

## همکاری ۴۰ شرکت دانش بنیان در داخلی سازی رام قطار ملی

در تلاقی هفته پژوهش و فناوری و هفته حمل و نقل مراسم افتتاحیه رام قطار ملی با حضور دکتر حسین افشین، معاون علمی رئیس جمهور و علیرضا زاگانی، شهردار تهران در محل شرکت واگن سازی تهران برگزار شد. افشین در افتتاحیه رام قطار ملی گفت: ۴۰ شرکت دانش بنیان در این پروژه همکاری داشته‌اند و پروژه بعدی مادر این مسیر، باید داخلی سازی قطار پرسرعت باشد. وی در بخش دیگری از

صحبت های خود بر منابع تأمین مالی این پروژه متمرکز شد و گفت: منابع تأمین مالی این پروژه ۷۰ میلیون دلار است که حدود ۳۰ میلیون دلار آن تأمین شده و قسمت متناظر آن متوجه شهرداری است. معاون علمی رئیس جمهور با بیان این‌که ریل های قطار پرسرعت به همت ذوب آهن اصفهان داخلی سازی شده است، اظهار کرد: فناوری قطار پرسرعت به فناوری مترو نزدیک است؛ به محض این‌که یک قسمت

«جام جم» در گفت وگو با مدیر بخش زلزله و خطرپذیری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، دلایل بروز و راه‌های مهار فرونشست زمین را بررسی می‌کند

# فرونشست زمین؛ هولناک اما قابل کنترل



هدا عیشاهی  
نماینده مردم تهران در مجلس شورای اسلامی

**فرونشست به پایین آمدن تدریجی یا فرورفتن ناگهانی سطح زمین اشاره دارد؛ پدیده‌ای که با آسیب‌زدن به زیرساخت‌ها، خطوط شهری و ساختمان‌ها و همچنین تغییر در سامانه‌های زهکشی سطحی و شرایط آب زیرزمینی، بر زندگی انسان‌ها تأثیر می‌گذارد.**

**اثرات فرونشست زمین در شهرهای ساحلی به دلیل افزایش سطح دریا، رشد جمعیت، تشدید فرسایش سواحل و همچنین افزایش خطر سیل یا شور شدن آب شیرین و در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیز به دلیل استفاده بی‌رویه از منابع زیرزمینی آب است. براساس مطالعه گروهی از دانشمندان ایرانی دانشگاه لایپتسین هانوفر آلمان به سرپرستی محمود حق شناس حقیقی که نتایجش تابستان امسال در نشریه تخصصی Science**

**Advances منتشر شد، کاهش آب های**

**زیرزمینی در ایران درحال رسیدن به نقطه بحرانی است. تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که شکاف‌ها و فروچاله‌های بزرگ، ناگهانی ظاهر می‌شود و مناطق وسیعی از زمین با سرعت بیش از ۱۰ سانتی متر در سال در نتیجه برداشت بیش از حد آب های زیرزمینی، فرونشست می‌کند. این پژوهشگران معتقدند که ممکن است سدها حتی هزاران سال طول بکشد تا این ذخایر زیرزمینی آب به‌طور طبیعی دوباره پر شود. در این مطالعه، از داده های ماهواره‌ای جمع آوری شده بین سال های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ برای ارزیابی تاثیر استخراج آب های زیرزمینی در سراسر ایران استفاده شد. نتایج ایاــــن بررسی نشان می‌دهد که ۵/۳ درصد از مساحت کشور در حال فرونشست است و این فرونشست بر زیرساخت هایی چون فرودگاه‌ها، جاده‌ها و راه‌آهن اثر می‌گذارد. شدیدی تاثیر در استان کرمان در جنوب شرقی ایران احساس می‌شود که نرخ فرونشست بیش از ۳۵ سانتی متر در سال در آن ثبت شده است. نرخ فرونشست ایران بین بالاترین رتبه‌های جهان قرار دارد و ممکن است در برخی مناطق که سفره های زیرزمینی به‌طور کامل ریزش کرده است، غیرقابل برگشت باشد. به گفته این پژوهشگران، استخراج ناپایدار آب‌های زیرزمینی حدود ۹۰ میلیون نفر را در کشور با بحران آب مواجه می‌کند و ازاین رو نیاز به اقدام فوری و سیاست منسجم آب‌های زیرزمینی است. نیازی که دکتر علی بیت‌اللهی، مدیربخش زلزله و خطرپذیری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در گفت‌وگو با جام جم می‌گوید که تاکنون به آن توجهی نشده است.**

