



چالش‌های ناشی از برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی در کشور، بررسی شرایط فعلی و بحران فرونشست زمین



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بنام
خدای بزرگبخشایش همیشه بخشنایند

شماره مسلسل: ۱۸۸۸۴
کد موضوعی: ۲۵۰



مرکز پژوهش‌های
مجلس شورای اسلامی

تاریخ انتشار:
۱۴۰۲/۲/۴

عنوان گزارش:
چالش‌های ناشی از برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی در کشور،
بررسی شرایط فعلی و بحران فرونشست زمین

نام دفتر:
مطالعات زیربنایی

مدیر مطالعه:
جمال محمدولی سامانی

تهیه و تدوین کنندگان:
سیامک امیری، مهدی مظاهری

ناظران علمی:
علیرضا رهایی، محمدحسن معادی رودسری

صفحه آراء:
آذر مهمان نواز

ویراستار ادبی:
پرند فیاضی

واژه‌های کلیدی:
۱. فرونشست
۲. آب زیرزمینی
۳. کسری مخزن
۴. آبخوان
۵. بحران آب



۲۳	۹. راهکارها و مصوبات موجود پیرامون بحث فرونشست زمین در کشور	۷	چکیده
۲۳	۱۰. طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور	۸	خلاصه مدیریتی
۲۵	۱۱. تأثیر توسعه و سرمایه‌گذاری در سایر حوزه‌ها بر تنفس و احیای منابع آب زیرزمینی	۹	مقدمه
۲۶	۱۲. لزوم اعمال قوانین ویژه و سازوکارهای محلی در مناطق بحرانی جهت کنترل پدیده فرونشست زمین	۱۱	۱. بیان مسئله
۲۶	۱۳. لزوم ایجاد سازوکارهای تخصصی در سطح ملی و بهبود شرایط مدیریتی جهت کنترل پدیده فرونشست زمین	۱۱	۲. اهداف گزارش
۲۷	۱۴. نقش توسعه و سرمایه‌گذاری در بخش نیروی انسانی و کادر آموزشی متخصص در روند حل بحران	۱۲	۳. شرایط فعلی منابع آب در کشور به‌طور کلی و منابع آب زیرزمینی به‌طور خاص
۲۸	۱۵. تأثیر تشکیل سازمان‌های مردم‌نهاد و کمیته‌های تخصصی مستقل در روند حل بحران	۱۳	۴. پدیده فرونشست زمین و عوامل ایجاد آن
۲۹	۱۶. تأثیر پذیری بخش‌های حیاتی و حوزه‌های حساس کشور از وخامت آب زیرزمینی و فرونشست زمین	۱۴	۵. گزارش‌های جهانی در رابطه با پدیده فرونشست زمین
۳۰	جمع‌بندی و پیشنهادها	۱۶	۶. راه‌حل‌های بین‌المللی جهت مقابله با پدیده فرونشست زمین
۳۲	منابع و مآخذ	۱۷	۷. وضعیت فعلی مناطق مختلف کشور از لحاظ نرخ فرونشست زمین
		۲۲	۸. وضعیت و بحران‌های آتی مرتبط با پدیده فرونشست زمین در کشور

۱۵

جدول ۱. بررسی میزان نرخ فرونشست در تعدادی از مناطق جهان

۲۱

جدول ۲. بیشینه نرخ فرونشست زمین در برخی از دشت‌های کشور براساس بررسی‌های سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مربوط به سال ۱۳۸۷ (سبز) و بازه ۶ ماهه سال ۱۳۹۵ (آبی)

۲۴

جدول ۳. درصد موفقیت تعدادی از پروژه‌های مورد نظر در طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور

۱۳

شکل ۱. مقادیر کسری تجمعی مخازن آب زیرزمینی کشور بر حسب زمان

۱۵

شکل ۲. وضعیت فرونشست زمین در اثر اضافه برداشت آب‌های زیرزمینی در نقاط مختلف جهان

۱۸، ۱۹

شکل ۳. نقشه پهنه‌های فرونشست کشور (با نرخ فرونشست بیش از ۲ سانتیمتر)

۲۰

شکل ۴. نقشه‌های مربوط به کسری مخزن و پهنه‌های فرونشست مربوط به سال‌های ۱۳۹۸ (اول) و ۱۳۹۵ (دوم)



چالش‌های ناشی از برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی در کشور، بررسی شرایط فعلی و بحران فرونشست زمین

چکیده

توسعه‌ای مرتبط با تولید غذا، از آسیب‌های منتج از این تغییرات و البته طیفی از سوءمدیریت‌ها در بخش حکمرانی و بهره‌برداری منابع آب رنج می‌برد. به‌طور خاص منابع آب زیرزمینی به دلیل کاهش نزولات جوی، محل تمرکز بهره‌برداری در بسیاری از نقاط کشور بوده است. یکی از آثار مخرب این تمرکز فزاینده، بحران فرونشست زمین ناشی از خالی شدن و پایین رفتن سطح آبخوان‌ها است. این بحران به صورت بالقوه‌ای روند بهره‌برداری از منابع آب، مسیر اشتغال، آینده ساکنان و به‌طور کلی محیط زیست بخش‌های وسیع و مهمی از کشور را تهدید می‌کند. روبرویی با این بحران که در گزارش حاضر به‌طور خاص در مورد آن بحث می‌شود، نیازمند اعمال برنامه‌های مؤثر، قوانین و هشدارهای لازم است تا بتواند در آگاهی بخشی به آحاد جامعه و کنترل سطح بحران مفید باشد. در بخش پیشنهادها گزارش، راهکارها و چارچوب‌هایی مدیریتی خاصی برای مقابله با این پدیده و جلوگیری از آسیب‌های و عواقب پیش‌رو ارائه می‌شود.

استفاده بهینه و اصولی از منابع طبیعی خصوصاً منابع آب در کشورهای مختلف ضامن طی مسیرهای توسعه تعریف و تلقی می‌شود. اتکال روزافزون به این منابع بارز و ضامن توسعه، آنها را با خطراتی نیز مواجه کرده است. از جنبه‌های اصلی روبرویی با بسیاری از این خطرات، بازنگری‌های مؤثر در نظام‌های قانونی، حقوقی، سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از منابع آب در تمام جهان خصوصاً کشورهای با خطرپذیری بالاتر است. در سالیان اخیر بحث تغییرات اقلیمی و مباحث پیرامون آن، لزوم ارتباط سازنده با منابع آب و توقف رفتارهای مخرب در برخورد با این موهبت بی‌مانند طبیعی را بیش از هر زمان دیگری برجسته کرده است. پدیده رو به رشد تغییرات اقلیمی و جوانب مخرب مرتبط با آن، در هر نقطه‌ای از جهان به‌گونه‌ای زندگی ساکنان و به‌طور کلی شرایط حیات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مناطق مختلف جهان مانند خاورمیانه و به‌طور خاص ایران این تأثیر به‌صورت خشکسالی‌های دامنه‌دار و شدید ظاهر شده است. ایران با توجه به وسعت زیاد جغرافیایی و برنامه‌های



خلاصه مدیریتی

بهره‌برداری صحیح و اصولی از منابع طبیعی، یکی از چالش‌های اساسی زندگی بشر در عصر حاضر است. در این میان منابع آب به‌عنوان مهم‌ترین رکن حیات، نیازمند حفاظت و حراست دقیق و همه‌جانبه است. همچنین، دسترسی مناسب به منابع آبی سالم و کافی، ضامن طی موفق بسیاری از مسیرهای توسعه به‌شمار می‌آید. یکی از این مسیرهای توسعه، خودکفایی در عرصه تولید محصولات کشاورزی است.

منابع آب به‌طور کلی و منابع آب زیرزمینی به‌طور خاص، به سبب تأثیر چشمگیر در تحقق اهداف توسعه‌ای مرتبط با حوزه‌های حساس، همواره مورد توجه و تمرکز صاحب‌نظران بوده است. در حال حاضر، منابع آب زیرزمینی در بسیاری از کشورهای از جمله ایران، با چالش‌ها و بحران‌هایی روبه‌رو است. یکی از این بحران‌ها، کاهش تراز سطح آب زیرزمینی در اثر اضافه برداشت از آبخوان‌هاست. این مسئله می‌تواند به وقوع بحران‌های متعددی از جمله کسری شدید و تهی شدن آبخوان‌ها، فرونشست زمین، تهدید اکوسیستم و محیط‌زیست مناطق آسیب‌دیده و همچنین دیگر تبعات اجتماعی و اقتصادی بینجامد.

پدیده فرونشست زمین، به‌عنوان یکی از آثار زیان‌بار کاهش تراز سطح آب زیرزمینی، همواره محل بحث و نگرانی بسیاری از محققان و کارشناسان حوزه‌های مختلف بوده است. این پدیده (حاصل از کاهش تراز سطح آب زیرزمینی) به‌طور گسترده‌ای در سطح جهان ثبت و گزارش شده است. فرونشست زمین در ایران، به‌علت کسری بالا و رو به گسترش آبخوان‌ها (با کسری تجمعی در حدود ۱۴۳ میلیارد مترمکعب در سال ۱۴۰۱، براساس آمارهای وزارت نیرو) در بسیاری از مناطق کشور و با نرخ‌های مختلفی ثبت و گزارش شده است. یکی از دلایل گسترش این پدیده در سالیان اخیر، عدم تناسب بخشی از اهداف و سیاست‌های توسعه‌ای کشور (مانند خودکفایی در تولید غذا) با ظرفیت واقعی منابع آب خصوصاً منابع آب زیرزمینی بوده است. در بسیاری از مناطق کشور، عدم دسترسی مناسب به منابع آب سطحی و هم‌زمان، دسترسی آسان‌تر و ارزان‌تر به منابع آب زیرزمینی، منجر به افزایش حجم بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی (به‌صورت مجاز و غیرمجاز) شده است.

برای مقابله با پدیده فرونشست زمین، راه‌حل‌های مختلفی ارائه و اجرا شده است. این راه‌حل‌ها به تناسب ظرفیت زیرساخت‌ها و همچنین مسیرها، سیاست‌ها و اهداف توسعه‌ای کشورهای مختلف، توانسته در سطوح مختلفی به مقابله با بحران بپردازد. در ایران، نیاز است این راه‌حل‌ها از طریق مستندسازی و ارزیابی عملکرد آنها (در سایر کشورها) بررسی و نهایتاً استفاده شوند. به‌علت وسعت و نرخ بالای فرونشست در دشت‌های مختلف کشور و همچنین آسیب‌پذیری نقاط متراکم و حساس شهری (مانند تهران)، نیاز است تمامی راهکارهای علاج‌بخش در اسرع وقت و با

حداکثر دقت پیگیری، مطالعه و اجرایی شود. این مسئله ممکن است به اصلاح و یا تغییر در بخشی از سیاست‌ها و اهداف توسعه و همچنین قوانین نظارتی و کنترلی جهت نیل به هدف نهایی (کنترل و جلوگیری از وخامت بحران در آینده) بینجامد.

ایران به‌لحاظ کمیّت و ماهیت قوانین، خصوصاً در زمینه منابع آب زیرزمینی، مشکل و مانعی ندارد. اما عدم کیفیت مناسب در برخورد با همین قوانین و نظارت ناکافی بر روند اجرای آنها، کشور را در سالیان اخیر با بحران در زمینه آب زیرزمینی و فرونشست زمین مواجه کرده است. برای مثال، یکی از این قوانین با ماهیت مناسب و اثربخشی بالا، طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی است که متأسفانه به دلیل عدم اجرای کامل برخی از پروژه‌های آن، امکان کنترل شدت بحران در کشور و در کوتاه‌مدت، وجود ندارد. گزارش حاضر به بررسی جنبه‌های مختلف بحران منابع آب زیرزمینی و فرونشست زمین در ایران پرداخته است. در انتهای گزارش چارچوب‌های مدیریتی و سیاستی خاصی برای کنترل و عبور از این بحران در آینده پیشنهاد شده است. در ادامه، خلاصه‌ای از موارد پیشنهادی مذکور ارائه شده است:

۱ نیاز است که مستندسازی تجربیات کشورهای مختلف در مقابله با پدیده فرونشست زمین و همچنین ایجاد کارگروه‌ها و مراکز تحقیقاتی مرتبط و حمایت از آنها، در سریع‌ترین زمان ممکن پیگیری و اجرایی شود.

۲ باید گزارش وضعیت و شدت آسیب‌دیدگی حوزه‌های مختلف محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی از بحران منابع آب زیرزمینی و فرونشست زمین، به‌طور مناسب و شفاف در دسترس سیاستگذاران و نهادهای تصمیم‌گیر (برای اتخاذ تصمیمات آتی) قرار گیرد.

۳ ورود سامانه‌ها و ابزارهای پایش به‌روز و پیشرفته رصد فرونشست زمین، استفاده بهینه‌تر از سامانه‌ها و زیرساخت‌های موجود و همچنین استقرار یک سامانه برخط ملی جهت پایش مصرف آب زیرزمینی، از نیازهای مبرم حال حاضر کشور در این حوزه به‌شمار می‌آید.

۴ باید در مدت زمان مناسبی، اولویت اقدامات میدانی فوری، اجرای روش‌های علاج‌بخش مؤثر و قوانین کنترلی و نظارتی کارساز، به مناطق بحرانی با آسیب‌دیدگی بالا داده شود.

۵ تقویت، حمایت و به‌کارگیری سازمان‌های مردم‌نهاد، نخبگان مورد اعتماد جامعه، نهادهای نظارتی مستقل و همچنین نیروی ماهر، متخصص و دغدغه‌مند، گامی مؤثر در جهت پیشبرد اهداف مقابله با بحران آب زیرزمینی و فرونشست زمین در آینده خواهد بود.

۶ صیانت در خور از سازوکارهای قانونی و کنترلی، توجه و تمرکز کافی بر قوانین بالادستی و برنامه‌های توسعه و نهایتاً استفاده هر چه بهتر و گسترده‌تر از ابزارهای متنوع آموزشی و رسانه‌ای، می‌تواند در مسیر حل بحران کارساز باشد.

مقدمه

روند رو به رشد استفاده از منابع آب خصوصاً آب‌های زیرزمینی، وضعیت فعلی و آتی کشورها را با چالش مواجه کرده است. این مسئله در کنار تشدید سایر چالش‌های جهانی مانند پدیده تغییرات اقلیمی، نیازمند یافتن راه‌حل‌های علمی، فوری و پایدار برای مواجهه با شرایط پیش‌رو در آینده است. امنیت غذایی در بسیاری از کشورها در گرو قدرت و عملکرد مناسب زیرساخت‌های وابسته، در دسترس بودن و غنای مناسب منابع حیاتی مانند آب است. هرگونه محدودیت در دسترسی به این منابع، دورنمای سرمایه‌گذاری‌های کلان و تصمیم‌های کلان حاکمیتی کشورها در زمینه تولید غذا را با بحران روبه‌رو می‌کند؛ زیرا وجود هرگونه محدودیت در منابع آب خود چالشی دست و پاگیر برای تدوین مبنای حکمرانی بالاخص در رابطه با تولید غذاست. مسئله دیگری که می‌تواند این محدودیت را تحت‌الشعاع قرار داده و بر وخامت اوضاع بیفزاید، عدم مدیریت مطلوب و فراگیر، حکمرانی نامناسب در دسترسی و بهره‌برداری از منابع آب و تکیه بیش از حد بر منابع آب در پروسه تولید غذا جهت تداوم امنیت غذایی خصوصاً در کشورهای دارای بحران در زمینه‌ی منابع آب است. همگرایی این مسائل و بحران‌ها (تغییرات اقلیمی، کمبود و مدیریت نامناسب منابع آب) در یک منطقه جغرافیایی خاص، شرایط مناسبی در آینده برای محیط‌زیست آن گستره جغرافیایی و ساکنانش رقم نخواهد زد. به‌طور خاص در ایران، بحران در منابع آب نیازمند ورود فوری، جدی و فراگیر است. در ایران از سالیان اخیر، زنگ خطر بی‌آبی به صدا درآمده است. این مسئله علاوه بر ماهیت جغرافیایی ایران (که عمدتاً کشوری با منابع آبی ناچیز است) متأثر از مدیریت نامناسب، ضعف و کاستی در اجرا و نظارت بر اجرای قوانین و نهایتاً حکمرانی ضعیف (از برخی جوانب) در بحث منابع آب است. لزوم پیگیری سیاست‌های سنتی و عمدتاً بدون پشتوانه مرتبط با تولید غذا و خودکفایی در تولید محصولات غذایی مهم در کشور (مانند گندم)، بروز بحران‌های جهانی مرتبط با تغییرات اقلیمی (مانند خشکسالی در نتیجه کاهش نزولات جوی)، مدیریت نامناسب منابع آب و آگاهی بخشی ضعیف و نامناسب به آحاد جامعه خصوصاً اصناف درگیر بحران منابع آب (مانند ذی‌نفعان بخش کشاورزی و صنایع آب‌بر) از دلایل اصلی بروز بحران‌های بزرگ‌تر در آینده است.

