

شماره ۴۲
زمستان ۱۴۰۳

سال سیزدهم

انجمن علمی-دانشجویی زمین‌شناسی
دانشگاه شهید بهشتی

فصلنامه
علمی-دانشجویی
تتیس

از انیمیشن داینا سورتا سکوی المپیاد جهانی

گفت‌وگو با امیرعلی هاشمی‌نژاد

زمین‌شناسان آینده

بازتاب دغدغه‌ها در دل یک نظرسنجی

مدیریت منابع آبی در مکران

رویکردی به سوی پایداری



**برآمد باد صبح و بوی نوروز
به کام دوستان و بخت پیروز**

سال نو مبارک | نوروز ۱۴۰۴



سال سیزدهم - شماره ۴۲ - زمستان ۱۴۰۳

فصلنامه علمی-دانشجویی تیتیس

صاحب امتیاز:

انجمن علمی-دانشجویی زمین‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی

مدیر مسئول و سردبیر:

کامیار کشاورز

ویراستاران:

کامیار کشاورز، فاطمه هاشمی نسب

گرافیک و طراحی جلد:

کیما غلامی روجی

استاد مشاور انجمن:

دکتر بهمن رحیم زاده

اعضای هیئت تحریریه:

امیرعلی عبدی، مبینا مهرپناه، فاطمه اسماعیلی، فرزاد ناظری پور، فاطمه هاشمی نسب، ساناز سنائی، مینا السادات ساداتی

آدرس

تهران، ولنجک، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین

ایمیل نشریه

tethysjournal.sbu@gmail.com

فهرست

سخن سردبیر ۲

از انیمیشن دایناسور تا سکوی المپیاد جهانی ۳

گفت‌وگو با امیرعلی هاشمی نژاد

زمین ما ۷

از پالئوپروتروزوئیک تا مزوپروتروزوئیک

مدیریت منابع آبی در مکران ۱۱

رویکردی به سوی پایداری

تثبیت کربن دی‌اکسید ۱۴

راهی برای نجات زمین

گزارشی از ۱۸

چهل و سومین گردهمایی علوم زمین

مدل‌های ژئومکانیکی و کاربردهای آن‌ها ۲۰

گامی نو در تحلیل هوشمند سنگ‌ها

زمین‌شناسان آینده ۲۴

بازتاب دغدغه‌ها در دل یک نظرسنجی



از دل زمین، از زبان زمین‌شناس

سال ۱۴۰۴ را در حالی آغاز می‌کنیم که چشم‌انداز منابع آب در کشور، بیش از هر زمان دیگری نگران‌کننده به نظر می‌رسد. خشکسالی‌های پی‌درپی، افت سطح آب‌های زیرزمینی، خشک شدن رودها و تالاب‌ها، و فرونشست زمین تنها بخشی از پیامدهای تلخ سال‌های گذشته‌اند که در سال پیش رو نیز با آن‌ها مواجه خواهیم بود. با این حال، آنچه بیش از همه بحران را عمیق‌تر می‌کند، نه فقط کمبود آب، بلکه کم‌توجهی به دانش زمین در مدیریت آن است.

زمین‌شناسی، به‌ویژه در شاخه‌هایی چون هیدروژئولوژی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی مهندسی، نقشی کلیدی در فهم و مدیریت منابع آب ایفا می‌کند. از تشخیص سازندهای آبدار گرفته تا تحلیل پایداری سفره‌های زیرزمینی و بررسی آثار برداشت بی‌رویه، ما زمین‌شناسان باید صدای زمین باشیم. اگر قرار است در آینده‌ای نه‌چندان دور همچنان امیدی برای تعادل اکولوژیک و زیست‌پذیری سرزمین‌مان باقی بماند، این صدا باید بلندتر و دقیق‌تر از همیشه شنیده شود.

در این شماره از تتیس، مطابق روال گذشته، مجموعه‌ای از مقالات تخصصی در حوزه‌های گوناگون زمین‌شناسی گردآوری شده که هر یک می‌تواند گامی کوچک در مسیر شناخت دقیق‌تر زمین و پدیده‌های آن باشد. پرداختن به جزئیات علمی، پشتوانه تصمیم‌گیری‌های کلان و مسئولانه در مدیریت منابع طبیعی است. امید داریم که استمرار این تلاش جمعی در انتشار دانش، بتواند نقش مؤثری در آگاهی‌بخشی و اصلاح نگاه به چالش‌هایی چون بحران آب ایفا کند؛ چالش‌هایی که زمین‌شناسی، بخشی کلیدی از پاسخ آن‌هاست.

کامیارکشاورز

مدیرمسئول و سردبیر نشریهٔ تتیس

از انیمیشن دایناسور تا سکوی جهانی المپیاد

تهیه کننده:
کامیار کشاورز

گفت‌وگو با امیرعلی هاشمی نژاد
مدال‌آور المپیاد جهانی علوم زمین



سید امیرعلی هاشمی نژاد، متولد ۱۳۸۵ در ساری، دانشجوی رشته زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، یکی از چهره‌های موفق در المپیاد جهانی علوم زمین است که با علاقه و انگیزه فراوان وارد این رشته شده است. او موفق به کسب مدال نقره و برنز در المپیاد جهانی علوم زمین ۲۰۲۴ در چین شد. علاقه‌مندی او به علوم طبیعی و دیرینه‌شناسی از دوران کودکی شکل گرفت و با مطالعه کتاب‌ها و مشاهده فیلم‌های علمی، علاقه‌اش به این حوزه بیشتر شد. امیرعلی در حال حاضر تصمیم گرفته است که به عنوان دیرینه‌شناس فعالیت کند و این مسیر علمی را با شرکت در المپیادهای علمی ادامه داده است. در این مصاحبه، امیرعلی به تفصیل از تجربیات خود در مسیر تحصیلی و علمی، مشکلات و فرصت‌های رشته زمین‌شناسی در ایران، و چالش‌های پیش روی جوانان علاقه‌مند به این حوزه صحبت می‌کند.

چه شد که علوم زمین و زمین‌شناسی را انتخاب کردی؟

«من همیشه به علوم طبیعی و یا تاریخ طبیعی علاقه‌مند بوده و هستم و همواره در این بین، دیرینه‌شناسی برایم جایگاه ویژه‌ای داشته و دارد.

در حدود ۵ سالگی، به لطف والدینم، انیمیشن دایناسور، محصول سال ۲۰۰۰ کمپانی والت دیزنی، را دیده بودم و از همان موقع، دایناسورها برایم به موجوداتی عمیقاً جذاب تبدیل شدند. بعد از آن، پدر و مادرم کتاب‌هایی درباره دایناسورها که برای کودکان و نوجوانان نوشته شده بودند، می‌خریدند و همین‌طور علاقه‌ام تشدید می‌شد. وقتی کلاس اول ابتدایی بودم، در کتاب دایناسورها (لالاندر، ترجمه‌ی ضرغامیان، انتشارات محراب قلم) با دیرینه‌شناسی، به عنوان علمی که به مطالعه تاریخ حیات بر روی زمین می‌پردازد و فسیل‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد، آشنا شدم و از همان موقع تصمیم گرفتم که دیرینه‌شناس بشوم.

در نتیجه، علاقه و انگیزه‌ام در دیرینه‌شناسی را مدیون والدینم هستم. در واقع، من ابتدا تصمیم گرفتم که دیرینه‌شناس بشوم و بعد از آن، در دوران متوسطه اول بود که تصمیم گرفتم زمین‌شناس بشوم. البته در دوران دبستان هم، در بین دروس علوم، بیش از هر مبحثی، دروس مربوط به علوم زمین و همچنین درسی پیرامون اکولوژی در پایه ششم در خاطر من ماند.

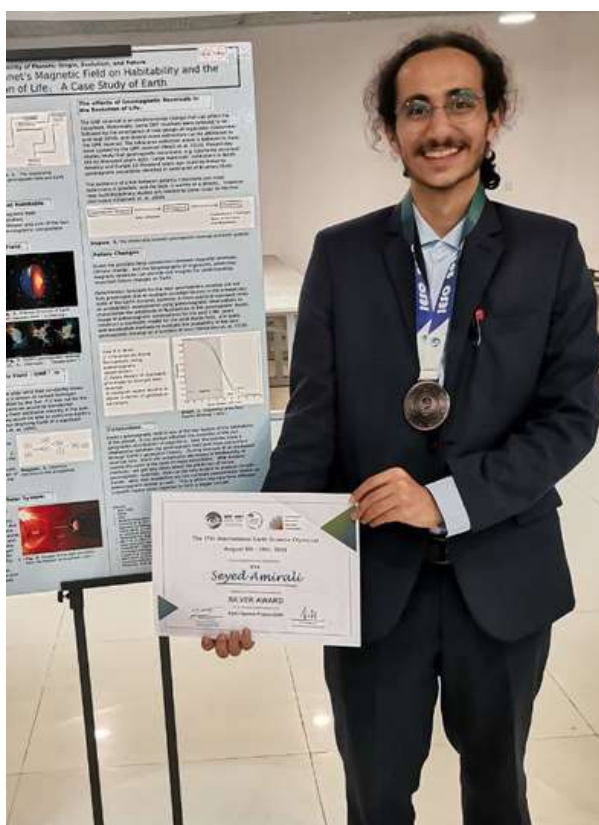
تا پایه دهم، به خاطر واهمه از شرایط شغلی زمین‌شناسی در کشور، می‌خواستم در رشته دیگری در دانشگاه تحصیل کنم، به‌طور خاص بیوتکنولوژی؛ ولی از همان پایه بود که مطمئن شدم که باید زمین‌شناسی بخوانم و الان هم دانشجوی همین رشته هستم.»

”

دیرینه‌شناسی بخشی از هویت من است. اگر قرار است یک بار زندگی کنم، پس بگذار به‌عنوان کسی که می‌خواهم زندگی کنم؛ یک دیرینه‌شناس!

کمی درباره‌ی المپیاد برایمان بگو. چطور وارد مسیر المپیاد شدی و این تجربه را چگونه ارزیابی می‌کنی؟

«مسیر المپیاد برای فردی مثل من، اصولاً بسیار بهتر و جذاب‌تر از مسیر کنکور است. من ترجیح می‌دادم که روی علوم زمین متمرکز شوم تا اینکه انواع دروس نامرتبیطی را مطالعه کنم که در یک شیوه‌ی منطقی پذیرش دانشجو، نباید تأثیر خاصی در قبولی رشته‌ی موردنظر من داشته باشند.



در دوران دبیرستان نسبت به وضعیت شغلی این رشته نگرانی داشتی. حالا که وارد دانشگاه شده‌ای، آینده‌ی خودت را چطور پیش‌بینی می‌کنی؟ به‌عنوان کسی که با این میزان علاقه وارد این رشته شده، چشم‌اندازت از آینده‌ی حرفه‌ای در زمین‌شناسی چیست؟

«از مسیرهای کاری متنوعی استقبال می‌کنم. بیش از هر چیز، خودم را در آینده به‌عنوان یک عضو هیئت علمی یا استاد دانشگاه می‌بینم، البته که دستیابی به چنین موقعیتی در اینجا با دشواری‌های خاص خود همراه است. از طرفی دیگر، با توجه به تمرکز پژوهش‌هایم بر دیرینه‌شناسی و تکامل مهره‌داران، ممکن است آینده‌ی کاری‌ام به سازمان حفاظت محیط‌زیست یا مرکز تحقیقات دیرینه‌شناسی ایران در مراغه مرتبط شود؛ با این حال، فرصت‌های شغلی برای گرایش تحقیقاتی موردعلاقه‌ی من در ایران محدودتر از بسیاری از فیله‌های دیگر است.

