



## بحران فرونشست زمین در گت و گوی «جوان» با استاد پژوهشگاه زلزله‌شناسی

فرونشست زمین خطری است که اگر جدی گرفته نشود همه سازه‌ها را در خود می‌بلعد و آن وقت است که دیگر کاری از عهده هیچ‌کس بر نمی‌آید. باید ریشه این پدیده در ابعاد مختلفی مورد بررسی قرار گیرد چرا که در حال حاضر ۳۸۰ شهر و شهرستان و ۹ هزار و ۲۰۰ روستا در معرض خطر زلزله خاموش قرار دارند، هر چند رسانه‌های مختلف درباره خطرات این پدیده هشدار داده و کارشناسان زیادی نیز نسبت به آن اظهار نظر کرده و راهکار ارائه داده‌اند، اما هنوز اقدام مؤثری برای مقابله با فرونشست انجام نشده است، به همین دلیل نیاز است با راه‌ها و ابزارها شرایط فعلی این پدیده در کشور هشدار داده و راهکار ارائه شود تا بلکه تأثیری در تغییر بر روی اشتباه فعلی نگذارد. در همین رابطه «جوان» با دکتر مهدی زارع، استاد پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و رئیس شاخه زمین‌شناسی فرهنگستان علوم گفت‌وگو کرده است.



فرونشست زمین در روستای ابع از توابع اسپهان استان فارس

در حال حاضر یکی از چالش‌های اصلی کشور ما فرونشست زمین است. ریشه‌های این پدیده را چه می‌دانید؟

عوامل متعددی از جمله سدسازی، تغییر اقلیم، مصرف ناکارآمد آب توسط کشاورزان و صنایع و استفاده از سفره‌های زیرزمینی به عنوان منبع چاه‌های غیرقانونی استحصال آب کشاورزی، باعث شده است وضعیت فرونشست زمین در ایران بحرانی شود. در این میان بیش از ۹۰ درصد از فرونشست زمین در ایران به دلیل برداشت وسیع از آب‌های زیرزمینی رخ می‌دهد. حدود ۵۵۰ کیلومتر مربع از زمین در تهران و اطراف آن به طور متوسط در حال فرونشست است. بیش از ۱۳ سانتیمتر در سال سرعت متوسط فرونشست در محدوده پیرامونی تهران است. مشاهدات مکرر و مستمر بر اساس شبکه‌های ژئودتیک بنیادی ایران حاکی از میزان بالای فرونشست در برخی نقاط کشور است، این تغییرات در برخی مناطق بیش از چند ده سانتیمتر در سال است. بیشتر مناطق فرونشست در ایران در دشت‌ها و مراکز با برداشت بیش از حد آب‌های زیرزمینی قرار دارند.

**وضعیت فرونشست در نقاط مختلف کشور به چه شکل است و چه جمعیتی از کشور در خطر هستند؟**

سطح فرونشست در برخی مناطق ایران، بحرانی و در مواردی بسیار بحرانی است. حدود ۳۵ میلیون نفر در کشور در معرض مستقیم این مخاطره هستند. بخش‌هایی از زیرساخت‌های حیاتی تحت تأثیر فرونشست است. بخش‌هایی از بزرگراه و خطوط انتقال برق در دشت‌های ایران و همچنین بخشی از راه‌آهن از مناطقی هستند که به صورت دائمی و البته بطنی در معرض آسیب‌ناشی از فرونشست زمین هستند. فرونشست زمین در سراسر کشور، ۲۸۰ شهر و شهرستان و ۹ هزار و ۲۰۰ روستا را در معرض خطر قرار داده است. در مواردی کل محدوده شهرها در مناطق فرونشست قرار دارند. تقریباً تمامی استان‌های کشور درگیر این موضوع هستند. شهرستان بهمان رفسنجان در استان کرمان با ۲۲ سانتیمتر فرونشست