در ایران بار تولید محصولات کشاورزی بر دوش منابع آب در حدود ۹۴ درصد بوده و بقیه مصارف آب مربوط به حوزه آب شرب و صنعت است [۱]. در سالیان اخیر، بخشی از تأمین منابع آب جهت تولید محصولات کشاورزی بر عهده منابع آب سطحی بوده است که این امر با تحول و پیشرفت در صنعت سدسازی خصوصاً پس از جنگ ایران و عراق، پیگیری شده است. در حال حاضر با توجه به پیامدهای گسترده تغییرات اقلیمی مانند کاهش نزولات جوی و بازدهی نامناسب و ناکافی بسیاری از سدهای کشور، بار تحمیل بهره‌برداری بر منابع آب زیرزمینی (خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک و مناطق دارای ضعف نظارتی) سنگین‌تر از قبل شده است. برآوردها حاکی از آن است که سهم برداشت سالیانه از آب‌های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت معادل ۳۶/۴، ۴/۹ و ۱/۷ میلیارد مترمکعب است که شامل ۸۵، ۱۱ و ۴ درصد از کل برداشت سالیانه است [۲]. شایان ذکر است که مقادیر ارائه شده صرفاً مربوط به برداشت از چاه‌های مجاز است. این بحران تا جایی است که روند کسری مخازن کشور سیر افزایشی به خود گرفته و با شیب تخلیه و عدم احیای نگران‌کننده‌ای، آینده‌ای مبهم برای این حوزه در کشور به تصویر می‌کشد. شایان ذکر است که کسری تجمعی آبخوان‌های کشور در سال ۱۴۰۱ مقداری در حدود ۱۴۳ میلیارد مترمکعب بوده است [۲].





یکی از جنبه‌های منفی و فاجعه‌بار افزایش کسری آبخوان‌ها، پدیده فرونشست زمین است که متأسفانه روندی افزایشی طی سال‌های اخیر داشته است. فرونشست زمین پدیده‌ای است که عمدتاً به دلیل افزایش تنش عمودی مؤثر خاک در نتیجه کاهش فشار آب منفذی رخ می‌دهد [۳]. این نوع از فرونشست در نتیجه افزایش بی‌رویه برداشت از آبخوان‌ها و افزایش کسری آنها ایجاد می‌شود. آب زیرزمینی تا حدی کنترل وزن روی خود را برعهده دارد بنابراین در صورت اتمام و یا کاهش این حجم از آب، به صورت تدریجی لایه‌های خاک که عمدتاً از رسوبات ریزدانه هستند بر همدیگر فشرده می‌شوند. در اثر این رخداد، سطح زمین به سطح جدید پایین‌تری می‌رسد. پدیده فرونشست زمین در بسیاری از نقاط جهان ثبت و گزارش شده است که شمار آنها به بیش از ۱۵۰ کشور جهان می‌رسد [۴]. برای مثال، در ایالت کالیفرنیا، ایالات متحده، طبق گزارش‌ها و اسناد تصویری موجود، فرونشست زمین به طرز عجیبی چندین برابر قد یک انسان معمولی در طول سالیان ۱۹۲۵ تا ۱۹۷۷ رخ داده است [۵].

در ایران نیز این پدیده به‌طور چشمگیر و نگران‌کننده‌ای در حال گسترش است. حداقل تاکنون، افزایش بار بهره‌برداری و هزینه بر آب‌های زیرزمینی در کشور میل به توقف نداشته است. بنابراین لزوم اعمال تدابیر عاجل مدیریتی، نظارتی، کنترلی و اجرایی فوری و کارآمد نیاز فعلی تمامی دشت‌های کشور (و حتی مناطق مسکونی) خصوصاً دشت‌های با وضعیت بحرانی است. رویارویی با این مسئله، اقدام‌های هماهنگ و عزم اجرایی ملی با کمک آحاد جامعه و حاکمیت، نیاز اساسی حال حاضر کشور است



۱. بیان مسئله

عدم بازگشت پذیری شرایط (در عمده مناطق و حداقل در کوتاه‌مدت)، تهدید امنیت اقتصادی و غذایی و بروز پدیده فرونشست زمین با ارائه آمار و ارقام مستند.

■ بررسی مناسب پدیده فرونشست زمین، ارتباط آن با کسری مخازن آب زیرزمینی و همچنین سایر عوامل ایجاد آن، بررسی خاص نقش تهی شدن تدریجی آبخوان‌ها بر ایجاد و تداوم این وضعیت و جنبه‌های فنی مرتبط با آن.

■ بررسی نقش پدیده فرونشست زمین در خسارت دیدن زیرساخت‌های مربوط به حوزه‌های مختلف (مانند انرژی، حمل‌ونقل، کشاورزی، ساخت‌وساز)، آسیب به سیاست‌ها و اهداف توسعه‌ای مرتبط با این حوزه‌ها، تأثیر بر اقتصاد کلان کشورها و همچنین اشاره به تجربیات داخلی و خارجی در این زمینه (با ارائه آمار و ارقام).

■ اشاره به تجربیات سایر کشورها، پیشنهادها و پژوهشگران مرتبط و بررسی شرایط موجود در جهان و ایران (با ارائه نقشه‌ها و جداول مناسب) ■ اشاره به راه‌حل‌های بین‌المللی برای مقابله با پدیده فرونشست زمین و همچنین تجزیه و تحلیل نحوه اعمال راهکارهای مؤثر جهت برون‌رفت از بحران فعلی در کشور.

پدیده فرونشست زمین در جهان و به‌طور خاص در ایران پدیده‌ای رو به رشد با آثار عمدتاً جبران‌ناپذیر و برگشت‌ناپذیر مرتبط با تمام جنبه‌های محیط‌زیستی، اجتماعی، اقتصادی و امنیتی است. هشدارهایی در مورد جنبه‌های ناگوار این پدیده در سال‌های اخیر توسط کارشناسان و ارگان‌های ذی‌ربط داده شده است. آنچه حائز اهمیت است این است که با وجود هشدارهای داده شده، هنوز عزم جدی و مؤثری برای مقابله با این پدیده در کشور به‌وجود نیامده است. در این گزارش به‌طور خاص در رابطه با اهمیت مقابله با این پدیده و مباحث پیرامون اتخاذ تدابیر مدیریتی کارآمد و اصولی بحث و اظهار نظر می‌شود.

در این گزارش سعی شده است موارد زیر بررسی شده و بعضاً به سؤال‌هایی در این رابطه پاسخ داده شود:

■ بررسی اجمالی شرایط فعلی منابع آب کشور به‌طور کلی و منابع آب زیرزمینی به‌طور اخص و بررسی جنبه‌های (عمدتاً منفی) تداوم و یا وخامت این وضعیت بر آینده کشور از لحاظ محیط‌زیستی، اجتماعی، اقتصادی و امنیتی.

■ بررسی اجمالی نقش عوامل مختلف در پدید آمدن شرایط فعلی برای منابع آب زیرزمینی و به‌تبع آن بحران‌ها و خسارت‌های ثانویه شامل

۲. اهداف گزارش

اهم اهداف گزارش حاضر موارد زیر خواهد بود:

■ بررسی و تعریف پدیده فرونشست زمین (و اشاره به عوامل ایجاد آن)، پژوهش‌های انجام شده و راه‌حل‌های ارائه شده در این ارتباط، وضعیت فعلی کشور از لحاظ کسری منابع آب زیرزمینی و نرخ فرونشست و ارائه مباحث، نقشه‌ها و آمارهای مناسب.

■ بررسی وضعیت آبی مناطق بحرانی و مناطق با وضعیت رو به بحران کشور براساس بررسی منابع، گزارش‌ها و اظهار نظرهای کارشناسی و همچنین اشاره مناسب به راهکارها، سناریوها و مصوبات موجود در کشور (از لحاظ محتوا و اثربخشی).

■ اشاره به طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور، راه‌حل‌ها و پیشنهادها پیرامون این طرح و درجه اثربخشی آنها.

■ اشاره به نقش توسعه و سرمایه‌گذاری در سایر حوزه‌ها بر کنترل

گسترده‌گی فرونشست در نقاط مختلف کشور.

■ بررسی امکان مدیریت ناحیه‌ای یا استانی پدیده فرونشست، لزوم ایجاد سازوکارهای تخصصی در سطح ملی، بهبود شرایط مدیریتی، تغییر بنیادین در اهداف توسعه‌ای و اصلاح قوانین مرتبط.

■ بررسی لزوم توسعه و سرمایه‌گذاری در بخش نیروی انسانی و کادر آموزشی متخصص و همچنین تأثیر تشکیل تشکلهای مردم‌نهاد جهت گذار از شرایط فعلی و نیل به وضعیت بهتر برای کشور در آینده.

■ بررسی تأثیر بحران در منابع آب زیرزمینی و به‌تبع آن فرونشست زمین بر حوزه‌های مختلف.

■ ارائه پیشنهادها، هشدارها، راهکارهای جامع علمی و چارچوب‌های مدیریتی کارآمد برای بهبود روزافزون و جلوگیری از وخامت شرایط در آینده.



۳. شرایط فعلی منابع آب در کشور به طور کلی و منابع آب زیرزمینی به طور خاص

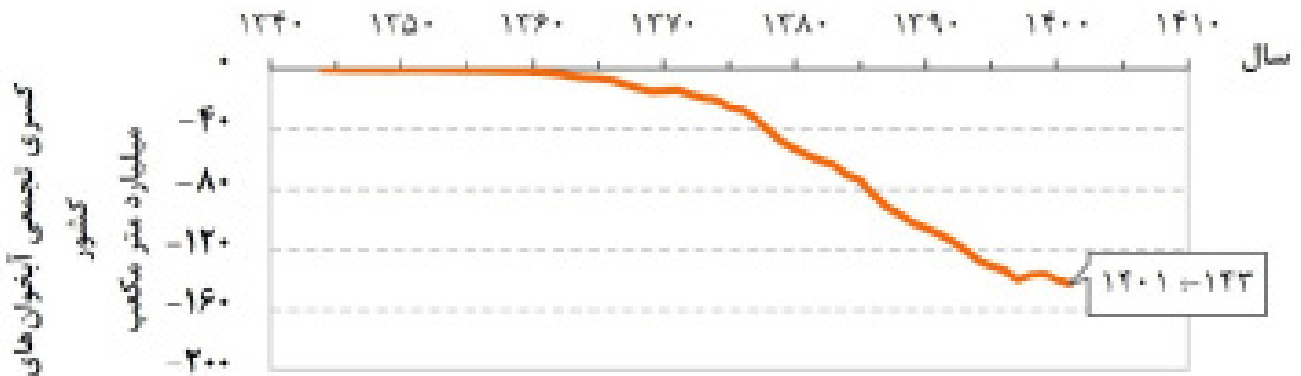
در بسیاری از موارد از روی ناچاری و به دلیل عدم امکان فعالیت در سایر صنوف، رکود بازارهای محلی، عدم پیگیری مناسب سیاست‌های توسعه از سوی دولت و... است.

آنچه در شرایط فعلی نگران‌کننده است، فشار بی‌سابقه بر منابع آب سطحی و زیرزمینی برای نیل به اهداف و حمایت سیاست‌های توسعه خصوصاً در حوزه کشاورزی است. وابستگی بیش از حد به منابع آب برای ایجاد اشتغال، زمینه را برای افزایش خسارت بر این ثروت و سامان ملی بیش از هر زمان دیگری فراهم ساخته است. همزمان با بحران در کمبود و کسری منابع آب سطحی و بحران حجم ذخیره مخازن سدها، وضعیت کسری حجم آبخوان‌های کشور نیز چشم‌انداز روشنی در رابطه با آینده نوید نمی‌دهد. با توجه به اسناد و پژوهش‌های موجود، از اوایل دهه ۱۳۶۰ خورشیدی روند افزایش کسری منابع آب زیرزمینی در ایران شروع شده و اکنون در سال ۱۴۰۱ میزان کسری به رقمی معادل ۱۴۳ میلیارد مترمکعب رسیده است که با توجه به سیر کماکان افزایشی آن، وضعیت را نگران‌کننده جلوه داده است (شکل ۱). این در حالی است که روند پیش‌رونده پدیده فرونشست زمین همزمان با افزایش کسری آبخوان‌ها در نقاط مختلف کشور، ثبت و گزارش شده است. علاوه بر این، سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، خشک‌ترین سال آبی در طول نیم‌قرن اخیر بوده است [۶]. بنابراین ممکن است کمترین میزان تغذیه آبخوان‌های کشور نیز در همین سال آبی اتفاق افتاده باشد.

بحث مهم دیگر در رابطه با نحوه مدیریت و نظارت بر چاه‌های کشور، بحران چاه‌های بدون شناسنامه و غیرمجاز و همچنین نحوه برخورد با طرح‌های صنعتی در حال گسترش خصوصاً در حوزه کشاورزی (و نیاز مبرم آنها به منابع آب زیرزمینی) است که پیرامون آنها اظهار نظرهای کارشناسی مختلفی وجود دارد.

تاکنون پژوهش‌های متعددی در رابطه با بررسی وضعیت منابع آب در ایران انجام گرفته است. هر کدام از این پژوهش‌ها (با توجه به اهداف آنها) جنبه‌های خاصی از گستردگی بحران‌های مربوط به این حوزه در ایران را بررسی کرده‌اند. با توجه به شرایط مدیریتی خاصی که در ایران در سالیان اخیر در زمینه بهره‌برداری از منابع آب وجود داشته، متأسفانه شرایط فعلی منابع آب در کشور، شکست بخشی از سیاست‌های کلان حاکمیتی و اهداف توسعه مرتبط با بخش آب، مقاصد مدیریتی و اجرایی را اثبات می‌کند. برای مثال یکی از این سیاست‌های کلان و اهداف توسعه در سالیان اخیر، مرتبط با تولید غذا و خودکفایی در تولید محصولات کشاورزی مانند گندم بوده است. ایران دارای اقلیم و خاک مناسب برای رسیدن به این هدف است به گونه‌ای که در تعدادی از سال‌ها در زمینه تولید گندم، توانسته است به حدنصاب تولید جهت خودکفایی برسد. این میزان از تولید با توجه به آمارهای فائو (FAO) برای سالیانه بیش از ۱۴ میلیون تن در سال است. براساس داده‌های مرکز آمار ایران، در سالیانی میزان تولید گندم با افت قابل ملاحظه‌ای همراه است. برای مثال سال ۱۴۰۰ حدود ۱۰/۴۴ میلیون تن گندم در کشور تولید شده که نسبت به سال ۱۳۹۷ با تولید ۱۲/۷ میلیون تن، کاهش تولید ۹/۴ درصدی رخ داده است. این نشان می‌دهد که در سالیانی اهداف مورد نظر برای تولید گندم با موفقیت همراه نبوده است. یکی از دلایل این عدم موفقیت پیامدهای تغییرات اقلیمی مانند خشکسالی‌های دامنه‌دار در ایران بوده است. به هر حال، پیگیری این سیاست در صورتی دارای دورنمای بهتری است که هزینه‌های تحمیل این سیاست را بر ظرفیت منابع آب کشور خصوصاً در شرایط وجود پدیده‌های مرتبط با تغییرات اقلیمی سنجش و برآورد کرد. یکی از مهم‌ترین دلایل بالا بودن مصرف آب در ایران، اشتغال بسیاری از ساکنان کشور خصوصاً در مناطق کمتر توسعه‌یافته و کمتر برخوردار (از منظر شاخص‌های توسعه) به کشاورزی است. اشتغال به کشاورزی

شکل ۱. مقادیر کسری تجمعی مخازن آب زیرزمینی کشور بر حسب زمان



مأخذ: [۲]

۴. پدیده فرونشست زمین و عوامل ایجاد آن

خطوط انتقال برق، مراکز نیروگاهی (مانند مراکز پژوهش‌های اتمی)، مراکز تحقیقات دفاعی، تصفیه‌خانه‌های آب و فرودگاه‌ها، بسیار در مقابل گسترش پدیده فرونشست آسیب‌پذیر و نیازمند اقدام‌اند.

آسیب‌پذیری مناطق از پدیده فرونشست زمین از جنبه‌های مختلفی قابل بررسی است. اولین مسئله که به‌عنوان مهم‌ترین آسیب می‌تواند تلقی شود آسیب‌های محیط‌زیستی این پدیده است. در بعد محیط‌زیستی می‌توان در ابتدا به تغییرات قابل توجه در شکل عوارض زمین یعنی تغییر ظاهری در وضعیت طبیعی مناطق اشاره کرد. خصوصاً اگر این شکل از بروز تغییرات در حواشی و یا نقاط منتهی به مسیرهای اصلی آبراهه‌ها و کانال‌های طبیعی و مصنوعی انتقال آب ایجاد شود. این رخداد می‌تواند به بروز سوانح جدی، ایجاد مسیل‌های جدید و تهدید جانی و مالی ساکنان آن مناطق بینجامد. از جمله دیگر آسیب‌های محیط‌زیستی جدی فرونشست زمین کاهش ظرفیت نگهداشت آبخوان‌ها به دلیل فشردگی بیش از حد لایه‌ها و کاهش تخلخل بین مصالح آن است. این مسئله موجب خشکی تدریجی آبخوان و سخت‌تر شدن استحصال و بهره‌برداری از آب زیرزمینی و در نتیجه تحت‌الشعاع قرار گرفتن دائمی پروژه‌های صنعتی در مناطق آسیب‌دیده و به‌تبع آن اهداف توسعه آن مناطق خواهد بود. همچنین نفوذ سریع آلاینده‌ها و فاضلاب‌ها به مواضع آسیب‌دیده و در نتیجه آلودگی آبی سفره‌های آب زیرزمینی، از دیگر آسیب‌های محیط‌زیستی ناشی از پدیده فرونشست زمین به‌شمار می‌آید.

آسیب بعدی اثرگذاری پدیده فرونشست زمین، آسیب‌های اجتماعی است. تبعات ثانویه فرونشست زمین در زمینه اجتماعی شامل افزایش خطرات شغلی و بیکاری اصناف و صنایع با وابستگی بالا به منابع آب

یکی از عمده دلایل ایجاد پدیده فرونشست زمین، کاهش تراز سطح آب زیرزمینی و عدم امکان تجدیدشوندگی آبخوان‌ها در مناطق بحرانی است. فرونشست زمین در واقع زمینه‌ساز ایجاد سایر مسائل و پیامدهای ثانویه مرتبط با مصرف بی‌رویه منابع آب زیرزمینی است. در بسیاری از مناطقی که فرونشست رخ می‌دهد، امکان بازگشت به حالت اولیه (حداقل در کوتاه‌مدت) وجود نخواهد داشت. هرچند که بازگشت به وضعیت قبل از فرونشست در بسیاری از مناطق نیز غیرممکن تلقی می‌شود. از سایر عوامل ایجاد پدیده فرونشست می‌توان به زمین‌لرزه، عملیات زهکشی در خاک‌های آلی، استخراج معادن زیرزمینی، تراکم طبیعی خاک و ذوب شدن یخ‌های دائمی اشاره کرد.