به‌طور کلی، اطمینانی صددرصدی از شغل دقیق آینده‌ام به‌عنوان یک زمین‌شناس یا دیرینه‌شناس ندارم. اصولاً علایق من در ایران درآمد چندان ندارد و اینجا عملاً بحث عشق مطرح است! در واقع، همین عشق است که موتور محرکه‌ی من در زمین‌شناسی محسوب می‌شود. اگر همین زمانی که برای زمین‌شناسی می‌گذارم را مثلاً برای مطالعات بیوتکنولوژی صرف کنم، بعید می‌دانم که به نتیجه‌ی خاصی برسم. یکی از اصلی‌ترین استدلال‌های من برای انتخاب رشته‌ی زمین‌شناسی همین بود که حتی اگر در یک رشته‌ی دیگر که پردرآمدتر است تحصیل کنم، باز هم بخش مهمی از درآمد آینده‌ام را صرف دیرینه‌شناسی خواهم کرد؛ اما این پرداختن به علاقه، به‌اندازه‌ی وقتی که خودم دیرینه‌شناس باشم، عمیق نخواهد بود.

در ضمن، همواره به دنبال مجالی خواهم بود که مقداری به این علاقه‌ی خود بپردازم؛ اما اگر خودم دیرینه‌شناس بشوم، دیگر نیازی به این کارها نیست، زیرا کار مستمر من دیرینه‌شناسی خواهد بود، حالا اگر درآمدی هم از آن به دست بیاید که چه بهتر.»



مهم این است که چه در مسیر المپیاد و چه در مسیر کنکور، تک‌بعدی نباشیم و سعی کنیم از لحظات خود بهره ببریم، به‌گونه‌ای که حتی اگر در المپیاد موفق به کسب مدال نشدیم، همچنان خود را برنده بدانیم، زیرا در طول این مسیر، دانش زیادی از علوم زمین کسب کرده‌ایم و این تجربه، ارزشمند است. درنهایت، عناوینی مانند مدال المپیاد تعیین نمی‌کنند که شما چه کسی هستید یا چقدر زمین‌شناس سطح بالایی خواهید شد؛ المپیاد صرفاً یک تورنمنت با شرایط خاص خود است.»

به‌عنوان کسی که با این میزان علاقه به رشته‌اش وارد شده و با بینش و هدفی مشخص آن را انتخاب کرده، وضعیت دانشگاه و محیط آکادمیک را در ایران چگونه ارزیابی می‌کنی؟

«من در جایگاه اظهار نظر نیستم. فضای آکادمیک از چندین عنصر تشکیل می‌شود که در کنار هم معنا پیدا می‌کنند: اساتید، دانشجویان و بستر فیزیکی دانشگاه (کلاس‌ها، امکانات و غیره). ما در ایران اساتید برجسته و با تجربه‌ای داریم که واقعاً حضورشان در دانشگاه‌ها مایه دلگرمی است. اما به دلیل شرایط خاص این رشته در ایران و نگرانی‌ها درباره آینده شغلی، بسیاری از دانشجویانی که وارد رشته زمین‌شناسی می‌شوند، دلیل ورودشان تنها عدم قبولی در رشته‌های دیگر است. این رشته‌ها معمولاً مورد علاقه‌شان نیستند و بیشتر رشته‌های پولساز و پرمناقضی هستند. سیستم آموزشی و رویه پذیرش دانشجو به گونه‌ای است که هیچ‌کس دنبال علاقه‌اش نیست و همه دنبال رشته‌هایی هستند که بیشتر متقاضی دارند، اسم و رسم بهتری دارند یا در کوتاه‌مدت درآمد بیشتری دارند. به همین دلیل، بسیاری از عزیزان در دپارتمان‌های زمین‌شناسی دانشگاه‌ها مشغول به تحصیل‌اند ولی از این موضوع رضایت ندارند و احساس تعلق نمی‌کنند. جو دانشجویی زمین‌شناسی از پویایی خودش فاصله گرفته است، اما هنوز هم افرادی در تلاشند تا این جو دانشجویی سازنده را حفظ کنند. انگیزه‌ها به شدت کم شده است. اگر دانشجویی به رشته‌اش علاقه‌مند باشد، بیشتر به دنبال مهاجرت است.

البته، مسئله مهم این است که المپیادهایی مانند المپیاد علوم زمین، علی‌رغم وعده‌های داده‌شده و پیگیری‌های انجام‌شده، همچنان سهمیه کنکور برای رشته‌های مرتبط دریافت نکرده‌اند (برخلاف المپیادهایی مانند زیست‌شناسی، نجوم، ریاضی و...) و این موضوع توسط شورای عالی انقلاب فرهنگی تصویب نشده است. به همین دلیل، ما مجبور بودیم که کنکور را هم به موازات المپیاد پیش ببریم، حتی در بخش مهمی از بازه‌ای که برای آمادگی المپیاد جهانی علوم زمین صرف می‌شد.

نکته دیگر این است که برخلاف ادعای وجود تسهیلات بنیاد ملی نخبگان که برای مدال‌آوران المپیادهای قدیمی‌تر ارائه می‌شود، این موضوع درباره مدال‌آوران المپیاد علوم زمین صحت ندارد (اگر نگوییم در برخی موارد نادرست است). درواقع، صرفاً مقدار مشخصی امتیاز برای هر مدال کشوری و جهانی در المپیادهای نوپا تعریف شده که برای بیشتر مدال‌آوران، این امتیاز به حد کافی برای بهره‌مندی از هیچ‌کدام از تسهیلات دوران دانشجویی بنیاد ملی نخبگان نمی‌رسد. این در حالی است که مدال‌آوران المپیادهای دارای سهمیه کنکور و مصوب شورای عالی انقلاب فرهنگی، بدون نیاز به بررسی امتیاز، مستقیماً برای چندین طرح بنیاد ملی نخبگان مورد پذیرش قرار می‌گیرند. همان‌طور که وزیر محترم علوم نیز به‌درستی اشاره کردند، این یک تبعیض است.

بااین‌حال، بحث سهمیه کنکور برای قبولی در دانشگاه، برای من مسئله نگران‌کننده‌ای نبود، چراکه هدف من تحصیل در رشته زمین‌شناسی بود و به دلیل کمبود متقاضی، قبولی در این رشته چندان دشوار نبود. مسئله اصلی این بود که اگر سهمیه کنکور داشتیم، می‌توانستیم زمانی که برای کنکور و امتحانات نهایی صرف کردیم را برای آمادگی بیشتر در المپیاد جهانی اختصاص دهیم.

به‌طور کلی، مسیر المپیاد را، به‌ویژه برای افرادی که علاقه خود را پیدا کرده‌اند، توصیه می‌کنم، چراکه می‌تواند تجربه‌ای خوش و به‌یادماندنی باشد. البته، تصمیم‌گیری درباره شرکت در المپیاد بستگی به شرایط هر فرد دارد و هر کس باید خودش این تصمیم را بگیرد.



جو دانشجویی زمین‌شناسی از پویایی خودش فاصله گرفته است، اما هنوز هم افرادی در تلاش‌اند تا این جو دانشجویی سازنده را حفظ کنند. انگیزه‌ها به شدت کم شده‌است. اگر دانشجویی به رشته‌اش علاقه‌مند باشد، بیشتر به دنبال مهاجرت است.

بحث کمبود فیلد در مقطع کارشناسی زمین‌شناسی دانشگاه‌ها که قبلاً به آن اشاره کردم، مسئله‌ای حیاتی است. در این زمینه با رکود مواجه بوده‌ایم. واقعاً به فیلدهای بیشتری نیاز داریم. دانشجویان در فیلد، بیشتر به زمین‌شناسی علاقه‌مند می‌شوند. آقای دکتر اسماعیلی، رئیس محترم سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، فرمودند که در برنامه دارند برای تقویت فیلدهای مقطع کارشناسی زمین‌شناسی در دانشگاه‌های مطرح کشور همکاری کنند و امیدوارم که این مسئله به واقعیت تبدیل شود.

این مسائل و مشکلاتی که ذکر کردم، نشانه ناامیدی نیست؛ بلکه بیانگر امیدواری است. چون اگر امید نداشتیم نیازی به صحبت در مورد آنها نبود. من این مسائل را بیان کردم تا توجه بیشتری به آنها جلب شود و وضعیت آکادمیک بهبود یابد.

موضوع دیگری که باید اشاره کنم، بحث انزوای علمی است. به نظر می‌رسد که زمین‌شناسی ایران از نظر همکاری‌های علمی با کشورهای پیشرو، به عقب حرکت کرده است.

امیرعلی هاشمی نژاد با تلاش و پشتکار فراوان در مسیر علمی خود، نمونه‌ای از یک دانشجوی متعهد و علاقه‌مند است. امید است که او همچنان در مسیر خود موفق و پیشرو باشد. جامعه علمی و دانشجویی ما به افرادی چون او نیاز دارد؛ کسانی که با اشتیاق و انگیزه، به پیشرفت علمی کشور کمک کنند. آرزوی موفقیت‌های بیشتر برای امیرعلی در آینده‌ای روشن و پر از دستاوردهای علمی داریم.

ناامیدی و بی‌انگیزگی نسبت به پیشرفت فردی در داخل کشور، در میان دانشجویان موج می‌زند. قبولی در رشته زمین‌شناسی برای بسیاری از دوستان، عملاً یک شکست تلقی می‌شود.

سیستم چینش دروس در مقطع کارشناسی زمین‌شناسی ایران با بسیاری از کشورهای پیشرفته تفاوت دارد. به نظر می‌رسد که مطالب درسی در ایران پراکنده و زیاد است. در دانشگاه‌های مطرح جهانی، فرصت‌های تخصصی شدن بیشتری وجود دارد. در زمینه فیلد نیز مشکلاتی داریم. آنچه در شیوه‌نامه‌ها برای فیلد ذکر شده در دانشگاه‌ها غالباً رعایت نمی‌شود. بسیاری از اوقات دانشکده‌ها با فیلدها موافقت نمی‌کنند به دلیل اینکه گفته می‌شود بودجه لازم برای آن کافی نیست. فاصله‌ای با استانداردهای جهانی داریم. به یاد دارم که در المپیاد جهانی در چین، برای مطالعه لس‌های مربوط به فلات لسی چین، به ما که دانش‌آموز بودیم، دستگاه XRF سیار داده شد و به راحتی از آن استفاده کردیم، اما حتی در سطوح بالای دانشگاهی در ایران، دستگاه XRF سیار در دسترس نیست.

همایش‌های داخلی همواره از اهمیت زیادی برخوردارند چرا که مکان‌هایی برای به اشتراک‌گذاری پژوهش‌های نو و گردهمایی‌های سازنده هستند. ولی متأسفانه اهمیت واقعی که باید به آنها داده شود، داده نمی‌شود. برای مثال، برای یک مقاله همایشی، امتیاز خیلی کمی قائل می‌شوند و بسیاری از پژوهشگران حاضر نیستند که مقالاتشان را در همایش‌های داخلی ارائه کنند. باید به همایش‌های داخلی توجه بیشتری شود.