**۹۰٪**  
فرونشست به دلیل برداشت وسیع از آب‌های زیرزمینی رخ می‌دهد

**۳۸۰**  
شهر و شهرستان در معرض زلزله خاموش قرار دارند

**۹۲۰۰**  
روستا با خطر ناشی از فرونشست تهدید می‌شوند

**۳۵**  
میلیون نفر مستقیماً در معرض مخاطره فرونشست هستند

**۶**  
ساتلیمتر فرونشست سالانه در کشور اتفاق می‌افتد

# نتیجه حکمرانی غلط آب

- صاحبان کارخانه‌های فولادی
- با خرید زمین‌های کشاورزی
- کارخانه‌های خود را در مناطق خشک توسعه می‌دهند.
- در سایر مناطق خشک شده
- نیروگاه‌های حرارتی
- در حال تخلیه سفره‌های زیرزمینی هستند
- و سیاست‌گذاران همچنان
- بر پیگیری راهبردهای غلط ۷۰ سال اخیر
- اصرار دارند

- بسیاری از کشورهای
- ترکیه فرونشست زمین
- اقداماتی چون «کاهش اتکا
- بر آب زیرزمینی»، «آمایش
- سرمزمین» و «بهره‌گیری از فناوری‌های نوین» را برای
- تضمین توسعه ایمن آبی
- کشاورزی، گردشگری
- مسکن و سایر فعالیت‌های
- اقتصادی خود انجام داده‌اند

در سال ۱۴۰۱ در صدر فهرست قرار داشت. دشت رفسنجان اولین جایی از ایران بود که در میانه دهه ۵۰ شمسی فرونشست زمین در آن تشخیص داده شد.

**چرا فرونشست زمین کمتر مورد توجه قرار گرفته و هیچ برنامه مدونی برای آن وجود نداشته است؟**

به نظر می‌رسد دلیل کم‌توجهی به فرونشست زمین نبود اراده برای حکمرانی صحیح آب است. نیاز به مدیریت منابع آب زیرزمینی وجود دارد. مشاهدات ژئودتیک (ترازیابی دقیق نقشه برداری) داده‌های بسیار دقیقی را برای نظارت بر تغییر شکل پوسته زمین به دست می‌دهد. ترکیب این داده‌ها با اطلاعات زمین‌شناختی و تکنیک‌های تداخل‌سنجی راداری به مسئولان در مدیریت بحران کمک می‌کند تا تصمیمات بهتری به ویژه در حکمرانی آب بگیرند. مشخص است که از چنین داده‌هایی طی ۷۰ سال گذشته به صورت مدون برای تخصیص آب و تهیه برنامه‌های کلان توسعه استفاده نشده است.

**با در نظر گرفتن میزان آب در دسترس، بارندگی‌ها و خشکسالی مستمر این مناطق و سبک زندگی و سبک تمدنی فعلی، در دسترس ترین پیشنهاد شما برای عبور از این بحران چیست؟**

بیش از ۹۰ درصد برداشت آب زیرزمینی برای کشاورزی و بقیه مصارف آب زیرزمینی برای صنعت و شرب بوده است. مهم‌ترین کار ساماندهی سکونتگاه‌ها بر اساس آمایش درست سرزمین است. مثال بارز برای مسئله فرونشست زمین دشت رفسنجان است. در دشت رفسنجان استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی برای آبیاری پسته از دهه ۱۳۴۰ منجر به کاهش شدید سطح آب

و همچنین فرونشست زمین شده است. فرونشست زمین در این منطقه عمدتاً در مناطقی با رسوبات ریزانه رخ می‌دهد، بنابراین تنها تا حدی به کاهش سطح آب زیرزمینی وابسته است. از دهه ۴۰ تا پایان دهه ۸۰ شمسی، فرونشست تا ۲۱ سانتیمتر در سال برآورد شده است. به دلیل فشرده‌گی تقریباً غیر کشسانی آبخوان، این امر قبلاً منجر به کاهش غیر قابل برگشت ظرفیت ذخیره‌سازی آبخوان به میزان حدود ۹ کیلومتر مکعب شده است. اگرچه نمی‌توان از فرونشست بیشتر زمین جلوگیری کرد، اما کاهش سرعت فرونشست را تا ۵۰ درصد کم کردن سرعت کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی سفره‌های زیرزمینی را تا حدود ۳۰ درصد تا سال ۱۴۳۰ با اجرای بهبود مدیریت آبیاری برای بسته می‌توان سامان داد.