فرونشست زمین پدیده‌ای است که در طی زمان اتفاق می‌افتد به‌گونه‌ای که سیر تدریجی و بعضاً نامحسوس گسترش آن در بسیاری از موارد، فوریت اقدام میدانی مشابه با سایر بلایای طبیعی مانند زلزله، سیل و رانش زمین را ندارد. زمانی هم که این پدیده به مراحل نهایی خود برسد، اقدام و دخالت میدانی جهت حل بحران دیگر آن کیفیت و کارایی لازم را نخواهد داشت. این نحوه از بروز پدیده فرونشست در بسیاری از جاها به‌صورت کاهش تدریجی تراز ارتفاعی زمین (مانند دشت‌های کالیفرنیا در ایالات متحده) و در مواردی دیگر نیز با ایجاد عوارض مختلف در سطح زمین (مانند فروچاله‌های عمیق با اشکال هندسی و ظاهری مختلف) نمایان می‌شود. نوع مذکور دوم از پدیده فرونشست، در بسیاری از دشت‌های بحرانی ایران (مانند دشت مهبیار در اصفهان) ثبت و گزارش شده است. زمانی که این فروچاله‌ها در نزدیکی زیرساخت‌های حیاتی مناطق آسیب‌دیده واقع شوند، باید زمان برای اتخاذ تدابیر فوری و اقدام‌های علاج‌بخش آغاز شود. زیرساخت‌هایی مانند خطوط ریلی،



تحت‌الشعاع قرار گرفتن دائمی اهداف و سیاست‌های توسعه (به‌منظور ترویج پروژه‌های صنعتی) در مناطق آسیب‌دیده خواهد شد. زیان‌های حاصل از موارد فوق نهایتاً آثار خود را بر اقتصاد کلان کشورها و برنامه‌های توسعه اقتصادی و جلب رضایت عمومی جامعه خواهد گذاشت.

بنابراین لازم است با در نظر گرفتن مجموع آسیب‌های حاصل از این پدیده، زمینه را برای کنترل، بهبود و تثبیت سطح بحران و جبران خسارت‌های حاصل از آن، برآورد روند آسیب‌پذیری سایر مناطق با وضعیت بهتر و همچنین انجام مطالعات کارشناسی و تخصصی وسیع در سطح جغرافیایی کشورها برای مقابله جدی با این پدیده فراهم کرد.

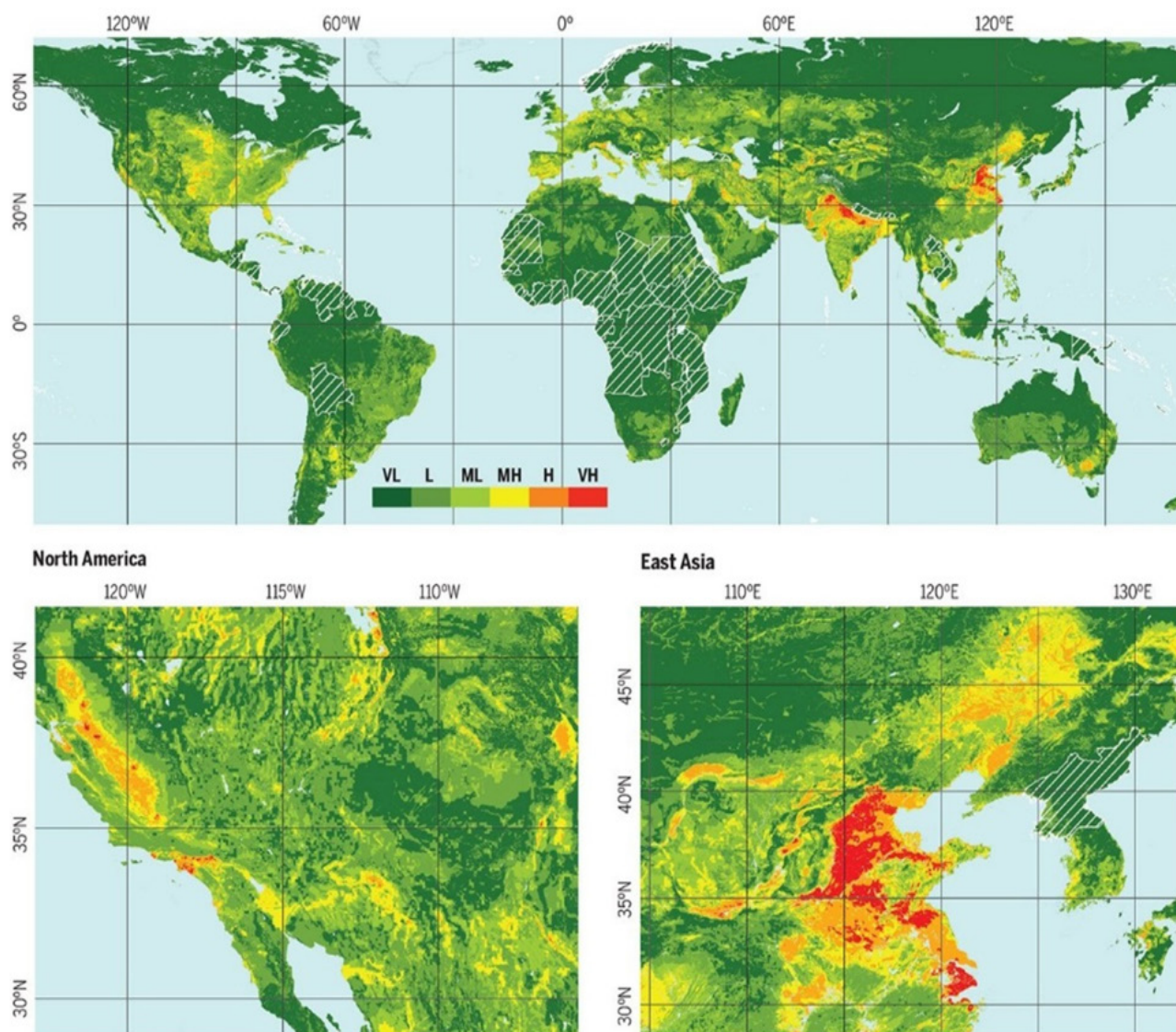
زیرزمینی، افزایش مهاجرت به شهرهای صنعتی و گسترش پدیده حاشیه‌نشینی (به‌علاوه چالش تأمین مشاغل کافی در این مناطق و مسائل عدیده پیرامون آن)، افزایش نارضایتی عمومی در مناطق آسیب‌دیده و بدبینی ساکنان به اهداف مطالعاتی و توسعه‌ای و روندهای کارشناسی، نظارتی و کنترلی در این مناطق و نهایتاً بروز آسیب‌های امنیتی است. آسیب‌هایی که در مواردی جبران آن سخت بوده و با خسارت‌هایی هم برای مردم و هم برای حاکمیت همراه است از دیگر مسائل مرتبط با پدیده فرونشست زمین، آسیب‌ها و تبعات اقتصادی است. بروز پدیده فرونشست زمین موجب آسیب به پروژه‌های عمرانی و زیرساخت‌های حیاتی، بی‌ارزش شدن تدریجی ارزش املاک، زمین‌های کشاورزی و پروژه‌های صنعتی در مناطق آسیب‌دیده،

۵. گزارش‌های جهانی در رابطه با پدیده فرونشست زمین

پدیده فرونشست زمین در آمریکا، در نتیجه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی است. در گزارشی دیگر مربوط به کشور تایلند، در اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی، مقدار ۱۲ سانتیمتر نشست سالیانه گزارش شده است. همچنین نرخ فرونشست زمین در کشور ایتالیا و مشخصاً در شهر ونیز، برابر ۰/۲ سانتیمتر در سال بوده است [۷]. با توجه به تعدد این گزارش‌ها و داده‌های ثبت شده، تنها خلاصه‌ای از میزان فرونشست زمین در کشورهای مختلف در جدول ۱ و شکل ۲ آورده شده است.

گسترده‌گی وقوع پدیده فرونشست زمین در جهان در حال افزایش است. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره در بیش از ۱۵۰ کشور جهان این پدیده ثبت و گزارش شده است. تنها در ایالات متحده در ۴۵ ایالت و سطحی بیش از ۱۷ هزار کیلومتر مربع این مشکل قابل‌رؤیت است [۳]. نرخ فرونشست زمین در نیواورلئان در ایالت لوئیزیانا و هیوستون در ایالت تگزاس چیزی در حدود ۵ سانتیمتر در سال برآورد شده است [۷]. در ایالت کالیفرنیا که در آن برداشت‌های وسیع از منابع آب زیرزمینی انجام می‌شود، وضعیت بحران به‌مراتب جدی‌تر است به‌طوری‌که رقمی مابین ۳ تا ۸/۵ متر فرونشست از سال ۱۹۲۰ تاکنون در نقاطی از این ایالت به ثبت رسیده است [۴]. این در حالی است که ۸۰ درصد علت ایجاد

شکل ۲. وضعیت فرونشست زمین در اثر اضافه برداشت آب‌های زیرزمینی در نقاط مختلف جهان



سبز تیره: خیلی کم، قرمز: خیلی زیاد

source:[7]

جدول ۱. بررسی میزان نرخ فرونشست در تعدادی از مناطق جهان

دوره زمانی	نرخ فرونشست (میلیمتر بر سال)	نام محل	ردیف
۲۰۰۲-۲۰۰۷	۳۸۰	مکزیکوسیتی (مکزیک)	۱
۲۰۰۳-۲۰۰۵	۲۸۰-۳۰۰	دره مشهد (ایران)	۲
۲۰۰۶-۲۰۰۹	۲۳۰	باندونگ (اندونزی)	۳
۱۹۹۷-۲۰۱۰	۲۲۰	جاکارتا (اندونزی)	۴
۲۰۰۷-۲۰۱۱	۱۲۸	زامورا (مکزیک)	۵
۲۰۰۳-۲۰۰۹	۱۱۵	پکن (چین)	۶

Source:[8].



۶. راه‌حل‌های بین‌المللی جهت مقابله با پدیده فرونشست زمین

پیشنهاد سایر روش‌های عملیاتی وسیع و بعضاً چالشی برای حل بحران، در تنها یک روش روند بهبود فرونشست زمین با تعطیلی بیش از ۷۰ درصد از چاه‌ها بعد از سال ۱۹۶۹، اتفاق افتاده است. برای کنترل فرونشست در بخش‌هایی از شهر توکیو در کشور ژاپن، کاهش برداشت از آب‌های زیرزمینی و ممنوع شدن کامل تعدادی از چاه‌های برداشت آب زیرزمینی در دستور کار قرار گرفته است [۱۰].

در یک پژوهش، راه‌حل اکوسیستمی مبتنی بر طبیعت (nature-based solution (NBS)) برای مدیریت یکپارچه سیل و فرونشست در جا کارتا در کشور اندونزی پیشنهاد شده است. محقق باور دارد که مدیریت سیل به معنای تخلیه فوری آب باران به دریاست که این خود نقطه مقابل تسهیل نفوذ و تغذیه آبخوان است؛ بنابراین از نظر محقق این نوع از مدیریت (مدیریت سیل و فرونشست زمین) قابل تفکیک نبوده و مدیریتی یکپارچه تلقی می‌شود. در این روش با کاهش حجم سیلاب، سعی در افزایش میزان نفوذ بارش در خاک جهت تغذیه آب زیرزمینی و به تبع آن کاهش فرونشست زمین می‌شود [۱۱]. در ایران می‌توان مجموعه‌ای از روش‌ها را برای کنترل و کاهش فرونشست زمین به کار برد. مهم‌ترین مسئله در انتخاب روش‌ها، تجربه سایر کشورها و ضریب موفقیت و احیاناً عدم موفقیت آنها در بهره‌گیری از این روش‌هاست. به دلیل اهمیت همه‌جانبه بحران فرونشست در ایران، بسیار مؤثر است که تجربیات کشورهای مختلف در استفاده از روش‌های مقابله با فرونشست زمین توسط گروه‌های پژوهشی و تخصصی ویژه‌ای گردآوری، طبقه‌بندی و مستندسازی شود. طبقه‌بندی پژوهش‌های داخلی و بین‌المللی انجام شده در این زمینه که کاربرد اجرایی و ضریب موفقیت بالایی دارند دارای اهمیت و تأثیر خواهد بود.

با کمک این حجم از مستندات و استفاده از نظر کارشناسان و متخصصین حوزه‌های مختلف، بهترین روش‌ها متناسب با شرایط هر منطقه از کشور جهت علاج بخشی بحران می‌تواند پیشنهاد شده و مورد استفاده قرار گیرد. برای مثال در شهر تهران (به علت اهمیت استراتژیک آن) جهت حل بموقع بحران فرونشست زمین شماری از روش‌ها قابل استفاده است. روش‌هایی از قبیل ممنوع کردن چاه‌های بهره‌برداری، قطع اعطای مجوز به چاه‌های جدید، استفاده از آب‌های سطحی و تصفیه‌شده به منظور کاهش برداشت از آب‌های زیرزمینی (جهت استفاده در مصارف غیر شرب و فضای سبز) و نهایتاً تغذیه پذیر نمودن آبخوان در مناطق آسیب‌دیده، مواردی است که می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

در زمینه مقابله با پدیده فرونشست زمین و راه‌حل‌های کارشناسی مرتبط با کنترل و علاج بخشی آن، در کشورهای مختلف جهان اقدامات متنوعی انجام گرفته است. این اقدامات براساس ماهیت هر کدام، می‌تواند در حل بحران نقش ایفا کند. به طور کلی اقداماتی مانند تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها از طریق مهار یا هدایت جریان‌های سطحی و افزایش پروژه‌های آبخیزداری شهری و غیر شهری، یکی از این راه‌حل‌های اصلی و مناسب محسوب می‌شود. این جریان‌های سطحی در واقع حاصل از سیلاب‌های ناگهانی یا جریان‌های آب کنترل شده است که جهت تغذیه آبخوان در مناطق آسیب‌دیده مورد استفاده قرار می‌گیرند.

یک روش دیگر که به نوعی مرتبط با عملکرد بهره‌برداران است، کاهش انتخابی حجم بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی است. در این روش بهره‌برداران با اصلاح الگوی کشت، افزایش بهره‌وری در روش‌های آبیاری، اصلاح یا تغییر روش‌های آبیاری، تولید محصولات با آب‌بری کمتر و استفاده از آب‌های سطحی جایگزین (عمدتاً تصفیه شده) بخش زیادی از حجم آب مصرفی را تأمین کرده و از افزایش بهره‌برداری از آب زیرزمینی جلوگیری می‌کنند.

روش دیگر بر مبنای اعمال قانون و تشدید موارد نظارتی بر مصرف‌کنندگان است. از جمله اقدام‌های ذیل این روش می‌توان به تعطیلی چاه‌های مجاز و غیرمجاز، کاهش تحمیلی حجم آب بهره‌برداری از سوی مجریان قانون و همچنین توسعه روش‌های کنترلی و نظارتی بر خط است.

روش دیگر تغذیه آبخوان از طریق چاه در مناطق آسیب‌دیده است. در این روش با استفاده از آب‌های سطحی و چاه‌ها، عملیات تغذیه و شارژ آبخوان انجام می‌گیرد. استفاده از این روش در جنوب ایالت کالیفرنیا در ایالات متحده انجام شده است. یافته‌ها به کاهش سطح فرونشست در این روش از تغذیه آبخوان‌ها اشاره دارد به گونه‌ای که در آن، مساحت فرونشست در یک میدان نفتی در ویلمینگتون از ۵۸ به ۸ کیلومتر مربع کاهش یافته است [۹]. معیایی مانند گرفتگی چاه و آبخوان در استفاده از این روش در تغذیه آبخوان وجود دارد که نیازمند عملیات میدانی خاص جهت حل مشکل است. در ادامه، خلاصه‌ای از تجربیات برخی دیگر از کشورها آورده شده است.

استفاده از روش تغذیه آبخوان از طریق چاه در سال ۱۹۶۴ در شانگهای چین آغاز شد. در طی این عملیات بیش از ۲۰۰ چاه برای عملیات تغذیه مورد استفاده قرار گرفتند. تأثیر این روش به شکلی بود که علاوه بر توقف روند فرونشست، در طی ۱۰ سال میزان ۳۴ میلیمتر بالا آمدن سطح زمین در این منطقه اتفاق افتاد. در شهر ونیز ایتالیا علاوه بر

۷. وضعیت فعلی مناطق مختلف کشور از لحاظ نرخ فرونشست زمین

که باید در اولویت عمل نهادهای مرتبط قرار گیرد. این مهم با استفاده از فناوری‌های روز جهان، به تخمین نسبتاً دقیقی از نرخ تغییرات این پدیده در گستره جغرافیایی کشور و در شرایط بحرانی فعلی منجر می‌شود.