قسمت دوم

زمین‌ها

از پالئوپروتروزوئیک
تا مزوپروتروزوئیک

امیرعلی عبدی

دانشجوی کارشناسی زمین‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی

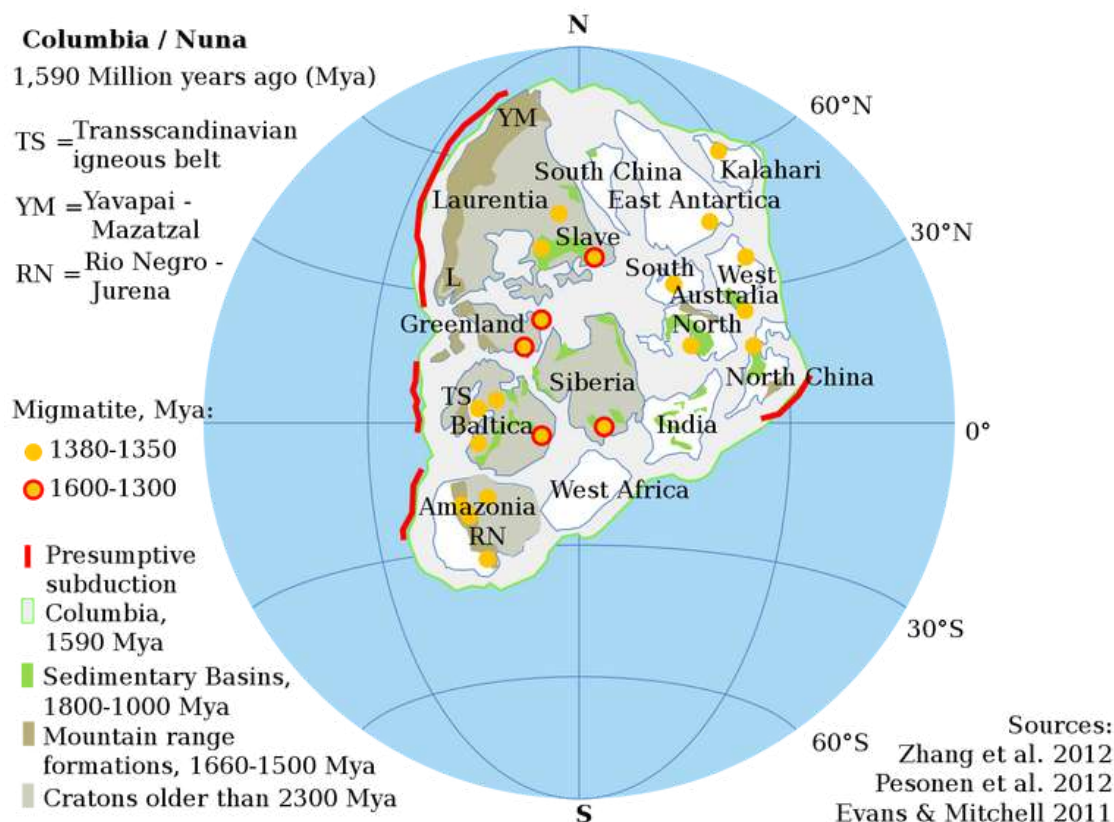


ابرقاره‌های نخستین:

از پیدایش نونا تا تکامل رودینیا

تشکیل ابرقاره‌ها: در پالئوپروتروزوئیک، قاره‌های اولیه (کراتون‌ها) از طریق رشد جانبی شروع به برخورد و تشکیل ابرقاره نونا (Nuna) یا کلمبیا (Columbia) کردند. این ابرقاره یکی از اولین ابرقاره‌های شناخته‌شده در تاریخ زمین است. شواهد زمین‌شناختی در مناطقی مانند هند، استرالیا و آمریکای شمالی نشان می‌دهد که این قاره‌ها در گذشته بخشی از ابرقاره نونا بوده‌اند. تشکیل این ابرقاره منجر به افزایش فعالیت‌های تکتونیکی و تشکیل رشته‌کوه‌های عظیم Wopmay Orogen شد. این فعالیت‌ها موجب افزایش سطح خشکی‌های زمین شدند. به‌عنوان مثال، تشکیل کوه‌های قدیمی در منطقه لاورنتیا (Laurentia) در آمریکای شمالی به این دوران مربوط می‌شود. این رشته‌کوه‌ها در اثر برخورد صفحات تکتونیکی تشکیل شدند و نشان‌دهنده فعالیت‌های شدید زمین‌شناختی در این دوران هستند.

ابردوران پروتروزوئیک، که به معنای حیات ابتدایی است، حدود ۲ میلیارد سال از تاریخ زمین را در بر می‌گیرد. این ابردوران به سه دوران تقسیم می‌شود که شامل پالئوپروتروزوئیک (۲.۵ تا ۱.۶ میلیارد سال پیش)، مزوپروتروزوئیک (۱.۶ تا ۱ میلیارد سال پیش) و نئوپروتروزوئیک (۱ میلیارد تا ۵۴۰ میلیون سال پیش) است. دوران پالئوپروتروزوئیک و مزوپروتروزوئیک از مهم‌ترین دوران‌های تاریخ زمین هستند که در آن‌ها تحولات عمده‌ای در سطح زمین و اقیانوس‌ها رخ داده است. در این دوران‌ها شاهد شکل‌گیری اولین ابرقاره‌ها، تکامل حیات و حرکت آن به‌سوی پیچیده‌تر شدن، تغییرات چشمگیر در ترکیب جو زمین و تکوین جریان‌های همرفتی درونی (convection) هستیم که همگی این موارد باعث رخ دادن چند رویداد مهم، از جمله یخبندان بزرگ، نهشته‌های مهم و... شدند. در این مطلب به بررسی این تحولات و تأثیرات آن‌ها بر زمین می‌پردازیم و می‌بینیم که چگونه این تغییر و تحولات، سیاره ما را به سوی شکل امروزی خود سوق داده است.

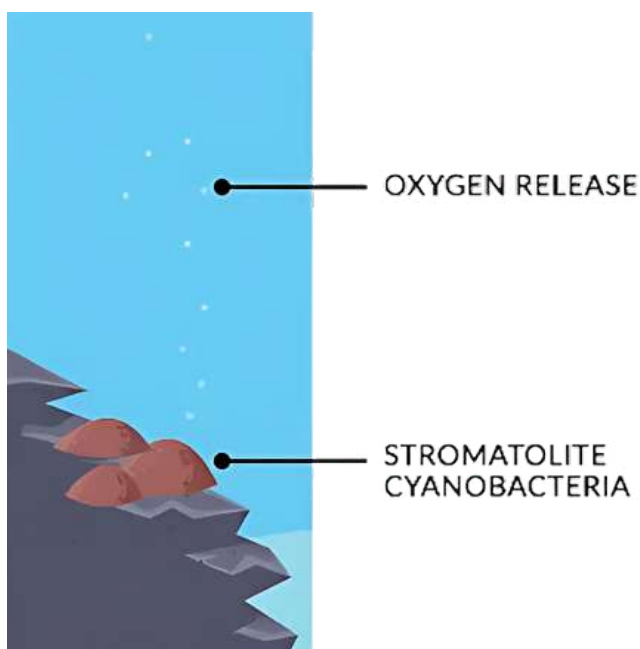


انقلاب اکسیژنی و طلوع حیات پیچیده: از انقراض بی‌هوازی‌ها تا ظهور یوکاریوت‌ها

حدود ۲.۴ میلیارد سال پیش، با افزایش فتوسنتز توسط سیانوباکتری‌ها، سطح اکسیژن جو زمین به‌طور چشمگیری افزایش یافت. این رویداد که به رویداد بزرگ اکسیژنی (Great Oxygenation Event) معروف است، منجر به انقراض بسیاری از گونه‌های بی‌هوازی و ایجاد شرایط برای تکامل گونه‌های هوازی شد. نشانه‌های این رویداد بزرگ را می‌توان در تشکیلات رسوبات آهن نواری (Banded Iron Formations یا BIFs) مشاهده کرد که در این دوران تشکیل شده‌اند و افزایش اکسیژن در اقیانوس‌ها را نشان می‌دهند. این رسوبات از لایه‌های متناوب اکسید آهن و سیلیس تشکیل شده‌اند و به عنوان شواهدی از تغییرات شیمیایی اقیانوس‌ها در پالئوپروتروزوئیک محسوب می‌شوند.

تکامل ابرقاره نونا: این ابرقاره در طول مزوپروتروزوئیک به‌تدریج از هم گست و قاره‌های کوچک‌تری را تشکیل داد. شواهد زمین‌شناختی از منطقه بالتیکا (Baltica) در اروپای شمالی نشان می‌دهد که این قاره در این دوران از ابرقاره نونا جدا شده است. جدایش بخش دیگری از قاره نونا موجب تشکیل قاره رودینیا (Rodinia) شد. این جدایش‌ها منجر به تشکیل حوضه‌های اقیانوسی جدید و تغییرات عمده‌ای در سطح زمین شدند. در این دوران، سنگ‌های رسوبی و دگرگونی به‌صورت گسترده تشکیل شدند که نشان‌دهنده فعالیت‌های تکتونیکی و فرسایشی شدید است. نمونه‌ای از این فعالیت‌ها، سنگ‌های دگرگونی منطقه گرینویل (Grenville) در کانادا است که از این دوران به‌جا مانده‌اند. فعالیت‌های تکتونیکی شدید در این دوران موجب دگرگون شدن بخشی از سنگ‌های تشکیل شده شدند.

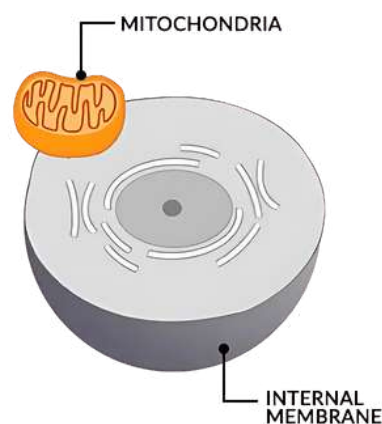
در همین دوران، رسوبات آلی منجر به تشکیل اولین سوخت‌های فسیلی شدند. رسوبات نفتی در منطقه آتاباسکا (Athabasca) در کانادا به این دوران مربوط می‌شوند. این رسوبات، شواهدی بر وجود مواد آلی فراوان در اقیانوس‌ها در مزوپروتروزوئیک هستند.



تغییرات شیمیایی و آب‌وهوایی در پروتروزوئیک:
یخبندان‌های گسترده
تأییدش حوضه‌های اقیانوسی جدید

افزایش اکسیژن در محیط اقیانوسی زمین موجب تغییرات شیمیایی اقیانوس‌ها و تشکیل رسوبات آهن نواری شد. به عنوان مثال، رسوبات آهن نواری در منطقه همپلتون (Hamilton) در کانادا از این دوران به‌جا مانده‌اند. این رسوبات شرایط خاص اقیانوسی در پالئوپروتروزوئیک را نشان می‌دهند؛ در آن دوره که اکسیژن فراوان بود، آهن محلول در آب با اکسیژن ترکیب شده و به صورت اکسید آهن رسوب کرده است.

در همین دوران، اولین یوکاریوت‌ها (سلول‌های پیچیده‌تر با هسته) ظاهر شدند. یوکاریوت‌های ابتدایی زندگی انگلی داشتند و فاقد میتوکندری در ساختار خود بودند. فسیل‌های میکروسکوپی یافت‌شده در سنگ‌های این دوران، مانند *Grypania spiralis*، وجود یوکاریوت‌ها را اثبات می‌کنند. این تکامل زیستی با غلبه یوکاریوت‌ها بر پروکاریوت‌ها رخ داد که عوامل مختلفی در آن تأثیرگذار بودند؛ افزایش نیتрат در آب اقیانوس‌ها به‌عنوان یک ماده مغذی و آغاز دفن کربن به‌صورت کربنات ازجمله این عوامل بودند. این فسیل‌ها در رسوبات آهن نواری نیز یافت شده‌اند و ارتباط بین تکامل حیات و تغییرات شیمیایی اقیانوس‌ها را به نمایش می‌گذارند. استروماتولیت‌ها نیز به دلیل افزایش مساحت فلات قاره (به علت رشد کراتون‌ها) به شکوفایی رسیدند.



