



در میزگرد خراسان به همزمانی بحران آب و فرونشست مشهد با حضور کارشناسان این حوزه پرداختیم

رمزگشایی از گسل بی آبی مشهد

خراسان: وضعیت فرونشست دشت مشهد و دشت های استان را چگونه ارزیابی می کنید؟ آیا با پدیده ای محدود روبه روستیم یا بحرانی که به محدوده شهر نیز رسیده است؟

داوری: وضعیت مشهد مطلوب نیست و این شهر، مانند شماری از شهرهای دیگر کشور، با بحران فرونشست روبه روست. درحالی که نرخ فرونشست در بسیاری از نقاط جهان در حد چند میلی متر در سال بررسی می شود، در برخی مناطق کشور نرخ های ۲۰ تا ۲۵ سانتی متر در سال نیز گزارش شده است. مهم تر از عدد فرونشست، علت اصلی آن است: افت سطح آب زیرزمینی. وقتی آب از فضای خالی میان ذرات خاک خارج می شود، فشار مؤثر افزایش می یابد و لایه های خاک فشرده می شوند؛ این فشردگی در سطح زمین به شکل فرونشست نمایان می شود.

آب زیرزمینی برخلاف ترک های سطح زمین دیده نمی شود. مردم ممکن است از عمق آبخوان و میزان افت آن اطلاع نداشته باشند، اما ترک دیوارها، آسیب به خانه ها و تغییر شکل زمین را می بینند. فرونشست درواقع نشانه ای آشکار از آسیب پنهان تراست؛ تخلیه آبخوان. اگر برداشت از سفره ها به اندازه ای بود که امکان جبران طبیعی آن وجود داشت، احتمالاً امروز با چنین شدت و گستره ای از فرونشست روبه رو نبودیم.

خراسان: برای مخاطبی که می خواهد بداند از نظر فیزیکی چه اتفاقی زیر پای شهر می افتد، سازوکار فرونشست را چگونه توضیح می دهید؟ آیا معنای آن این است که تمام شهر یک باره پایین می رود؟

خدایی: «می توان وضعیت را با خانه ای مقایسه کرد که پی نامناسب دارد و دیوارهایش ترک می خورد. در مقیاس شهر، مسئله فقط پی ساختمان نیست؛ زمین زیر ساختمان ها نیز ممکن است به صورت ناهمبگ پایین برود. اگر تمام زمین و ساختمان دقیقاً به یک اندازه نشست می کردند، ممکن بود برخی آثار کمتر نمایان شود؛ اما نشست معمولاً در همه نقاط یکسان نیست. اختلاف تراز و گرا دیان نشست می تواند به سازه ها، تأسیسات و شبکه های زیرزمینی آسیب بزند.

در مشهد، عمق آبخوان در برخی توضیحات حدود ۱۰۰ متر و بیشتر عنوان شده است. وزن خاک و سازه های روی زمین به لایه های زیرین فشار وارد می کند. تا زمانی که آب در فضای خالی میان ذرات وجود دارد، بخشی از این فشار را تحمل می کند؛ اما با افت سطح آب، فضای خالی کاهش می یابد و خاک متراکم می شود. این فشردگی ممکن است به تدریج یا با تأخیر خود را در سطح زمین نشان دهد.»

خراسان: کدام زیرساخت هاییش از دیگر بخش ها در معرض خطرند؟ آیا مسئله فقط ساختمان های مسکونی است؟

خداشناس: «خبر. خطوط آب، برق، گاز و فاضلاب، خطوط ریلی داخل و خارج شهر، مترو و خطوط انتقال از جمله زیرساخت های حساس اند. بسیاری از شبکه های موجود قدیمی اند و هنگام طراحی آن ها، اثر فرونشست به شکل امروزی در نظر گرفته نشده است. اگر یک خط انتقال بزرگ دچار شکستگی شود، شمار زیادی از شهروندان گرفتار پیامدهای آن می شوند. در شبکه ریلی حتی اختلاف تراز چند سانتی متری یا گاهی میلی متری می تواند مسئله ساز باشد؛ مثلاً نیروگاه توس، این نیروگاه در محدوده ای توصیف شد که در پهنه فرونشست مشهد قرار دارد. آسیب به زیرساختی با چنین اهمیتی می تواند پیامدهایی فراتر از یک محله داشته باشد. همچنین مسیرهای ریلی، تأسیسات انتقال و سازه های بزرگ باید در ارزیابی خطر لحاظ شوند.»