نخستین مورد از فرونشست زمین در سال ۱۳۴۶ و در دشت رفسنجان به ثبت رسید [۱۳]. براساس آمار، در دشت رفسنجان میزان فرونشست به ازای هر ۱۰ مترافت سطح آب زیرزمینی، رقمی معادل ۴۲ سانتیمتر برآورد شده است [۱۳]. براساس یافته‌های یک پژوهش، در دشت رفسنجان، در بازه زمانی ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰ میلادی، کاهشی در حدود ۱۸ متر در تراز سطح آب زیرزمینی رخ داده است. همین مقدار (در حدود ۱۸ متر) از کاهش تراز آب زیرزمینی برای دشت زرنند در مدت زمان ۱۰ سال (۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰) رخ داده است [۱۴]. همچنین، نرخ فرونشست زمین در سال ۱۳۸۷ برای دشت رفسنجان رقمی معادل ۳۰ سانتیمتر در سال گزارش شده است (جدول ۲). در گزارشی دیگر، نرخ که برای دشت ورامین در سال ۱۳۸۷ برآورد شده است، معادل ۱۳ سانتیمتر است. براساس همین گزارش، از دشت‌های با وضعیت نگران‌کننده می‌توان به دشت کاشمر اشاره کرد که نرخ فرونشست در آن معادل ۳۰ سانتیمتر است (جدول ۲).

بررسی‌های سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۵ (در بازه زمانی ۶ ماهه مردادماه تا دی‌ماه برای سال‌های مذکور) نشان می‌دهد که وضعیت فرونشست در دشت‌های با شیب ۱ تا ۴ درصد، از میزان ۹۱ درصد در سال ۱۳۹۵ به میزان ۹۳ درصد در سال ۱۳۹۸ رسیده است. درصد باقیمانده برای سایر دشت‌ها با شیب ۴ تا ۸ درصد است که از میزان ۹ درصد در سال ۱۳۹۵ به میزان ۷ درصد در سال ۱۳۹۸ رسیده است. با توجه به تفسیر نقشه‌های مربوط به پهنه‌های فرونشست در دشت‌های کشور برگرفته از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در سال ۱۳۹۵، نواحی مرکزی به سمت شمال شرقی استان خوزستان در محدوده وسیعی میانگین فرونشست به میزان ۵ تا ۱۰ سانتیمتر را تجربه کرده است. مقدار فرونشست در همین سال با نرخی معادل ۵ تا ۷ سانتیمتر برای دشت‌های مرکزی به سمت جنوب شرقی استان اصفهان وجود داشته است. براساس تفسیر نقشه‌های مذکور، مقادیر نرخ فرونشست مشابهی (با استان‌های ذکر شده) در استان‌های البرز، قزوین، همدان (با نرخ حدود ۱۰ سانتیمتر) در شمال غربی استان، زنجان، مرکزی، فارس و کرمان (مناطق جنوبی) گزارش شده است. این در حالی است که برای تعدادی از استان‌ها مانند سمنان، تهران (مناطق جنوب غربی و شرقی) و خراسان رضوی (در محدوده‌های متعدد و پراکنده) مقداری معادل ۲ تا ۴ سانتیمتر فرونشست ثبت شده است. این نرخ از فرونشست (حتی در میزان کم)

ایران با توجه به رشد جمعیت و وسعت نیازهای مرتبط با تولید غذا، تمرکز زیادی بر بهره‌برداری از منابع آب خصوصاً منابع آب زیرزمینی دارد. منابع آب زیرزمینی با نرخ بهره‌برداری و برداشت بالا (رقمی معادل ۵۵ درصد) کشور را از جهات مختلفی با بحران مواجه کرده است. این در حالی است که افزایش تعداد چاه‌های غیرمجاز برداشت آب، تحلیل واقعی وضعیت فعلی و روند آبی را با چالش‌هایی روبه‌رو کرده است. براساس برخی گزارش‌ها، ۴۰ درصد چاه‌های موجود در کشور غیرمجاز تلقی می‌شود [۱۲]. در حالی که هر روز بر تعداد این چاه‌های فاقد کنترل، مجوز و شناسنامه و دیگر موارد بهره‌برداری در کشور افزوده می‌شود، نیاز مبرم کشور است که با بهبود حکمرانی در حوزه منابع آب، مدیریت و اصلاح مصرف و حتی قطع فوری بهره‌برداری از بسیاری چاه‌های مجاز و شناسنامه‌دار، روند وخامت وضعیت کند و نهایتاً متوقف شود. با علم بر اینکه در بسیاری از مناطق میزان اضافه برداشت، کسری آبخوان‌ها و بحران‌های پیرامون آن (مانند پدیده فرونشست زمین) بدون بازگشت تلقی می‌شود. عدم آگاهی از تعداد دقیق مجموع چاه‌ها (مجاز و غیرمجاز)، بدون شناسنامه و آمار بودن بسیاری چاه‌ها و همچنین عدم آگاهی از میزان و سابقه بهره‌برداری از آنها، وضعیت رصد و ثبت آمار برداشت از آبخوان‌های دشت‌های مختلف کشور را با موانعی روبه‌رو کرده است. به طوری که هرگونه تخمین و پیش‌بینی مبتنی بر مبانی علمی و تخصصی ممکن است آن دقت و کارایی لازم را نداشته باشد و بحران را به صورت چراغ خاموش به شرایط مبهمی در آینده نزدیک نماید.

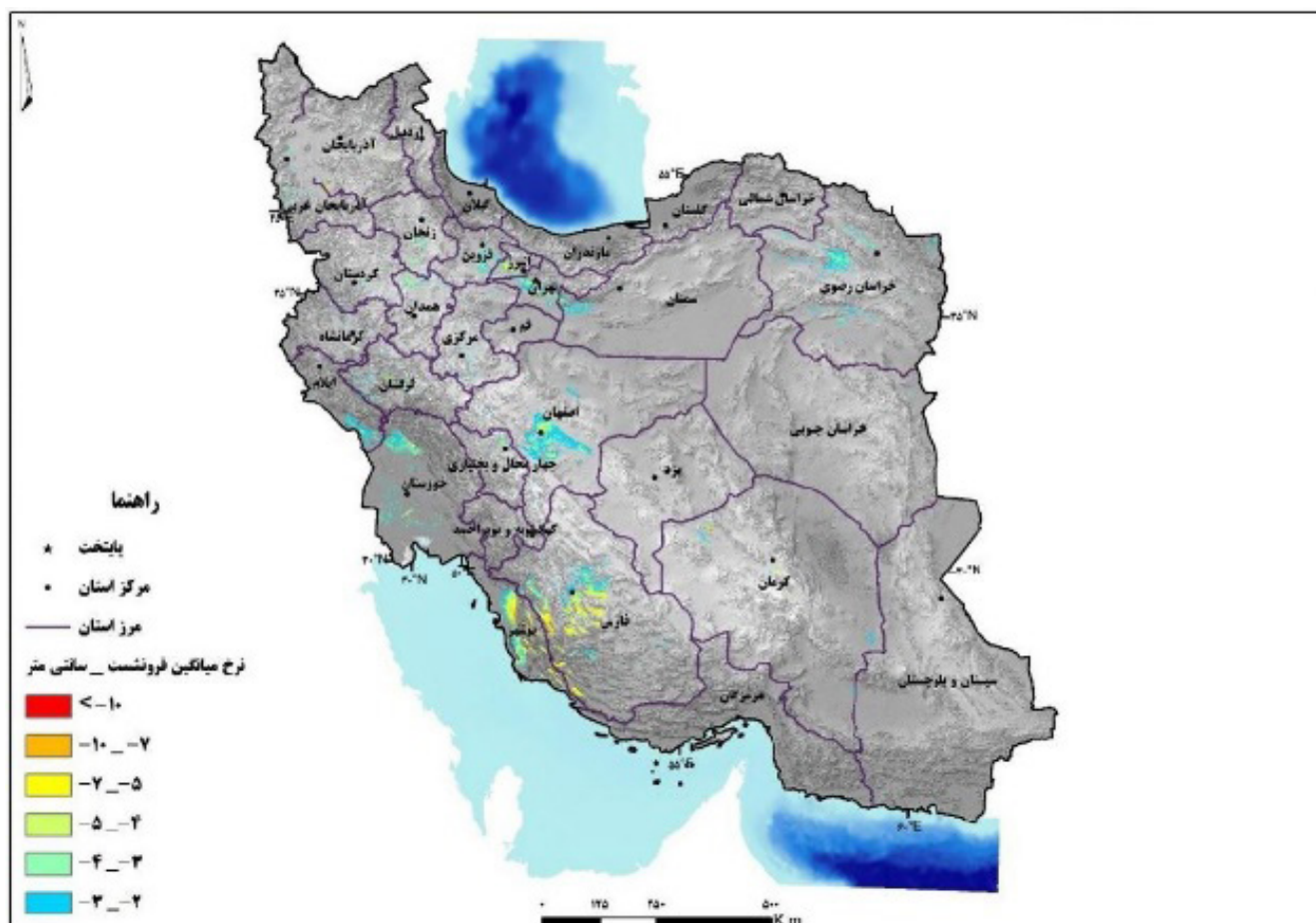
در حال حاضر، آمار دقیق و واحدی در رابطه با چاه‌های موجود در کشور وجود ندارد. خصوصاً در رابطه با چاه‌های غیرمجاز، تخمین‌ها و گمانه‌زنی‌های رسمی و غیررسمی اختلافاتی با هم دارند. براساس آمارهای رسمی موجود، از مجموع ۷۵۳ هزار چاه موجود در کشور ۴۱۶ هزار چاه مجاز و ۳۳۷ هزار حلقه چاه غیرمجاز تلقی می‌شود [۲]. هر چند که در گزارش‌ها و روایت‌های مختلف به آمارهای بیشتر و کمتر از این تعداد نیز اشاره شده است. خود این تناقض در آمارهای اعلامی و اختلاف موجود در آنها، می‌تواند به نوعی حاکی از وضعیت مبهم و نظارت ضعیف در ثبت داده‌های آماری توسط ارگان‌های ذی‌ربط باشد.

از لحاظ بحث فرونشست زمین باید گفت که تقریباً اکثر دشت‌های کشور با این پدیده مواجه و درگیر است. از میان مجموع ۶۰۹ دشت مطالعاتی کشور که شماری از آنها (دشت‌های ممنوعه بحرانی با تعداد ۱۳۴ دشت) دچار فرونشست زمین شده‌اند، ۴۲۰ دشت به‌عنوان ممنوعه و ممنوعه بحرانی قلمداد می‌شود [۲]. براساس گزارش‌های موجود، همین تعداد دشت‌های ممنوعه برابر ۳۱۷ دشت در سال ۱۳۹۲ بوده است [۴]. به لحاظ مشکل در تأمین و دسترسی داده، تخمین دقیق نرخ فرونشست در دشت‌های کشور امری به نسبت دشوار است مسئله مهمی

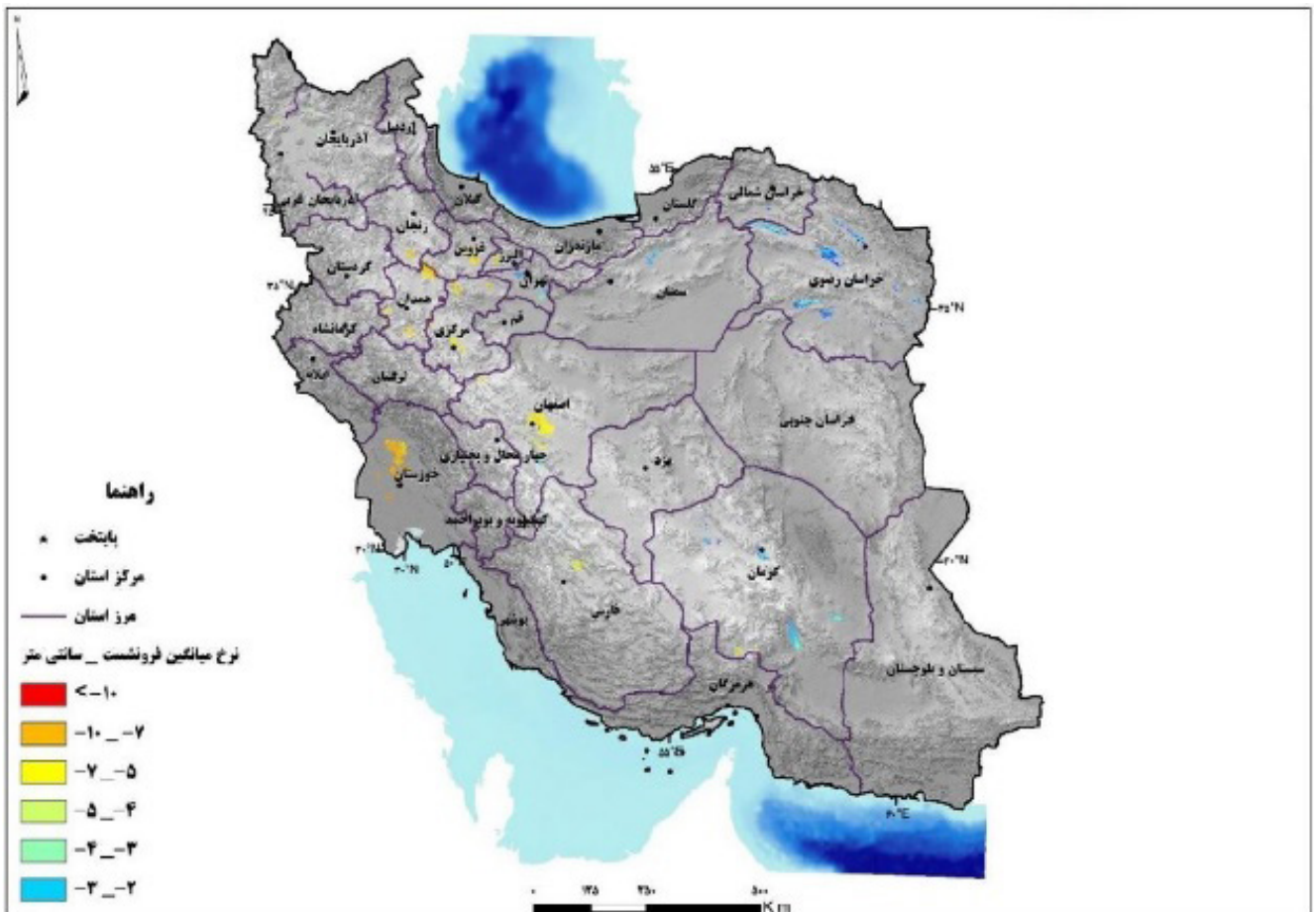
دشت‌های جنوب شرقی) بیشینه نرخ فرورنشست معادل ۱۲ سانتیمتر در محدوده یکپارچه و وسیعی ثبت شده است. براساس داده‌ها، وضعیت استان‌هایی مانند خراسان جنوبی (با بیشینه ۴/۵ سانتیمتر) تا حدودی بهتر است. البته برای استان‌هایی مانند سیستان و بلوچستان، هرمزگان، یزد و اردبیل نرخ قابل توجهی حداقل در این بازه زمانی ۶ ماهه گزارش نشده است (احتمالاً به دلیل نرخ کمتر از بازه ۲ تا ۴ سانتیمتر در بازه زمانی مذکور). در ادامه گستردگی و نرخ فرورنشست در دشت‌های مختلف کشور به صورت جدول ۲ و شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.

برای کلان‌شهری مانند تهران به دلیل تراکم بالای جمعیتی و وجود پروژه‌های عظیم عمرانی و صنعتی، زنگ خطری جدی تلقی می‌شود. شایان ذکر است که نرخ‌های فرورنشست گزارش شده برای دشت‌های کشور براساس روش تداخل‌سنجی راداری سنجش و ثبت شده است. براساس داده‌های سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در سال ۱۳۹۸، پدیده فرورنشست تقریباً برای تمام استان‌های کشور گزارش شده است. به عنوان مثال، برای دشت‌های استان کردستان، فرورنشست قابل توجهی در سال ۱۳۹۵ (براساس تفسیر نقشه‌های سازمان) گزارش نشده است، در حالی که در سال ۱۳۹۸ حداقل نرخ معادل ۲ تا ۷ سانتی‌متر برای این استان ثبت شده است. براساس نقشه‌های سال مذکور، گستردگی فرورنشست در استان‌های فارس و بوشهر به طرز چشمگیری بالا و به ترتیب دارای بیشینه ۱۵ و ۱۴ سانتیمتر بوده است. همچنین در استان اصفهان (خصوصاً در

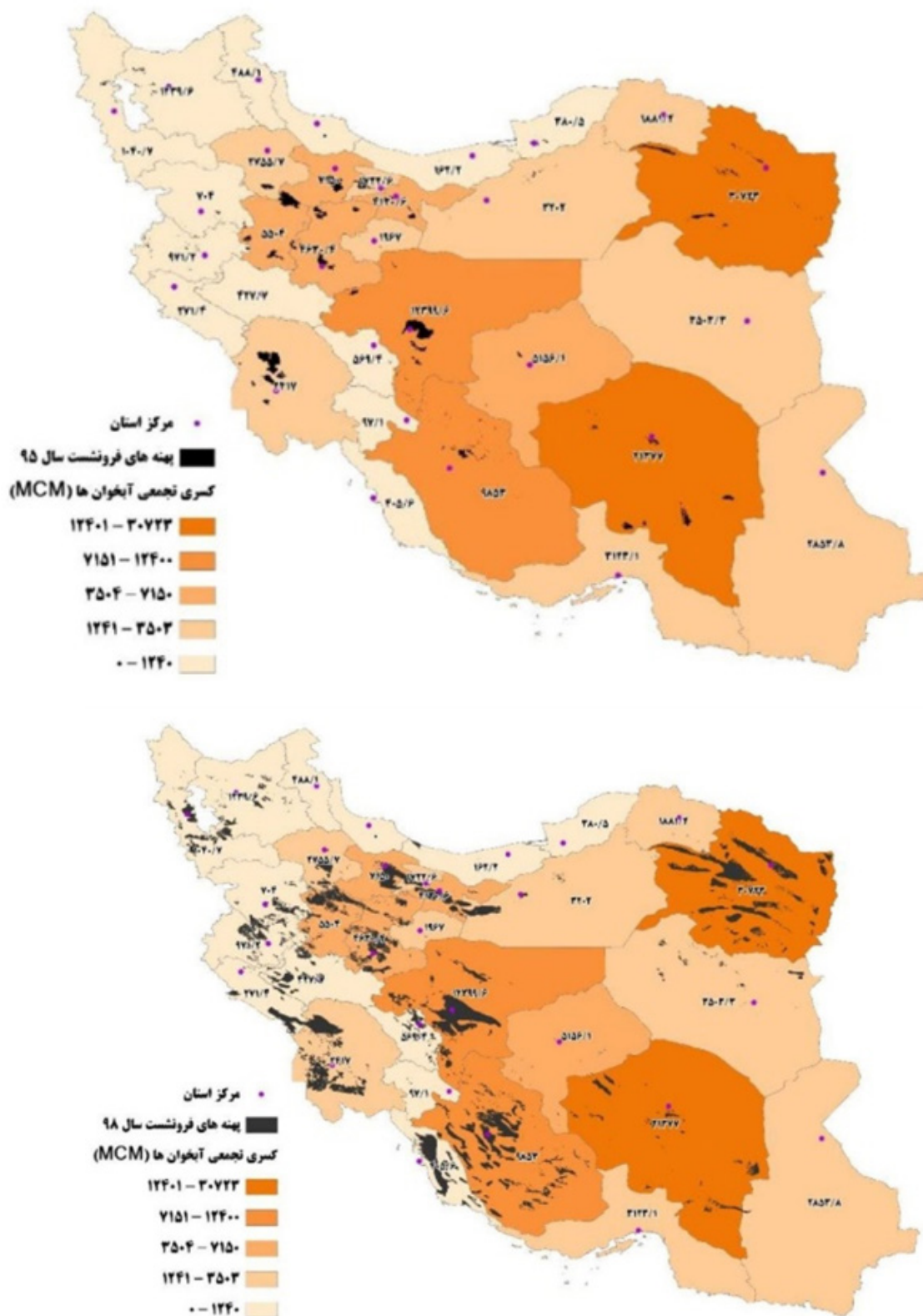
شکل ۳. نقشه پهنه‌های فرورنشست کشور (با نرخ فرورنشست بیش از ۲ سانتیمتر) مربوط به سال‌های ۱۳۹۸ (شکل اول) و ۱۳۹۵ (شکل دوم)



مأخذ: [۴]



شکل ۴. نقشه‌های مربوط به کسری مخزن و پهنه‌های فرونشست مربوط به سال‌های ۱۳۹۸ (راست) و ۱۳۹۵ (چپ)



مأخذ: [۴].

