

## بررسی پیامدهای ناشی از بحران آفت آبهای زیر زمینی (مطالعه موردی شهر تهران)

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳

حسین ظفری \*

تأیید مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۰۲

سید مرتضی روحانی \*\*

### چکیده

یکی از مشکلات شهر تهران به عنوان پایتخت سیاسی و اقتصادی کشور، برداشت بی رویه آب از سفره‌های آب زیرزمینی است که سبب متراکم شدن لایه‌ها و رسوبات شده است. این پدیده باعث نشست زمین به صورت ناگهانی (در سفره‌های ماسه‌ای) و یا به‌طور تدریجی (در سفره‌های رسی) می‌گردد. این امر به صورت بالقوه می‌تواند باعث مشکلاتی مانند ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، خسارت کالبدی به ساختمانها و ابنیه، خسارت به خیابان‌ها و جاده‌ها، فرو رفتن تدریجی دکل‌ها و سازه‌ها، ریزش جداره چاه‌ها، تغییر شیب زمین و افزایش سیل‌خیزی منطقه گردد. این پدیده، علاوه بر اثرات کالبدی و فیزیکی، پیامدهای دیگری چون اقتصادی، سیاسی و حتی امنیتی هم خواهد داشت. این پدیده زمانی پیچیده‌تر خواهد شد که در یک گستره جغرافیایی حساس همچون تهران رخ دهد.

این مقاله به دنبال آن است تا پیامدهای ناشی از آفت آبهای زیرزمینی تهران را مورد بررسی قرار داده و احصاء نماید. این تحقیق با استفاده از روش‌شناسی کیفی و مبتنی بر ابزار مصاحبه، به انجام رسیده است؛ بدین صورت که با مدیران و مسئولان مرتبط در دسترس، مصاحبه صورت گرفته و اشباع نظری حاصل گردید. یافته‌ها گویای این است که فرونشست زمین بر ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی و سیاسی و امنیتی تأثیر خواهد گذاشت؛ برخی از مهمترین پیامدهای ناشی از برداشت بی رویه از سفره آب زیرزمینی عبارت است از: از بین رفتن اکوسیستم منطقه، خسارات کالبدی به ابنیه و شریانهای حیاتی شهری، برهم خوردن آرامش روانی شهروندان، و ایجاد معضلات اقتصادی و تأثیر بر کسب و کار شهروندان.

**کلیدواژه‌ها:** آبهای زیرزمینی، فرونشست زمین در تهران، پیامدهای فرونشست.

## مقدمه

فعالیت انسانی در بسیاری از موارد به توازن طبیعت آسیب وارد کرده است. پمپاژ بیش از حد تعادل سفره‌های آب زیرزمینی، سبب افت سطح آب و تهی شدن سفره‌ها شده است. برداشت بی حساب آب زیرزمینی در مکزیکوسیتی موجب شده است که در اثر افت سطح آب طی ۶۰ سال گذشته، سطح زمین در بعضی جاها تا پنج متر نشست کند.

پدیده نشست<sup>۱</sup> معمولاً بلافاصله با خروج سیال رخ نمی‌دهد؛ بلکه در زمان طولانی‌تر از برداشت اتفاق می‌افتد. مقدار نشست زمین برای هر ده متر افت سطح آب بین یک تا ۵۰ سانتیمتر متغیر است که دامنه این تغییرات به ضخامت و تراکم‌پذیری لایه‌ها، طول زمان بارگذاری، درجه و نوع تنش بستگی دارد.

در دشتهایی که به علت افت سطح آب، زمین نشست می‌کند، معمولاً در حاشیه دشت شکافهای طولی در امتداد سرایشی‌های تند به وجود می‌آید که در مجاور ارتفاعات محدودکننده حوضه آبریز قرار دارد. این سرایشی‌های تند، سطوح گسلی مخفی است که در حال حاضر با این شکافهای کششی نتیجه رسوبات پوشیده شده است.

افزایش خطی پدیده نشست از حاشیه ارتفاعات به سمت مرکز دشت است (هرمن، ۱۹۷۸). فرونشست به‌طور کلی ناشی از دلایلی همچون انحلال تشکیلات زیرسطحی، تراکم رسوبات در اثر استخراج سیالات و ذخایر زیرزمینی، بارگذاری، زهکشی و یا ارتعاش، تراکم هیدرولیکی، ناپایداری خاکها در سطوح شیب‌دار، انقباض خاکهای رسی، ذوب یخ لایه‌های منجمد در اعماق زمین و... پدیدار می‌شود (رهنما و میراثی، ۱۳۹۳).

در اثر برداشت بی حساب از آبهای زیرزمینی، میزان آب آبخوان افت پیدا می‌کند و سبب کاهش حجم آبخوان و تراکم برگشت ناپذیر می‌گردد که نهایتاً آبخوان در

1 - Scott

سالهای بعد توان نگهداری آب را از دست می‌دهد و به تمام سازندها و ساختگاه‌های مرتبط با آن آسیب وارد می‌کند. خسارتهای ناشی از نشست خاک تا حدودی غیر قابل جبران و هزینه‌های زیادی را از نظر اقتصادی و کاری ایجاد می‌کند. خسارتهای ناشی از نشست خاک عمدتاً در بیشتر حوزه‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی تأثیر نامطلوب خود را بر عرصه‌های زندگی جامعه خواهد گذاشت.

امروزه با توجه به رشد و افزایش جمعیت و ساکنان شهر تهران و در پی استفاده بی‌حساب از منابع آبی و افزایش برداشت از سفره‌های آب زیر زمینی، موجبات فرونشست و پایین رفتن سطح ایستایی سفره‌های آب زیر زمینی فراهم شده است به‌گونه‌ای که این روند علاوه بر ایجاد بحران برای ساکنان شهر در آینده‌ای نه چندان دور، ضمن تهدید سلامت اجتماعی با فرونشستهای غیر قابل پیش‌بینی و کنترل قطعاً شاهد خسارات جانی و مالی برای ساکنان و شهروندان تهران خواهیم بود.

با ادامه روند فرونشست‌ها تخریب مناطق مسکونی، تأسیسات شهری و خطرهای جانی و مالی را در پیش خواهیم داشت. فرونشست زمین به حدی جدی است که بررسی آن از سال ۱۳۸۸ به شکلی جدی در دستور کار مدیریت شهری قرار گرفت. انگیزه و سؤال اصلی محقق این است: "پیامدهای ناشی از افت آبهای زیرزمینی تهران کدام است؟"

## تعاریف و ادبیات

### بحران

شاید کمتر واژه‌ای همچون «بحران»، ادبیات معاصر و از جمله ادبیات علوم اجتماعی را به خود مشغول داشته و رشته‌های علمی مختلف را درگیر ساخته باشد (جدی، ۱۳۹۱: ۲۶۳)؛ به‌گونه‌ای که، در دهه‌های اخیر در مورد بحران، چگونگی

شکل‌گیری و اداره آن، مطالعات و تحقیقات متعددی با دیدگاه‌ها و شیوه‌های مختلف انجام شده است. برخی از پژوهشگران تحلیلهای خود را در مورد بررسی «مورد»<sup>۱</sup> استوار کرده‌اند. گروهی دیگر به مطالعات تطبیقی روی آورده و تعدادی نیز رویکردی تجربی در پیش گرفته‌اند (تسلیمی و دیگران، ۱۳۸۴: ۵).