**■ ■ ■**

دکتر علی بیت اللهی، مدیر بخش زلزله و خطرپذیری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در گفت‌وگو با جام جم، ضمن تایید از دست دادن آب‌های زیرزمینی به‌عنوان مهم‌ترین دلیل فرونشست زمین در ایران توضیح می‌دهد: «طی حدود ۵۰ سال اخیر، نزدیک به ۱۵۰ میلیارد مترمکعب از حجم آب های زیرزمینی ما کم شده و عمده‌ترین کاهش از اوایل دهه ۱۳۷۰ تا الان رخ داده است. اگر بخوایم برآوردی از حجم آب‌های زیرزمینی از دست‌رفته را تجسم کنیم، آبراهی را به پهنای ۱۰۰۰ متر و عمق ۱۰۰ متر از ساحل دریای مازندران تا ساحل دریای عمان تصور کنید که پر از آب باشد و این همان حجمی است که از منابع آب‌های زیرزمینی ما کم شده است. در چنین حالتی آبی که لایه‌ای دانه‌های خاک قرار می‌گرفت و مانع تراکم لایه‌های زمین می‌شد از دست‌رفته است. به همین دلیل، لایه‌های زمین در هم فشرده می‌شود و حجم و ابعاد آنها کاهش می‌یابد و به مرور در سطح زمین، پدیده‌ای رخ می‌دهد که به آن فرونشست زمین می‌گوییم.»

**■ علل از بین رفتن سفره‌های آب زیرزمینی**

دکتر بیت‌اللهی درخصوص دلایل این کاهش آب‌های زیرزمینی می‌گوید: «عواملی که باعث شده ما این حجم بالای آب را مصرف کنیم، چاه‌های متعدد اعم از مجاز و غیرمجاز است که حدود یک میلیون حلقه برآورد می‌شود و از این تعداد، نزدیک به ۲۰۰ هزار حلقه چاه فاقد مجوز است. همچنین ساخت‌وساز ویلاها در کوهپایه‌ها و استخرسازی‌ها از یک طرف و از طرف دیگر که بعد اصلی است، کشاورزی با سازوکار آبیاری منسوخ و هدرده آب، همین‌طور کشت وزرعی که آب زیادی طلبید، از جمله عوامل مصرف این حجم بالای آب است. همچنین مکان یابی نامناسب تاسیسات، کارخانه‌ها و مجتمع‌های عظیم آب‌بر در مناطق خشک و نیمه‌خشک فلات مرکزی ایران که نیاز آبی خودشان را از آب های زیرزمینی تأمین می‌کنند هم از دیگر عوامل کاهش منابع زیرزمینی آب است. نمونه‌های بارز این تاسیسات در مناطقی چون اصفهان، کرمان، یزد و فارس، آثار خودشان را با مقادیر و



نرخ‌های بالای فرونشست نشان می‌دهد.»

وی تأکید می‌کند: «لازم می‌دانم این سؤال را بپرسم که منطقی است در استان‌های خشک و کم‌آبی چون اصفهان و فارس برنج بکاریم؟ یا کارخانه‌هایی احداث کنیم که نیاز آبی فراوان دارد؟ بنابراین، وقتی درخصوص دلایل وقوع این پدیده صحبت می‌کنیم، باید سازوکاری که به مصرف آب زیرزمینی منجر شده را هم درنظر بگیریم.»