جدول ۲. بیشینه نرخ فروتنشست زمین در برخی از دشت‌های کشور براساس بررسی‌های سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مربوط به سال ۱۳۸۷ (علامت *) و بازه ۶ ماهه سال ۱۳۹۵ (علامت **)

وضعیت فروتنشست (سانتیمتر بر سال)	نام دشت‌ها	نام استان	ردیف
۳۰	کاشمر	خراسان رضوی	۱
۲۵	مشهد		
۱۲	نیشابور		
۷	اراک، خمین، ساوه، ازنا- الیگودرز، خنجین	مرکزی	۲
۱۲	گلیپگان	اصفهان	۳
۴/۳	کاشان		
۷/۹	کبودرآهنگ، رزن- قهاوند، گل‌تپه	همدان	۴
۹/۴	بستان‌آباد، بیلوردی- دوزدوزان، سراب، میاندوآب، تبریز	آذربایجان شرقی	۵
۷	سرو- موانا، ارومیه، زیوه- سیلوانا، اشنویه، نقده، مهاباد، پیرانشهر	آذربایجان غربی	۶
۲۲	ساوجبلاغ	البرز	۷
۱۷	هشتگرد		
۹	کرج		
۲۴	قزوین	قزوین	۸
۱۷	جنوب غرب تهران	تهران	۹
۱۳	شمال ورامین		
۱۳	جنوب ورامین		
۱۲	همندآب‌سرد		
۳۰	رفسنجان	کرمان	۱۰
۲۵	زرنند		
۲۰	کرمان		
۱۵	گله‌دار، دارالمیزان، دژگاه، دشت افزر، دهرم، بوشکان، فرشبند، فیروزآباد، میمند، موک، خفر، دارنجان، سیخ- دارنگون، قادرآباد، سرپیران، سعادت‌آباد، بیضا- زرکان، مرودشت- خرآم، سیدان- فاروق، ارسنجان، توابع ارسنجان، داریان، شیراز، قره‌باغ، سروستان، گوار مهارلو، برم، کازرون، خشت- کمارج، دریاچه پریشان، بالاده، قیرکارزین، داراب	فارس	۱۱
۴/۳	جمکران	قم	۱۲
۸/۷	سمنان، ایوانکی، مبارکیه، گرمسار	سمنان	۱۳

مأخذ: [۴].



۸. وضعیت و بحران‌های آبی مرتبط با پدیده فرونشست زمین در کشور

آب (خصوصاً در دشت‌های با نرخ فرونشست بالا مانند دشت قزوین)، زیرساخت‌های انتقال و توزیع برق و... از جمله مواردی است که باید در یک سازوکار مدیریتی و تصمیم‌گیری ویژه برای تحلیل و چاره‌اندیشی جهت نجات قرار گیرد. حجم گسترده عوارض ناشی از فرونشست زمین در دشت‌هایی مانند مهیار در استان اصفهان آن هم در مجاورت زیرساخت‌های حیاتی (مانند دکل‌های خطوط برق و خطوط ریلی)، این نگرانی را در پی دارد که با گسترش فرونشست خسارت‌های زیانبار و احتمالاً جبران‌ناپذیری به این تأسیسات در آینده تحمیل شود.

بر اساس گزارش‌های کارشناسی، فراگیر شدن تهدید فرونشست زمین برای گستره‌ای در حدود ۱۰ هزار کیلومتر مربع در استان اصفهان تخمین زده شده است [۲]. تهدید مذکور دارای عواقبی است که نه تنها بر زمان حال، بلکه بر آینده این مناطق نیز اثر می‌گذارد. این مسئله بیشترین آسیب را از لحاظ محیط‌زیستی بر کشور تحمیل خواهد نمود. فرونشست در ابعاد گسترده و نرخ بالا عملاً بسیاری از جنبه‌های حیات را تحت تأثیر قرار داده و حتی در مناطق با سطح بالای بحران تا مرز نابودی پیش می‌برد. بررسی ابعاد محیط‌زیستی این پدیده شاید مهم‌ترین بعد آن باشد که نیاز است در گزارش‌های بیشتر و اظهار نظرهای کارشناسی وسیع‌تری مورد توجه و تمرکز قرار گیرد.

اما یکی از مهم‌ترین جنبه‌ها و آسیب‌های پدیده فرونشست در آینده و در ایران بروز بحران‌های اقتصادی، اجتماعی و امنیتی در صورت تداوم وضع موجود و جلوگیری از گسترش بحران توسط تمام ارگان‌های ذی‌ربط است. باید از همین حالا به فکر زمانی بود که به هر دلیلی برنامه‌ها و شرایط تجدید و احیای آبخوان‌ها خصوصاً در دشت‌های با تمرکز بالای طرح‌های کشاورزی (و جمعیت قابل توجه شاغل به کشاورزی و اصناف وابسته)، با شکست و یا احیاناً چالش روبرو شود. اینجاست که درصد بالایی از اصناف وابسته به منابع آب زیرزمینی که به واسطه برداشت خارج از چارچوب، مدیریت نشده، بی‌رویه، بدون پشتوانه و خارج از تحمل منابع آب زیرزمینی، از لحاظ امرامعاش دچار مشکلات جدیدی می‌شوند. در این شرایط ممکن است برای بسیاری از این اقشار و اصناف امکان تغییر مسیر شغلی، بازگشت از مسیر سرمایه‌گذاری و یا احیاناً ترک زادگاه و محل کارشان فراهم نباشد آن هم در شرایطی که کلان‌شهرهای صنعتی نیز با بحران افزایش جمعیت ورودی و مسائل متعدد اجتماعی مرتبط با آن دست‌به‌پنجه نرم می‌کنند. در چنین شرایطی احتمالاً بیم بروز نارضایتی‌های اجتماعی و مسائل امنیتی و اقتصادی دور از انتظار نخواهد بود. مثال عینی آن رخدادهایی است که در اصفهان و حوزه زاینده‌رود به واسطه کاهش ظرفیت و سهم بهره‌برداری به علت خشکسالی و کاهش ظرفیت مخازن سدها (خصوصاً سد زاینده‌رود) برای کشاورزان به وجود آمد. نتیجه این تبعات، ایجاد صحنه اعتصابات

خوشبختانه در حال حاضر در کشور تمرکزهایی بر پدیده فرونشست و مباحث پیرامون آن (حداقل از جنبه داده‌برداری توسط نهادهای ذی‌ربط) وجود دارد. کمترین آثار این تمرکز باعث شده که روند جمع‌آوری داده‌های مشاهداتی برای بررسی شرایط فعلی و روند پیش‌رو در مقیاس بهتری انجام گیرد. هر چند که گذار از شرایط بحرانی فعلی و نیل به بهبود اوضاع در آینده، مستلزم توسعه اقدامات میدانی، اصلاح و بهبود قوانین کنترلی و نظارتی، بهبود سازوکارهای مدیریتی و سیاستگذاری و همچنین همکاری بخش وسیعی از دستگاه‌های اجرایی و مردم است. در واقع وضعیت آبی بحران فرونشست در ایران در صورت داشتن برنامه اقدام مناسب و البته فوری امکان بهبود خواهد داشت. یکی از جنبه‌های نگرانی در رابطه با بحث فرونشست در آینده، آسیب‌پذیری بالایی مناطق شهری و کلان‌شهری (حتی با نرخ کمتر فرونشست) کشور مانند تهران است. به‌طور خاص این مسئله در تهران، همان‌طور که گفته شد، بسیاری از اهداف، سیاستگذاری‌های توسعه و سرمایه‌گذاری در این نقطه مهم از کشور را تحت‌الشعاع قرار داده و با خطراتی مواجه می‌نماید. تمرکز بالای طرح‌ها و بخش‌های مهم صنعتی و همچنین زیرساخت‌های حیاتی مرتبط با بخش‌های عمرانی، اهمیت رصد مستمر شرایط در این نقطه و نقاط مشابه را بیش از پیش مطرح می‌کند. این شیوه از رصد شرایط باید با استفاده از به‌روزترین ابزارهای مشاهداتی موجود در جهان و در مدت‌زمان مناسبی در کشور انجام گیرد. علاوه بر این، با اتخاذ تدابیر کارآمد، نیاز است در صورت وقوع هرگونه آسیب در زیرساخت‌های حیاتی در هر نقطه از کشور، جبران هزینه (بر اساس پیش‌بینی‌های مالی انجام شده از قبل) صورت گرفته تا چرخه خدمت‌رسانی این زیرساخت‌ها دچار مشکل و اختلال نشود.

جنبه دیگر بحران فرونشست در آینده، کاهش تدریجی ظرفیت آبخوان در دشت‌های سراسر کشور به‌طور کلی و افزایش نگران‌کننده نرخ این کاهش ظرفیت در دشت‌های با وضعیت بحرانی به‌طور خاص است. این مسئله به تناسب تمرکز بهره‌برداران دشت‌های مختلف بر بهره‌برداری از آب زیرزمینی و همچنین برنامه‌ها و سیاست‌های توسعه مورد انتظار برای آن مناطق (خصوصاً در زمینه تولید محصولات کشاورزی)، می‌تواند ابعاد مختلفی داشته باشد. در این شرایط است که باید با اولویت‌بندی مناسب برای نجات نقاط با آسیب‌پذیری بالا، ایجاد سازوکارهای قانونی، نظارتی و کنترلی کارآمد (به صورت محلی) و همچنین اصلاح و تقویت مبانی مدیریتی در این مناطق، زمینه برای کنترل و تثبیت روند رو به رشد بحران فراهم شود.

آسیب روزافزون به زیرساخت‌های حیاتی بخش‌های حساس کشور از دیگر آثاری است که در آینده شرایط را نگران‌کننده‌تر و پیچیده‌تر می‌کند. زیرساخت‌های حمل‌ونقل جاده‌ای، ریلی، کانال‌های انتقال

باید از همین حالا برای آنها تدابیر و برنامه‌ریزی‌های مبتنی بر اصول علمی و مدیریتی کارآمد با همکاری کارشناسان تمامی حوزه‌ها، نخبگان، افراد دلسوز، دغدغه‌مند و مورد اعتماد جامعه اتخاذ شود.

و اعتراضات کشاورزان و بهره‌برداران را در بستر خشک زاینده‌رود در پی داشت که هنوز هم این جریان‌های اعتراضی در بازه‌های مختلفی از سال و به شیوه‌های خاصی توسط این اصناف ادامه دارد. بروز این دست از حوادث در کنار سایر بحران‌های جاری در کشور خصوصاً در حوزه اقتصاد و معیشت ممکن است هزینه‌هایی بر کشور در آینده تحمیل کند؛ پس

۹. راهکارها و مصوبات موجود پیرامون بحث فرونشست زمین در کشور

پنجم توسعه، به پیگیری پروژه‌ها و برنامه‌هایی جهت ایجاد تعادل بین برداشت و تغذیه در آب‌های زیرزمینی اشاره شده است. مواردی از قبیل اجرای پروژه‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای با اولویت دشت‌های ممنوعه، مسلوب‌المنفعه نمودن برداشت‌های غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی، نصب کنتورهای حجمی بر روی کلیه چاه‌های آب دارای پروانه و بهبود ۲۵ درصدی در تراز آب زیرزمینی، از برنامه‌های توسعه‌ای مرتبط با آب‌های زیرزمینی در برنامه پنجم توسعه است. در ماده (۳۵) برنامه ششم توسعه نیز (مربوط به سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۶) مشخصاً به بحث تعادل بخشی به سفره‌های زیرزمینی و ارتقای بهره‌وری و جبران تراز آب اشاره شده است.

همان‌طور که در مباحث پیشین نیز اشاره شد، کیفیت و کمیت قوانین موجود مرتبط با بخش آب و مشخصاً آب زیرزمینی، پتانسیل حل بحران را در این زمینه و لو در بلندمدت دارد. متأسفانه این برنامه‌های توسعه و قوانین موجود، هنوز با موفقیت عملی و اجرایی فوایدی ندارد. مشخصاً در بحث اجرای طرح تعادل بخشی، نصب کنتورهای هوشمند و بهبود تراز سطح آب، علی‌رغم تمرکز قانونی، توفیق آن چنانی از لحاظ اجرایی حاصل نشده است. این سطح از عدم موفقیت در اجرای تدوین‌های قانونی پنج‌ساله توسعه، خصوصاً در آب‌های زیرزمینی، نیاز است که به‌طور جدی علت‌یابی و سنجش شود. سنجش موارد مطرح شده و تدوین برنامه‌های مکمل برای حل بحران می‌تواند به افزایش ضریب موفقیت در اجرای پروژه‌ها و نهایتاً حل بحران آب زیرزمینی و مسائل تابعه در برنامه‌های توسعه آینده بینجامد.

همان‌طور که قبلاً نیز بحث شد در حال حاضر تمرکز و نگرانی‌هایی پیرامون بحث فرونشست در کشور وجود دارد که این مسئله جای امید و خرسندی است. هرچند که این بحث (تمرکز و مطالعه بر پدیده فرونشست) تا حدی دیر در کشور اتفاق افتاده است، اما باز هم می‌تواند مفید و کارگشا تلقی شود. تا به حال کارشناسان و صاحب‌نظران زیادی در قالب گزارش‌ها و طرح‌های کارشناسی اقدام به ارائه راه‌حل برای این مشکل در ایران کرده‌اند. از مهم‌ترین راه‌حل‌های ارائه شده، تغییر بنیادین مبانی حکمرانی در حوزه آب، افزایش بهره‌وری در زمینه استفاده از منابع آب زیرزمینی و همچنین مباحث پیرامون حراست و افزایش ارزش مادی و معنوی منابع آب زیرزمینی در میان تمام اقشار جامعه است. از دیگر راهکارها می‌توان به تأکید بر اجرای اسناد بالادستی مانند طرح تعادل بخشی به سفره‌های آب زیرزمینی، لزوم تشکیل کمیته‌های تخصصی و کارآمد ملی در زمینه مباحث و مسائل موجود در آب زیرزمینی، خرید و انسداد چاه‌های کشاورزی (عمدتاً کم‌بازده) از کشاورزان و... اشاره کرد. از دید اکثر کارشناسان، مدیریت و اصلاح الگوی مصرف نه به‌عنوان یک راه‌حل کوتاه‌مدت، بلکه به‌عنوان بهترین و پایدارترین گزینه و راه‌حل برای شرایط حال حاضر کشور باید مد نظر و در دستور کار مدیران و تصمیم‌گیران حوزه آب قرار گیرد.