از آنجا که دامنه بحران، تمامی جوانب زندگی بشر را اعم از اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و... در بر می‌گیرد، تعاریف و مفاهیم متعددی نیز از دیدگاه‌های گوناگون توسط اندیشمندان علوم مختلف برای آن ارائه شده است. از دیدگاه واژه شناسان، بحران، تغییر عظیمی است که یکباره در هر وضعیت صورت می‌پذیرد. از دیدگاه اقتصادی، حالتی است که به علت عدم توازن درآمد و هزینه حاصل، و به رکود یا ورشکستگی بازار و دولتها منجر می‌شود. همین طور بحران سیاسی، حالتی است که در نتیجه آن توازن اجتماعی دگرگون، و دولتها و نظامهای اجتماعی ناچار به ترمیم، تعویض و یا سقوط می‌شوند. بحران در پزشکی وضعیتی است که ساختمان بدن دچار بی‌تعادلی می‌شود و سلامت انسان در معرض خطر قرار می‌گیرد (علیدوستی، ۱۳۷۱).

پیرسون و کلیر، این ویژگیها را ویژگیهای مشترک تمامی بحرانها بر می‌شمرند:

- مبهم بودن شدید وضعیت و قابل تشخیص نبودن روابط علت و معلول
- قدرت گسترده موقعیت بحران آفرین در تهدید حیات و بقا
- کوتاه شدن فرصتهای زمانی برای نشان دادن واکنش پس از بروز بحران
- قرار گرفتن بر سر دو راهی‌هایی سرنوشت ساز (پیرسون و کلیر<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸: ۵۹ - ۷۶).

بسیاری از پژوهشگران از جمله روزنتال بر این باورند که بحرانها جزء ویژگیهای برجسته جوامع امروزی بویژه قرن بیستم و قرن بیست و یکم است و

1 - Case  
2 - Pearson & Clair

نمی‌توان دیگر آن را به مثابه عوامل خارجی زندگی روزمره و تهدیداتی تلقی کرد که در «مکانی دوردست» در کمین انسانها است بلکه به بخشی از دنیای ما و جزئی از شیوه و راه و رسم زندگی انسانها تبدیل شده است (روزنتال، ۱۳۸۵: ۱۶).

با توجه به این مفاهیم و بحثهای نظری، مشاهده می‌شود که ارائه تعریف واحدی برای پدیده بحران دشوار است؛ چرا که هم دیدگاه‌ها و برداشتهای ذهنی و هم سطوح تجزیه و تحلیل متفاوت است (میلر و ایسکو، ۱۹۶۳).

### تاریخچه فرونشست در ایران

بررسیهای موردی، که برخی از آنها توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در این زمینه انجام شده، عبارت است از:

دشت معین‌آباد ورامین در استان تهران، که در آن شکاف زمین به طول ۲/۴ کیلومتر در منطقه مشاهده شد که حتی تا امروز شکافهایی به موازات آن در حال شکل‌گیری است و روند گسترش آن خطوط نیرو را تهدید می‌کند و گزارش آن تحت عنوان "بررسی مکانیسم و علل تشکیل شکافهای زمین در منطقه معین‌آباد ورامین" در سال ۱۳۸۳ تهیه شده است.

دشت رفسنجان، مشهد و کرمان، که بسیاری از آثار پدیده فرونشست در آن دیده شده است، اولین گزارش این سازمان تحت عنوان "مطالعات فروریزش زمین در شمال غرب کرمان" در سال ۱۳۷۷ تهیه شده است.

دشت کبودرآهنگ و فامنین در استان همدان، که فروچالهای متعددی در این دشت دیده شده و روند شکل‌گیری آنها حتی نیروگاه شهید مفتح را تهدید می‌کند و گزارش آن تحت عنوان "بررسی ساز و کار فرونشستها و خطرات ناشی از آن در دشت کبودر آهنگ و فامنین" در سال ۱۳۸۱ تهیه شده است.

دشت نظرآباد در استان تهران، که بعضی از آثار فرونشست به صورت بالا آمدن لوله چاه‌ها از سطح زمین و ماسه‌دهی چاه‌ها مشاهده شده است. از سوی دیگر

دشتهای رفسنجان و مشهد نیز آثاری از پدیده فرونشست را نشان داده است. در تهران بزرگ، اندازه‌گیریهای سازمان نقشه‌برداری کشور، نشستی به میزان حدود یک و نیم متر را در ۹ سال گذشته در منطقه ۱۸ و ۱۹ شهرداری نشان می‌دهد.

براساس بررسیها، شواهدی در دست است که نشان می‌دهد این پدیده در دشتهای دیگر ایران چون اراک، نهاوند، خمین، گلپایگان، نطنز، یزد و ابرکوه نیز در حال شکل‌گیری است. این موارد نمایانگر این است که بازنگری و تغییر در راهبرد مدیریت منابع آب ایران در توسعه پایدار کشور اجتناب‌ناپذیر است.

### علل فرونشست زمین در تهران

عوامل متعددی باعث ایجاد این پدیده می‌شود؛ از جمله انحلال آب شدگی یخ‌ها و تراکم نهشته‌ها، حرکت آرام زمین و خروج گدازه و یا عملیات انسانی نظیر معدنکاری یا برداشت آبهای زیرزمینی و نفت، برداشت و استخراج مواد معدنی، ریزش سازه‌های زیرزمینی مانند تونلها و یا ایجاد حفره در اثر انحلال و برداشت بی‌حساب از منابع نفت، آب زیرزمینی و گاز.

با توجه به نظر کارشناسان زمین‌شناسی و بعضی مسئولان شهری، حادثه فرو رفت خیابانهای پایتخت پیچیده‌تر از مقصر بودن حفاران مترو و لوله‌های پوسیده آب است. اتفاقی که در خیابانهای تهران رخ می‌دهد، تولد فرو چاله‌هاست؛ فرو چاله‌هایی که با دخالت انسانها به وجود آمده است. بدون شک برای رفع این مشکل نیاز به مدیریتی یکپارچه احساس می‌شود. نشست زمین در خیابان پیامبر یا شهران اولین اتفاقی از این دست نبود که رخ داد و این‌طور که کارشناسان زمین‌شناسی هشدار می‌دهند، آخرین بار هم نخواهد بود؛ چنانکه تکرار این حادثه در نقاط مختلف پایتخت هم گواهی بر این مدعاست. این‌طور که کارشناسان زمین‌شناسی و بعضی مسئولان شهری می‌گویند، ماجرا پیچیده‌تر از مقصر بودن حفاران مترو و لوله‌های پوسیده آب است. آنها از جنس خاک تهران حرف می‌زنند که در مناطقی

سست است و عملیات عمرانی را تاب نمی‌آورد.