در دوران مزوپروتروزوئیک، یوکاریوت‌ها به شکل‌های پیچیده‌تری تکامل یافتند و احتمالاً اولین اشکال پرسلولی نیز ظاهر شدند. یوکاریوت‌های ابتدایی سلول‌های دیگر را می‌بلعیدند و با هضم‌نشدن این سلول‌های بلعیده‌شده، آن‌ها به میتوکندری تبدیل شدند. همچنین، با بلعیدن سیانوباکتری‌ها توسط آغازین‌ها یا پروتیست‌ها (Protists)، سیانوباکتری‌ها به کلروپلاست تبدیل شدند و اولین سلول‌های گیاهی شکل گرفتند. از تکامل تک‌سلولی‌های دارای میتوکندری و کلروپلاست، پرسلولی‌های گیاهی پدیدار شدند. فسیل‌های *Bangiomorpha pubescens* که در سنگ‌های این دوران یافت شده‌اند، نشان‌دهنده وجود جلبک‌های چندسلولی هستند. سیانوباکتری‌ها در این دوران به تدریج رو به کاهش رفتند.

PROTEROZOIC EON

e e e e e



تغییرات عمده این دوران‌های عظیم زمین‌شناختی بود که زمین و محیط آن را گام به گام به شرایط امروزی نزدیک می‌کرد و سیاره ما با استفاده از فرایندهای مختلف، پویایی خود را در تمامی جنبه‌ها حفظ می‌کرد و گسترش می‌داد. داستان تفکربرانگیزی که در عمر ۴.۶ میلیارد ساله سیاره ما نهفته است، رازهای بسیاری را با خود همراه دارد که با کشف و رمزگشایی هر یک از آنها، گویا دریچه‌ای به حال و آینده باز می‌شود. چه زیباست این قصه خانه ما و تمامی موجوداتی که نیاکان ما بودند و همراه ما هستند!

منابع:

1. Condie, K. C. (2016). *Earth as an Evolving Planetary System*. Academic Press.
2. Hoffman, P. F. (1999). The break-up of Rodinia, birth of Gondwana, true polar wander and the snowball Earth. *Journal of African Earth Sciences*, 28(1), 17-33.
3. Lyons, T. W., Reinhard, C. T., & Planavsky, N. J. (2014). The rise of oxygen in Earth's early ocean and atmosphere. *Nature*, 506(7488), 307-315.
4. دکتر انوشیروان لطفعلی کنی (1401-1400). پروتروزوئیک. جزوه زمین‌شناسی تاریخی

در کنار این تغییرات شیمیایی، زمین در پالئوپروتروزوئیک شاهد وضعیت آب‌وهوایی و یخبندان‌های گسترده بود که مهم‌ترین آن یخبندان هورونین (Huronian Glaciation) است. این یخبندان که حدود ۲.۳ میلیارد سال پیش رخ داد، تحت تأثیر افزایش اکسیژن در جو و کاهش متان، اثر گلخانه‌ای را کاهش داد و موجب افت دمای شدید زمین شد. شواهد زمین‌شناختی از رسوبات یخچالی در مناطقی مانند آفریقای جنوبی و آمریکای شمالی نشان‌دهنده گسترش یخ‌ها تا نزدیکی استوا هستند. این یخبندان‌های گسترده تأثیر چشمگیری بر اکوسیستم‌های اولیه زمین و اقیانوس‌ها داشتند.

در مزوپروتروزوئیک، برخلاف دوران قبل، زمین وارد دوره‌ای با ثبات نسبی آب‌وهوایی شد. شواهد زمین‌شناختی، از جمله رسوبات تبخیری در منطقه آمازون نشان می‌دهند که این دوران دارای شرایطی گرم و خشک بوده است. این رسوبات، نتیجه تبخیر شدید آب اقیانوس‌ها و تشکیل نمک‌ها بوده‌اند. همچنین در این دوران، تشکیل حوضه‌های اقیانوسی جدید در اثر جدا شدن ابرقاره نونا رخ داد. از جمله این حوضه‌ها، حوضه اقیانوسی رودینیا (Rodinia) بود که در مزوپروتروزوئیک شکل گرفت. این تغییرات باعث دگرگونی جریان‌های اقیانوسی و آب‌وهوای زمین شدند و محیط‌های کم‌عمقی را به وجود آوردند که برای گسترش یوکاریوت‌ها مناسب بودند.

مدیریت منابع آبی در مکران

رویکردی به سوی پایداری

فاطمه اسماعیلی

دانشجوی کارشناسی زمین‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی

موانع و چالش‌ها

چرا این منطقه با بحران مواجه است؟

منطقه مکران، با اقلیم خشک و نیمه‌خشک خود، از گذشته تا امروز با چالش‌های متعددی در تأمین منابع آبی روبه‌رو بوده‌است. آب در این سرزمین، همواره عنصری حیاتی اما محدود بوده که بقای مردم و کشاورزی منطقه به آن وابسته است.

رودخانه‌های موقتی

منابع آب سطحی مکران شامل رودخانه‌های فصلی و سیلاب‌های ناگهانی است. رودخانه‌هایی همچون دشت، کاجو و باهوكلات از مهم‌ترین جریان‌های آب این منطقه به شمار می‌روند. با این حال، این رودخانه‌ها تنها در فصول پربارش جریان دارند و در دوره‌های خشکسالی تقریباً خشک می‌شوند، بنابراین نمی‌توان روی آن‌ها به‌عنوان یک منبع دائمی حساب کرد.

مکران در جنوب شرقی ایران و در حاشیه دریای عمان واقع شده‌است و از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. این منطقه از غرب به استان هرمزگان، از شرق به پاکستان، از شمال به کویر لوت و از جنوب به دریای عمان محدود می‌شود. مکران به دلیل موقعیت استراتژیک خود و قرارگیری در مسیر کریدورهای تجاری بین‌المللی، اهمیت اقتصادی و ژئوپلیتیکی بالایی دارد. همچنین، این منطقه دارای پتانسیل‌های معدنی و منابع طبیعی متعددی است که می‌تواند در توسعه اقتصادی نقش مهمی ایفا کند. علاوه بر این، سواحل مکران از نظر زمین‌شناسی فعال هستند و تحت تأثیر فرایندهای تکتونیکی و زلزله‌خیزی قرار دارند که نتیجه برخورد صفحه عربی و صفحه اوراسیا در این ناحیه است. منابع آبی در مکران عمدتاً شامل رودخانه‌های فصلی، آب‌های زیرزمینی و دریای عمان هستند، اما کمبود منابع آب شیرین یکی از چالش‌های اساسی این منطقه محسوب می‌شود.



برداشت بی‌رویه

چاه‌ها و قنات‌های منطقه به‌شدت مورد استفاده قرار گرفته‌اند و برداشت بی‌رویه باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی شده است. در برخی مناطق، این برداشت‌ها باعث شور شدن آب و از بین رفتن حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی شده است.

مدیریت نامناسب

کمبود سیستم‌های مدرن مدیریت منابع آبی و نبود برنامه‌ریزی اصولی، مشکلات را دوچندان کرده است. استفاده بهینه از آب، ساخت سدهای کارآمد، تصفیه و بازیافت آب، و توسعه روش‌های نوین آبیاری از جمله اقداماتی است که می‌تواند به کاهش بحران آب در مکران کمک کند.

نجات آب در مکران

راهکارهایی برای عبور از بحران

کشاورزی هوشمند، بهره‌وری بالا با مصرف کمتر

یکی از اصلی‌ترین مصرف‌کنندگان آب در مکران، بخش کشاورزی است. استفاده از روش‌های مدرن آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای و تحت فشار، می‌تواند مصرف آب را کاهش داده و در عین حال، بهره‌وری محصولات کشاورزی را افزایش دهد.

آب‌های زیرزمینی در معرض تهدید

در کنار آب‌های سطحی، منابع زیرزمینی مانند چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌ها از دیگر منابع آبی مکران هستند. اما بارش کم و تبخیر شدید، باعث کاهش سطح آب‌های زیرزمینی شده است. برداشت بی‌رویه نیز این منابع را در معرض خطر شور شدن و کاهش کیفیت قرار داده است که به‌ویژه در بخش کشاورزی بحران‌ساز شده است.

بارش کم در سرزمینی خشک و نیمه‌خشک

میانگین بارش سالانه در مکران کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر است، که به هیچ وجه پاسخگوی نیازهای منطقه نیست. بیشترین میزان بارندگی در تابستان، تحت تأثیر بادهای موسمی رخ می‌دهد، اما این بارش‌های مقطعی نمی‌توانند منابع آبی پایدار را ایجاد کنند.

میزان تبخیر

شرایط اقلیمی گرم و رطوبت پایین، موجب افزایش میزان تبخیر شده است. این پدیده نه تنها ذخایر آب سطحی را کاهش می‌دهد، بلکه بر منابع زیرزمینی نیز تأثیر منفی گذاشته و موجب فرونشست زمین در برخی نواحی شده است.



فرهنگ‌سازی و آموزش، تغییر رفتار برای آینده‌ای پایدار

یکی از مهم‌ترین اقدامات برای مدیریت بهتر آب، آموزش و آگاهی‌بخشی به مردم، به‌ویژه کشاورزان، در مورد روش‌های بهینه مصرف آب است. تغییر الگوهای مصرف، می‌تواند تأثیر شگرفی در کاهش بحران آب منطقه داشته باشد.

منطقه مکران با وجود موقعیت استراتژیک و منابع طبیعی ارزشمند، با چالش‌های جدی در زمینه تأمین و مدیریت منابع آبی روبه‌رو است. کمبود بارش، تبخیر شدید، برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و ضعف در مدیریت منابع آب، از مهم‌ترین مشکلات این منطقه محسوب می‌شوند. دستیابی به یک مدیریت کارآمد و پایدار در حوزه آب نه تنها برای توسعه کشاورزی و سکونت در این منطقه ضروری است، بلکه می‌تواند زمینه‌ساز رشد اقتصادی و افزایش ظرفیت‌های سرمایه‌گذاری در مکران شود و نقش مهمی در آینده این منطقه ایفا کند.

منبع:

محمودی، پ.، طاوسی، ت.، و شاه‌وزئی، ع. ر. (۱۳۹۴). خشکسالی و تأثیر آن بر کیفیت منابع آب سطحی در استان سیستان و بلوچستان. پژوهش آب در کشاورزی، ۲۹(۱)، ۱۲۷-۱۳۸.

کنترل منابع زیرزمینی

برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، موجب کاهش سطح آب و شور شدن آن شده است. برای مدیریت بهتر این منابع، اقداماتی مانند محدودیت در حفر چاه‌های جدید، نظارت دقیق بر برداشت چاه‌های موجود و احیای قنات‌های قدیمی، ضروری است.

بهره‌گیری از آب‌های جابگزین

در شرایط کم‌آبی، استفاده از آب‌های نامتعارف مانند آب‌های شور و تصفیه‌شده، می‌تواند به تأمین بخشی از نیازهای منطقه کمک کند. توسعه فناوری‌های نمک‌زدایی و استفاده از پساب‌های تصفیه‌شده برای مصارف کشاورزی و صنعتی، از جمله راهکارهای مؤثر در این زمینه است.

سدسازی هوشمند

ایجاد سدها و مخازن ذخیره آب، نه تنها به کنترل و مدیریت بهتر منابع آب سطحی کمک می‌کند، بلکه از هدررفت آب به دلیل تبخیر جلوگیری کرده و در زمان خشکسالی، ذخایر مطمئن‌تری برای مصرف فراهم می‌کند.



استفاده از سوخت‌های فسیلی در طی سال‌ها تا جایی گسترش پیدا کرده است که در حال حاضر به عنوان اصلی‌ترین منبع انرژی در دنیا شناخته می‌شود و تقریباً تمام زیرساخت‌های انرژی، صنعتی و اقتصادی دنیا بر مدار این سوخت می‌گردد. بر اساس آمارهای منتشر شده آژانس بین‌المللی انرژی^۱، سوخت‌های فسیلی به ترتیب در صنایع تولید برق و گرما، حمل و نقل و فرایندهای شیمیایی به عنوان سوخت یا ماده اولیه بیشترین استفاده را دارند. آمارهای منتشر شده به خوبی نشان می‌دهند حدود ۸۰٪ کل انرژی موردنیاز دنیا توسط سوخت‌های فسیلی تامین می‌شوند. مدل‌های آماری گسترش پیدا کرده توسط آژانس بین‌المللی انرژی با اطمینان بالایی نشان می‌دهند تا سال ۲۰۳۰ این میزان به ۷۳٪ کاهش پیدا خواهد کرد. تئوری انتشار خالص صفر^۲ که با خوشبینانه‌ترین حالت ممکن توسعه پیدا کرده است نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۵۰ بالغ بر ۶۲٪ انرژی دنیا از سوخت‌های فسیلی تامین خواهد شد.