۷۶ درصد خطوط ریلی مشهد تحت تأثیر فرونشست

خراسان: درباره میزان اثرگذاری فرونشست بر خطوط ریلی مشهد چه داده ای در دست است؟

خداشناس: در سال ۱۴۰۳ نشستی تخصصی درباره فرونشست برگزار و مطالعات دانشگاهی در آن ارائه شد. در یکی از مطالعات گروه عمران دانشگاه، دکتر اعتمادفر وضعیت خطوط ریلی مشهد را بررسی کرده بود. بر اساس توضیح ارائه شده در این میزگرد، ۷۶ درصد خطوط ریلی مشهد تحت تأثیر فرونشست قرار دارند. شدت اثر در همه نقاط یکسان نیست و در برخی نقاط، میزان فرونشست تا ۵ سانتی متر نیز عنوان شده است.

خراسان: کدام مناطق مشهد در گزارش ها و نقشه ها بیشتر مطرح شده اند؟ لطفاً محدوده ها را با ذکر نشانی هایی که در مطالعات و گفت وگو آمده است، روشن کنید.

رضایی: فرونشست در سمت غرب مشهد و محدوده الهیه خود را نشان داده و در حال پیشروی است. در منطقه ۹ مشهد نیز توسعه ساخت و ساز زیاد است. افت آب زیرزمینی وجود

دارد و برخی گمانه زنی ها درباره فعال شدن گسل ها هم مطرح می شود اما نمی توان به صورت قطعی در این باره اظهار نظر کرد. با این حال وضعیت در محدوده شمال غرب مشهد و الهیه قابل تأمل است.

رضایی: در محدوده پولوار توس، جاده قدیم چناران و امتداد جاده سنتو به سمت شمال



و کوچان پهنه هایی از فرونشست گزارش شده است. محدوده شهر توس تا نزدیکی چناران نیز در محدوده فرونشست واقع شده است. در همین امتداد مسیرهای مواصلاتی، ریلی و خطوط برق و گاز وجود دارند. بنابراین ارزیابی خطر باید با توجه به کل کریدور و زیرساخت های واقع در آن انجام شود.

نشست امروز، خطر فردا؛ تأخیر میان افت آب و فرونشست

خراسان: آیا افت سطح آب زیرزمینی و فرونشست همزمان رخ می دهند؟ اگر در نقطه ای آبخوان افت کرده اما زمین هنوز نشست نکرده باشد، آیا آن منطقه امن است؟

داوری: لزوماً نه. به ازای هر سانتی متر افت آب زیرزمینی، الزاماً همان سال یک سانتی متر فرونشست رخ نمی دهد. ممکن است آثار نشست با تأخیر ظاهر شود؛ در گفت وگو حتی به فاصله ای حدود ۱۰ سال اشاره شد. به همین دلیل، نقطه ای که هنوز فرونشست آشکار ندارد، ممکن است از نظر زمین شناسی و وضعیت آبخوان، استعداد نشست قابل توجهی داشته باشد.

در بعضی نقاط، خاک هنوز به مرحله ای نرسیده که افت آب به شکل نشست سطحی نمایان شود؛ اما اگر ساختار خاک مستعد باشد و آب زیرزمینی به شدت پایین رفته باشد، امکان دارد در آینده رخ دهد. به این وضعیت در میزگرد به عنوان «بدهی» یا خطر انباشته اشاره شد؛ یعنی پیامد برداشت های گذشته ممکن است دیرتر ظاهر شود.