### خاک سست پایتخت

نشت لوله‌های شبکه آب‌رسانی در آبرفت دانه‌درشت مناطق نیمه شمالی تهران، بویژه در محدوده خیابان طالقانی، عباس‌آباد و بلوار کشاورز تا شمال تهران، می‌تواند سبب آب شستگی خاک شود؛ محیطی که آب در آن شناور است، ضعیف شود و آبرفت ریزش کند. گاه لوله‌های آب شرب و فاضلاب در محیط خاک، راه می‌یابد و انحلال بیشتر خاک را سبب می‌شود. این حفره‌ها خاک بالاسر را، که شاید به خیابان و شاید به خانه راه یابد، سست می‌کند و آنچه نباید اتفاق می‌افتد. نفوذپذیری خاک در این نقاط زیاد است و آبهای زیرزمینی عمق کمی دارد. بالا آمدن سطح آبها در کنار تخلخل کم خاک به سستی خیابانها و زمینها انجامیده است؛ چنانکه با تلنگر عملیات عمرانی، زمین در خود فرو می‌ریزد. «فاضلابهای خانگی در چاه‌های جذبی تهران تخلیه می‌شود و به سفره‌های زیرزمینی راه می‌یابد و در خاکی که تخلخل زیادی دارد، نفوذ می‌کند. فاضلابهای خانگی از کف ساختمانها به آبهای زیرزمینی راه پیدا، و سطح سفره‌های زیرزمینی را کم می‌کند. قیطره، نیاوران؛ تجریش، ولنجک، کن، پونک، حصارک، بافت آبرفتی دانه‌درشت دارد. تخلخل خاک (فضاهای خالی در خاک)، که در بعضی مناطق به ۱۵ درصد می‌رسد با آب پر می‌شود. این فضاها در خاکی که دانه‌درشت است، سفره‌های آب زیرزمینی را به خود راه می‌دهد. سفره‌های آب زیرزمینی دشت تهران تا ۳۰ سال پیش، عمق کمی داشت؛ اما تخلیه فاضلاب و راه یافتنش به آبهای زیرزمینی در کوه‌پایه‌های البرز یعنی از منطقه ۲۲ شهرداری تهران تا امتداد بزرگراه شهید بابایی در طول این مدت، عمق سفره‌های زیرزمینی را به ۲۰، ۱۵، ۱۰ متر و حتی کمتر از اینها رساند. این اتفاق در طول زمان باعث برهم ریختن تعادل سفره‌های آب زیرزمینی در بافت شهری تهران شد. اتفاقی که در خیابانهای تهران رخ می‌دهد، تولد فرو چاله‌هاست؛ فرو چاله‌هایی که با دخالت انسانها به وجود آمده است. فرو

چاله پدیده‌ای است که به دلیل خالی شدن سطح زیری به شکستن سطح فوقانی زمین می‌انجامد؛ پدیده‌ای که گاه به دلیل عوامل طبیعی رخ می‌دهد و گاه به دلیل عوامل انسانی. «نمی‌توان مطمئن گفت که حادثه بلوار کوهسار و خیابان پیامبر به دلیل بهره‌برداریهای انسانی رخ داده است؛ اما در هر دو حادثه، جنس و ماهیت خاک، خطوط آبرسانی و شسته شدن بافت خاک و ایجاد تخلخل بیشتر با دخالت عوامل انسانی به ریزش و ایجاد فرو چاله انجامیده است؛ با این اوصاف، احتمال تکرار این حادثه در مناطق آبرفتی دامنه البرز وجود دارد.

### چالش و آسیبهای ساختمانهای بلند

توجه نکردن به میزان نیاز واقعی به ساختمانهای بلندمرتبه بویژه در حوزه‌های مسکونی و بخصوص در شهرهای متوسط و کوچک و نیز ارزشگذاری بناهای بلند به عنوان نشان توسعه شهر، و در عین حال حاکمیت نگاه سوداگرانه به شهر و معماری از عارضه‌های بزرگی است که در حال حاضر با آن روبه‌رو هستیم.

بی‌توجهی به مزیت‌های طبیعی، تاریخی و فرهنگی در تهیه طرحها و برنامه‌های توسعه شهری، که در ادامه باعث ایجاد زمینه‌های مهاجرت به شهرهای بزرگ می‌شود و همچنین چاره‌جویی به نیازهای جمعیت فزاینده از طریق احداث ساختمانهای بلند، موضوعی است که هم اکنون به آن مبتلا هستیم و باید در مقابله با آن عوامل کنترل‌کننده مانند رعایت سقف جمعیت‌پذیری و پیامدهای محیطی آن را در ابعاد مختلف مورد توجه قرار دهیم.

احداث بناهای بلند در حریم گسلها، احداث در مکانهایی که احتمال رانش زمین بشدت وجود دارد، احداث در مسیر قنات‌ها و تأثیرگذاری بر جریانهای آبهای زیرزمینی (که پیامدهای خود را به شکل فرو ریزش و مقطعی در خیابانها نشان می‌دهد)، تأثیرگذاری در مسیر جهت و سرعت وزش باد و جلوگیری از امکان تهویه طبیعی و از همه مهمتر تخریب باغات در کلانشهرها از چالشهای چشمگیر بی‌توجهی به مسائل زیست محیطی به شمار می‌رود؛ هم‌چنین احداث بنا در



پهنه‌های زلزله‌خیز و گذرگاه‌هایی را که باید در جریان باد تهران مورد توجه قرار می‌گرفت و به تصفیه هوای تهران کمک می‌کرد، نمونه‌هایی از بی‌توجهی به مسائل زیست‌محیطی است که توجه به ساز و کار کلی وزش باد در تهران از موارد مورد توجه فعلی در شورای عالی شهرسازی به‌شمار می‌رود که با توجه به گزارشهای سازمان هواشناسی و محیط زیست در این زمینه نمی‌توان گفت که ساخت و سازهای داخل شهر در این زمینه تأثیری نداشته بلکه قطعاً چنین چیزی وجود داشته و قابل مشاهده است.

حفر تونل مترو و گودبرداریها برای تأمین پارکینگ و بلندمرتبه‌سازی طی سالهای اخیر، به‌منظور استفاده از حمل و نقل عمومی اقدامی لازم برای کلانشهر تهران است؛ اما نوعی دخالت در بافت طبیعی زمین به‌شمار می‌رود که باید مطالعات ژئوتکنیکی و ژئوفیزیکی در این زمینه صورت بگیرد. به دلیل شبیهی که در دامنه البرز تا پایین شهر وجود دارد با تغییر مسیر قنات ممکن است آب اصطلاحاً پشته کند و به سمت بالا برگردد که موجب آب‌شستگی در لایه‌های آبرفتی می‌شود و حفره‌هایی تولید می‌کند که به فرونشست یا فروریزش منجر خواهد شد.

### فرسایش و رسوبگذاری آبهای زیرزمینی

آبهای زیرزمینی نیز در ضمن حرکت خود تغییرات زیادی را به‌وجود می‌آورد. آبهای زیرزمینی به علت سرعت بسیار کم، نمی‌تواند همانند رودخانه‌ها از راه سایش با کندن مستقیم سنگها باعث فرسایش زمین شود؛ ولی می‌تواند بتدریج مقدار بسیار زیادی از مواد را حل کند و با خود ببرد و در مقاومت مواد تأثیر منفی بگذارد. در موقعیت مناسب با اتصال مجراهای انحلالی و فراختر شدن آنها «غار» تشکیل، و جریانهای رودخانه‌ای زیرزمینی ایجاد می‌شود. عمل انحلال بیشتر در امتداد درزها، گسل‌ها یا سطوح لایه‌بندی سنگها، مخصوصاً سنگهای آهکی انجام می‌شود. در اغلب موارد کف غار از واریزه‌های سقف آن پوشیده شده است. در صورتی که غارها و حفره‌ها به اندازه کافی به سطح زمین نزدیک باشد، فروریزش