یکی دیگر از جوانب تمرکز و تدوین قوانین در حوزه آب زیرزمینی در کشور، پروژه‌های ذیل برنامه‌های چهارم، پنجم و ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور است. برای مثال مشخصاً در بند «ب» ماده (۱۷) برنامه چهارم توسعه، به لزوم بهبود ۲۵ درصدی در تراز آب زیرزمینی اشاره شده است. همچنین، در بند «الف» ماده (۱۴۰) برنامه

۱۰. طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور

بحرانی که علاوه بر کاهش و نابودی تدریجی این منابع، منجر به گسترش پدیده فرونشست زمین در بسیاری از این مناطق و به تبع آن کاهش ظرفیت نگهداشت در آبخوان‌های کشور می‌شود. مثالی برای درک بهتر این مسئله اشاره به بارش‌های منتهی به فروردین ماه ۱۳۹۸ است. در این رخداد به‌رغم مناسب بودن شدت، مدت و گسترده‌گی بارش‌ها، عملاً از لحاظ جبران کسری مخازن آب زیرزمینی توفیقی حاصل نشد که این خود مؤید کاهش چشمگیر ظرفیت تجدیدشوندگی آبخوان‌ها به سبب افزایش تدریجی نرخ فرونشست در بسیاری از دشت‌ها و مناطق بحرانی

توسعه طرح‌های مرتبط با بخش کشاورزی و دیگر صنایع و به تبع آن استفاده روزافزون از منابع آب خصوصاً آب‌های زیرزمینی، نیازمند ایجاد ساختارهایی برای مدیریت و هدفمند نمودن هرچه بیشتر و بهتر مصرف آب در کشور است. در این میان توجه به حفاظت و حراست از آب‌های زیرزمینی به‌عنوان منابع بیشتر در دسترس خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک (به سبب افزایش تحمیل هزینه‌ها و برداشت‌ها)، اهمیت دوچندانی دارد. این در حالی است که کشور با بحران روزافزون کسری و افت شدید ذخایر آبخوان‌ها در بسیاری از مناطق و دشت‌ها روبه‌رو است.



و نداشتن دید مناسب از برخی مسائل، زمینه‌ساز توفیق حداقلی در رابطه با اجرای آنها شده است. پتانسیل‌های قانونی، کنترلی و نظارتی، پتانسیل زیرساخت‌های فعلی کشور جهت اجرای پروژه‌ها، سنجش تجربه عملیاتی پروژه‌های مشابه در گذشته، نحوه هماهنگی و تعامل سازمان‌های ذی‌ربط، تضاد منافع، نحوه همکاری آحاد جامعه (بالاًخص اصناف ذی‌ربط با پروژه‌های مطرح‌شده) و نهایتاً عدم برآورد بازه زمانی مناسب در اجرای پروژه‌ها، از این دست شرایط هستند.

در طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی، نیاز است متناسب‌سازی و اولویت‌بندی بودجه برای رسیدگی و اقدام بهتر در جهت حل بحران انجام گیرد. بدون لحاظ نمودن ساختارهای بودجه‌ای، قانونی و نظارتی مؤثر و کارآمد، پیشبرد اهداف این برنامه و برنامه‌های مشابه پیشین و آتی نیز میسر نخواهد بود. تخصیص بودجه و حمایت مالی مناسب از پروژه‌ها براساس معیارها و هزینه‌های روز (خصوصاً برای اهداف بلندمدت)، نظارت بر نحوه عملکرد مجریان اجرای پروژه‌ها، تکمیل و اصلاح قوانین موجود و نهایتاً مستندسازی نواقص و مشکلات مدیریتی و اجرایی مندرج در این برنامه ملی، به اجرای بهتر آن در آینده کمک خواهد نمود. در کل، تمام موارد مندرج در این برنامه احیای ملی (به دلیل ماهیت میدانی آنها) می‌تواند آثار مناسبی بر احیای آبخوان‌ها و کنترل نرخ فرونشست (ولو در بلندمدت) داشته باشد.

در ادامه، در رابطه با مواردی که ممکن است به توفیق اجرایی این طرح مهم در کشور و همچنین طرح‌های مشابه بینجامد، در قسمت نتیجه‌گیری و پیشنهادهای گزارش مواردی مطرح و پیشنهاد شده است. جدول ۳ نحوه تحقق تعدادی از پروژه‌های مورد نظر را در این طرح ملی نشان می‌دهد.

کشور است [۴]. همان‌طور که آمارهای سال ۱۳۹۸ نشان می‌دهد، این مسئله در استان‌هایی مانند فارس، بوشهر، اصفهان و خوزستان نگران‌کننده‌تر به نظر می‌رسد.

یکی از برنامه‌ها و طرح‌های مهم در کشور طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی است. تمرکز و هدف نخست این طرح، توصیه راهکارهایی برای ایجاد تعادل در مصارف با توجه به افزایش نرخ بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی است. این طرح در ابتدا شامل جزئیات و پروژه‌هایی بود که بتواند موفقیت اجرای کلی آن را در آینده تضمین نماید. از جمله مهم‌ترین این پروژه‌ها نظارت مستمر بر مصرف بهره‌برداران از طریق نصب کنتورهای هوشمند و کوتاه کردن دست بهره‌برداران غیرمجاز از چرخه مصرف در آب‌های زیرزمینی بود. روند معرفی و تصویب این طرح از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۹۴ به طول انجامید به گونه‌ای که تصویب نهایی آن در سال ۱۳۹۴ در شورای عالی آب انجام گرفت. از اقدام‌هایی که در قالب پروژه‌های پانزده‌گانه برای اجرا در این مصوبه تعریف شده است می‌توان به حفر ۵۲۰۰ چاه پیژومتری در دشت‌های سراسر کشور، بررسی مخاطرات فرونشست زمین در ۶۰۹ محدوده مطالعاتی کشور، اجرای ۴۰۰ پروژه تغذیه مصنوعی در دشت‌های ممنوعه، خرید چاه‌های کم‌بازده و همچنین مطالعه و اجرای پروژه‌های آبخیزداری توسط نهاد جهاد کشاورزی اشاره کرد (سازمان بازرسی کل کشور). مسئله مهم فعلی در ارتباط با این موارد، اجرای حداقلی پروژه‌های مذکور است که به نسبت نرخ رو به رشد مصرف، توسعه در بخش کشاورزی و فرونشست زمین در کشور و همچنین وجود بحران‌های فزاینده در رابطه با کسری آبخوان‌ها، می‌تواند تهدیدی جدی در روند وخامت بحران در زمینه منابع آب زیرزمینی تلقی شود. این پروژه‌ها ذاتاً به لحاظ توانایی در حل مسئله، بسیار مناسب و کارآمد هستند اما متأسفانه عدم برآورد

جدول ۳. درصد موفقیت تعدادی از پروژه‌های مورد نظر در طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور

شرح پروژه	وضعیت اجرا
تقویت و استقرار ۶۰۰ گروه گشت و بازرسی در سراسر کشور	اجرای موفق
ساماندهی شرکت‌های حفار و نصب ۱۳۰۰ دستگاه GPS بر روی دستگاه‌های حفاری	اجرای موفق
نصب ۲۰۹۰۰ مورد تجهیزات اندازه‌گیری بر روی منابع آب و پیژومترها و چاه‌های اکتشافی	اجرای ۵ درصدی
حفر ۵۲۰۰ چاه پیژومتری در دشت‌های کشور و تجهیز آنها	اجرای ۲ درصدی
تهیه بیلان و بانک اطلاعاتی ۶۰۹ محدوده مطالعاتی به صورت برخط	عدم اجرا
تهیه و نصب ۳۶۰ هزار کنتور جمعی و هوشمند آب و برق	عدم اجرا
خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی	عدم اجرا

۱۱. تأثیر توسعه و سرمایه‌گذاری در سایر حوزه‌ها بر تنفس و احیای منابع آب زیرزمینی

آن‌هم در شرایط وجود تغییرات اقلیمی، به‌معنای تحمیل بار و هزینه بیشتر بر آبخوان‌ها در این مناطق و وخامت شرایط از لحاظ فرونشست زمین در آینده خواهد بود. باید برنامه‌ای ملی برای جایگزینی مسیرهای توسعه جدید با نوع سنتی آن که غالباً کشاورزی و تولید محصول (آن‌هم محصولات آب‌بر) است، تدوین شود. هرچند که در طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی به‌طور مناسبی به پروژه‌های مؤثر و علاج‌بخش در حفاظت از آب‌های زیرزمینی اشاره شده، اما راه‌حل مسئله باید فراتر از اقدام صرفاً ارگان‌های مرتبط با آب پیگیری شود. هرگونه اقدامی که به نجات آبخوان‌ها در وضعیت فعلی و کاهش نرخ فرونشست در دشت‌ها و به‌طور کلی جغرافیای کشور بینجامد، لازم است که در برنامه‌ای جامع اقدام ملی با همکاری بخش وسیعی از ارگان‌ها و همچنین افراد جامعه پیگیری و اجرایی شود. باید یکی از تمرکزهای این برنامه بر ایجاد مسیرها و سیاست‌های توسعه‌ای جایگزین (غیر از اصناف مرتبط با کشاورزی) باشد. وضعیت موجود در اقتصاد کشور، به‌دلیل برخی سوءمدیریت‌ها در تعدادی از حوزه‌ها در طی زمان و همچنین عدم امکان برقراری تعاملات در سطح بین‌الملل به‌دلیل مسائلی همچون تحریم‌های اقتصادی، شماری از افراد جامعه را به سمت مشاغل و اصنافی سوق داده که اثرپذیری کمتری از چالش‌های مذکور داشته باشند. یکی از دسترس‌پذیرترین و سنتی‌ترین مسیرهای ایجاد اشتغال در وضعیت فعلی کشور، ترویج کشاورزی بدون پشتوانه و هدف برای درصد بالایی از افراد جامعه است. آمار و رشد بالای شمار چاه‌های غیرمجاز، تخریب تعددی منابع حیاتی ملی (مانند مراتع ملی)، تجاوز به حریم رودخانه‌ها و... در سال‌های اخیر مؤید تحمیل بار و هزینه خارج از ظرفیت بر بخش کشاورزی و منابع آب خصوصاً منابع آب زیرزمینی بوده است.

ایجاد مسیرهای توسعه جایگزین کشاورزی نیاز مبرم و حیاتی حال حاضر کشور است. راهکاری که می‌تواند به‌طور معجزه‌آسایی در آینده به نجات منابع آب و محیط‌زیست کشور بینجامد. عملی شدن این راهکار نیازمند همکاری جامع و جدی بسیاری از دستگاه‌های اجرایی کشور است. باید برنامه‌ها و اقدامات در مدت زمان مناسبی بتواند تمرکز را از روی کشاورزی به‌سوی سایر اصناف و مشاغل جلب کند. شایان ذکر است که این راهکار به‌معنای تعطیلی کشاورزی در کشور آن‌هم در مقیاس جغرافیای وسیعی نیست، زیرا تعطیلی این بخش حیاتی در کشور به‌هیچ‌وجه نه علمی، نه سیاسی پایدار و نه کارآمد است. منظور از این راهکار، کاهش بار اضافه و تحمیل‌شده بر منابع آب (خصوصاً در سال‌های اخیر) در بخش کشاورزی به‌واسطه عدم رونق اقتصادی، توسعه و اشتغال در سایر بخش‌های حساس کشور و اصناف تولیدی و خدماتی بوده است. یکی از بخش‌های صنعتی جایگزین کشاورزی خصوصاً در فلات مرکزی ایران و مناطق با کسری شدید آبخوان‌ها و

همان‌طور که پیش‌تر نیز بحث شد، ایران کشوری با نرخ مصرف بالا در زمینه منابع آب است. این میزان از مصرف به سبب اشتغال بالای افراد جامعه به پیشه کشاورزی و تولید محصولات کشاورزی آب‌بر خصوصاً در مناطق با شرایط بحرانی است. برای مثال کشت برنج در استان‌هایی مانند خوزستان در سال‌های اخیر از جمله چالش‌هایی است که وضعیت مصرف آب در این استان و سایر استان‌ها را نگران‌کننده کرده است. هرچند که از بهمن‌ماه ۱۴۰۰ کشت برنج در استان خوزستان ممنوع اعلام شده است، اما مبانی کارشناسی و مدیریتی که در گذشته منجر به رونق کشت این محصول در خوزستان بوده جای تأمل، بررسی و بازنگری دارد.

نهادهای تصمیم‌گیر و سیاستگذاران در رابطه با ایجاد فرصت‌های شغلی و مسیرهای توسعه‌ای جایگزین کشاورزی در بسیاری از مناطق کشور، با چالش‌های کم‌سابقه‌ای روبه‌رو هستند. تمرکز بیش از حد ظرفیت بر کشاورزی و تولید محصول در ایران روندی نگران‌کننده است که صدای بسیاری از کارشناسان حوزه‌های مختلف از جمله محیط‌زیست و اقتصاد را بلند نموده است. روند رو به رشد مصرف آب در کشور آن‌هم در شرایط وجود پیامدهای تغییرات اقلیمی (مانند خشکسالی‌های بلندمدت)، ضعف‌های بنیادین در مدیریت مصرف و بحران‌های جاری در حوزه اقتصاد، نیازمند ورود اساسی، علمی و همه‌جانبه به مسئله آب در کشور از سوی حاکمیت و مردم است. این مسئله به‌طور خاص برای آب زیرزمینی نگران‌کننده‌تر و بحرانی‌تر است زیرا ماهیت برداشت از آب‌های زیرزمینی و مصرف آن در بسیاری از موارد از دید نهاد‌های ناظر و سیستم‌های پایش مصرف (به‌علت شماری از ضعف‌ها و خلل‌های قانونی، کنترلی و نظارتی) به دور می‌ماند. وضعیت پروژه‌های انجام‌نشده و ناتمام طرح احیا و تعادل بخشی به آب‌های زیرزمینی، به‌نوعی بیانگر سرعت در هدررفت فرصت‌هاست و جانب‌نگران‌کننده‌تر این است که برنامه‌ای برای ارائه راه‌حل فوری و کارآمد برای گذار از بحران فعلی و نیل به شرایط بهتر در آینده وجود ندارد.

تعداد بالای دشت‌های ممنوعه مختص به استان‌هایی است که اتفاقاً بالاترین مصرف آب زیرزمینی را نیز در کشور دارند. این استان‌ها شامل، فارس، کرمان و خراسان رضوی، استان‌هایی هستند که به‌طور گسترده‌ای نیز با بحران کسری ذخایر آبخوان و فرونشست زمین درگیرند. این وضعیت بحرانی به‌نوعی مؤید وضعیت غالب اشتغال به کشاورزی در این استان‌ها نیز هست. براساس داده‌های مرکز آمار ایران، در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ استان‌های خراسان رضوی و فارس به‌ترتیب با کسب رتبه‌های دوم و سوم، جزء ۱۰ استان برتر کشور در حوزه تولید محصولات زراعی بوده‌اند.

ادامه روند بهره‌برداری فعلی خصوصاً در استان‌های خشک و نیمه‌خشک



که اکنون نیاز و راه‌حل کشور برای توسعه در این بخش‌هاست، برخی بازننگری‌های اساسی در سیاست‌های توسعه‌ای کلان کشور و مسائل تعاملی در سطح بین‌الملل است.

فرونشست زمین، گردشگری و سایر صنایع تولیدی جایگزین است. این بخش‌ها هم نرخ اشتغال و بازدهی بالاتری دارند و هم کمترین هزینه را بر محیط‌زیست و منابع آبی کشور تحمیل می‌نمایند. بنابراین سیاستی

۱۲. لزوم اعمال قوانین ویژه و سازوکارهای محلی در مناطق بحرانی جهت کنترل پدیده فرونشست زمین

فرونشست در مناطق مختلف کشور نرخ‌های مختلفی دارد. همان‌طور که قبلاً نیز بدان اشاره شد، وضعیت در استان‌هایی مانند اصفهان و خراسان رضوی با توجه به آمار ارائه‌شده بحرانی تلقی می‌شود. علاوه بر این وضعیت مناطقی که به لحاظ سکونت و تراکم جمعیت اهمیت خاصی دارند (مانند شهر تهران) نیز در عمده موارد نگران‌کننده است؛ بنابراین نیاز است براساس دستورالعمل‌ها و سازوکارهای مدیریتی و اجرایی خاصی، به این مناطق براساس اهمیت و طبقه‌بندی‌های علمی، رسیدگی شود. در نهایت، با ثبت و گزارش روند پیشرفت فرونشست (ترجیحاً کوتاه‌مدت)، اجرای موفق قوانین، مبنای نظارتی و کنترلی و همچنین انجام مطالعات فوری در مقیاس محلی، می‌تواند از وخامت و گسترش بحران در آینده جلوگیری کرد. در واقع این مجموعه اقدامات می‌تواند به تثبیت و گسترش حکمرانی منطقه‌ای متناسب با اهمیت، شرایط و عمق بحران در آن مناطق بینجامد. شایان ذکر است که اعمال سازوکارهای محلی به معنای اعمال و تحمیل سلیقه‌ای و غیراصولی قوانین و نظارت‌ها در مناطق بحرانی تلقی نمی‌شود. این سازوکارها پس از طی روندهای علمی، کارشناسی، قانونی و نظارتی خاصی صرفاً برای اقدام در مناطق آسیب‌دیده پیشنهاد و اجرایی شده و ممکن است روند اعمال آنها کوتاه‌مدت و مقطعی باشد (تصمیم در این مورد نیز باید توسط کارگروه‌ها تخصصی حل بحران انجام گیرد).

مشخصاً در بخش فرونشست وضعیت و گستردگی بحران در استان‌های کشور با هم متفاوت است. در بسیاری از استان‌ها این مسئله به بحرانی قابل توجه و دارای اولویت بدل شده است. هرچند که پرداختن به جنبه‌های مختلف این مسئله در کشور و رشد فزاینده آن، از الزامات حال حاضر کشور است اما نیاز است برای این مسئله در نقاط مختلف کشور برنامه‌های نه‌لزوماً یکسانی پیگیری و اجرا شود. تدوین یک برنامه جامع برای کل کشور با فوریت اجرایی یکسان برای تمام نقاط، به معنای حل بحران فرونشست در کشور نخواهد بود. برای مثال نیاز است که به تناسب شدت و گستردگی فرونشست در استان‌ها و حتی شهرهای مختلف کشور، برنامه‌های محلی، اقدامات قانونی، کنترلی، نظارتی و کارشناسی در ابعاد محلی اجرایی شود. این بحث حتی می‌تواند برای شهرها و یا دشت‌های مختلف یک استان و یا یک شهرستان نیز، به صورت محلی تری بررسی شود. البته این نوع از اقدام نیازمند زیرساخت‌های مناسب و نیروی متخصص و ماهر بومی در مناطق بحرانی است. اجرای هم‌زمان این رویکرد با سایر رویکردهای حل مسئله، می‌تواند به طور مناسبی به کنترل و حل بحران در آینده در کل کشور کمک کند. مشابه این اقدام‌ها در کشورهای توسعه‌یافته نیز وجود دارد؛ به طوری که در مواردی سازوکارها و ضوابط محلی خاصی (متناسب با ماهیت بحران) جدا یا هم‌زمان با سازوکارهای ملی، برای حل یک مشکل یا بحران در مقیاس جغرافیایی خاصی در نظر گرفته و پیاده‌سازی می‌شود.