تثبیت کربن دی‌اکسید

راهی برای نجات زمین

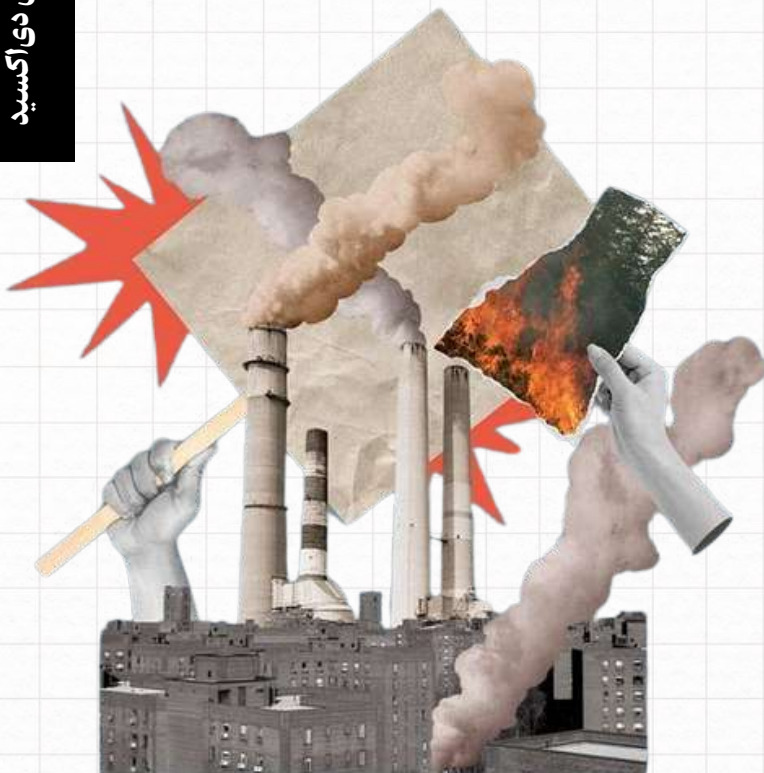
فرزام ناظری پور

دانشجوی مهندسی نفت دانشگاه تهران

1. International Energy Agency (IEA)

2. Net Zero Emission (NZE)

گازهای گلخانه‌ای و پیامدها



سوخت‌های فسیلی با سوختن خود گاز کربن دی‌اکسید را وارد اتمسفر می‌کنند، که به خاطر اثری که بر دمای زمین دارند با نام گاز گلخانه‌ای شناخته می‌شود. گازهای گلخانه‌ای مجموعه‌ وسیعی از گازها را شامل می‌شوند، مانند گازهای متان، فلوئور، نیتروژن اکسید و بخار آب. بیشترین میزان تولید گاز گلخانه‌ای توسط بشر، با اختلاف متوجه گاز کربن دی‌اکسید است. به همین علت، تقریباً تمامی گزارشات و تئوری‌های ارائه‌شده بر مبنای مقدار کربن دی‌اکسید یا مقدار معادل آن می‌باشند. برای مثال تئوری انتشار خالص صفر بر مبنای عدم ورود کربن دی‌اکسید به جو زمین است.

استفاده بیش از حد از سوخت‌های فسیلی موجب بالا رفتن غلظت کربن دی‌اکسید در جو نسبت به میزان طبیعی آن (تقریباً ۳۰۰ ppmv) شده است. افزایش میزان این نوع گازها در جو موجب شد میزان کمتری از گرمای زمین از آن خارج شده و اکثر آن در زمین متمرکز شود. اثر گاز گلخانه‌ای موجب افزایش دمای زمین به اندازه حدود ۱/۱ درجه سلیسیوس شده است. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده توسط سازمان ملل و ناسا این میزان افزایش دما می‌تواند در سال ۲۱۰۰ به ۴ درجه نیز برسد. تمامی تغییرات گزارش-شده بر مبنای مقدار آن در قرن ۱۹ می‌باشند. به این مبنای، میزان قبل از انقلاب صنعتی اطلاق می‌شود. افزایش دمای زمین، موجب ایجاد مشکلات و خساراتی مانند امواج گرمایی به شدت بالا، طوفان‌های عظیم، خشکسالی‌های درازمدت و آتشفشانی‌های وحشی شده است. بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی^۱ سالانه بیش از ۲۵۰۰۰۰ نفر به شکل مستقیم، به دلیل گرمایش زمین جان خود را از دست می‌دهند.

نه به گرمایش زمین!

کنفرانس اعضا^۲ در سال ۱۹۹۲ با هدف پیشبرد اهداف کنترل دمای زمین توسط سازمان ملل تاسیس شد. این سازمان وظیفه دارد سیاست‌های کلی را برای اعضا که تقریباً همه کشورهای دنیا عضو آن هستند. مشخص کند و منابع خود را در اختیار اعضا قرار دهد و آن‌ها را در رسیدن به اهداف اقلیمی یاری دهد. هدف کلی تعیین‌شده توسط این سازمان نگه داشتن دما زیر ۱/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

پیش‌درآمدی بر

جمع‌آوری، انتقال و ذخیره‌سازی کربن دی‌اکسید

آمارهای مختلف نشان می‌دهند، سوخت‌های فسیلی تا مدت طولانی اصلی‌ترین منبع انرژی بشر باقی خواهند ماند (حداقل تا سال ۲۰۵۰). در دسترس بودن، ارزان بودن و شناخته‌شده‌تر بودن و همچنین وجود زیرساخت‌های مناسب این اجازه را به سوخت‌های فسیلی داده است تا سال‌ها غیرقابل جایگزین باقی بمانند. برای به حداقل رساندن آثار مخرب از سوخت‌های فسیلی لازم است روشی پیشنهاد شود تا با اهداف توسعه پایدار تعریف شده سازمان ملل همخوانی داشته باشد.

یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی، جداسازی کربن دی‌اکسید از صنایع و منابع مربوط به انرژی، انتقال آن به مکان‌های ذخیره‌سازی و ذخیره‌سازی آن برای مدت بسیار طولانی می‌باشد. این سیستم با اهداف تعریف‌شده کنفرانس اعضا همخوانی کامل دارد.

1. World Health Organization 2014 (WHO)

2. Conference of Parties (COP)



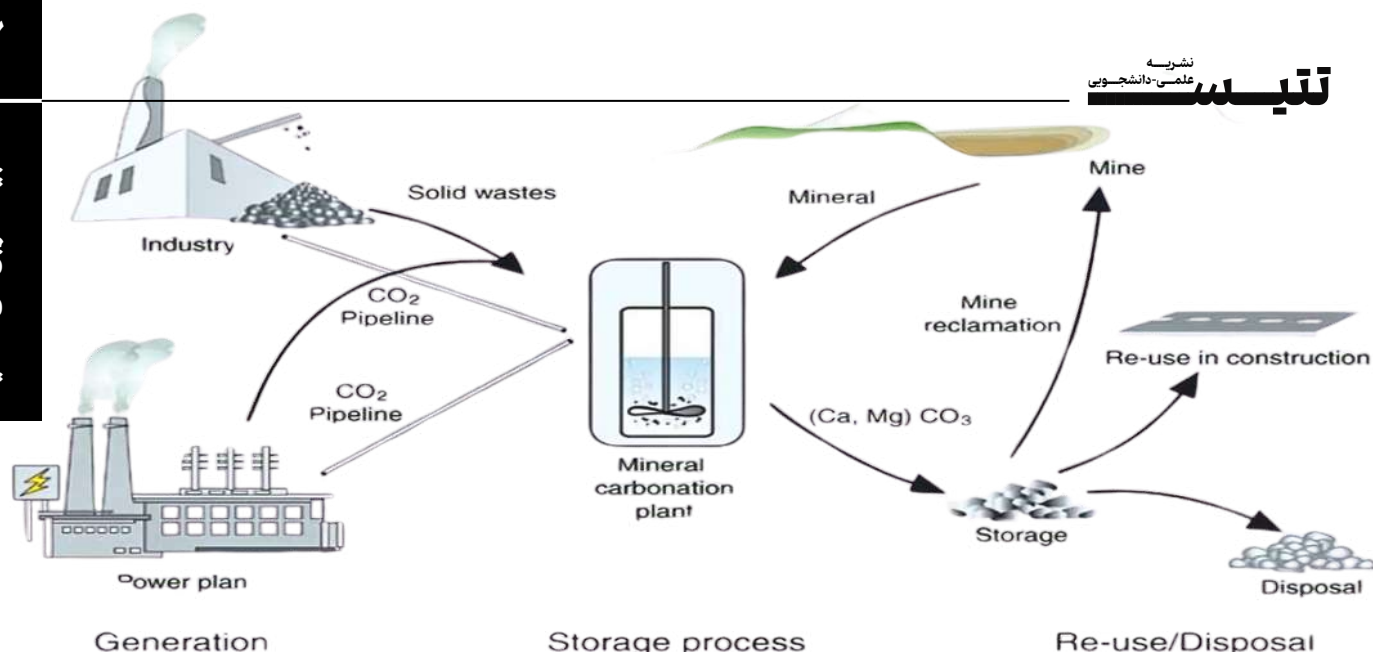
مشکل اصلی این روش هزینه بسیار بالا و عدم توسعه زیرساخت لازم برای اجرای آن به شکل و در مقیاس صنعتی می‌باشد. این روش در اواخر دهه ۱۹۶۰ همزمان با شکلگیری جنبش‌های کاهش گازهای گلخانه‌ای پیشنهاد شد. با وجود گذشت سال‌ها تحقیق و توسعه هنوز در مقیاس صنعتی اجرایی نشده است. هوازدهگی فرایندی است که در آن سنگ‌ها و کانی‌های تشکیل دهنده آن به دلیل فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تخریب یا حل می‌شوند. کربن دی اکسید از طریق فرایند شیمیایی وارد ساختار کانی‌های سنگ‌شده و ترکیب آن را عوض می‌کند. این شاهدهی بود که محققان و دانشمندان را به عنوان روشی برای ذخیره سازی کربن دی اکسید اتمسفر متوجه خود کرد. مشکل این فرایند سرعت بسیار پایین آن است که در مقیاس‌های زمین شناسی رخ می‌دهد. در همان ابتدا توجه اصلی بر روی افزایش سرعت واکنش بود، روشی که علاوه بر بهبود سرعت، اقتصادی نیز باشد.