خراسان: آیا وقوع زلزله می تواند این خطر را تشدید کند؟

رضایی: «در این زمینه قطعیت کامل وجود ندارد، اما در میزگرد توضیح داده شد که فرونشست و تغییر ساختار خاک ممکن است آسیب پذیری را در برابر زلزله افزایش دهد. یکی از کارشناسان با اشاره به بحث های پژوهشی گفت خسارت زلزله ای در حدود ۴ ریشتر در منطقه ای آسیب پذیری می تواند بیشتر از شرایط معمول باشد؛ حتی در مثال مطرح شده. این عدد را نباید پیش خسارت سخن گفته شد. این عدد را نباید پیش بینی قطعی برای نقطه ای مشخص دانست، بلکه باید آن را هشدار درباره همزمانی مخاطرات تلقی کرد.

میزگرد: مسعود حمیدی خبرنگار

مشهد امروز با دو بحران درهم تنیده روبه روست؛ بحرانی که یکی زیر زمین، در سکوت سفره های آب زیرزمینی پیش می رود و دیگری در سطح زمین، با فرونشست و تهدید خانه ها، زیرساخت ها و آینده شهر خود را نشان می دهد. سال ها برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی، افت تراز آبخوان ها و تداوم الگوهای ناپایدار مصرف، حالا رنگ خطر را برای کلان شهری به صدا درآورده که تأمین آب آن هر روز دشوارتر می شود. اما آیا آنچه امروز در بخش هایی از مشهد رخ می دهد، تنها نشانه ای از یک بحران محیط زیستی است یا باید آن را هشدار جدی درباره شیوه حکمرانی آب، توسعه شهری و تصمیم های به تعویق افتاده دانست؟ فرونشست فقط پایین رفتن زمین نیست؛ روایت بدهی انباشته ای است که ممکن است سال ها بعد، در قالب ترک ساختمان ها، آسیب به خطوط ریلی و شبکه های انتقال و افزایش آسیب پذیری زیرساخت ها، هزینه خود را تحمیل کند. در این میان، پرسش اساسی این است: آیا هنوز فرصت مهار بحران وجود دارد و چه کسی باید هزینه نجات آبخوان های مشهد را بپردازد؟

در میزگردی با حضور دکتر خداشناس، رئیس دانشکده کشاورزی و عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد، دکتر داوری، عضو هیئت علمی این دانشگاه در حوزه مهندسی آب و رضایی، محقق حوزه فرونشست و دانشجوی دکتری آب، ابعاد بحران، ریشه های آن و راه های عبور از این وضعیت را بررسی کردیم که در ادامه می خوانید.

وساز و افزایش بارگذاری ادامه دارد. همچنین به ساخت برج هایی با ارتفاع بیش از ۲۰ طبقه اشاره و این پرسش مطرح شد که آیا در مناطق مستعد، باید اجازه ساخت سازه های سنگین داده شود یا خیر. پاسخ درست، ممنوعیت یا مجوزدهی یکسان برای تمام شهر نیست؛ باید محدوده ها به طور علمی پهنه بندی شوند. در نقاطی که خطر بیشتر است، می توان ساخت وسازهای سنگین را محدود کرد. طراحی سازه و زیرساخت را متناسب با شرایط زمین انجام داد و توسعه را به مناطقی هدایت کرد که ریسک پایین تری دارند. در هر صورت، صدور مجوز بدون دسترسی به داده های به روز و بدون هماهنگی میان دانشگاه، شهرداری، استانداری و دستگاه های مسئول، خطر را افزایش می دهد.»