در ایران این مورد پیچیدگی‌های خاص خود را دارد، برای مثال

۱۳. لزوم ایجاد سازوکارهای تخصصی در سطح ملی و بهبود شرایط مدیریتی جهت کنترل پدیده فرونشست زمین

مناسبی برای اجرای صحیح ساختارهای قانونی و چارچوب‌های مدیریتی موفق برای بهبود شرایط و یا حداقل جلوگیری از تشدید بحران در آینده فراهم نموده است. در بسیاری از این مطالعات به طور موردی به پیشنهادهای علمی و فنی خاصی جهت کمک به حل بحران در آب زیرزمینی اشاره شده است. همچنین وجود قوانین بالادستی مناسب در کشور که عمده‌تأ براساس نظر کارشناسان، صاحب‌نظران و مدیران دستگاه‌های اجرایی تدوین و پیشنهاد شده است، جزء مواردی است که از نقاط قوت در مسیر حل بحران به‌شمار می‌آید. باید اشاره نمود که مسائل اصلی دامن‌گیر این حوزه در کشور شامل عدم اعمال فوری همین هشدارها و نظرات کارشناسی موجود، عدم اجرای مناسب قوانین

مهم‌ترین مسئله در کنترل بحران فرونشست در کشور، اصلاح ساختارهای قانونی و سازوکارهای نظارتی و کنترلی متناسب با شرایط و ظرفیت‌های حال حاضر کشور است. متأسفانه نبود نظارت دقیق، هوشمند و مستمر بر مسئله بهره‌برداری و مصرف در آب زیرزمینی کشور در طی زمان، کشور را به وضعیت فعلی رسانده است. نظارتی که می‌توانست در ابعاد وسیعی از وارد آمدن خسارات و وخامت بحران فرونشست و کسری آبخوان‌ها در بسیاری از مناطق کشور جلوگیری نماید.

وجود حجم مناسبی از هشدارهای کارشناسی و پژوهش‌های متعدد داخلی و خارجی در زمینه بحران منابع آب زیرزمینی در ایران، فرصت

مشخص شود که روند اجرای آن چگونه بوده و تا چه حدی توانسته به حل مسئله در زمان اجرای آن کمک نماید. مطمئناً در این مسیر موانعی وجود داشته است و حتی ممکن است نزاع‌هایی با ذی‌نفعان و بهره‌برداران (مجاز و غیرمجاز) در این حیطه به وجود آمده باشد. همچنین ممکن است که پاره‌ای از مسائل اجتماعی، فرهنگی و حتی امنیتی اجرای آن را با چالش و بعضاً توقف مواجه نموده باشد. بنابراین، باید از این منظر که نتیجه اجرای پروژه‌های مورد نظر چه بوده و چگونه به حل بحران در طی زمان کمک کرده است، بررسی، علت‌یابی و مستندسازی انجام شود. مباحث مطرح شده ممکن است نهایتاً به اصلاح بسیاری از ساختارهای حکمرانی، قانونی و اجرایی در زمینه منابع آب خصوصاً آب زیرزمینی و بحران فرونشست در کشور بینجامد. اصلاحاتی که نیاز فوری کشور در حوزه‌های یادشده است و ممکن است حتی به تغییر در اهداف، سیاست‌ها و چشم‌اندازهای توسعه خصوصاً در حیطه کشاورزی و صنعت در بسیاری از مناطق کشور منجر شود.

بالادستی و دستورالعمل‌های مدیریتی، بحران کمبودهای مالی و فنی موجود در ساختارها و دستگاه‌های اجرایی و نهایتاً عدم اولویت‌بندی مناسب برای اقدام در راستای حل بحران است. تجربه عمدتاً ناموفق در اجرای طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی و عدم برآورده نمودن انتظارات و پیش‌بینی‌ها آن هم در بازه زمانی (طولانی در مقایسه با روند گسترش بحران) مورد انتظار، مؤید این مسئله است که کشور به فضای قانونی، فنی، مالی و حتی فرهنگی جدیدی جهت روبرویی با بحران فرونشست زمین در سال‌های پیش‌رو نیاز دارد. فضایی که مستلزم واقع‌بینی، تحلیل‌های فنی و کارشناسی هدفمند و متناسب با ظرفیت‌ها و شرایط حال حاضر کشور است. برای مثال در شرایطی که در برنامه تعادل بخشی به بحث خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی اشاره شده است باید مشخص شود که پشتوانه مالی و حتی اجرایی این پروژه تا چه اندازه در روند موفقیت آن نقش داشته است. با توجه به گزارشی از مرکز پژوهش‌های مجلس، اجرای پروژه مذکور کاملاً ناموفق بوده است در حالی که به‌عنوان قانون و پروژه اجرایی تعریف و به‌فاز اجرا وارد شده است. در پروژه دیگری از همین طرح، استقرار گروه گشت و بازرسی که براساس نتایج اجرای آن موفق تلقی شده است، باید

۱۴. نقش توسعه و سرمایه‌گذاری در بخش نیروی انسانی و کادر آموزشی متخصص در روند حل بحران

زیرزمینی بینجامد. جنبه مهم دیگر استفاده از نیروی انسانی متخصص در زمینه آموزش و توسعه خدمات آموزشی در حوزه منابع آب خصوصاً آب‌های زیرزمینی است. در این راستا نیاز است سطح هشدار و آموزش مقابله با بحران به بنیادی‌ترین نهادهای آموزشی و پرورشی کشور مانند مدارس و دانشگاه‌ها کشیده شود. متأسفانه در بحث فرونشست زمین، هنوز ابزار آموزشی و رسانه‌ای مؤثری جهت آگاهی بخشی به آحاد جامعه ایجاد نشده است. برای مثال ابزار آموزش متمرکز و رسانه‌های جمعی در بحران‌هایی مانند همه‌گیری کرونا و در مقاطع خاصی، به افزایش حساسیت جامعه در این رابطه و در نهایت کنترل بحران در آن مقاطع کمک شایانی کرد. تجربه ثابت کرده است که برخورد تحکم‌آمیز به بهره‌برداران خصوصاً کشاورزان در راستای اجرای قوانین، در مواردی تأثیر نامطلوب و بعضاً عکس‌گویی داشته است؛ هرچند که لزوم اعمال اقدامات بازدارنده در بسیاری از موارد اجتناب‌ناپذیر و از ملزومات روند قانونگذاری تلقی می‌شود. نکته مهم در این راستا، لزوم استفاده از ابزار آموزش و تعامل اجتماعی برای کنترل بحران خصوصاً در حوزه منابع آب است. امر آموزش به‌علت ماهیت و ارزش بالای اجتماعی آن، می‌تواند ابزار مهمی در آگاهی بخشی به افکار عمومی و اصناف خاص مانند کشاورزان و بهره‌برداران باشد. این

یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مقابله با بحران‌های مرتبط با آب و محیط زیست و در اینجا به‌طور خاص بحث فرونشست زمین، تقویت زیرساخت‌های علمی و توجه و گرایش به نیروی انسانی ماهر و متخصص است. این مسئله مهم متأسفانه در سالیان اخیر در ایران و در مقاطعی به ورطه فراموشی رفته و منجر به آسیب به بخشی از سرمایه‌های علمی و اجرایی کشور شده است. به‌طور خاص در زمینه منابع آب و تعدادی از حوزه‌های مرتبط، سالیانه شماری از نخبگان، کارشناسان، فارغ‌التحصیلان دانشگاهی و بعضاً اساتید و مدرسین مراکز دانشگاهی از کشور مهاجرت می‌کنند. از دلایل اصلی این بحران، مهیا بودن زمینه فعالیت در تخصص‌های مرتبط در کشورهای مقصد مهاجرت، امید نداشتن به آینده شغلی مناسب در کشور و وجود برخی مسائل مدیریتی در شناسایی و به‌کارگیری نیروی انسانی متخصص و دغدغه‌مند است. این در حالی است که کشور امکان، پتانسیل و منابع لازم جهت به‌کارگیری نیروی انسانی مرتبط با حوزه‌های مختلف خصوصاً آب را داراست. از سوی دیگر، در صورت عدم امکان به‌کارگیری نیروهای ماهر و مرتبط در داخل کشور، امکان دارد به‌ناچار از افرادی با سایر تخصص‌ها در حوزه مذکور استفاده شود؛ افرادی که ممکن است دارای تخصص و مهارت اجرایی مرتبط برای مقابله با بحران نباشند. عدم حل مسئله مطرح شده ممکن است به افزایش جوانب بحران خصوصاً در حوزه آب



آنان باشد، می‌تواند نقش بسزایی در بهبود شرایط خصوصاً در پیشبرد سازوکارهای محلی که قبلاً نیز به آنها اشاره شد، داشته باشد. در این راستا استفاده حداکثری از ظرفیت سیستم آموزش و پرورش، رسانه‌های جمعی و افراد صاحب ایده می‌تواند در بهبود شرایط نقش مؤثرتری ایفا نماید.

نحوه از آموزش نیاز است فرد بهره‌بردار و ذی‌نفع را جزئی از حل مسئله بداند تا بتواند زمینه همکاری و جلب اعتماد وی را جهت پیشبرد اهداف توسعه و اصلاح ساختارهای قانونی حل بحران (به‌طور خاص در زمینه منابع آب زیرزمینی) و نهایتاً کنترل و علاج بخشی بحران فراهم نماید. به‌کارگیری نیروی ماهر، مرتبط و متخصص بومی که دارای تعامل مناسب و نزدیک با بهره‌برداران و برخاسته از خاستگاه اجتماعی خود

۱۵. تأثیر تشکیل سازمان‌های مردم‌نهاد و کمیته‌های تخصصی مستقل در روند حل بحران

مردم در بحث اجرای قوانین نیز همت گماشت. در این میان افزایش سطح آموزش و آگاهی در مورد حقوق و مسئولیت‌های اجتماعی در برابر بحران‌ها و مسائل مختلف (به‌طور خاص در زمینه محیط‌زیست و منابع آب) ضامن توفیق هرچه بیشتر اصل نظارت و نهایتاً اجرای موفق قانون خواهد بود.

بنابراین، باید هرچه بیشتر سعی شود که نهاد مردم و اصناف و بهره‌برداران به مسئولیت‌سنجی خود در حفاظت از آب زیرزمینی آگاهی یافته و خود را در دو قطبی مردم و ارگان‌های مجری قانون به‌عنوان دو عنصر مقابل هم نبینند. هرچه بیشتر این احساس مسئولیت و اعتماد در بین اقسام هدف افزایش یابد، درصد موفقیت در کنترل و حل بحران نیز بیشتر خواهد بود. متأسفانه تاکنون، توجه در خور به جنبه‌های اجتماعی حل بحران و پتانسیل بالای آن در موفقیت اجرای قوانین و پروژه‌های اجرایی در ایران مغفول مانده است. در سال‌های اخیر و به‌صورت موردی، اختلاف‌نظرهایی میان برخی ارگان‌ها و اصناف مرتبط دیده شده است. اختلاف‌نظرهایی که نیاز است رفع شده تا به‌طور مناسبی از افزایش جنبه‌های بحران بکاهد. در این میان ممکن است چالش‌ها و بحران‌های جدیدی نیز به‌وجود آید، به‌طوری که ممکن است در سمت ذی‌نفعان و مصرف‌کنندگان اقدامات تلافی‌جویانه (به‌زعم آنها) جهت تسلط و غلبه بر اوضاع و نظر طرف مقابل (ارگان‌های ذی‌ربط) شکل گیرد. مثال عینی این بحران آسیب‌دیدگی مکرر خط انتقال آب اصفهان به یزد در نتیجه نارضایتی کشاورزان اصفهانی و البته بی‌برنامگی برخی مسئولان سازمان‌های مرتبط در مهار مناسب بحران و حل آن است. مثال عینی دیگر این چالش در کشور، عدم توجه مناسب به جنبه‌های اجتماعی، مطالعات مردمی و جامعه‌شناسی و همچنین عدم دخالت جنبه‌های مختلف موارد مذکور در فاز مطالعات و اجرای پروژه سد گتوند است. مسئله مهمی که غفلت از آن، نهایتاً به تقابل بلندمدت رأی و دیدگاه نهاد‌های مردمی و اجتماعی با دیدگاه‌های مجریان و مدافعین ساخت این پروژه انجامید.

با توجه به حساس بودن شرایط حاضر، استفاده حداکثر از رأی، دیدگاه و پتانسیل طیف‌های مختلف اجتماع، تمرکز بیشتر بر شنیده شدن صدای آنها، توسعه، حمایت و اهمیت بیشتر به شکل‌ها و سازمان‌های

قوانین حامی و تأمین‌کننده امنیت منابع آبی کشور، خصوصاً در حیطه آب‌های زیرزمینی، باید فصل‌الخطاب بوده و امکان تمکین تمام افراد جامعه در برابر آن وجود داشته باشد. بدون شک، اجرای قانون از سوی مجری و تمکین از آن از سوی بهره‌بردار، هر دو در راستای وظایف، منافع ملی و حل مؤثر بحران خواهد بود. علاوه بر استفاده از ابزارهای قانونی و همچنین روش‌های علمی و کارآمد مدیریتی در کنترل بحران آب خصوصاً در آب زیرزمینی، هرگونه اقدام اثربخش دیگر نیز (حتی در سایر حوزه‌ها) می‌تواند کارآمد و یاری‌دهنده باشد. در ایران به‌دلیل پاره‌ای از مسائل، ضعف‌های اساسی در نظارت، کنترل و اجرای قوانین وجود دارد. این مسئله در حوزه آب و محیط‌زیست بارزتر است؛ یعنی علاوه بر ضعف در مدیریت که اتفاقاً آسیب‌هایی به منابع آبی زده و موجب بروز پیامدهای ثانویه (مانند فرونشست زمین) شده است، ضعف در اجرا و عدم ضمانت اجرایی قوانین بالادستی (که در مباحث قبل نیز اشاره شد) و نهایتاً عدم نظارت دقیق و جدی بر همین قوانین، به‌خامت اوضاع دامن زده است. هرچند که عدم نظارت بر اجرای قوانین مختص بحث منابع آب خصوصاً آب زیرزمینی نبوده و به سایر مسائل جاری کشور مانند اقتصاد نیز تسری یافته است. این مسئله (ضعف در مدیریت) به‌دلیل تأثیرپذیری نزدیک حوزه‌های حساس کشور از همدیگر و نیاز بالای ارتباطی آنها، نیاز است فراتر از یک حوزه خاص آسیب‌شناسی و حل شود.

در این راستا نیاز است علاوه بر مواردی که قبلاً مطرح شد، به بحث نظارت دقیق بر اجرای قوانین در حوزه آب زیرزمینی نیز پرداخته شود. نظارتی که بتواند بدون هیچ‌گونه دخل و تصرف و جانبداری، از اصل اجرای قانون و منافع و سرمایه‌های ملی حراست و حفاظت نماید. برای نیل به این هدف، ایجاد سازوکارهایی برای نظارت بر مجریان قانون و البته حمایت از آنها در حوزه آب زیرزمینی می‌تواند زمینه را برای افزایش راندمان اجرای قوانین و پروژه‌های مورد نظر مدیران و تصمیم‌گیران فراهم نماید. این سازوکارهای نظارتی باید علاوه بر استقلال سازمانی، مورد اعتماد اصلی‌ترین نهاد هدف که همان اصناف بهره‌بردار و به‌طور خاص در بحث آب زیرزمینی کشاورزان است، نیاز است که برای تسلط و موفقیت هرچه بهتر نهاد‌های مستقل ناظر اجرای قوانین، به افزایش قدرت و اثربخشی شکل‌ها و سازمان‌های مردم‌نهاد جهت تحقق امر مهم نظارت مردم بر

نتیجه گرفت که کنترل بحران فرونشست زمین در ایران صرفاً در توان دولت و ارگان‌های مرتبط نبوده و به حمایت بالایی اجتماعی (از تمام طیف‌ها) برای گذار از آن بسیار وابسته است.

مردم‌نهاد، ایجاد کمیته‌های تخصصی و ناظر مستقل (متشکل از اقشار مختلف جامعه)، استفاده حداکثری از ظرفیت نخبگان مورد اعتماد جامعه و نهایتاً تعریف حقوق و مسئولیت‌های اجتماعی متناسب با شرایط و مسائل روز، از مواردی است که باید به‌طور جدی در دستور کار سیاستگذاران و تصمیم‌گیران در کشور قرار گیرد. بنابراین می‌توان

۱۶. تأثیرپذیری بخش‌های حیاتی و حوزه‌های حساس کشور از وخامت آب زیرزمینی و فرونشست زمین

مثال یکی از راه‌های کاهش آسیب در شهر تهران توسعه زیرساخت و برنامه‌های مرتبط در استفاده بیشتر از آب‌های سطحی جاری در سطح شهر برای بسیاری از مصارف جانبی مانند آبیاری فضای سبز و استفاده در برخی از واحدهای صنعتی و خدماتی پرمصرف است. همان‌طور که اشاره شد، نیاز است که بسیاری از بخش‌ها و دستگاه‌های اجرایی در شهر تهران (و شهرهای مشابه) به اجرای یک برنامه اقدام واحد و فوری جهت کنترل فرونشست و جلوگیری از عمیق‌تر شدن بحران در آینده کمک کنند. برای مثال در این رابطه ممکن است تمرکز بخش‌هایی از وزارت جهاد کشاورزی و نیرو، علاوه بر دشت‌های حومه شهر به مناطق داخلی شهر نیز معطوف شود و مدیریت شهری جدیدی با همکاری گسترده شمار زیادی از ارگان‌ها در راستای کاهش ابعاد بحران شکل گیرد. این اقدام البته به تشدید نظارت‌ها و پایش‌های میدانی در داخل شهر نیز نیاز خواهد داشت تا از هدررفت منابع و زمان در این راستا جلوگیری نماید.