دکتر بیت‌اللهی ادامه می‌دهد: «اگر بخوایم درباره آثار این پدیده صحبت کنم، باید بگویم که غیر از استان گیلان که تاکنون آثار مشهودی از فرونشست را در آنجا مشاهده نکرده‌ایم در تمام استان‌های کشور این پدیده همراه با از دست دادن آب‌های زیرزمینی خود را نشان داده است. تا جایی که حتی متاسفانه در استان‌های نسبتاً پربآبی چون مازندران و گلستان هم گستره وسیعی از سرزمین مان را در معرض فرونشست زمین می‌بینیم.»

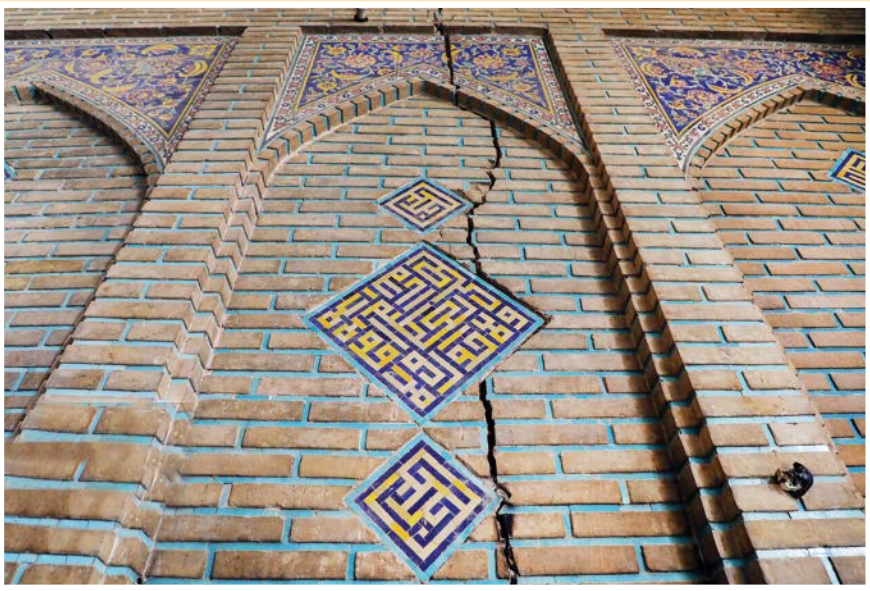
**■ امید برای احیا؟**

مدیر بخش زلزله و خطرپذیری مرکز تحقیقات راه، مسکن و

**برش**

## فرونشست آثار تاریخی

متاسفانه علاوه بر فرونشستی که در محیط‌های شهری و معابر دیده می‌شود، این پدیده درحال تخریب‌کردن بناهای تاریخی کشور است. آثار ارزشمندی که جزئی از تاریخ ما است. دکتر علی بیت‌اللهی در این خصوص می‌گوید: «من به‌شخصه از منطقه نقش رستم، محوطه تخت جمشید، میدان نقش جهان و از قنات‌های ثبت جهانی یزد و از آثار تاریخی سمنان، استان‌های خراسان رضوی، جنوبی و کرمان بازدید کرده‌ام و متاسفانه باید بگویم که پدیده



کار قطار پرسرعت را کلید بزنیم، مسیر هموار خواهد شد. گفتنی است در راستای اجرای ماده ۵۴ قانون برنامه ششم توسعه، شهرداری و شرکت متروی تهران، پروژه طراحی و ساخت قطار ملی مترو با حمایت معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری به منظور بومی‌سازی دانش طراحی و ساخت تجهیزات مورد نیاز قطار مترو از حدود پنج سال پیش آغاز و روز گذشته خط تولید انبوه قطار ملی افتتاح شد.



این دست استفاده شود. آن‌گاه می‌توان گفت کاملاً توانسته‌ایم فرونشست زمین را کنترل کنیم. بنابراین، فرونشست زمین در کشور قابل کنترل است اما تاکنون من عزم جدی برای انجام این اقدامات را ندیده‌ام.»