منطقه ۹ مشهد و بدهی که پرداخت نمی شود

خراسان: در منطقه ۹ مشهد وضعیت افت آب زیرزمینی را داریم و به همان نسبت توسعه ساخت



و ساز و بلندمرتبه سازی هم انجام می شود. چرا به این واقعیت توجه نمی شود؟

خداشناس: در منطقه ۹ مشهد هنوز وضعیت به مانند الهیه نشده است یا فرونشست گزارش نشده است اما ممکن است در ۵ سال آینده یک فرونشست جدی صورت بگیرد و یک اتفاق مانند زلزله این فرونشست را جدی تر کند و خسارت ها را صرف تمرکز روی صرفه جویی مصرف خانگی مشکل را حل می کند؟

خداشناس: این اقدامات مفیدند، اما کافی نیستند. اگر کسری آبخوان مشهد به حدود ۱۵۰ میلیون مترمکعب در سال برسد، صرفه جویی های کوچک خانگی به تنهایی مسئله را حل نمی کند. باید سهم عمده مصرف، به ویژه در بخش هایی که برداشت بالاتری دارند، بررسی شود. درست است که تا زمانی که مصرف بخش های دیگر مورد توجه قرار نگیرد نصف کردن سرانه مصرف آب خانگی مسئله را حل نمی کند. اما، در عین حال، مدیریت مصرف شهری نباید کنار گذاشته شود.

قیمت گذاری آب و دشواری تغییر رفتار

خراسان: این بالا بردن نرخ و تعرفه های آب شرب و نهایتاً قیمت بالا می تواند راه حل بحران آب باشد؟

خداشناس: قیمت، یکی از ابزارهای مدیریت رفتار است؛ اما به تنهایی کافی نیست و باید با قواعد روشن، نظارت و حمایت های لازم همراه شود. البته که این تغییر رفتار باید در دیگر بخش ها هم صورت بگیرد به خصوص بخش کشاورزی و صنعت که مصرف کننده اصلی آب هستند و باید هزینه واقعی آن را پرداخت کنند.

در بخش دیگری از بحث، برای توضیح هزینه واقعی تأمین آب، ارقام بسیار بالاتری برای هر مترمکعب مطرح شد؛ از جمله اشاره به ۲۰۰ تا ۲۵۰ هزار تومان و نیز مثال هایی درباره هزینه آب انتقالی با تأمین آب از منابع دوردست. این ارقام در متن اولیه در چند موضع به صورت ناقص و در قالب مثال بیان شده اند؛ بنابراین نباید آن ها را تعریف رسمی فعلی دانست. نکته اصلی این بود که قیمت گذاری باید بازتاب دهنده کمیابی آب باشد و همزمان، مصرف ضروری و حق دسترسی مردم به آب سالم را تضمین کند.»

توسعه شهری و مجوز ساخت وساز در پهنه های پرخطر

خراسان: با توجه به پیشروی فرونشست، آیا باید در برخی مناطق مشهد محدودیت ساخت وساز اعمال شود؛ به ویژه برای برج ها و سازه های سنگین؟

رضایی: تصمیم درباره ساخت وساز باید بر اساس نقشه های دقیق زمین شناسی، میزان فرونشست، وضعیت آبخوان و گسل ها اتخاذ شود. در گفت وگو این نگرانی مطرح شد که در بعضی محدوده ها، همزمان با افت آب زیرزمینی، توسعه ساخت