آنها حفره‌هایی را در سطح زمین ایجاد می‌کند که به آنها «توپوگرافی کارستی» گفته می‌شود. مواد محلولی که با آبهای زیرزمینی جابه‌جا می‌شود، ممکن است با تغییر وضعیت‌هایی چون تغییر فشار و دما، افزایش مواد محلول، تبخیر آب، فعالیت باکتریها و غیره در نقاط دیگری بار دیگر رسوب کند؛ به این ترتیب ممکن است موادی مثل کربنات کلسیم، سیلیس و اکسید آهن در لابه‌لای رسوبات دیگر ته‌نشین شود و ذرات ناپیوسته آن رسوبات را به هم بچسباند و سنگ متراکم و یکپارچه‌ای را به وجود آورد. به این مواد اصطلاحاً «سیمان» گفته می‌شود. مواد محلولی که با آبهای زیرزمینی حمل می‌شود، گاهی نیز ممکن است جانشین مواد دیگر شود؛ یعنی آب زیرزمینی همزمان با حمل کردن مواد موجود، مواد جدیدی را به جای آن ته‌نشین سازد. رسوب مواد محلول در آب زیرزمینی در سقف و کف غارها اغلب قندیلها و شکلهای جالبی را به وجود می‌آورد. وقتی آبهای زیرزمینی در سطح زمین ظاهر می‌شود، ممکن است بخشی از مواد محلول خود را در محل ظهور باقی بگذارد. این‌گونه رسوبات بویژه با چشمه‌های معدنی فراوان تشکیل می‌شود؛ یکی از رسوباتی که در دهانه اغلب چشمه‌های معدنی یافت می‌شود. کربنات کلسیم در دهانه چشمه‌ها را که ممکن است بر اثر خروج گاز حفره‌دار نیز شده باشد، تراورتن می‌نامند. تراورتن به دلیل آسانی دسترسی و سادگی برش به مقدار زیاد به عنوان روکار بناها استفاده می‌شود.

#### افت سالانه ۶۰ سانتیمتری سطح آب سفره‌های زیرزمینی

زرد شدن چهره درختان با کاهش سفره‌های آب زیر زمینی در نتیجه برداشت بیش از حد مجاز از آنها تشدید می‌شود. بنا به دلایل فراوان هر سال سفره‌های آب زیر زمینی در تهران ۶۰ سانتیمتر افت می‌کند. این شرایط بیش از همه برای چنارهای تهران، که به آب زیاد نیاز دارد، مخاطره‌آمیز است. از سوی دیگر با نفوذپذیری خاک تهران وسعت دفع آب ریشه‌ها بیشتر به سمت پایین حرکت می‌کند. در گذشته، سطح آب زیر زمینی در حد مطلوبی قرار داشت؛ اما متأسفانه

اکنون این سفره‌ها خشک شده است.

### افزایش برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی

آب شرب تهران از دو طریق به دست می‌آید: نیمی از طریق آبهای جاری که از سدهای اطراف تهیه می‌شود و منبع دیگر ۴۵۰ حلقه چاهی است که در اختیار سازمان آب منطقه‌ای قرار دارد. روزگاری سد کرج، آب تهران را تأمین می‌کرد. با توجه به افزایش جمعیت، سدهای دیگری نیز همانند لار و لتیان به این منابع افزوده شده است. در گذشته نسبت تأمین آب در تهران بدین صورت بود که ۵۰ درصد را آبهای جاری و ۵۰ درصد را سفره‌های آب زیرزمینی تأمین می‌کرد. امروز این نسبت به هم خورده است و روز به روز برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی افزوده می‌شود.

### به هم خوردن تعادل طبیعی مصرف آب در تهران

تهران در گذشته ۳۰۰ تا ۴۰۰ قنات داشت که به تغذیه سفره‌های آب زیر زمینی کمک می‌کرد. حفاریهای زیاد و تونلهای مترو روز به روز این قناتها را یا کور کرد یا مسیر طبیعی حرکتشان را در دل زمین تغییر داد. علاوه بر این افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش برداشت از سفره‌های آب زیر زمینی، همگی باعث شد تعادل طبیعی مصرف آب به هم بخورد. مدیریت شهری در چند سال گذشته به منظور کسب درآمد از بلندمرتبه سازی، مسائلی را به تهران تحمیل کرده است. از سوی دیگر بارگذارهای زیاد، به هم ریختن فیزیک خاک، گودبرداریها، نیلینگ کردن ساختمانهای بلندمرتبه و عبور میلگرد از زیر زمین و ریشه درختان به منظور محکمتر ساختن ساختمان از دیگر دلایل از بین رفتن درختان تهران در چند سال اخیر است.

### تعداد چاهها در شهر تهران

بخشی از آب شرب مورد نیاز شهر تهران از طریق منابع زیر زمینی تأمین می‌شود. این میزان آب متغیر است و بسته به شرایط منابع تأمین کننده، میزان

مصرف و فصول مختلف سال از ۲۰٪ تا ۴۰٪ کل آب مورد نیاز تهران تغییر می‌کند. در حال حاضر ۴۴۱ حلقه چاه عمیق در مدار با ظرفیت تولید تقریبی ۱۴/۵ متر مکعب بر ثانیه در حال بهره‌برداری است.

بخش عمده این چاه‌ها در آبخوان اصلی دشت تهران در زمینهای آبرفتی و آبخوان آزاد و با متوسط عمق ۲۵۰ متر و حداکثر عمق ۳۰۰ متر حفاری شده است که هر یک به‌طور متوسط حدود ۱۲۰ متر مکعب بر ساعت و حداکثر ۶۰۰ متر مکعب بر ساعت توان تولید دارد.

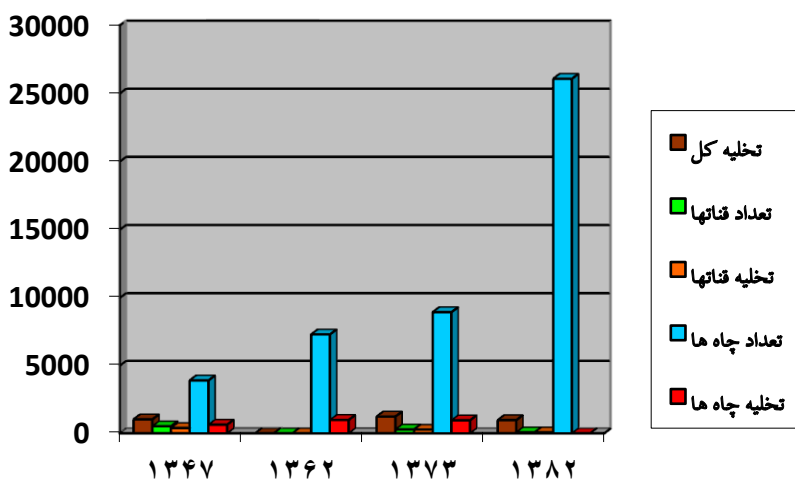
توزیع و پراکندگی این چاه‌ها در سطح شهر تهران، تابع کمیت و کیفیت آبخوان در نقاط مختلف، نیاز آبدهی هر محدوده، دسترسی به تصفیه‌خانه‌ها، مخازن و خطوط انتقال و دیگر عوامل مؤثر در طراحی شبکه‌های آبرسانی است. آب استحصالی از تمام منابع زیرزمینی پس از کنترل کیفی در صورتی که در محدوده استانداردهای آب شرب باشد، پس از هدایت به مخازن ذخیره، گندزدایی و سپس به شبکه توزیع و مصرف هدایت می‌شود.

#### بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی

بهره‌برداری از آبخوان دشت تهران توسط چاه‌های عمیق، نیمه عمیق و قنات صورت می‌گیرد. تعداد کل قناتهای دایر در سال ۱۳۴۵، ۵۲۲ رشته و میزان آبدهی سالانه آنها حدود ۳۹۳ میلیون متر مکعب بوده است. با گسترش حفر چاه از دهه ۴۰ بویژه در سالهای اخیر، تعداد قناتهای دایر و مقدار آبدهی سالانه آنها بسیار کاهش یافته است.