این سیستم در حال حاضر تنها برای منابع کربن دی اکسید با تراکم بالا، مانند نیروگاه‌های تولید برق، کارخانه‌های تولید سیمان، پالایشگاه‌ها و صنایع فولاد قابل اجرا است. ایده‌هایی برای جداسازی کربن دی اکسید از منابع باتراکم بسیار پایین مانند اتوموبیل‌ها، منازل و کشتی‌ها ارائه شده است. پراکندگی این منابع باعث افزایش هزینه جداسازی شده و آن را از امری با صرفه اقتصادی خارج می‌کند. پس از جداسازی کربن دی اکسید از سایر گازهای تولیدی، گاز تا رسیدن به چگالی با صرفه اقتصادی متراکم شده و سپس به مراکز ذخیره‌سازی منتقل می‌شود. بر اساس درصد خلوص جداسازی (بین ۸۰ تا ۹۵ درصد) قبل از انتقال تعدادی فرایندهای ترمیمی روی گاز انجام می‌شود تا از مشکلاتی مانند خوردگی و تولید هیدرات (برفک) جلوگیری شود. متداول‌ترین شکل انتقال، خط لوله می‌باشد. به دلیل متداول بودن انتقال گازهای طبیعی در صنعت نفت و گاز، این حوزه به بلوغ کافی رسیده است. حمل با کشتی شکلی از انتقال است که تنها برای انتقال به مراکز بسیار دور استفاده می‌شود. مخازن نفت و گاز (تولید شده یا تزریق جهت ازدیاد برداشت)، معادن غیرقابل برداشت ذغال سنگ، سازندهای عمیق نمکی، اقیانوس‌ها و به دام انداختن کربن دی اکسید در کربناته‌های غیرآلی (معدنی) مکان‌های ذخیره‌سازی کربن دی اکسید برای مدت طولانی هستند. دو تا از مهمترین معیارهای ارزیابی و مقایسه این شکل‌های ذخیره‌سازی هزینه و درصد حفظ کربن دی اکسید ذخیره‌سازی شده در مدت بسیار طولانی است.

از میان گزینه‌های موجود، ذخیره‌سازی در اقیانوس‌ها و کربناته‌های غیرآلی کمترین توجه را به خود جلب کرده‌اند. این روش‌ها برخلاف سایر حوزه‌ها، هنوز در فاز آزمایشگاهی به سر می‌برند. گفتنی است که چند پروژه آزمایشی به شکل مشترک^۱ تزریق اقیانوس نیز اجرایی شده است.

به دام انداختن کربن دی اکسید در کربناته‌های غیرآلی

ذخیره‌سازی کربن دی اکسید در کربناته‌های غیرآلی، برخلاف سایر روش‌های نامبرده شده، کربن را به شکل ابدی از اتمسفر ایزوله خواهد کرد.



انرژی بر بودن و محدود بودن آن است؛ برای مثال اگر دمای کلسیم کربنات به بیش از ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد، برعکس واکنش مطلوب رخ خواهد داد. استفاده از اسید و باز و همچنین جداکننده‌های گروه سیلیکات نیز پیشنهاد شده‌اند. پس از انجام واکنش و تهیه محصول نهایی، مسئله محل ذخیره‌سازی مطرح می‌شود. یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی استفاده از سنگ‌های تولیدی به منظور ترمیم معادن استخراج‌شده است تا اثر زیست‌محیطی آن به حداقل برسد. گزینه بعدی، به کار بردن آن در زیرساخت خیابان‌ها، جاده‌ها و ساختمان‌ها است.

نتیجه‌گیری

خواه یا ناخواه، سوخت‌های فسیلی تا حداقل به مدت ۵۰ سال دیگر بیش از نیمی از نیازهای انرژی بشر را تأمین خواهند کرد. پس باید بتوانیم با روش‌هایی آثار زیست‌محیطی آن را به حداقل میزان ممکن برسانیم. در صورت کاهش هزینه ذخیره‌سازی کربن دی‌اکسید در سنگ‌های کربناته، این روش می‌تواند نقش مهمی در گذر از دوران سوخت‌های فسیلی را بازی کند.

منابع:

1. International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2024; CO₂ Emissions 2022; Oil Market Report – March 2025; Electricity Demand 2025. www.iea.org
2. Our World in Data. Global Energy Consumption by Source; Energy Mix. www.ourworldindata.org
3. UNEP & WMO – IPCC. Special Report: Carbon Dioxide Capture and Storage.
4. Frontiers in Climate; Nature. Scientific studies on enhanced weathering and CO₂ sequestration in silicate rocks

در این واکنش نیاز به یک فلز، کربن دی‌اکسید و شرایط مناسب واکنش است. مهم‌ترین گروه‌های فلزی مورد توجه محققان در حال حاضر فلزات قلیایی و قلیایی‌خاکی هستند. یکی از گسترده‌ترین انواع هوازدگی شیمیایی برای به‌دام‌انداختن کربن دی‌اکسید، ایجاد کانی‌های کربناته‌ای مثل کلسیم کربنات و منیزیم کربنات است. به دلیل واکنش‌پذیری بالای این فلزات (کلسیم و منیزیم)، معمولاً به شکل کانی‌های سیلیکاته در طبیعت یافت می‌شوند. کانی‌های سیلیکاته مورد استفاده الیون، سرپانتین، ولاستونیت، تالک، لیزاردیت و انتی‌گورایت هستند. با هدف کاهش هزینه‌ها و برطرف کردن آسیب‌های محیط‌زیستی ناشی از استخراج کانی‌های سیلیکاته، استفاده از پسماندهای قلیایی صنعتی، چون فولاد به‌عنوان منبعی جایگزین پیشنهاد شده است.

این واکنش به دو شکل مستقیم و غیرمستقیم قابل انجام است. در روش مستقیم کربن دی‌اکسید به شکل مستقیم به سنگ‌های حاوی کانی‌های سیلیکاته تزریق می‌شود. این روش هنوز در حد یک تئوری باقی مانده و تکنولوژی برای اجرا کردن آن توسعه نیافته است. در روش غیرمستقیم، کربن دی‌اکسید و کانی سیلیکاته در یک محیط پایه آبی حل می‌شوند. پس از جداسازی فلز از سیلیکات، فلز با اسید حاصل از انحلال کربن دی‌اکسید واکنش داده و کانی کربناته حاصل ته‌نشین می‌شود. به روش غیرمستقیم فرایند خیس^۱ نیز گفته می‌شود.

در این روش مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده سرعت واکنش جداسازی فلز از سیلیکات است. به این منظور دو روش فعال‌سازی کانی و اضافه کردن افزودنی‌های محلول معرفی شده‌اند. برای فعال‌سازی کانی دو روش، ترمیم گرمایی و خردکردن استفاده می‌شوند. مشکل این روش‌ها،

گزارشی از چهل و سومین گردهمایی علوم زمین

تهیه کننده:

میثا مهرپناه

دانشجوی کارشناسی زمین‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی

تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۳۰ بهمن - ۱ اسفندماه ۱۴۰۳



مدیرعامل شرکت، به امضا رسید.

سیس طبق برنامه، اولین بخش سخنرانی‌های علمی با ریاست دکتر جعفر عمرانی و دکتر بهمن سلیمانی آغاز شد. اولین سخنرانی توسط جناب آقای دکتر عزت ا. رئیس اردکانی، استاد تمام دانشگاه شیراز، با موضوع چالش‌های کاربرد هوش مصنوعی در ایران با نگاهی به حل بحران آب ارائه شد. سخنرانی بعد را جناب آقای دکتر اصغر شعله، مشاور ارشد بین‌المللی اکتشاف منابع معدنی، با موضوع باروری پورفیری ماگما، رویکردی نوین در اکتشاف منابع معدنی کمربند پورفیری کرمان ارائه دادند.

پس از آن به ترتیب سخنرانی‌ها با موضوعات اهمیت هوش مصنوعی در حوزه علوم زمین توسط جناب آقای دکتر سعید سرافراز، رئیس مرکز ملی هوش مصنوعی ایران، موضوع «مخاطرات طبیعی و کم‌آبی: گذار از چالش‌ها و سازگاری در دنیایی در حال تغییر» توسط جناب آقای دکتر رضا شهبازی، مدیرکل دفتر بررسی مخاطرات زمین‌شناسی، مهندسی و زیست محیطی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، موضوع «مگنتوتلوریک ابزاری ارزشمند در مراحل مختلف اکتشاف؛ بررسی یک مطالعه ناحیه‌ای در استان کرمان» توسط جناب آقای دکتر مهدی محمدی‌ویژه، هیئت علمی پژوهشکده علوم زمین و موضوع «هیدروژن سفید و سرزمین‌های افیولیتی در ایران!» توسط جناب آقای دکتر حمید نظری، هیئت علمی پژوهشکده علوم زمین، ارائه شدند.

چهل و سومین گردهمایی علوم زمین در روزهای سه‌شنبه و چهارشنبه ۳۰ بهمن و ۱ اسفندماه ۱۴۰۳ در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در شهر تهران برگزار گردید. در این گردهمایی با حضور استادان، مدیران، کارشناسان، دانشجویان رشته زمین‌شناسی و علاقه‌مندان عرصه علوم زمین و معدن، تعدادی مقاله به صورت سخنرانی و پوستر ارائه شد. این همایش با محوریت هوش مصنوعی برگزار شد و هدف اصلی آن، گردهم‌آمدن اساتید و تبادل تجربه آن‌ها بود.

روزاول

مراسم افتتاحیه، صبح سه‌شنبه ۳۰ بهمن در سالن اجتماعات ساختمان مهندس خادم سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، با قرائت قرآن و سرود جمهوری اسلامی ایران برگزار گردید. در این مراسم جناب آقای دکتر منصور قربانی به عنوان دبیر علمی گردهمایی، ضمن عرض خوش‌آمدگویی به حاضران، گزارشی از اهداف گردهمایی ارائه دادند و بر مزیت‌ها و چالش‌های علوم زمین اشاره داشتند. در ادامه معاون وزیر صمت و رئیس سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، جناب آقای دکتر داریوش اسماعیلی، سخنرانی خود را با ارائه برنامه‌های پیش‌روی سازمان و چالش‌های پیرامون آن، ایراد فرمودند. پس از سخنرانی ایشان، تفاهم‌نامه همکاری میان سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و شرکت معدنی و صنعتی چادرملو در حضور شرکت‌کنندگان، توسط دکتر اسماعیلی، رئیس سازمان، و جناب آقای فرید دهقانی،



فرهنگی موزه ملی ایران)، «بررسی عناصر راهبردی در کانه‌های پیریت و کالکوپیریت در کانسار مس پورفیری آبدار» توسط منصور عادل‌پور، «نخستین گزارش از بقایای مهره‌داران کواترنری منطقه بندرترکمن در جنوب شرق کاسپین» توسط امیرعلی هاشمی‌نژاد، «کاربرد سنجنده PRISMA جهت بارزسازی مناطق دگرسانی مرتبط با کانی‌زایی در جنوب کوه‌های جبال بارز» توسط فاطمه رهبری مقام، «کاربرد ماشین در اکتشاف مواد معدنی» توسط امیرعباس هوشنگ، «پیش‌بینی تبخیر ماهانه از مخزن سد با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین» توسط زهرا کی‌هومایون و «ردپاهای جدید ژئوشیمیایی در سناریو تکتونیکی اقیانوس تتیس در زاگرس، رویکردی جدید به پتروژنز افیولیت‌های منطقه حاجی‌آباد» توسط حبیب عبادی بودند. به‌صورت هم‌زمان نیز پوسترهای گردهمایی در سالن جلسات طبقه اول پژوهشکده سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارائه گردید.

اختتامیه

اختتامیه گردهمایی بعد از استراحت در زمان ناهار و نماز با پخش کلیپ خلاصه‌ای از فعالیت‌های هیئت علمی و اجرایی همایش برگزار شد. در ادامه جمع‌بندی دبیر اجرایی، جناب آقای دکتر علیرضا واعظی و سخنرانی پیشکسوتان زمین‌شناسی، جناب آقای مهندس محمدحسن نبوی و جناب آقای دکتر محمد هاشمی‌امامی انجام شد. این گردهمایی با تقدیر از برگزیدگان کتاب، مقاله و عکس برتر تقدیر به پایان رسید.

