I. and 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.

۳۷۸Akhundian, 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, ۳۷۹ ۳۸۰ ۱-6. (in Persian).

۳۸۱Allaby, M. (2013). Subsidence. In A dictionary of geology and earth sciences (4th ed.). Oxford University Press.

۳۸۲Angorian, S., Memarian, H., Shariat Panahi M. and Boloorch, M. J. (2014). Dynamic modeling of the subsidence of the Tehran plain. Geosciences, Fall ۳۸۳ 2019, Year 25, Number 97, pp. 211-220. (in Persian).

۳۸۴Asadi, R. & Ataie-Ashtiani, B. (2016). Numerical modeling of subsidence in saturated porous media: A mass conservative method. Journal of Hydrology, ۳۸۵ Vol. 542, November 2016, PP. 423-436.

۳۸۶Ataie, M. (1998). Prediction of settlement in underground mines using the impact function method. the second conference on safety, health and environment ۳۸۷ in mines and mineral industries. (in Persian).

۳۸۸Chan, A. W. and Zoback, M. D. (2007). The Role of Hydrocarbon Production on Land Subsidence and Fault Reactivation in the Louisiana Coastal Zone. J. ۳۸۹ of Coastal Research, (233), pp.771-786.

۳۹۰Chan, T. O., Feeney, M. E., & Rajabifard, A. (2001). The dynamic nature of spatial data infrastructure: A method of descriptive classification. Geomatica, ۳۹۱ 55(1), 65-72.

۳۹۲Dadashi, S., Sadegh Pham, S., Nadiri, A. and Mohebi, Y. (2019). Vulnerability analysis of Marand plain aquifer subsidence using ALPRIFT method due to ۳۹۳ overexploitation of underground water resources. Journal of Civil Engineering Sharif, Fall, Volume 2-36, Number 1/3, pp. 85-96. (in Persian).

۳۹۴Davydzenka, T., Tahmasebi, P., Shokri, N. (2024). Unveiling the Global Extent of Land Subsidence: the sinking Crisis. Geophysical Research Letters, Vol. ۳۹۵ 51, Issue 4, doi.org/10.1029/2023GL104497 .

۳۹۶Du, J.; Olson, J.E. (2001). A poroelastic reservoir model for predicting subsidence and mapping subsurface pressure fronts. J. Pet. Sci. Eng., 30, pp. 181– ۳۹۷ 197.

۳۹۸Ferronato, M., Gambolati, G. and Teatini, P. (2001). Ill-conditioning of finite element poroelasticity equations. International Journal of Solids and Structures, ۳۹۹ Vol. 38, Issues 34–35, pp. 5995-6014.

۴۰۰ Galloway, D., Erkens, G., Kuniansky, E. and Rowland, J. (2016). Preface: Land subsidence processes. Hydrogeology J (2016) 24:547–550.

۴۰۱ Galloway, D. L., & Burbey, T. J. (2011). Review: Regional land subsidence accompanying groundwater extraction. Hydrogeology Journal, 19(8), 1459- ۴۰۲ 1486. doi:10.1007/s10040-011-0775-5

۴۰۳Geertsma, J. (1973a). A basic theory of subsidence due to reservoir compaction: the homogeneous case". Verhandelingen Kon, Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen, ۴۰۴ 28, pp. 43-62.

۴۰۵Geertsma, J. (1973b). Land subsidence above compacting oil and gas reservoirs. J. Pet. Technol., 25 (6), pp. 734-744.

۴۰۶General Administration of Spatial Information Systems and Infrastructure-General Administration (SDI). (2014). SDI Development Document, Country ۴۰۷ Mapping Organization. (in Persian).

۴۰۸Georgiadou, Y., Rodriguez-Pabón, O., & Lance, K. T. (2006). Spatial data infrastructure (SDI) and e-governance: A quest for appropriate evaluation ۴۰۹ approaches. URISA-WASHINGTON DC-, 18, 43.