بر پایه آمار و اطلاعات، مجموع چاه‌های عمیق و نیمه عمیق محدوده دشت تهران در سال ۱۳۴۷، ۱۳۶۲ و ۱۳۷۳ به ترتیب ۲۵۹۴، ۳۸۰۵ و ۴۲۷۲ حلقه بوده است. بر اساس آخرین آمار (سال ۸۳ - ۸۲) تعداد کل چاه‌ها شامل چاه‌های عمیق، نیمه عمیق و دستی، ۲۶۰۷۶ حلقه است.

در نمودار ۱ میزان تخلیه چاه‌ها و قنات‌ها در سال‌های مختلف آماربرداری ارائه شده است.



نمودار ۱: مقایسه میزان تخلیه چاه‌ها و قنات‌ها در سال‌های مختلف آماربرداری، (تخلیه بر حسب میلیون متر مکعب)

بدین ترتیب با اینکه از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۲ به تعداد چاه‌ها به میزان بسیار زیادی افزوده شده، میزان تخلیه کاهش یافته است. این مطلب بیانگر کاهش دبی چاه‌ها و قنات‌های منطقه به دلیل کاهش سطح سفره آب زیرزمینی است.

#### تأثیر خشکسالی اخیر در نشست زمین در تهران

به دلیل خشکسالی سال‌های اخیر و برداشت غیر اصولی آب‌های زیرزمینی حفره‌هایی که سالیان دراز مجرای عبور آب بود، خشک، و به‌مرور این حفره‌ها پر شد. بنابراین شاهد فرونشست زمین هستیم. از مهمترین دلایل افزایش نشست زمین در پایتخت مدیریت نکردن صحیح آب‌های زیرزمینی است؛ زیرا اگر برداشت‌های آب‌های زیرزمینی کنترل شود و مانع برداشت‌های بی‌حساب و غیرمجاز شویم، این‌گونه

با حفره‌های خالی رو به رو نخواهیم شد.

هم‌چنین بیشترین نشست‌های پایتخت در بخش جنوب غربی مشاهده می‌شود. اگر زلزله را یکی از بحرانهای جدی پایتخت می‌دانیم، که ممکن است یک روز به وقوع بپیوندد یا نه، نشست زمین بحرانی است که هر روز به وقوع می‌پیوندد و آن را زیاد جدی نمی‌گیریم. آسیب‌هایی که نشست زمین به پایتخت وارد خواهد کرد، آسیب‌رسانی به شریانهای حیاتی، راه‌های مواصلاتی ریلی، ساختمانهای مسکونی، اداری و تجاری از جمله پیامدهای نشست‌های پی در پی زمین در تهران است. ممکن است این نقاط آسیب‌پذیر ترک بردارد و به‌مرور زمین نشست کند.

به طور لحظه‌ای می‌توان از فرونشست‌های پایتخت اطلاع پیدا کرد. با کنترل آبهای زیرزمینی می‌توان از وقوع بیشتر نشست زمین پیشگیری کرد؛ اما چنین نگاهی در حال حاضر وجود ندارد و هم‌چنین زمینی که دچار نشست می‌شود، برگشت‌ناپذیر است و امکان احیای آن وجود ندارد؛ اما می‌توان از توسعه نشست‌های زمین جلوگیری کرد.

### تهدید ثانویه نشست زمین در تهران

یافته‌های بخش زلزله‌شناسی مهندسی و خطرپذیری وابسته به «مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی» نشان می‌دهد: افزایش میزان نشست زمین در تهران به اندازه دو برابر پنج سال گذشته، خطری فراتر از زلزله بزرگ است که در حال حاضر - با توجه به انفعال مسئولان نسبت به مصرف بی‌حساب آب شرب - آثار ثانویه‌اش پایتخت را تهدید می‌کند.

طی سالهای اخیر به تناسب شدت خشکسالی، الگوی آبیاری غرقابی بخش کشاورزی و هم‌چنین شیوه تأمین آب بخش خانگی، هیچ کدام تغییر نکرد و پیامد مصرف آب بیش از ظرفیت موجود، باعث شد فشار تأمین آب به چاه‌های مجاز و غیر مجاز منتقل شود. این رخداد، هم‌اکنون به افت سطح ایستابی سفره‌های زیرزمینی منجر شد و پیامد آن باعث افزایش میزان فرونشست دشت تهران و

همچنین اراضی جنوب، مرکز و جنوب غربی پایتخت از ۱۷ سانتیمتر نشست در هر یک از سالهای دهه ۸۰ به ۳۶ سانتیمتر در سال گذشته شد. فرونشست زمین در اثر خالی شدن آبخوانها، علاوه بر اینکه به «مرگ دشت» و افزایش سطح بیابانهای دائمی منتج می‌شود برای کلانشهری همچون تهران، پیامد ثانویه‌ای دارد که شامل «تخریب ساختمانها و از مسیر خارج شدن خطوط و لوله‌های نهفته در زیرزمین در اثر نشست زمین» خواهد شد. تراز سطح آب زیرزمینی در دشت تهران، شیب منفی پیدا کرده و در هر سال آبی، یک تا دو میلیمتر رو به کاهش است؛ در مناطقی از جنوب شهر، پیامد ثانویه نشست زمین به شکل فروچاله، ترک ساختمان و پلها قابل مشاهده است؛ اما اگر مدیریت بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی در دوره کنونی که با خشکسالی روبه‌رو شده است، تغییر نکند، آثار تخریبی نشست، بیشتر خواهد شد.

#### تغییر الگوی کاشت گیاهان

وضعیت اقلیمی تهران در سه ناحیه شمالی، مرکزی و جنوبی سه نوع پوشش را شامل می‌شود که در میان بخش مرکزی عناصری از پوشش دوگانه شمال و جنوب دارد.

برخلاف پوشش طبیعی بخش شمالی در حوالی شمیرانات، ارتفاعات شمال شرقی که در آنها بر رویشهای علفی و فصلی و گونه‌های پایا، پیازی، درختان بید و گردو، تبریزی و زبان گنجشک و چنار و غیره در کنار نهرها و پایین دره‌ها دیده می‌شود. بسیاری از گیاهان در حال حاضر به رویشهای طبیعی تهران مربوط نیست. درختها و درختچه‌های قدیمی کاشته شده در تهران شامل انواع سوزنی برگان و گونه‌هایی مانند ماگنولیا، گل یخ، برگ بو، پیچ اناری، شاه پسند و نخل پنجه‌ای است. اغلب این گیاهان، بومی ایران نیست؛ اما به دلیل قدمت کاشت و خوگیری نسبی به موقعیت اقلیمی در بسیاری از مناطق شهری و همچنین حاشیه شهر تهران از آنها به عنوان عناصر اصلی فضاها و سبز دست کاشت استفاده می‌شود.

او از طرح مطالعاتی‌ای می‌گوید که در نظر دارد پوشش گیاهی پایتخت به

سمت پوشش مشجر برود و فضای سبز چمن صرفاً برای زیبایی، آرایش و طراحی محیط استفاده شود و فضای سبز غالب نباشد. وقتی می‌خواهیم برای مکانی بسرعت فضای سبز طراحی کنیم، باید از گیاهی استفاده کنیم که سریع سبز شود و به همین دلیل در این موارد از چمن استفاده می‌شود؛ ولی چون در دو دهه اخیر چمن به عنوان فضای سبز غالب بوده است، خود شهرداری هم به این نتیجه رسیده است که چمن حذف شود. گونه‌های مشجر دیگر مانند درخت، درختچه و گونه‌های مثمر مانند توت مدنظر ماست؛ اما در مجموع استان تهران با توجه به اینکه اکوسیستم خشک دارد، گونه‌هایش در برخی از نقاط خارج از تهران باید به سمت گونه‌های شور دوست برود. در ستاد فضای سبز استان تصویب شد تا با توجه به اکوسیستم تهران و نشست زمینی که داشت و به سمت بیابان شدن در حرکت است در بعضی از زونهای بیرون از تهران که حالت بیابانی شده است گونه‌های شور دوست کاشته شود. هم‌چنین استفاده از گیاهان پوششی و گیاهانی که به آب نیاز کمتری دارد از جمله درختان بویژه درختانی از گونه‌های گیاهی مقاوم، سازگار و ماندگار با وضعیت اقلیمی شهر تهران در دستور کار قرار گرفته است. البته بهتر است این گونه‌ها از گونه‌های بومی پایتخت شد؛ چرا که گونه‌های بومی امتحان خود را در سازگاری با وضعیت اقلیمی و آب و هوایی این کلانشهر پس داده است.