پس از استراحت یک ساعته در زمان نماز و ناهار، قسمت دوم گردهمایی با نشست دومین بخش سخنرانی‌های علمی با ریاست دکتر حمیدرضا ناصری و دکتر پیمان افضل آغاز شد. پس از بخش کلیپ پیشکسوتان علوم زمین، سخنرانی با موضوع ویژگی‌های نقشه ۱:۵۰۰۰ و نتایج بدست آمده مطالعات آن‌ها در طرح تحول زمین‌شناسی و اکتشافات ذخایر معدنی توسط جناب آقای دکتر علی جلالی، مدیر کلان پروژه قم مرکزی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، موضوع «مخاطرات ساحلی و دریایی: راهبردهای علمی و عملیاتی» توسط سرکار خانم دکتر راضیه لک رئیس پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، موضوع «مدل‌سازی سه‌بعدی سیستم‌های هیدروکربنی کرتاسه در ناحیه دزفول شمالی» توسط جناب آقای دکتر علی‌رضا جلالی کارشناس ارشد مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت، ارائه شدند. در ادامه کلیپ «پدیده‌های زمین‌شناسی آذربایجان غربی- ژئوتوریسم» پخش شد. سه سخنرانی انتهایی روز اول با موضوعات «ژئوپارک‌ها، توسعه پایدار و آمایش سرزمین؛ رویکردهای نوین با راهبری سازمان زمین‌شناسی کشور» توسط سرکار خانم دکتر نازنین بدری، مسئول امور پژوهش و مطالعات میراث زمین‌شناختی و ژئوپارک سازمان زمین‌شناسی، موضوع «مهره‌داران فسیل مراغه و اهمیت آن‌ها در دیرینه‌شناسی» توسط جناب آقای دکتر مجید میرزایی عطا آبادی، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان و موضوع نقش «زمین‌شناسی در منابع طبیعی با تاکید بر مارن‌ها در استان چهارمحال و بختیاری» توسط جناب آقای مهندس فرزاد رضازاده مدیر حوضه آبخیزداری کارون بزرگ ارائه شدند.

روز دوم

روز دوم گردهمایی با قرائت قرآن و سرود ملی آغاز شد و نشست دومین بخش سخنرانی‌های علمی با ریاست دکتر سروش مدبری و مهندس بهروز برنا در سالن اجتماعات ساختمان مهندس خادم برگزار گردید. در این نشست، ۹ سخنرانی ارائه شد. موضوعات شامل «اکتشافات ژرف در ایران مرکزی» توسط دکتر سروش مدبری (عضو هیئت علمی دانشکده‌گان علوم دانشگاه تهران)، «زمین‌شناسی مهندسی، چالش‌ها و آینده» توسط سید محمود فاطمی عقدا (استاد تمام دانشگاه خوارزمی)، «جست‌وجوی نئاندرتال‌ها در زاگرس» توسط دکتر فریدون بیگلری (معاون امور

مدل‌های ژئومکانیکی و کاربردهای آنها

ساناز سنائی

امیرعلی عبدی

دانشجوی کارشناسی زمین‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی

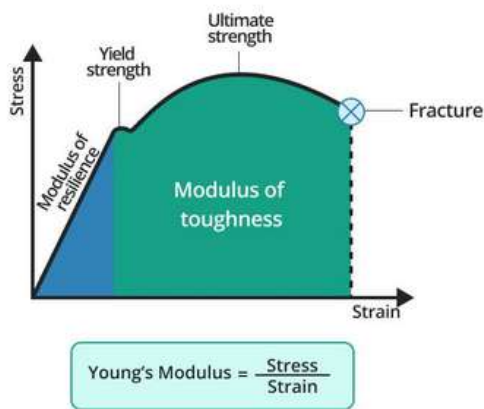
تاریخچه ژئومکانیک

در دوران باستان، سازه‌های ساخته شده از سنگ و خاک شاهدهی بر درک اولیه انسان از رفتار زمین بودند. معماران و مهندسان بدون بهره‌گیری از ابزارهای پیشرفته ریاضی، بر اساس تجربه‌های میدانی و آگاهی بومی، سازه‌هایی را طراحی می‌کردند که در شرایط مختلف بارگذاری عملکرد مناسبی داشته باشند. در دوران رنسانس مطالعات اولیه درمورد تنش‌ها و مقاومت مصالح به صورت هندسی آغاز شد. ژئومکانیک به‌عنوان یک شاخه علمی، ریشه‌های خود را در قرن نوزدهم میلادی و با تلاش‌های اولیه دانشمندان در درک رفتار مکانیکی مواد زمین‌شناسی پیدا کرد. در اوایل قرن نوزدهم، مطالعات زمین‌شناسان بر روی چین‌خوردگی‌ها، گسل‌ها و ساختارهای دیگر، پایه‌های اولیه ژئومکانیک را شکل داد. یکی از پیشگامان این حوزه، هنری دارسی (Henry Darcy) بود که در سال ۱۸۵۶ با ارائه قانون دارسی، مبانی جریان سیالات در محیط‌های متخلخل را پایه‌گذاری کرد. این قانون بعدها به‌عنوان یکی از مبانی مهم در ژئومکانیک و مهندسی نفت شناخته شد.

ژئومکانیک شاخه‌ای از علوم زمین است که به بررسی رفتار مکانیکی مواد زمین‌شناسی (سنگ‌ها و خاک) می‌پردازد. این علم با استفاده از اصول مکانیک جامدات و سیالات، به تحلیل تنش‌ها (Stress)، کرنش‌ها (Strain) و تغییر شکل‌های ایجاد شده در مواد زمین‌شناسی، تحت تأثیر نیروهای داخلی و خارجی می‌پردازد. حال مدل‌های ژئومکانیکی ابزارهایی هستند که به کمک آن‌ها می‌توان رفتار این مواد را در شرایط مختلف، پیش‌بینی و تحلیل کرد. این مدل‌ها در حوزه‌های مختلفی مانند اکتشاف معادن، مهندسی نفت و گاز، زلزله‌شناسی و مهندسی ژئوتکنیک کاربردهای گسترده‌ای دارند.



این رفتارها می‌تواند الاستیک یا برگشت‌پذیر، پلاستیک یا برگشت‌ناپذیر و یا ویسکوالاستیک که ترکیبی از دو حالت قبل است باشند. علاوه بر این، ژئومکانیک با زمین‌شناسی ساختاری ارتباط تنگاتنگی دارد؛ زیرا ساختارهای زمین‌شناسی مانند گسل‌ها و چین‌خوردگی‌ها نتیجه تنش‌ها و تغییر شکل‌های طولانی مدت هستند.



انواع مدل‌های ژئومکانیکی

یک مدل ژئومکانیکی مجموعه‌ای از روابط ریاضی و فیزیکی است که برای پیش‌بینی رفتار سنگ‌ها و سیالات و البته تنش‌ها در چاه استفاده می‌شود. این مدل‌ها به‌طور کلی به چند دسته تقسیم می‌شوند که هر یک برای شرایط خاصی طراحی شده‌اند.

مدل‌های تحلیلی

مدل‌های تحلیلی برای حل مسائل نسبتاً ساده با استفاده از معادلات ریاضی و اصول مکانیک محیط‌های پیوسته به کار می‌روند. در واقع مدل‌های تحلیلی زمانی کاربرد دارند که مسائل دارای هندسه ساده و شرایط مرزی مشخص باشد. به عنوان مثال، معادلات ترزاقی برای تحلیل نشست خاک‌های رسی از مدل‌های تحلیلی شناخته شده است. ویژگی‌های این معادلات سرعت بالا در حل مسائل و دقت مناسب است و از محدودیت‌های آن‌ها، چالش برای حل مسائل پیچیده (مثلاً محیط‌های ناهمگن) است. از مدل‌های تحلیلی می‌توان به مدل الاستیک خطی، مدل‌های پلاستیک، مدل‌های نشست خاک، مدل جریان آب زیرزمینی و... اشاره کرد.

در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، پیشرفت‌های قابل توجهی در درک رفتار مکانیکی سنگ‌ها و خاک‌ها حاصل شد. کارل ترزاگی (Karl Terzaghi)، پدر مهندسی ژئوتکنیک، در دهه ۱۹۲۰ با ارائه نظریه تحکیم خاک، نقش مهمی در توسعه ژئومکانیک ایفا کرد. کارهای ترزاگی اصول بسیاری از مدل‌های ژئومکانیکی مدرن را تشکیل داد. در همان دوره، جی. سی. جگر (J. C. Jaeger) و ان. جی. دبلیو. کوک (N. G. W. Cook) با انتشار کتاب مبانی مکانیک سنگ در سال ۱۹۶۹، چارچوب نظری جامعی برای این رشته ارائه کردند. این کتاب به‌عنوان یکی از مراجع اصلی در حوزه ژئومکانیک شناخته می‌شود.

در دهه‌های اخیر، پیشرفت‌های فناوری و توسعه روش‌های عددی مانند روش‌های FEM و Computational Fluid Dynamics تحول بزرگی در ژئومکانیک ایجاد کرده‌اند. این روش‌ها به دانشمندان و مهندسان اجازه می‌دهند تا رفتار مواد زمین‌شناسی را با دقت بیشتری مدل‌سازی و تحلیل کنند. امروزه ژئومکانیک به‌عنوان یک حوزه بین‌رشته‌ای از علوم زمین، مهندسی عمران، مهندسی نفت و مکانیک مواد بهره‌می‌برد و نقش کلیدی در حل چالش‌های پیچیده زمین‌شناسی و مهندسی ایفا می‌کند.

تعاریف و اصول بنیادی

مدل‌سازی ژئومکانیکی فرایند شبیه‌سازی رفتار مکانیکی سازندهای زمین با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی و مکانیک سنگ‌هاست که به پیش‌بینی رفتار سنگ‌ها در هنگام عملیات عمرانی می‌پردازد. ژئومکانیک بر پایه مفاهیم اساسی مکانیک مواد استوار است. تنش و کرنش دو مفهوم کلیدی در این زمینه هستند. تنش به نیروی وارد شده بر واحد سطح اشاره دارد، در حالی که کرنش تغییر شکل نسبی ماده در پاسخ به تنش اعمال شده است. رفتار مواد زمین‌شناسی تحت تأثیر خواص مکانیکی آن‌ها مانند مقاومت فشاری، مدول یانگ (Young's Modulus) و نسبت پواسون (Poisson's Ratio) قرار دارد. این پارامترها به‌طور مستقیم در مدل‌سازی‌ها استفاده می‌شوند تا رفتار مواد را در شرایط مختلف شبیه‌سازی کنند.



مدل‌های عددی

این مدل نیز محدودیت‌هایی دارد؛ فرض می‌شود که جهت سوم در مسائل ثابت است که در برخی مواقع این موضوع واقع‌بینانه نیست.

مدل‌های سه بعدی (3D Models)

این مدل‌ها تغییرات را در سه جهت اندازه می‌گیرند و دقیق‌ترین نوع مدل‌سازی هستند. از مدل‌های سه بعدی در بررسی پایداری سازه‌های پیچیده مانند سدها و معادن و شبیه‌سازی حفاری‌های نفتی و گازی استفاده می‌کنند. این مدل‌ها نیاز به محاسبات عددی پیچیده و زمان پردازش بالا دارند و همچنین داده‌های مورد استفاده در آنها باید از دقت بالایی برخوردار باشد.

کاربردهای مدل‌های ژئومکانیکی

معادن و اکتشافات معدنی

در فعالیت‌های معدنی، مدل‌های ژئومکانیکی برای تحلیل پایداری دیواره‌های معدن و پیش‌بینی ریزش‌های احتمالی استفاده می‌شوند. به‌عنوان مثال، در معدن مس سرچشمه، از مدل‌های ژئومکانیکی برای تحلیل پایداری دیواره‌های معدن روباز استفاده شده است. این تحلیل‌ها به مهندسان کمک می‌کنند تا بهترین روش‌های استخراج را انتخاب کنند و از حوادث ناگوار جلوگیری کنند. همچنین، در معادن زیرزمینی مانند معادن زغال‌سنگ، مدل‌های ژئومکانیکی برای پیش‌بینی رفتار سنگ‌ها در برابر فشارهای ناشی از استخراج استفاده می‌شوند.