**■ مهم‌ترین حوزه‌های مصرف آب‌های زیرزمینی کدام است؟**

دکتر بیت‌اللهی درباره این‌که چه بخش‌هایی بیشترین مصرف آب‌های زیرزمینی را دارند، می‌گوید: «اگر بخواهیم عوامل موثر بر مصرف آب را اولویت‌بندی کنیم، باید بگوییم که از حدود آب مصرفی کلی کشور ما ۹۰ درصد مصرف در حوزه کشاورزی است. حدود ۶ درصد در حوزه آب شرب و ۴ درصد در حوزه صنعت است. بی‌شک همه این مصارف مهم و تأثیرگذار است. به‌طوری‌که برای مثال، طبق متوسط استانی ۲۵ درصد آب شرب، آب بدون درآمد یا آب هدررفته است؛ یعنی آب‌هایی که از طریق لوله‌کشی‌های فرسوده و مواردی مثل این هدر می‌رود اما به هر روزی، عمده‌ترین رویکرد ما باید در کاهش مصرف آب در شیوه‌های کشت و زرع، در مدیریت کشاورزی و در مدیریت آبیاری باشد. برای مثال، در روش آبیاری غرقابی که طی آن، آب در مزرعه رها می‌شود، حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد هدررفت داریم. بخش اندکی از این آب درون زمین نفوذ می‌کند اما بخش عمده آن تخییر می‌شود.»

وی می‌افزاید: «نقطه‌ضعف‌های این شیوه‌ها در روزگاری که جمعیت زیاد نبود و منابع آبی کافی در اختیار بود، چندان به چشم نمی‌آمد اما اکنون که در اوج وضعیت بحرانی هستیم، به‌ویژه در مناطقی چون روستای معین آباد در جنوب ورامین که ۱۷ سانتی‌متر در سال فرونشست داریم، شیوه غرقابی همچنان استفاده می‌شود. بی‌صافی جاتی کشت می‌شود که به‌آزای هر کیلوگرم حداکثر ۵۰۰ لیتر آب مصرف می‌کنند. اگر بخواهیم ارزش این کار را بررسی کنیم، می‌بینیم ارزش آبی که برای تولید این محصولات مصرف می‌شود از ارزش خود محصول بیشتر است. به‌خصوص که از محصولاتی که به این شیوه پرمصرف آب تولید می‌شود، به‌طور متوسط ۳۰ درصد هدر می‌رود. به عبارتی، ۹۰ درصد از آب کشور در حوزه‌ای مصرف می‌شود که ۲۰ درصد از محصولاتش پرت است. بنابراین، عمده رویکرد در مدیریت فرونشست زمین، بازنگری در حوزه کشاورزی است. به علاوه، ترویج فرهنگ صرفه‌جویی به‌ویژه در حوزه آب مصرفی کارخانه‌ها می‌تواند نقش بسزایی در کاهش فرونشست ایفاکند.»