فرونشست زمین آثار مخرب فراوانی دارد که در بخش‌های پیشین به آنها اشاره شد. یکی از آثار مخرب این بحران در زیرساخت‌های عمرانی و بافت‌های شهری و کلان‌شهری روی می‌دهد. برای مثال در محدوده جنوب غرب شهر تهران فرونشست ۱۷ سانتیمتر در سال ثبت و گزارش شده است (جدول ۲). این در شرایطی است که عمده مصارف آب در شهر تهران (اعم از شرب و آبیاری فضای سبز) از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. در شرایطی که ذخایر آب در سدهای تأمین‌کننده آب پایتخت نیز در حال کاهش بوده و روند تجدید آنها در شرایط بحرانی و کم‌آبی حاضر بسیار کند و ناچیز است، این فشار مضاعف نهایتاً بر آبخوان‌های پایتخت تحمیل شده و روند گسترش فرونشست را در این کلان‌شهر جدی‌تر خواهد نمود. در این شرایط نیاز است بخش‌های مختلف مدیریت شهری به همکاری و تعامل هر چه بیشتر و دوری از اختلافات مرسوم سازمانی بپردازند و تا حد امکان به تنزل سطح بحران کمک کنند. برای



جمع‌بندی و پیشنهادها

به صورت مستقیم و شفاف در دسترس نهادهای تصمیم‌گیر، مدیران ارشد و سیاستگذاران حوزه‌های مختلف قرار گیرد. این رویکرد منجر به آگاهی بیشتر نهادهای تصمیم‌گیر از گسترش ابعاد این مسئله در آینده شده و به جلب نظر، اقدام عملی و فوری آنها برای جلوگیری از وخامت اوضاع در آینده می‌انجامد.

۳ نیاز است روند مستندسازی و رصد نرخ فرونشست در مناطق مختلف کشور با دقت بالاتری نسبت به قبل و با کمک تجهیزات به‌روز موجود در جهان انجام گیرد. در این رابطه نیاز است روند ورود سامانه‌های کارآمد مرتبط با پایش و ثبت این پدیده در کشور تسهیل شود. به دلیل عدم قطعیت‌های مرتبط با مسئله آب زیرزمینی و عدم اطمینان کافی از مقدار واقعی کسری تجمعی آبخوان خصوصاً در مناطق با برداشت‌های غیرمجاز بالا، نیاز است سامانه‌ها با دقت بالاتری خصوصاً در مناطق بحرانی و کمتر پایش شده عمل ثبت و گزارش داده را انجام دهند.

۴ ایجاد سامانه‌های اطلاعاتی و ثبت داده جهت پایش هم‌زمان مصرف و همچنین نرخ فرونشست یک نیاز اساسی است. رابطه مستقیم نرخ فرونشست با افزایش تعداد نقاط بهره‌برداری (خصوصاً چاه‌های غیرمجاز)، اهمیت ایجاد یک سیستم اطلاعاتی ثبت داده بر خط در سطح ملی و با مدیریت محلی (همانند آنچه در مورد سدهای کشور وجود دارد) را بیش از پیش آشکار می‌نماید. اهمیت این سیستم اطلاعاتی عمدتاً در ثبت و گزارش داده‌های آماری مبتنی بر مشاهدات میدانی منظم و دقیق جهت پایش‌بینی بهتر شرایط در آینده (خصوصاً در جهت پایش‌گیری از وخامت بحران در مناطق با وضعیت بهتر از لحاظ فرونشست) است.

۵ با توجه به متغیر بودن نرخ فرونشست در نقاط مختلف کشور، نیاز است که بر اساس وضعیت وخامت اوضاع در دشت‌های کشور، اولویت اقدامات فوری میدانی به مناطق با نرخ فرونشست بالا داده شود. بدین معنا که ممکن است حجم بالایی از تجهیزات پایش وضعیت، نیروهای گشت و بازرسی، اقدامات کنترلی میدانی (مانند پُر و مسلوب‌المنفعه نمودن چاه‌های غیرمجاز و حتی مجاز کم‌بازده و مشکل‌زا) و منابع مالی و انسانی در آن مناطق متمرکز شود تا بتواند به کنترل اوضاع در زمان نسبتاً کوتاهی کمک کند. علاوه بر این، اعمال اقدامات، قوانین و ساز و کارهای محلی خصوصاً در مناطق بحرانی یک ضرورت است. نیاز است در مناطق با نرخ فرونشست بالاتر ساز و کارهای محلی و قوانین قوی‌تری (هرچند کوتاه‌مدت و یا میان‌مدت) اعمال شود. این رویکرد نباید به اعمال نظر سلیقه‌ای خارج از اصول کارشناسی و مدیریت بحران در نواحی آسیب‌دیده تعبیر شود. یکی از برنامه‌ها و ابزارهای قانونی برای

فرونشست زمین به‌عنوان یکی از آثار ناگوار کسری و تهی شده آبخوان‌ها، دامنگیر بسیاری از نقاط جهان است. پدیده‌ای که گسترش آن موجب آسیب جدی به بسیاری از جنبه‌های محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی زندگی ساکنان مناطق آسیب‌دیده خواهد شد. یکی از مهم‌ترین آثار آن کاهش قدرت ذخیره آبخوان‌ها در نتیجه کاهش تخلخل موجود در مصالح آن است. اثری که می‌تواند به نابودی حیات در گستره وسیعی از مناطق آسیب‌دیده و بروز امواج عظیم مهاجرت و مشکلات اجتماعی و همچنین امنیتی منجر شود.

به‌طور خاص در ایران تقریباً برای تمام استان‌ها بازه‌ای از مقادیر نرخ فرونشست گزارش شده است. به‌علت افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و افزایش کسری تجمعی آبخوان‌ها در سال‌های اخیر، مقدار فرونشست زمین در بسیاری از نقاط کشور رو به افزایش بوده است. روند نگران‌کننده افزایش این کسری و عدم امکان تجدیدشوندگی آبخوان‌ها حداقل در کوتاه‌مدت، موجب نگرانی بسیاری از صاحب‌نظران و کارشناسان حوزه‌های آب و محیط‌زیست شده است. تاکنون راهکارهایی برای جلوگیری از گسترش بحران و نجات مناطق آسیب‌دیده توسط متخصصان و کارشناسان حوزه‌های مرتبط ارائه شده است. در ادامه برای تحقق این هدف، یعنی کنترل بحران کسری آبخوان‌ها و به تبع آن ایجاد پدیده فرونشست زمین در مناطق آسیب‌دیده، پیشنهادهایی مطرح شده است:

۱ نیاز است تجربیات کشورهایی که به‌نوعی توانسته‌اند در مواجهه با حل بحران فرونشست زمین عملکرد بهتر و موفق‌تری داشته باشند مورد توجه مدیران و تصمیم‌گیران نهادهای مرتبط قرار گیرد. در این راستا به‌علت ماهیت مهم بحران نیاز است مراکز پژوهشی خاصی با وظیفه جمع‌آوری و مستندسازی راهکارها و راه‌حل‌های کارآمد بین‌المللی و حتی داخلی ایجاد و حمایت شوند. همچنین، نیاز است با ایجاد کارگروه‌های تخصصی کارآمدی در رابطه با تمام ابعاد و جنبه‌های پدید فرونشست پژوهش و اظهار نظر صورت گیرد. این جنبه‌ها اعم از محیط‌زیستی، اجتماعی، اقتصادی و امنیتی، لازم است به صورت مجزا بررسی شود و برای حالت وقوع هر کدام از آنها راهکار و شرایط برون‌رفتی پایش‌بینی شود.

۲ در راستای مورد قبل، نیاز است وضعیت آسیب‌دیدگی حوزه‌های مختلف محیط‌زیستی، اقتصادی، اجتماعی و احیاناً امنیت ملی در خلال وقوع پدیده فرونشست در طی سالیان اخیر بحث و بررسی شود. موارد مستند و ثبت شده این آسیب‌ها در تمام نقاط کشور و همچنین خسارت‌های حاصل از پدیده فرونشست بر حوزه‌های مذکور، نیاز است

ملی است. تأثیرات و ارتباط زنجیره‌ای توجه به این مسئله بر وضعیت نهایی فرونشست و کنترل ابعاد مخرب آن انکارناپذیر است.

۹ یکی از مباحث مهم در روند کنترل بحران، آگاهی‌بخشی و اطلاع‌رسانی دقیق، بموقع و شفاف این بحران‌ها از طریق ابزارها و امکانات موجود است. در این رابطه باید مباحث مربوط به آب زیرزمینی و فرونشست زمین به بحث روز جامعه و محافل آموزشی در تمام مقاطع تحصیلی (مدارس و دانشگاه‌ها) تبدیل شود به امید آن که حساسیت لازم در رابطه با بحران در جامعه به وجود آید. نیاز است این مسئله به صورت جدی و فوری به مباحث آموزشی همه مقاطع تحصیلی وارد شود. همچنین در بستر اثربخش رسانه‌های جمعی، باید برنامه‌های آموزشی و تخصصی مورد نیاز جهت تشریح اصولی ابعاد و پیامدهای بحران ایجاد شود.

۱۰ در زمینه اعمال و تدوین هرگونه قانون و سند بالادستی باید از این اصل مهم که منابع آب خصوصاً آب‌های زیرزمینی یک ثروت و سرمایه ملی است، صیانت و حراست شود. باید به بهترین وجه ممکن از تعرض و آسیب به منابع آب زیرزمینی در گستره جغرافیایی کشور ممانعت شود. لزوم اعمال این اصل بنیادین باید منجر به آن شود که هیچ دستگاه، صنف، گروه و فرد خاصی به خود اجازه رفتار سلیقه‌ای با منابع آب زیرزمینی و همچنین رویه‌های سلیقه‌ای با سازوکارهای قانونی، کنترلی و نظارتی مرتبط با آن راندهد. در این راستا نیاز است هزینه هرگونه آسیب و تعرض به این سرمایه حیاتی ملی تا حد معقولی بالا باشد تا به سودجویان و قانون‌گریزان اجازه سوءاستفاده از آن راندهد. در این صورت می‌توان به آینده حل بحران در آب‌های زیرزمینی و پدیده فرونشست زمین در کشور امیدوار بود.

این منظور، طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی است. اگرچه این طرح در بسیاری از موارد حداقل در زمان پیش‌بینی شده (بازه زمانی سه ساله برای تعدادی از پروژه‌ها) ناموفق بوده، اما نیاز است حداقل برای مناطق با آسیب‌دیدگی بالا، این برنامه و احیانا سایر برنامه‌های مکمل و بهتر، با سرعت و دقت بالاتری اجرا شود.

۶ در راستای ایجاد یک عزم ملی برای مقابله با بحران رو به رشد فرونشست زمین در کشور، نیاز است همکاری گسترده‌ای میان نهادهای مختلف و ارگان‌های اجرایی در راستای مدیریت بحران و دوری از اختلافات سنتی و مرسوم بین سازمانی شکل گیرد. در این راستا نیاز است حمایت‌های آموزشی، فنی، مالی، نیروی انسانی و حتی رسانه‌ای مناسبی در راستای حل مسئله در کشور ایجاد شود. علاوه بر این رویکرد، گسترش، حمایت و تدوین سایر برنامه‌های تولید اشتغال (از طریق همکاری نزدیک تمام ارگان‌ها) در کشور نیازی مهم و اساسی برای برداشتن بار اضافی اشتغال در حوزه کشاورزی است. در این راستا توسعه صنایع با آب‌بری کمتر، حمایت از سایر صنایع (مانند صنعت گردشگری)، حمایت مالی از مشاغل خانگی و مرتبط با توسعه خصوصاً در مناطق روستایی و به‌طور کلی تر ترویج برنامه‌های توسعه اشتغال در سطح ملی، نیازهایی است که باید برای کمک به بهبود شرایط در کشور در زمان کوتاهی پیگیری و اجرایی شود. فوریت‌بخشی به اجرای این مسئله، نهایتاً به کنترل بحران فرونشست در نقاط مختلف کشور می‌انجامد.

۷ گسترش، تقویت و حمایت از نهادهای اجتماعی، تشکل‌های صنفی و وابسته (مانند کشاورزان و سایر بهره‌داران بخش‌های صنعتی)، سازمان‌های مردم‌نهاد و نخبگان و نیروهای مورد اعتماد مردم در راستای مقابله با پدیده فرونشست، جدی و حیاتی است. در این میان نیاز است سهم تحکیم نهادهای ذی‌ربط به فرم سنتی آن کاهش یافته و چاره‌اندیشی جهت حل بحران با سایر نهادهای اجتماعی به اشتراک گذاشته شود. این راهکار در کنار شفافیت بالا در اطلاع‌رسانی و مستندسازی عمق بحران خصوصاً در مناطق با آسیب بالا، منجر به حساسیت بیشتر مردم و نهادهای اجتماعی درباره آن شده و نهایتاً جلب حمایت و اعتماد آنان را در پی خواهد شد.

۸ یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی حوزه آب و محیط‌زیست در کشور، بحث به‌کارگیری نیروی انسانی کارآموده، ماهر و دغدغه‌مند است. نیاز اساسی حال حاضر، افزایش قدرت علمی و مدیریتی کشور در مواجهه با بحران‌های این حوزه‌ها از طریق سپردن مسائل حساس به افراد دارای تخصص مرتبط و دانش کافی است. در این راستا، ایجاد بسترها و برنامه‌های مناسب به منظور به‌کارگیری نخبگان و متخصصان این حوزه‌ها و جلوگیری از مهاجرت آنها، یک ضرورت، مسئولیت و وظیفه

منابع و مأخذ

1. Alizadeh, A. and Keshavarz, A. 2005, March. Status of agricultural water use in Iran. In Water conservation, reuse, and recycling: Proceedings of an Iranian-American workshop (Vol. 4, pp. 94-105). Washington DC, USA: National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/read/11241/chapter/8>
۲. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، دفتر مطالعات زیربنایی، تشدید بحران منابع آب زیرزمینی و لزوم مدیریت مصارف، 1401 <https://rc.majlis.ir/fa/report/download/1750973>
3. Galloway, D.L., Jones, D.R. and Ingebritsen, S.E. eds. 1999. Land subsidence in the United States (Vol. 1182). US Geological Survey. <http://pubs.usgs.gov/circ/circ1182/#pdf>
۴. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، دفتر بررسی مخاطرات زمین‌شناسی، زیست‌محیطی و مهندسی، مروری بر وضعیت فرونشست زمین در دشت‌های ایران، 1400.
5. United States Geological Survey (USGS). 2018. Land Subsidence. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/land-subsidence>
۶. شبکه خبری آب ایران، 1400، خشک‌ترین سال آبی نیم‌قرن اخیر به پایان رسید (شماره خبر: 54839) <https://wnn.wrm.ir/cs/NewsCrawler/559/54839>
7. Chen, B., Gong, H., Chen, Y., Li, X., Zhou, C., Lei, K., Zhu, L., Duan, L. and Zhao, X. 2020. Land subsidence and its relation with groundwater aquifers in Beijing Plain of China. *Science of the Total Environment*, 735, P.139111. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139111>
8. Mahmoudpour M, Khomehchiyan M, Nikudel MR, Ghassemi MR (2016) Numerical simulation and prediction of regional land subsidence caused by groundwater exploitation in the southwest plain of Tehran, Iran. *Eng Geol* 201:6-28
9. Mayuga, M.N. and Allen, D.R. 1969, September. Subsidence in the Wilmington Oil Field, Long Beach, California, USA. In Proceedings of the Tokyo Symposium on Land Subsidence, International Association of Scientific Hydrology, Studies and reports in hydrology, IASH-UNESCO (Vol. 1, No. 88, PP: 66-79). <https://www.saveballona.org/gasoilfields/WilmSubGC.pdf>
10. Poland, J.F. 1984. Review of methods to control or arrest subsidence. Guidebook to Studies of Land Subsidence due to Groundwater Withdrawal, PP:127-130. <https://www.rcamnl.wr.usgs.gov/rgws/Unesco/PDF-Chapters/Chapter7.pdf>
11. Pramono, I.B. 2021, October. Nature-based solutions for integrating flood and land subsidence: A case study in Jakarta and Semarang. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 874, No. 1, p. 012001). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/874/1/012001>
۱۲. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، دفتر مطالعات زیربنایی، ارزیابی اثربخشی قانونگذاری بر وضعیت منابع آب زیرزمینی، 1398. <https://rc.majlis.ir/fa/report/download/1373621>
۱۳. عباس‌نژاد، احمد. بررسی شرایط و مسائل زمین‌شناسی محیط زیست دشت رفسنجان، دومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، مشهد، 1377. <https://civilica.com/doc/14087>
14. Motagh, M., Walter, T.R., Sharifi, M.A., Fielding, E., Schenk, A., Anderssohn, J. and Zschau, J. 2008. Land subsidence in Iran caused by widespread water reservoir overexploitation. *Geophysical Research Letters*, 35(16). <https://doi.org/10.1029/2008GL033814>.





مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، روبروی پارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وبسایت: rc@majles.ir