- ۴۱۰ Gravanis, E. and 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>.
- ۴۱۲ Haghsheenas 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.
- ۴۱۴ Hastie, T., Tibshirani, R. (2009). *The Elements of Statistical Learning: Data mining, Inference, and Prediction*. New York: Springer. pp. 485–586.
- ۴۱۵ 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.
- ۴۱۷ Hosseini Jenab, V. (2012). Resilience against earthquakes and crisis management planning and Japanese experiences. Iranian Red Crescent Scientific-Applied Higher Education Institute, Tehran. (in Persian).
- ۴۱۹ Hosseini, S. H., Mousavi Jahormi, S., H. and 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, Volume 16, Number 58, pp. 70-84.
- ۴۲۱ (in Persian).
- ۴۲۲ Hostetter, C. (2006). Faceted searching with apache solr. *ApacheCon US*, 2006.
- ۴۲۳ Hu, Y. and 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.
- ۴۲۵ <https://iransdi.ncc.gov.ir/>
- ۴۲۶ <https://data.gov/>
- ۴۲۷ Instruction No. STD01-O01CY0004D, (2023). Instructions for creating Spatial Data Infrastructure, National Planning and Budget Organization, Iran.
- ۴۲۸ Ayeoba, 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, June 2019, pp. 964-969.
- ۴۳۰ 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.
- ۴۳۲ Kohler, P. and Wachter j. (2006). Towards an open information infrastructure for disaster research and management, *Data management and information systems inside DFNK. Natural Hazards*, Springer.
- ۴۳۴ 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.
- ۴۳۶ 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.
- ۴۳۹ 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.
- ۴۴۱ Lutz, M., & Klien, E. (2006). Ontology-based retrieval of geographic information. *International Journal of Geographical Information Science*, 20, 233-260. doi: 10.1080/13658810500287107.
- ۴۴۳ 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.
- ۴۴۵ Manafi, S. and Saraie, M. H. (2021). Evaluation of Integrated Crisis Management with Spatial Information Infrastructure Approach. *Economic and Urban Planning Quarterly*, Volume 2, Number 1, Spring 1400, pp. 10-19. (in Persian).
- ۴۴۷ 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.
- ۴۴۹ 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
- ۴۵۱ Mehrabian, A. and Abousleiman, Younane N. (2015). Geertsma's subsidence solution extended to layered stratigraphy. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 130, pp. 68–76.

- ۴۵۳ Mokhtari, D., Ebrahimi, H. and Salmani, S. (2018). Modeling the risk of land subsidence using random forest algorithm (case study: Tasuj plain watershed).
۴۵۴ remote sensing and geographic information system in natural resources, 10th year, 3rd issue, fall 2018, pp. 93-105. (in Persian).
- ۴۵۵ Monroe, James S. (1992). Physical geology: exploring the Earth. St. Paul: West Pub. Co. pp. 502-503. ISBN 0314921958.
- ۴۵۶ Motagh, M., Shamshiri, R., Haghshenas Haghighi, M., et al. (2017). Land subsidence in Iran: causes, consequences, and monitoring. In Proceedings of the
۴۵۷ International Association of Hydrological Sciences, 382, 689-694.
- ۴۵۸ National Research Council. (1993). Toward a coordinated spatial data infrastructure for the nation. National Academies Press.
- ۴۵۹ Nebert, D. (2009). "Spatial Data Infrastructure Concepts and Components". In: U.S. Federal Geographic Data Committee Secretariat.
- ۴۶۰ Nikdel, E. (1992). Report on the mechanism of movement and Subsidence of Rafsanjan plain due to Groundwater withdrawal and tectonics: Professional
۴۶۱ report (in Persian). Regional Water organization, Iran. proc-iahs.net/372/115/2015/,doi:10.5194/piahs-372-115-2015.
- ۴۶۲ Payne, J. A., Watson, A. R., Maghsoudi, Y., et al. (2025). Widespread extent of irrecoverable aquifer depletion revealed by country-wide analysis of land
۴۶۳ surface subsidence hazard in Iran. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 130, e2024JB030367.
- ۴۶۴ Rajabi Khamsa, K., Nikbakht Shahbazi, A., Fathian, H. and Zohrabi, N. (2019). Modeling the Subsidence of Izeh Plain Using MODFLOW Mathematical
۴۶۵ Code. Iran water resources research, 16th year, number 4, pp. 112-136. (in Persian).
- ۴۶۶ Rajabifard, A. & Williamson, I. P. (2001). Spatial Data Infrastructures: Concept, SDI Hierarchy and Future Directions. In GEOMATICS'80 Conference.
۴۶۷ Tehran, Iran.
- ۴۶۸ Ralston, B. A. (2004). GIS and public data. Thomson/Delmar Learning.
- ۴۶۹ Sarbaz, H., Aghamiri, S. M. (2023). Policymaking and cross-sectoral management to solve the problem of subsidence phenomenon in Iran. Quarterly Journal
۴۷۰ of Energy Planning and Policy Research, Volume 9, Number 2, pp. 106-147. (in Persian).
- ۴۷۱ Segall, P. (1992). Induced stresses due to fluid extraction from axisymmetric reservoirs. Pure Appl. Geophys, 139, pp. 535-560.
- ۴۷۲ Sobhani Ghahramanlou, S., Dehrouye, A. and Biglari Fadafan, A. (2021). Smart learning is a suitable tool in evaluating the effects of earthquakes on the
۴۷۳ behavior of structures. New Approaches in Civil Engineering, Volume 5, No. 2, 1400, pp. 46-61. (in Persian).
- ۴۷۴ Tait, M. G. (2005). Implementing geoportals: applications of distributed GIS. Computers, Environment and Urban Systems, 29, 33-47. doi:
۴۷۵ 0.1016/j.compenvurbsys.2004.05.011.
- ۴۷۶ Wu, A. and Zhang, X. (2009). Supporting Collaborative Sensemaking in Map-based Emergency Management and Planning. International Conference on
۴۷۷ Supporting group work, PP:395-396.
- ۴۷۸ 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.