**چه دستگاه یا سازمانی متولی مقابله با فرونشست زمین است؟**

سازمان‌های اجرایی ذیل وزارت راه و شهرسازی، جهاد کشاورزی، صمت و نیرو و بخش‌های مطالعاتی ذیل وزارت علوم و همچنین سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی و نهاد ریاست جمهوری، مسئولان بررسی، مدیریت و کاهش ریسک فرونشست زمین در ایران هستند. در این میان، نهاد ریاست جمهوری و زیرمجموعه‌هایش عملاً باید روی موضوع فرونشست زمین، حساسیت داشته باشند. هر چند در وزارت کشور سازمان مدیریت بحران وجود دارد که مسئول رسیدگی به تمام سوانح است. این سازمان از پژوهشگاه سوانح خواسته است وضعیت موجود را در زمینه مخاطرات مختلف در ایران جمع‌بندی کند. کارهای خوبی هم انجام شده ولی از آنجا که فرونشست زمین یک مخاطره بطنی است و سازمان‌های مرتبط با سوانح در کشور ما عمدتاً به سوانح ناگهانی مانند زلزله و سیل - بیشتر پس از وقوع شان - می‌پردازند، بنابراین به نظر می‌رسد هنوز با مرحله پایش دائمی فرونشست و اجرای یک برنامه کاهش ریسک در کشورمان فاصله داریم.

**مقابله با فرونشست زمین را چگونه می‌توان مدیریت کرد؟**

در قرن بیستم، فرونشست در بیش از ۱۵۰ شهر در سراسر جهان مشاهده شد که مشکلات گسترده‌ای در محیط ساخته شده و زیرساخت‌ها ایجاد کرد و خسارات اقتصادی قابل توجه و در برخی موارد تلفات جانی انسان را منجر شد. به طور خاص، اثرات اصلی را می‌توان به صورت نفوذ یا بیرون‌زدگی آب دریا، آسیب شبکه‌های خطی مانند جاده‌ها، شبکه‌های آبیاری و برق و آسیب به ساختمان‌ها عنوان کرد. مدیریت این پدیده، یک فرایند بسیار پیچیده است، زیرا اولین نشانه‌های قابل مشاهده این پدیده در زمان‌هایی دیرتر از فعال‌سازی اولیه، ثبت می‌شوند، ضمناً ممکن است تعیین وسعت منطقه آسیب‌دیده دشوار باشد، زیرا گاهی هیچ نشانه‌ای از فرونشست در سطح زمین مشاهده نمی‌شود. از نظر شناسایی و پایش پدیده فرونشست زمین، دو تکنیک غالب وجود دارد: اول، بررسی‌های ژئودتیک و دوم تکنیک‌های سنجش از دور. در مورد اولی، به تجهیزات پرهزینه نیاز دارد و تغییر شکل‌ها را به صورت نقطه‌به‌نقطه اندازه‌گیری می‌کند. این کار عمدتاً برای اندازه‌گیری دقیق تغییر شکل پس از فعال شدن پدیده استفاده می‌شود. در دو دهه گذشته، تکنیک‌ها و فناوری‌های پایش زمین به طور گسترده در فرونشست زمین به کار گرفته شده است.

تداخل‌سنجی رادار و سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) محبوب‌ترین تکنیک‌های پایش زمین با کاربردهای متعدد در سراسر جهان هستند. با استفاده از این تکنیک‌ها، می‌توان شرایط شروع، نوسانات مکانی و زمانی و وسعت ناحیه آسیب‌دیده را تشخیص داد. نمونه‌های قابل توجه فرونشست زمین در مناطقی همچون ایالات متحده آمریکا، مکزیک، چین، ژاپن، اندونزی، ایران، ایتالیا، اسپانیا و یونان بر شدت فرایند این رویدادها تأکید می‌کند. بررسی‌ها به مسئولان بیشتر این کشورها کمک کرده تا خطرات ناشی از وقوع آنها را درک کنند و آنها را قادر ساخته است اقدامات کاهش مناسب برای تضمین توسعه ایمن آبی کشاورزی، گردشگری، مسکن و سایر فعالیت‌های اقتصادی انجام دهند. مهم‌ترین کار شامل «کاهش اتکا بر آب زیرزمینی»، «آمایش سرزمین»، «بهره‌گیری از فناوری‌های نوین» بوده است.