### راهکارهایی برای کاهش تأثیرات فرونشست زمین

برخی اقداماتی که باید برای کاهش تأثیرات ناشی از پدیده فرونشست زمین در شهر تهران انجام شود، عبارت است از:

- پایش پدیده فرونشست زمین در شهر تهران
- مدیریت بهینه منابع آب در بخش برداشت و توزیع عادلانه در بخش‌های کشاورزی، صنعتی و...



- تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی از طریق انتقال و هدایت پساب تصفیه‌خانه‌ها به رودخانه‌های شهر تهران به منظور افزایش حجم منابع آب زیرزمینی

- ایجاد تصفیه‌خانه‌هایی در مناطق شهری به منظور انتقال مستقیم پساب تصفیه‌خانه به منابع تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی

- اصلاح بستر رودخانه‌ها به منظور افزایش نفوذ آب و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی

- اصلاح شیوه‌های آبیاری در کشاورزی

- اصلاح الگوی کشت

- جدا کردن سامانه دفع آب باران از سامانه دفع فاضلاب

- اطلاع‌رسانی عمومی به شهروندان در زمینه تأثیرات پدیده فرونشست

**مدیریت بحران برای کاهش خطر فرونشست زمین**

متأسفانه میزان فرونشست شهر تهران، بسیار خطرناک، و ساختمانها و تأسیسات شهری را در معرض خطر زیادی قرار داده است. بر این اساس، مسئولان مدیریت شهری و بحران این شهر باید از توان بروز فرونشست آگاهی داشته باشند و نمایان‌سازی وضعیت و مقابله با آن به منظور حفاظت از جان و مال شهروندان باید در دستور کار قرار گیرد.

در همین راستا سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران برای کاهش خطرپذیری شهر در برابر مخاطرات با کمک دیگر نهادهای مسئول، اقدامات متعددی برای کاهش آسیب‌پذیری ناشی از فرونشست را در دستور کار خود دارد. به همین منظور، طرح تهیه برنامه جامع "کاهش خطرپذیری پدیده فرونشست ناشی از تغییرات تراز آب زیرزمینی در شهر تهران" از طریق مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران در حال اجرا است. با توجه به اینکه موضوع کاهش آسیب‌پذیری شهر تهران در برابر مخاطرات محتمل، نیازمند سیاستگذاری و برنامه‌ریزی کلان و

همکاری همه دستگاه‌ها و مجموعه‌ها است، تشکیل کارگروه ویژه برای پیگیری مشکلات مرتبط با فرونشست زمین در شهر تهران پیش‌بینی و برنامه‌ریزی شده است. به منظور بررسی ابزارها و روشهای موجود برای پایش میزان پدیده فرونشست زمین در شهر تهران و برنامه‌ریزی مطالعات آینده با برگزاری جلساتی با سازمان‌های زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، سازمان نقشه‌برداری و شرکت آب منطقه‌ای، ظرفیتهای پایش پدیده فرونشست زمین، مورد ارزیابی قرار گرفته و برنامه‌ریزی در این زمینه در حال اجرا است.

## جدول ۱: نکات کلیدی مدیران و مسئولان شهری درباره بحران افت آب

مصاحبه	نکات کلیدی (علتهای فرونشست در تهران)
رئیس سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران	نبود سیاستگذاری و برنامه‌ریزی کلان ضعف در همکاری تمام دستگاه‌ها و مجموعه‌های مسئول برای مدیریت بحران فرونشست تهران نبود تهیه برنامه جامع خطرپذیری فرونشست
مدیر امور زمین‌شناسی مهندسی، مخاطرات و زیست‌محیطی سازمان زمین‌شناسی	خشکسالیهای اخیر کاهش میزان آب زیرزمینی
رئیس سازمان مدیریت بحران	برداشت بیش از اندازه آبهای زیرزمینی
رئیس کمیسیون کشاورزی، آب و صنایع غذایی اتاق تهران	برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی حفر چاه‌های غیرمجاز فروشدگی لوله‌های آب و نشت آب حفاریهای شبکه مترو
رئیس کمیسیون معماری و شهرسازی شورای تهران	برداشت بسیار بی‌حساب آبهای زیرزمینی برای آبیاری فضای سبز و پارکها و عمومی بهره برداریهای شهری باعث شویندگی خاکها شده است.
معاون وزیر راه و شهرسازی	گودبرداریهای بسیار عمیق، مسیر سفره‌های زیرزمینی و قناتها را تغییر می‌دهد.
سختگوی آتش نشانی تهران	شکستگی لوله‌های آب موجب شکستگی خاک می‌شود و فرونشست ایجاد می‌کند.
جانشین شهردار تهران	قناتها و چاه‌های رها شده فاضلاب خشک شده جریانهای سرگردان آب
شهردار تهران	مغارهایی پرخطر در زیر سطح تهران وجود دارد.
مشاور کمیته عمران شورای شهر تهران	برداشت بی‌حساب آب زیرزمینی افزایش جمعیت در تهران و نیاز به برداشت منابع آب زیرزمینی تغییر ساختارهای شهری و خدمات شهری
رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	برداشت غیر مجاز از آبهای زیرزمینی

جدول ۲: پیامدهای ناشی از فرونشست زمین

ابعاد	پیامدها
اجتماعی	کاهش کیفیت زندگی اجتماعی در تهران بحرانهای روانی، اضطراب و در نهایت خشونت اجتماعی
اقتصادی	به هدر رفتن منابع مالی بسته شدن شریانهای حیاتی و اقتصادی هدر رفتن منابع آب و تضعیف کشاورزی آسیب پذیری شبکه‌های حیاتی (آب، برق و گاز) آسیب دیدن ساختمانهای مسکونی، اداری و بازرگانی فرونشست خیابانها و ترک خوردگی سازه‌ها و ساختمانها
زیست محیطی	کاهش سطح آبهای زیرزمینی فروکاسته شدن زیست‌پذیری شهر تهران شبکه گسترده فاضلاب و گردآوری پسابهای شهری خشک شدن و از بین رفتن سفره آبهای زیرزمینی
سیاسی و امنیتی	مختل شدن شریانهای درونشهری تهران که موجب پیامدهای ملی و امنیتی گسترده‌ای شده است. آسیب رسیدن به زیربنا و زیرساختهای حیاتی و حساس کشور در تهران نارضایتی مردم نسبت به مسئولان