**■ فرونشست‌های ناگهانی شهرهای بزرگ**

علاوه بر فرونشست‌های تدریجی و سالانه، در سال‌های اخیر خبرهای ناگوار متعددی درباره فرونشست‌های ناگهانی در شهرهای مختلفی به‌خصوص تهران و اصفهان منتشر شده است. دکتر علی بیت‌اللهی، به‌طور خاص درباره دلیل فرونشست‌های ناگهانی تهران توضیح می‌دهد: «به‌طورکلی ساختار و پی شهر تهران بسیار نالایم است و این نالایمی به‌دلیل وجود رشته‌قنات‌های متعددی است که در روزگار قدیم که تهران به شکل امروزی نبود و عمده‌ترین گستره جمعیتی در محدوده ری و اطراف آن بود، کل سطح شهر تهران آن زمان را پوشش می‌داد. توتل‌های زیرسطحی از شمال تا جنوب را درنظر بگیرد که طول کلی آنها حدود ۶۵۰ کیلومتر است و در این محدوده بالغ بر ۵۱ هزار میله یا چاه‌قنات شناسایی شده و امروزه به همین تعداد، قنات‌ها و توتل‌های مدفون و مخفی وجود دارد. با بررسی نقشه‌های موجود و پیمایش می‌توان دید که از شرق تا غرب تهران در هر ۵۰۰ متر یک رشته‌قنات قطع می‌شود. این رشته‌قنات‌ها از ارتفاعات شمالی، آب‌ها را جمع می‌کردند و به اراضی جنوبی و باغات اطراف شهری می‌آوردند. هر یک از این قنات‌ها مالک و حقایه ویژه‌ای داشت و با رشد ناگهانی تهران، کل این اراضی به ساختمان‌های مسکونی تبدیل شد و این قنات‌ها متروک، بدون این‌که پر شود، رها شد.» مدیر بخش زلزله و خطرپذیری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ادامه می‌دهد: «امروزه، تمام آن مسیرهای قنات‌ها پوشیده از معابر، ساختمان‌ها و خیابان‌ها است و آن قنات‌ها دیگر مالک واقعی ندارد. در بررسی فرونشست‌های ناگهانی تهران اعم از فروریزش خیابان پیامبر، میدان قیام، میدان محمدیه، ونک، قیطریه، ابتدای خیابان کارگر شمالی و خیابان ولیعصر، دریافتیم که مهم‌ترین دلیل این حوادث همین قنات‌ها است. متاسفانه همه این خیابان‌ها و معابر بزرگ‌راهی و پرتردد را قطع می‌کند و به‌نظر من بسیار خوش اقبال بوده‌ایم که تاکنون این فرونشست‌های ناگهانی با تلفات جانی بزرگ همراه نبوده است. تصور این‌که ناگهان زمین زیر اتوبوسی پر از جمعیت با سرعت خالی شود، واقعا ترسناک است. بنابراین، مهم‌ترین رویکرد این است که مسئولیت حقوقی نگهداری و مقاوم‌سازی این قنات‌ها به ارگانی مانند شهرداری تهران سپرده شود. زیرا این قنات‌ها باید ترمیم شود تا از ریزش آنها جلوگیری صورت گیرد.»

## دانش

SCIENCE

یکشنبه ۲۵ آذر ۱۴۰۳ ■ شماره ۶۹۳۲

**دنیای فناوری**

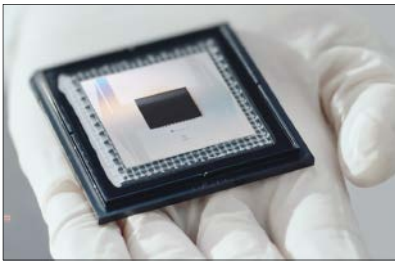
## فصل جدید رایانش کوانتومی باتراشه جدید گوگل

با وجود پیشرفت‌های صورت‌گرفته برای توسعه کامپیوترهای کوانتومی، سیستم‌های مبتنی بر کیوبیت همچنان ناپایدار بوده‌شدت مستعد خطاست، اما به نظر می‌رسد گوگل گامی بزرگ در حل این مشکل برداشته است؛ با استفاده از یک تراشه کوانتومی جدید به نام ویلو، مهندسان گوگل به دستاورد مهمی در مدیریت خطاها رسیده‌اند. آنها توانسته‌اند یک کیوبیت منطقی را به اندازه‌ای پایدار نگه دارند که خطاها تنها حدود یک بار در هر ساعت رخ دهد؛ پیشرفتی بزرگ نسبت به سیستم‌های قبلی که هر چند ثانیه یک بار دچار خطا می‌شدند.

کیوبیت هاواحدهای اساسی اطلاعات کوانتومی هستند. برخلاف بیت‌های رایانه‌های کلاسیک که می‌توانند مقدار صفر یا یک را ذخیره کنند، کیوبیت‌ها می‌توانند صفر، یک یا حالتی از ترکیب هر دو را ذخیره کنند. این ویژگی ابزاری قدرتمند برای طراحی الگوریتم‌هایی است که مسائل پیچیده را سریع‌تر از رایانه‌های کلاسیک حل می‌کنند، یا حتی مسائل غیرممکنی را ممکن می‌سازند.