۴۷۹

۴۸۰

۴۸۱

پیوست

۴۸۲

۴۸۳

۴۸۴

پیوست ۱- وظایف دستگاه‌های مسئول در مدیریت بحران فرونشست در ایران به همراه داده‌ها 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 گزردهی 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 تاثیرگذاری 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 آبی‌های زیرزمینی در خارج شهرها	تولید داده‌های مربوط جهت جانمایی محل‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی و تعیین تاثیرگذاری 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 مطرف 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 آتی و تولید داده‌های برخط از وضعیت فعلی
	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، جایجایی 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
وزارت صنعت، معدن و تجارت	کاهش و جایجایی صنایعی که برای اداره آن‌ها به حجم بالایی از آب نیاز است	

شهرداری ها	تصفیه آب های 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 آبخوان ها با هدف تغذیه سفره آب های زیرزمینی با همکاری وزارت نیرو از جمله احداث چاه های با دهانه فراخ در نقاط مناسب برای جذب روان آب های ناشی از باران و برف مدیریت نزولات جوی، روان آب ها، احیاء و ساماندهی رودخانه ها، قنات، فاضلاب شهری و باز طراحی فضاهای شهری و مسیل ها در جهت کمک به بازچرخانی آب	تولید داده های مربوط جهت جانمایی محل های مناسب برای تغذیه مصنوعی و تعیین تاثیر گذاری آن ها روی منابع آب زیرزمینی در شهرها
	کمک به مقابله با بحران کم آبی و جلوگیری از آسیب زیرساخت های شهری	تولید داده های مربوط به زیرساخت های شهری و جانمایی کلیه زیرساخت ها و ساختمان های مهم در مناطق دارای فرونشست و تعیین اولویت بندی جهت انجام اقدام برای مقابله با اثرات فرونشست.
	اصلاح ضوابط طرح تفصیلی به منظور افزایش تراوایی سطوح معابر، فضاهای باز و عمومی	تولید نقشه های سطوح معابر، فضاهای باز و عمومی شهر از لحاظ میزان تراوایی
	اعمال نقشه فرونشست روی نقشه های جامع و تفصیلی شهرها	پیاده سازی نقشه پهنه پهنی خطر فرونشست زمین بر روی طرح های جامع و تفصیلی شهرها و اصلاح آن ها در صورت لزوم
	تغییر الگوی آبیاری و اجرای روش های آبیاری نوین در فضای سبز شهری	تولید داده های مربوط به نحوه آبیاری فضای سبز شهری برای برنامه ریزی مدیریت مصرف و بهبود شیوه های آبیاری در این بخش به تفکیک هر منطقه
	استفاده از گیاهان و درختان با نیاز آبی کم	تولید داده های مربوط به سطوح فضای سبز در هر ناحیه و تعیین میزان آب مصرفی به صورت برخط
	مرمت و لایروبی قنات داخل محدوده های شهری	تولید داده های مربوط به قنات شامل طول، حجم گذردهی آب، میزان مصرف و اتلاف و وضعیت کیفی و کمی قنات در محدوده شهرها
	تغییر الگوی مصرف آب شرب با رعایت قوانین مباحث مقررات ملی ساختمان از جمله الزامات دبی خروجی شیرالات در میچت 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 طرح های پخش سیلاب در آبخوان های کشور	تعیین داده های مربوط به سیلاب و طرح های آبخیزداری و آبخوانداری
سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری ایران		
	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
وزارت آموزش و پرورش، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و سازمان صدا و سیما		
سازمان نقشه برداری کشور	تدوین استاندارد تهیه نقشه های فرونشست	تهیه دستورالعمل و تدوین استاندارد تهیه نقشه های فرونشست
	ارائه نقشه تغییرات سالیانه تراز ارتفاعی و مولفه های افقی سطح زمین و پایش فرونشست و تعیین میزان نرخ آن در کشور	تولید نقشه های 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، پیش بینی 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 داده های ژئوتکنیک کشور
	پهنه بندی خطر و ارزیابی ریسک فرونشست	تهیه نقشه پهنه بندی خطر و ارزیابی ریسک فرونشست با لحاظ وضعیت در سال های 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 پهنه های ممنوعه به لحاظ ساخت و سازهای مختلف
	شناسایی و تهیه طرح جامع ساختمان ها و زیرساخت های ارتباطی، مسکونی، اقتصادی، زیست محیطی، انرژی، آب در معرض فرونشست	تهیه طرح جامع ساختمان ها و زیرساخت های ارتباطی، مسکونی، اقتصادی، زیست محیطی، انرژی، آب در معرض فرونشست با استفاده از نقشه پهنه بندی خطر

وزارت راه و شهرداری، وزارت نفت، 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 تاسیسات مربوطه در مناطق مستعد فرونشست
	تدوین آیین نامه و دستورالعمل‌های لازم جهت مطالعه، طراحی و اجرای ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و خطوط انتقال انرژی و تاسیسات مربوطه در مناطق مستعد فرونشست	
	تدوین آیین نامه و دستورالعمل‌های لازم جهت مقاوم سازی و بهسازی ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و خطوط انتقال انرژی و تاسیسات مربوطه موجود و اماکن تاریخی و محوطه های 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 روش های مقاوم سازی المان های متنوع میراث فرهنگی	انجام مطالعات و تحقیقات لازم در خصوص ارائه طرح‌ها و روش‌های مقاوم سازی المان‌های متنوع میراث فرهنگی و اماکن تاریخی و محوطه های باستانی و کنترل اثر فرونشست زمین بر محدوده ها، بناها و آثار تاریخی و فرهنگی. انجام آموزشهای تخصصی به کارشناسان ذی-ربط و انجام بازدیدهای دوره‌ای منظم، درخصوص جلوگیری از توسعه خسارت‌های وارده به بناهای تحت مسئولیت خود
	کنترل اثر فرونشست زمین بر محدوده ها، بناها و آثار تاریخی و فرهنگی تحت مسئولیت خود	
	انجام آموزشهای تخصصی به کارشناسان ذی-ربط 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، مستحقات و تاسیسات خود و همچنین تعیین اولویت‌های اجرایی خود	تهیه و تدوین نقشه خطرپذیری فرونشست زمین برای زیرساخت‌ها، سازه‌ها، مستحقات و تاسیسات خود و همچنین تهیه دستورالعمل‌ها و ضوابط طراحی، اجرایی و بهسازی و تدوین برنامه و طرح‌های پیشگیری و مقاوم‌سازی زیرساخت‌ها، سازه‌ها، مستحقات و تاسیسات خود در برابر خطرات فرونشست زمین، براساس اولویت‌های اجرایی تعیین شده