جدول ۳: پیامدهای فرونشست در رخدادهای قبلی تهران

پیامدهای امنیتی	پیامدهای سیاسی	پیامدهای اجتماعی	پیامدهای اقتصادی	تاریخ فرونشست	فرونشست
✓	✓	✓	✓	۱۳۹۵/۰۳/۲۹	شهرک غرب
	✓	✓	✓	۱۳۹۵/۰۶/۱۱	بزرگراه ستاری
✓		✓	✓	۱۳۹۵/۰۶/۲۳	ورامین
	✓	✓	✓	۱۳۹۵/۰۷/۲۴	چهارراه مولوی
		✓	✓	۱۳۹۵/۸/۱۰	خیابان شوش
	✓	✓	✓	۱۳۹۶/۲/۲۱	خیابان ونک

فرونشست تهران، که به نظر می‌رسد اولین بار در پژوهشهای سازمان نقشه‌برداری کشور به صورت جدی نمایان شده است، نه تنها جنوب غربی تهران را با نشست سالانه‌ای معادل ۳۵ - ۳۷ سانتیمتر، بلکه دیگر مناطق استان را هم تحت تأثیر قرار داده است. این فرونشست در جنوب غربی تهران برای تأسیسات زیربنایی خطرناک است. تأکید بر لزوم تغییر الگوی کاشت و ممنوع بودن صدور مجوز حفر جدید در دشتهای این محدوده بیانگر این است که کاهش سفره‌های آب زیرزمینی از عوامل مهم تأثیرگذار بر فرونشست زمین در این منطقه است و هرگونه کاهش و پایین آمدن سطح ایستایی سفره‌های آب زیرزمینی موجب خروج آب از این فضاها و درنهایت نشست زمین می‌شود. از سوی دیگر، افزایش جمعیت به افزایش تقاضای آب از منابع آب زیرزمینی منجر می‌شود که سبب فرونشست بیشتر زمین در نواحی‌ای که قبلاً نشست کرده و یا باعث فرونشست جدید نواحی در مناطقی است که فرونشستی در آن مشاهده نشده است؛ این بدان معناست که هرچند در گذشته عمدتاً نواحی فرونشستی فقط شامل زمینهای کشاورزی بوده که آب زیرزمینی به منظور آبیاری مزارع استفاده می‌شده است در آینده به دلیل افزایش جمعیت در شهرهای مهم، خسارات ناشی از فرونشست زمین بیشتر خواهد بود. تغییرات آب و هوایی در سالهای اخیر، که موجب بارش کمتر و کاهش منابع آب زیرزمینی و در نتیجه پمپاژ آب زیرزمینی بیشتر در این مدت بوده، هم از دیگر دلایل بروز فرونشست است که کارشناسان به آن اشاره می‌کنند. توجه به این موارد وقتی اهمیت بیشتری دارد که بدانیم سامانه‌های آب زیرزمینی واکنش کندی نسبت به فعالیتهای بشری دارند و در نتیجه مدیریت صحیح این منبع با ارزش لازم و ضروری است. دیگر فعالیتهای بشری همچون تغییر کاربری بهره‌برداری و یا بارگذاری سازه‌های مهندسی، زهکشی خاکهای الی، معدن کاری زیرسطحی و یا پمپاژ نفت نیز از جمله دلایل وقوع فرونشست به‌شمار می‌رود.

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشتهای بی حساب، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سالهای آینده مشکلتر نیز خواهد شد. برای انتخاب راهکارهای مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه کرد. عامل مهم افت سطح آب زیرزمینی خشکسالی و در کنار آن پمپاژ بیش از حد مجاز آب و حفر چاه‌های غیرقانونی است. این نوع بهره‌برداری به علت ناآگاهی بهره‌برداران از پیامد تهي شدن سفره‌های آب زیرزمینی و ناآشنایی آنها با روشهای نوین حفظ منابع است. گستره نشست دشت شهریار بیشترین سرعت را تجربه کرده و بخشهایی از مناطق ۱۶ تا ۲۰ تهران را در بر گرفته و در معرض خطر بسیار قرار داده است. در حال حاضر ۱۵ هزار حلقه چاه عمیق در استان تهران گزارش شده است و آماري از چاه‌های غیر مجاز استان در دسترس نیست.

جنوب تهران به‌طور جدی با مخاطرات نشست زمین روبه‌رو است و بررسیها و گزارشهای مطالعاتی نشان می‌دهد که در میان مناطق ۲۲ گانه تهران در مناطق شمالی و به‌طور کلی در شهر تهران دو عامل برای فرونشست وجود دارد که عامل اول فرسودگی تأسیسات شهری از جمله فرسودگی لوله‌های آب و نشت آب و در نتیجه نشست زمین ناشی از این عامل است و عامل دیگر حفاریهای صورت گرفته از جمله شبکه مترو است که در چند ماه گذشته با چند مورد از این فرونشست‌ها در شهر تهران روبه‌رو بودیم؛ اما در دیگر مناطق، که عمدتاً در جنوب تهران واقع است به دلیل افت آبهای زیرزمینی و آثار تکتونیکی آن نشست زمین خطری جدی به شمار می‌رود که باید به آن توجهی فوق‌العاده کرد.

طبق بررسیها، مناطق ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ شهرداری تهران و شهرهای اسلامشهر، شهریار، چهاردانگه، نسیم‌شهر، صباشهر و کهریزک تحت تأثیر فرونشست دشت تهران قرار دارند. در منطقه وسیعی از جنوب غرب تهران به

مساحت حدود ۶۰۰ کیلومتر مربع، پدیده نشست زمین رخ داده است و این نشست کردن همچنان ادامه دارد و این در حالی است که حداکثر میزان نشست در برخی از مناطق دشت تهران نیز ۳۶ سانتیمتر گزارش شده است.

یکی از مهم‌ترین دلایل ایجاد فرونشست زمین، برداشت اضافی از آبهای زیرزمینی است. پیامد فرونشست زمین در دشت تهران به افزایش خطر تخریب تأسیسات زیربنایی و فرونشست در شبکه‌های گاز در این منطقه منجر شده است. حدود ۲۵ کیلومتر از طول کمربندی آزادگان، حدود ۲۸ کیلومتر از طول بزرگراه قم، حدود ۲۱ کیلومتر جاده ساوه و بزرگراه بهشت زهرا، که همگی این نقاط اصلی‌ترین محورهای جابه‌جایی کالا و مسافر در استان تهران شناخته می‌شود با توان فرونشست روبه‌رو است.

### نتیجه‌گیری

در حال حاضر بیشتر دشتهای کشور ایران همچون دشتهای استان فارس، هرمزگان، تهران و... دارای بازده منفی، و کیفیت آب زیرزمینی نیز به‌گونه‌ای است که در برخی مناطق برای شرب انسان و دام و حتی آبیاری زمین‌های کشاورزی مناسب نیست. اضافه برداشت از منابع آبی طی سالهای گذشته پیامدهای محیطی و اقتصادی نامطلوبی از جمله خسارت به زمینهای کشاورزی و کاهش تولید و تلف شدن دام، طیور و حیات وحش، افزایش خسارتهای ناشی از نشست سطح زمین، افزایش سیل‌خیزی، افزایش مصرف انرژی، هزینه استحصال، انتقال آب شرب و کشاورزی، هزینه دفع فاضلابها و زباله‌ها، افزایش بیماری بر اثر استفاده از آبهای ناسالم و غیره را به دنبال داشته است و چنانچه اقدامات جدی و عملی به‌منظور کاهش برداشتهای بی‌حساب و به تعادل رساندن سفره‌های آب زیرزمینی صورت نگیرد، علاوه بر تشدید این پیامدها، شاهد اختلال در روند فعالیتهای کشاورزی و

دامپروری و کاهش فرآورده‌های زراعی و دامی، تهدید امنیت زراعی و دامی، تهدید امنیت غذایی، عدم تأمین آب شرب کافی، اختلال در بهداشت عمومی، اختلال در امور صنعتی، گسترش بیکاری، کاهش تولید و درآمد و در نهایت افزایش فقر عمومی و به دنبال آن بروز ناآرامیها و منازعات روستایی و بحرانهای اجتماعی از جمله نزاع بر سر آب در جهت کنترل افت سطح آبهای زیرزمینی، پدیده فرونشست و کاهش خسارتهای احتمالی، لازم است در گام نخست هر چه سریعتر نسبت به کاهش بهره‌برداری از آب زیرزمینی و اعمال مدیریت صحیح منابع آب اقدام لازم انجام شود؛ بنابراین به منظور استفاده بهتر از منابع آب و سفره آب زیرزمینی و جلوگیری از نشست زمین پیشنهادهای ذیل ارائه می‌شود:

۱ - کاهش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بویژه در مناطقی که با افت زیاد روبه‌رو است.