**■ چالش‌های خطا در سیستم‌های کوانتومی**

کیوبیت‌ها بسیار حساس هستند و به راحتی با محیط پیرامون خود درگیر شده و خواص ریاضیاتی‌شان را از دست می‌دهند. در حالی که سیستم‌های فعلی توانسته‌اند به سطحی از اطمینان ۹۹/۹ درصدی برسند، سیستم‌های عملیاتی نیاز دارند نرخ خطا را به چیزی نزدیک به یک در تریلیون کاهش دهند. برای مقابله با این خطاها، پژوهشگران می‌توانند یک کیوبیت منطقی را در میان چندین کیوبیت فیزیکی گسترش دهند اما این راهکار زمانی مؤثر است که کیوبیت‌های فیزیکی اضافه‌شده بتوانند خطاها را با سرعت بیشتری اصلاح کنند.



**■ پیشرفت قابل توجه ویلو**

مایکل نیومن و کوین ساتزنگر، پژوهشگران تیم هوش مصنوعی کوانتومی گوگل، در مقاله‌ای که از نتایج پژوهش‌شان در نشریه علمی نیچر منتشر شده، اعلام کرده‌اند: ویلو اولین پردازنده‌ای است که در آن کیوبیت‌های اصلاح‌شده خطا با افزایش اندازه، به‌صورت نمایی بهتر می‌شوند. هر بار که تعداد کیوبیت‌های کدگذاری شده را از شبکه‌ای ۳×۳×۵۰۵ و سپس ۷×۷ افزایش می‌دهیم، نرخ خطا به نصف کاهش می‌یابد. تراشه ویلو دارای ۱۰۵ کیوبیت فیزیکی است و ترکیب معماری آن با الگوریتم‌های اصلاح خطا، موفقیت قابل توجهی در پایداری به دست‌آورده است؛ جایی که کیوبیت‌های بیشتر، خطاهای کمتری را به همراه دارند.

**■ راهی طولانی اما امیدوارکننده**

این مشکل از دهه ۱۹۹۰، یعنی زمان معرفی تکنیک‌های اصلاح خطای کوانتومی، وجود داشته است. در حالی که هنوز مسیر طولانی برای دستیابی به رایانش کوانتومی کامل باقی است؛ با این رویکرد، انجام عملیات‌های کوانتومی در مقیاس بزرگ ممکن به نظر می‌رسد. نیومن و ساتزنگر می‌گویند: این نشان‌دهنده کاهش نمایی خطاست که از سوی اصلاح خطای کوانتومی وعده داده شده بود؛ هدفی نزدیک به ۳۰ ساله برای رایانش کوانتومی و عنصر کلیدی برای باز کردن راه به‌سوی کاربرد‌های بزرگ مقیاس کوانتومی.

علاوه بر پایداری، ویلو مزایای دیگری نیز دارد. به گفته گوگل، این تراشه می‌تواند وظیفه‌ای خاص را در پنج دقیقه انجام دهد، در حالی که یکی از سریع‌ترین ابررایانه‌های موجود برای انجام همان وظیفه به ۱۰ سپتیلیون سال زمان نیاز دارد. اگرچه خطاها همیشه در سیستم‌های کوانتومی وجود خواهد داشت اما هدف پژوهشگران این است که آنها را به اندازه‌ای کم کنند که رایانش کوانتومی عملی شود. این امر مستلزم سخت‌افزارهای بهتر، کیوبیت‌های بیشتر و الگوریتم‌های پیشرفته‌تر است.

نیومن و ساتزنگر نتیجه می‌گیرند: به‌نظر می‌رسد اصلاح خطای کوانتومی اکنون در حال رخ دادن است اما فاصله بزرگی بین نرخ خطای یک در هزار فعلی و نرخ خطای یک در تریلیون مورد نیاز آینده وجود دارد.