خراسان: موضوع امروز انتخاب بین بد و بدتر است، مدیران می گویند ما این میزان آب داریم و این تعداد مصرف کننده و برای گذار از تنش های اجتماعی و ... ناچار هستیم برداشت زیرزمینی داشته باشیم و این چرخه سال هاست ادامه دارد. **خداشناس:** تا زمانی که قیمت آب به روز نشود و در یک کلام آب پلان نشود این سیکل ادامه خواهد داشت. کم بها بودن آب باعث می شود کسی به فکر مصرف درست و صحیح آن نباشد باید آب گران ترین شود تا از این شرایط گذر کرد. ارزش آب بستگی دارد ولی کسی به این مسئله توجهی ندارد. به همین دلیل است که مدیران همیشه برای جلوگیری از تنش ها آب را به هر طریقی تأمین و حق نسل های آینده را صرف نسل کنونی کردند. **داوری:** آب در مشهد امام رضا(ع) نباید صرف کشاورزی شود باید هزینه کرد آب را تغییر دهیم. باید بر اساس واقعیت آب برای کلان شهر مشهد تعریف مصرف و تخصیص آب انجام شود. کشاورزی باید در مشهد پیشرفته شود و این ریل گذاری کنونی باید تغییر کند. چرا با وجود کاهش آب صنایع غذایی در مشهد فعال هستند؟ چون آب ارزان است. در حالی که دولت ها باید آب شرب سالم را تأمین کنند و طبق استاندارد باید ۵۰ لیتر در روز باشد و مابقی را باید هزینه واقعی آن پرداخت شود و این رویه در بخش های دیگر به خصوص کشاورزی و صنایع در دستور کار قرار بگیرد و تا زمانی که چنین نشود خروجی نخواهیم گرفت.

خراسان: اقتصاد آب مهم است اما تمرکز روی تعرفه های آب خانگی مشکلی را حل نمی کند **خداشناس:** درست است تبلیغات روی مدیریت مصرف خانگی است که شاید ۵ درصد مصارف است. اما اصل روی کشاورزی و صنایع است. باید صنایع وادار شوند که از آب بازچرخانی شده استفاده کنند. اگر آب گران شود کشاورز هر محصولی را کشت نمی کند و محصولی را تولید می کند که بهره وری بالایی دارد.

داوری: برای صنایعی مانند نوشیدنی ها باید آب آن قدر گران شود که این صنایع از این جا بروند. با توجه به وضعیت بحران آب مشهد این نحوه تخصیص اصلاً صحیح نیست. در واقع مسئله این است که مدیران نهایت برنامه ریزی برای ۴ ساله خود را دارند نه بلندمدت. وقتی برنامه ها کوتاه مدت می شود و حتی آن ها را هم نتوان ارزیابی کرد مشکل آب عمیق تر می شود. در برخی مناطق استان کشاورزان داوطلبانه پیشنهاد کاهش مصرف آب را ارائه کردند. تا وقتی به مردم و مصرف کنندگان وضعیت بحرانی آب را نگوئیم مشکل حل نخواهد شد.

خراسان: بهتر نیست اولویت فعلی بخش خدمات، صنعت و کشاورزی باشد و بعداً سراغ بخش شرب برویم؟ امروز بخش صنایع آب شرب و چاه های شرب را خریداری می کند. آب چاه کشاورزی را خریداری می کند که هزینه زیادی نپردازد و مردم این تغییر رفتار را می بینند.

خداشناس: اولویت ها را می توان تغییر داد، می توان به بخش صنعت اعلام کرد که باید آب را به قیمت واقعی خریداری کند.

داوری: در سال ۹۴ ما سند تدبیر آب را تدوین کردیم و تمام این رویه ها تعیین شده بود که آب باید چه نرخ باشد و چگونه اولویت بندی شود

خراسان: اولویت آلان باید صرفه جویی باشد یا بازچرخانه یا انتقال آب به مشهد؟

خداشناس: هم میزان آب تأمین می بیشتر شود مصارف هم بیشتر می شود یعنی انتقال آب منجر به صرفه جویی نمی شود، بلکه باعث می شود به همان میزان متقاضی جدید و مصارف افزایش یابد. لذا باید در قدم اول متناسب با ظرفیت هر آبخوانی مصارف را تنظیم کرد نه این که آب از جایی دیگر منتقل کنیم و بگوئیم این دارایی ماست و این کار غلط است. رفتار مصرف کننده باید تنظیم شود و این تنها با قیمت گذاری واقعی آب محقق می شود نه ادامه رویه های فعلی و یا انتقال آب از حوزه های دیگر.