۲ - جلوگیری از برداشت شن و ماسه در مناطق بالادست و در داخل محدوده فرونشست به علت اثر منفی این برداشتها در تغذیه سفره آب زیرزمینی

۳ - تغییر الگوی کشت و استفاده از روشهای نوین آبیاری مانند آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی، کشت گلخانه‌ای، عدم کشت محصولات غیر راهبردی و یا استفاده از آبهای تصفیه‌شده پسابهای شهری برای آبیاری به منظور کاهش بهره‌برداری از آب زیرزمینی.

۴ - تغییر الگوی مصرف آب در بخش صنعت و استفاده از چرخه بسته‌های آب

۵ - تهیه ترازنامه آب با دقت زیاد و در نظر گرفتن نقش ساختارهای

زمین‌شناختی و مرزهای آب زمین‌شناختی به منظور اعمال مدیریت منابع آب

۶ - پایش پی‌درپی سازه‌های مهم شریانهای حیاتی در پیرامون و داخل محدوده

فرونشست تا زمان کنترل این پدیده در جهت کاهش مخاطرات ناشی از تغییرات ناگهانی و تخریب شریانهای حیاتی



- ۷ - برآورد اثر فرونشست در طراحی و احداث سازه‌ها و شریانهای حیاتی در محدوده فرونشست
- ۸ - بررسیهای تکمیلی ژئوتکنیکی، ژئوفیزیکی و آب زمین‌شناختی به منظور دستیابی به الگوی نهایی و تهیه نقشه خطر فرونشست
- ۹ - احیای روشهای بومی در زمینه بهره‌گیری از بارشهای جوی بویژه توسعه روشهای سنتی از جمله آب انبارها، بندسارها، یخدانها و امثال آن نیز می‌تواند برای بهره‌برداری از منابع آب اندک مورد استفاده قرار گیرد.
- ۱۰ - راهکار «بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی و سیاست مالیاتی» امکان رسیدن به بهره‌برداری پایدار از آبهای زیرزمینی را فراهم می‌کند. بر اساس نتایج این مطالعه، دولت می‌تواند از طریق اتخاذ سیاست مناسب مالیاتی، هزینه‌های جنبی بهره‌برداری بی‌حساب از منابع آب زیرزمینی را به خود بهره‌برداران منطقه منتقل کند.
- ۱۱ - در کشاورزی با انتخاب گیاهان مناسب، اصلاح الگوی کشت و اصلاح راهبردهای آبیاری و استفاده از شیوه‌های جدید و علمی از جمله آبیاری کوزه‌ای و انواع پلیمرهای جاذب و امثال آن می‌توان به مقدار زیادی در مصرف آب صرفه‌جویی کرد.
- ۱۲ - اعمال مدیریت صحیح مصرف آب در بخشهای شرب و صنعت، مطالعه و اجرای طرحهای پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی به منظور تقویت متعادل بخشی آبخوانها، کنترل و استفاده بهینه از منابع آبهای سطحی موجود، جلوگیری از بهره‌برداری و بستن چاه‌های غیر مجاز، کنترل بهره‌برداری چاه‌های دارای پروانه، جلوگیری از توسعه بی‌حساب چاه‌ها و مهاجرت به شهرهای بزرگ از جمله تهران و رعایت سقف تخصیص تعیین‌شده به منظور توسعه بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی.
- ۱۳ - جلوگیری از حفر چاه‌های عمیق و برداشت بی‌حساب از منابع آب

زیرزمینی و توسعه آبیاری تحت فشار

۱۴ - مکانیزه‌شدن سامانه آبیاری برای کارهای کشاورزی و بهره‌وری بیشتر از

اراضی کشاورزی

۱۵ - توسعه کشت گیاهان گلخانه‌ای (با لحاظ کردن موقعیت آب و هوایی)

۱۶ - کشت گیاهان مقاوم به خشکی و استفاده از گیاهان تولیدی و زینتی کم

آبخواه

## منابع

۱. بهنیا فر، ابوالفضل؛ قنبر زاده، هادی؛ اشراقی، علی (۱۳۸۹). بررسی عوامل مؤثر در فرونشست‌های دشت مشهد و پیامدهای ژئومورفیک آن. فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس. س دوم. ش ۵.
۲. پرسیدی، علی؛ کشکولی، حیدر علی (۱۳۹۱). مطالعه وضعیت آب‌های زیرزمینی دشت جیرفت به کمک مدل PMWIN. علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی). ج ۳۵. ش ۲.
۳. تقوایی، علی‌اکبر؛ معروفی، سکینه؛ رشتبری، معصومه (۱۳۹۱). مدیریت بحران در نشست‌های ساختمانی، نمونه موردی: شهر تهران. دوفصلنامه مدیریت بحران. ش ۱: ۲۳ تا ۳۳.
۴. رزمگیر، رحمان؛ موسوی، مرتضی؛ شمشکی، امیر؛ جوادبلورچی، محمد (۱۳۸۹). فرونشست دشت‌های تهران - شهریار بر اثر برداشت‌های بی‌رویه آب‌های زیرزمینی بررسی مقدماتی. دومین کنفرانس سراسر مدیریت جامع بهره‌برداری از منابع آب. دانشگاه باهنر کرمان.
۵. رهنما، حسین؛ میراثی، سهراب (۱۳۹۳). مدیریت بحران افت سطح آب‌های زیرزمینی و مخاطره فرونشست سطح زمین در دشت‌های ایران. پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران‌های طبیعی.
۶. شاهی‌دشت، علیرضا؛ عباس‌نژاد، احمد (۱۳۸۹). ارزیابی اثرات زیست محیطی افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت زرنند و ارائه راهکارهای مدیریتی. مجله پژوهش آب ایران. س چهارم. ش هفتم.
۷. صبوچی، محمود؛ سلطانی، غلامرضا؛ زیبایی، منصور (۱۳۹۳). ارزیابی راهکارهای مدیریت منابع آب زیرزمینی: مطالعه موردی دشت نریمان در

استان خراسان. مجله علوم آب و خاک، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی.

۸. قنبری، سیروس؛ بیاد، حبیب اله (۱۳۹۵). تحلیل پیامدهای اقتصادی و اجتماعی خشکسالی سال ۱۳۸۶ بر کشاورزی مناطق روستایی (مطالعه موردی: روستاهای دهستان اسماعیلی سفلی، شهرستان جیرفت). **مطالعات جغرافیایی مناطق خشک**. دوره هفتم. ش بیستم و سوم.
۹. مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران (۱۳۹۴). **تهیه برنامه جامع کاهش خطرپذیری پدیده فرونشست ناشی از تغییرات تراز آب زیرزمینی در شهر تهران**.