**چه هشدار می‌تواند برای مسئولان تلنگری جدی در بهبود عملکردشان باشد؟**

بهرتین هشدار به باور من چنین است، می‌توان پیش‌بینی کرد فرونشست مداوم آب‌های زیرزمینی تا سال ۱۴۳۰ به فرونشست بیشتر زمین و از بین رفتن بیشتر آبخوان‌های ایران و همچنین آسیب‌های شدید به زیرساخت‌های فنی مانند جاده‌ها، خانه‌ها و سیستم‌های تأمین آب منجر می‌شود. ۱۴ کلانشهر کشور درگیر فرونشست زمین هستند و بر اساس آمار وزارت نیرو ۷۰ درصد دشت‌های کشور به دلیل سوءمدیریت در بحران هستند. فرونشست زمین به شهرهای بزرگ با پروژه‌های بزرگ ساختمانی محدود نمی‌شود. در بسیاری از مناطق ایران شکاف‌ها و گودال‌های عظیمی در سال‌های اخیر در زمین ظاهر شده‌اند. عوامل متعددی از جمله سدسازی، تغییر اقلیم، مصرف ناکارآمد آب توسط کشاورزان و صنایع و استفاده از سفره‌های زیرزمینی به عنوان منبع چاه‌های غیرقانونی استحصال آب کشاورزی، باعث شده است وضعیت به نقطه بی‌بازگشت برسد تا جایی که ایران به طور متوسط با سرعت حیرت‌انگیز شش سانتیمتر در سال فرو می‌رود. نفوذپذیری آب زمین و تبدیل دشت‌های حاصلخیز به بیابان‌های بایر نتیجه این وضع است. سیاست‌گذاران همچنان بر پیگیری راهبردهای غلط ۷۰ سال اخیر اصرار دارند. صنایع پر آب به ویژه فولاد در مناطق بیابانی مانند شهرستان کاشان در استان اصفهان در حال گسترش است، صاحبان کارخانه‌های فولادی با خرید زمین‌های کشاورزی دیم، کارخانه‌های خود را در مناطق خشک توسعه می‌دهند. در سایر مناطق خشک شده مانند دشت همدان، نیروگاه‌های حرارتی در حال تخلیه سفره‌های زیرزمینی هستند، زیرا برای برچ‌های خنک‌کننده خود به مقدار زیادی آب نیاز دارند. یک راه مهم بیرون‌رفت اتکالی هر چه بیشتر بر انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر است.



حجت‌الاسلام محمد آقامهری

رئیس کمیته عمران شورای شهر تهران

لایحه فرونشست تهران در کمیته عمران شورای شهر تهران در حال تدوین است. در هفته جاری با کمیسیون‌های مختلف جلسه‌ای برگزار خواهیم کرد و بعد از آن بررسی این لایحه به صحن شورای شهر خواهد آمد. در این لایحه شرح وظایف، معاونت‌ها و سازمان‌ها در شرف تدوین تهران مشخص شده است. بخشی از کار بر عهده سازمان مدیریت بحران و بخشی دیگر بر عهده معاونت معماری و شهرسازی گذاشته شده است. به محض آنکه این لایحه مصوب شد، آن را برای شروع کار به شهرداری ایلان می‌کنیم. باید یک کار گروه تشکیل شود تا مرحله به مرحله اقدامات را اجرایی کنند. علت اصلی فرونشست در تهران، برداشت بی‌رویه آب سفره‌های زیرزمینی است، به همین علت ما باید مابعد از آن، تزریق آب مصنوعی از طریق چاه‌های جذبی داشته باشیم.



جعفر عسگری

نایب‌مدیر چهارمحال و بختیاری در شورای عالی استان‌ها

زنگ خطر فرونشست در دشت‌های چهارمحال و بختیاری به صدا در آمده است اما به نظر می‌رسد این موضوع هنوز در اولویت کار مسئولان قرار ندارد. خشکسالی بیش از یک دهه گذشته موجب کاهش سطح ایستابی منابع آبی در استان چهارمحال و بختیاری شد و چهار دشت استان را در وضعیت ممنوعه قرار داد. چهارمحال و بختیاری یک استان کوهستانی و دارای منابع آبی شناخته شده است. دیدگاه زمین‌شناسان این است که این استان با موضوع فرونشست روبه‌رو نیست اما در یک تحقیق علمی مشخص شد در ۱۴ درصد مساحت چهار دشت مورد مطالعه در چهارمحال و بختیاری خطر فرونشست زمین بسیار بالاست. مدیریت برداشت از آب‌های زیرزمینی و تغییر الگوی کشت برای جلوگیری از فرونشست زمین باید در دستور کار قرار گیرد.

فروچاله ۶۰ متری در همدان