داوری: انتقال آب اگر توسط بخش خصوصی انجام شود ما موافق هستیم ولی صرف استفاده از منابع ملی برای انتقال آب کار صحیحی نیست. باید تغییر رفتار مصرف کننده در دستور کار قرار بگیرد. سال ۹۳ یک کشاورز توصیه کرد که شهرداری برای توسعه شهر باید به قرض آب با هر باشد باید آب خریداری کند و هزینه آن را به نحوی که به افشار مختلف فشار نیاید از شهروندان تأمین کند. نمی توان به آبفا گفت که چاه نزد اما می توان گفت که هزینه آن را باید از مصرف کننده آن دریافت کرد. امروز نمی توان برای هر چیزی به دولت مرکزی چشم دوخت. آب موضوعی حوزه ای است نه ملی وزارت نیرو نباید درباره آب تصمیم گیری کند باید مدیریت آن را به حوزه ها و گذار کند.

رضایی: امروز همه مشکل را می دانند اما اقدام مناسب انجام نمی گیرد و حتی طرح ها و اقدامات انجام شده هم قابل ارزیابی نیستند و معلوم نیست مثلاً بستن چاه ها بر کاهش مصرف و صرفه جویی اثر مثبت گذاشته است یا نه.



رضایی: این که در برخی پهنه های شهر مشهد هنوز فرونشست صورت گرفته به معنی این نیست که وضعیت خوب است، بلکه به

معنی بدهی است که پرداخت نشده و رابطه ای بین زلزله و فرونشست وجود دارد. یعنی اگر در یک منطقه به یا پهنه ای که به رغم افت آبخوان هنوز فرونشست حادث نشده ممکن است با یک زلزله ۲ ریشتری شاهد خسارت هایی در حد یک زلزله ۴ ریشتری باشیم.



بارگذاری و شبکه های زیرزمینی؛ پیشگیری کم هزینه تراز جبران خسارت

خراسان: اگر قرار باشد از همین امروز اقدام عملی آغاز شود، چه اولویت هایی باید در دستور کار قرار گیرد؟

خداشناس: نخست باید نقاط حساس شناسایی شوند؛ خطوط ریلی، خطوط انتقال، شبکه آب و فاضلاب، گاز و برق، نیروگاه ها و سازه های بزرگ. سپس باید میزان فرونشست در مسیر هر زیرساخت با داده های به روز سنجیده شود و برای بخش های پرخطر، پایش مستمر و برنامه نگهداری تعریف شود. در شبکه های ریلی، اختلاف تراز حتی در مقیاس کوچک اهمیت دارد؛ در شبکه فاضلاب نیز جداشدن اتصالات می تواند پیامدهای بهداشتی و خدماتی ایجاد کند.

دوم، باید جلوی تشدید افت آبخوان گرفته شود. فرونشست در بسیاری موارد برگشت پذیر نیست؛ حتی اگر سطح آب بعداً بالا بیاید، فشردگی لایه های خاک ممکن است ظرفیت ذخیره و انتقال آب را کاهش داده باشد. وقتی ساختار اسفنجی خاک از بین می رود، بارش های بعدی الزاماً نمی توانند همان ظرفیت پیشین را احیا کنند. بنابراین، تغذیه آبخوان و کاهش برداشت باید همزمان دنبال شود. سوم، باید ارتباط میان دانشگاه و نهادهای اجرایی منظم و مستمر باشد.

در این نشست تأکید شد که صرف شناخت بیشتر مشکل کافی نیست؛ آنچه اهمیت دارد تبدیل به شناخت به اقدامات هدفمند، زمان بندی شده و قابل ارزیابی است. تصمیم های مربوط به توسعه شهری و زیرساخت باید از ابتدا اطلاعات فرونشست را در نظر بگیرند، نه این که پس از وقوع خسارت به دنبال چاره باشند.»