صنعت نفت و گاز

در فعالیت‌های حوزه نفت و گاز، مدل‌ها برای تحلیل مخازن نفتی و پیش‌بینی رفتار سازندهای زیرزمینی به کار می‌روند. به‌عنوان مثال، در میدان نفتی آزادگان، از مدل‌های ژئومکانیکی برای تحلیل رفتار سازندهای نفتی تحت تأثیر فشارهای ناشی از استخراج استفاده شده است. این تحلیل‌ها موجب می‌شوند که روش‌های مناسب برای حفاری و استخراج را انتخاب کرده و از آسیب رساندن به مخازن جلوگیری شود.

از روش‌های مدل‌سازی عددی برای حل مسائل پیچیده مکانیک خاک و سنگ استفاده می‌کنند. در مواردی همچون شرایط مرزی پیچیده، رفتار غیرخطی مواد و هندسه نامنظم، مدل‌های عددی بسیار کاربردی هستند. از انواع آنها می‌توان به روش اجزای محدود (Finite Element Method/FEM) و روش تفاضل محدود (Finite Difference Method/FDM) اشاره کرد.

مدل‌های تجربی

مدل‌های تجربی بر اساس داده‌های آزمایشگاهی توسعه می‌یابند؛ مانند آزمایش سه محوری، برش مستقیم، آزمایش تک محوری، آزمایش نفوذپذیری و... در واقع در این نوع مدل‌سازی‌ها، داده‌ها تجربی هستند. از محدودیت‌های مدل‌های تجربی می‌توان به هزینه بالای آنها، تأثیرپذیری از شرایط محیطی و مقیاس آزمایش و محدودیت در تعمیم نتایج به شرایط واقعی در مقیاس بزرگ اشاره کرد.

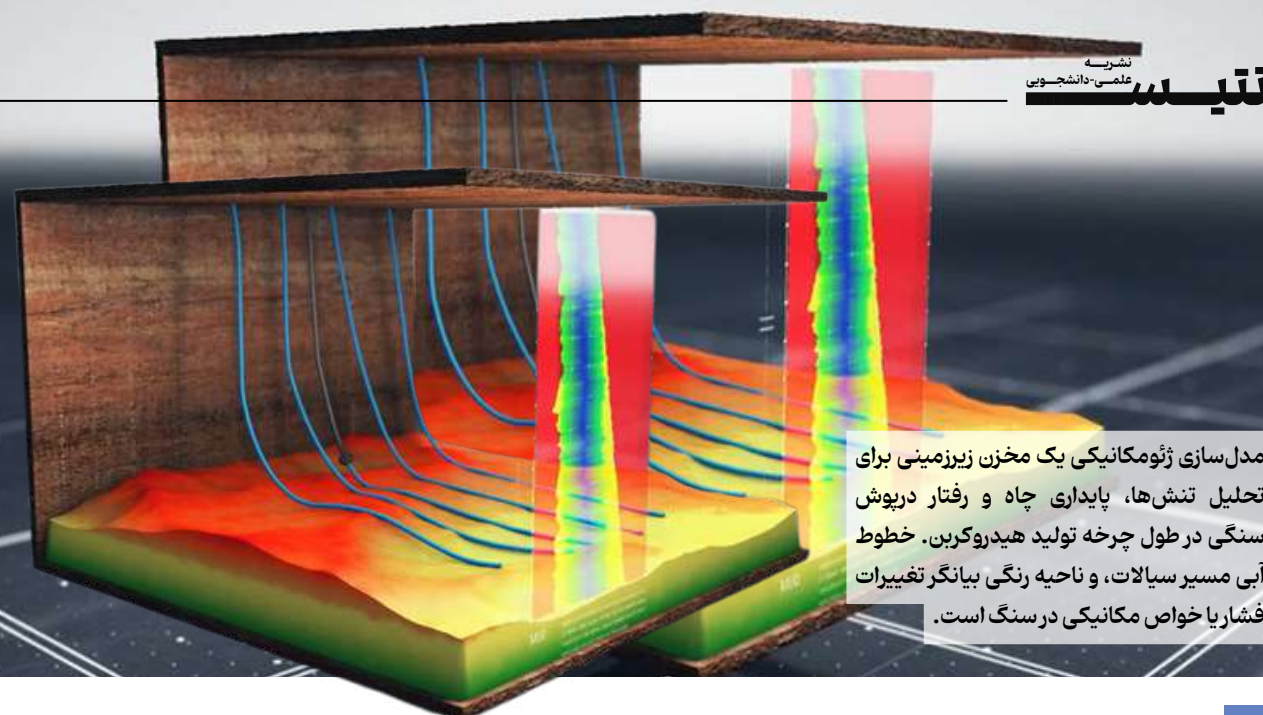
مدل‌های ژئومکانیکی از نظر ابعاد

مدل‌های یک بعدی (1D Models)

در این نوع مدل‌ها، تغییرات فقط در یک جهت (معمولاً عمق) در نظر گرفته می‌شوند. از این مدل‌ها در تحلیل نشست خاک و تحکیم خاک، بررسی تغییرات تنش و فشار منفذی در حفاری‌های نفتی و مدل‌سازی پروفایل تنش قائم در سدها و دیواره‌های حائل استفاده می‌شود. در مدل‌های یک بعدی نمی‌توانیم تغییرات جانبی و تغییر شکل را بررسی کنیم و همچنین برای سازه‌های پیچیده مناسب نیستند.

مدل‌های دو بعدی (2D Models)

همان‌طور که از نام این مدل‌ها پیداست تغییرات در دو جهت، بصورت صفحه‌ای، در نظر گرفته می‌شوند. از مدل‌های دو بعدی در تحلیل پایداری شیب‌ها و گودبرداری، تونل‌سازی و حفاری‌های عمیق و بررسی انتشار امواج زمین‌لرزه در سطح مقطع خاک استفاده می‌شود.



سنگ‌ها تحت تأثیر تغییرات دما استفاده شده است. این تحلیل‌ها به دانشمندان کمک می‌کند تا تأثیرات تغییرات آب‌وهوایی بر ساختارهای زمین‌شناسی را درک کنند و اقدامات لازم را برای کاهش این تأثیرات انجام دهند.

چالش‌ها و محدودیت‌ها

با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه ژئومکانیک، مدل‌های ژئومکانیکی با چالش‌ها و محدودیت‌هایی مواجه هستند. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، عدم قطعیت در داده‌های ورودی است. پارامترهای مکانیکی مواد زمین‌شناسی، اغلب به‌طور دقیق قابل اندازه‌گیری نیستند و این موضوع می‌تواند بر دقت مدل‌ها تأثیر بگذارد. علاوه بر این، پیچیدگی رفتار مواد در مقیاس‌های مختلف نیز یک چالش بزرگ است. رفتار سنگ‌ها در مقیاس آزمایشگاهی ممکن است با رفتار آن‌ها در واقعیت متفاوت باشد. در نهایت، نیاز به توسعه مدل‌های دقیق‌تر با استفاده از فناوری‌های جدید مانند یادگیری ماشین و هوش مصنوعی، در این حوزه احساس می‌شود.

منابع:

1. Jaeger, J. C., Cook, N. G. W., & Zimmerman, R. W. (2007). *Fundamentals of Rock Mechanics*. Wiley-Blackwell.
2. Goodman, R. E. (1989). *Introduction to Rock Mechanics*. Wiley.
3. Zoback, M. D. (2007). *Reservoir Geomechanics*. Cambridge University Press.
4. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*

همچنین، در پروژه‌های حفاری دریایی، مدل‌های ژئومکانیکی برای پیش‌بینی رفتار لایه‌های زیرزمینی و جلوگیری از حوادثی مانند فوران چاه‌ها استفاده می‌شوند.

زلزله‌شناسی

در زلزله‌شناسی، مدل‌های ژئومکانیکی برای تحلیل رفتار گسل‌ها و پیش‌بینی زمین‌لرزه‌ها استفاده می‌شوند. در گسل سن‌آندریاس در کالیفرنیا، از آن‌ها برای تحلیل تنش‌های موجود در گسل و پیش‌بینی احتمال وقوع زلزله استفاده شده است تا مناطق پرخطر را شناسایی کنند و اقدامات پیشگیرانه‌ای را برای کاهش خسارات ناشی از زمین‌لرزه انجام دهند. همچنین در ایران، مدل‌های ژئومکانیکی برای تحلیل رفتار گسل‌های فعال مانند گسل مشا و گسل تهران استفاده شده‌اند.

مهندسی ژئوتکنیک

در مهندسی ژئوتکنیک، این مدل‌سازی‌ها برای طراحی سازه‌های زیرزمینی مانند تونل‌ها و سدها استفاده می‌شوند. به‌عنوان مثال، در پروژه تونل تهران-شمال، از مدل‌های ژئومکانیکی برای تحلیل رفتار سنگ‌ها در برابر فشارهای ناشی از حفاری استفاده شده است. همچنین، در طراحی سدها، مدل‌های ژئومکانیکی برای تحلیل پایداری پی‌سازه و پیش‌بینی رفتار خاک و سنگ در برابر فشارهای ناشی از آب استفاده می‌شوند.

مطالعات آب و هوایی

در مطالعات تغییرات آب‌وهوایی، مدل‌های ژئومکانیکی برای تحلیل تأثیر فشار و دما بر رفتار سنگ‌ها استفاده می‌شوند. در مناطق قطبی، از این مدل‌ها برای تحلیل رفتار یخ‌ها و

زمین‌شناسان آینده

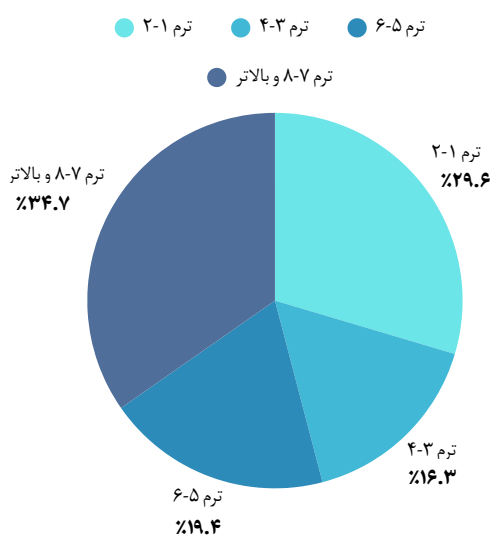
بازتاب دغدغه‌ها در دل یک نطرسنجی

تهیه‌کننده:
کامیار کشاورز

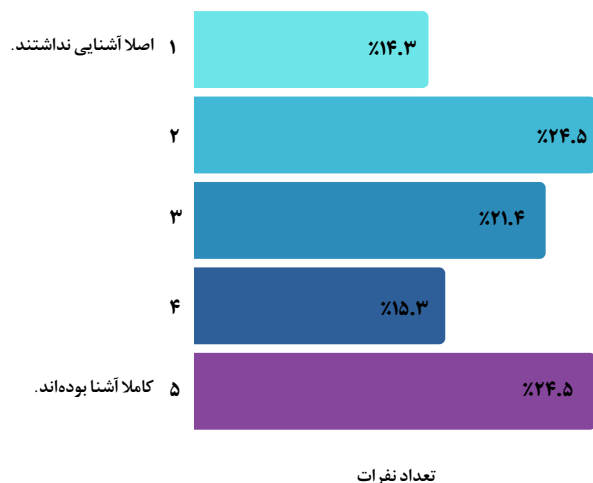
دانشجوی کارشناسی زمین‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی

نگاهی اجمالی به نطرسنجی انجام شده

گمقطع تحصیلی شرکت‌کنندگان



میزان آشنایی شرکت‌کنندگان قبل از ورود به دانشگاه با این رشته چقدر بوده است؟

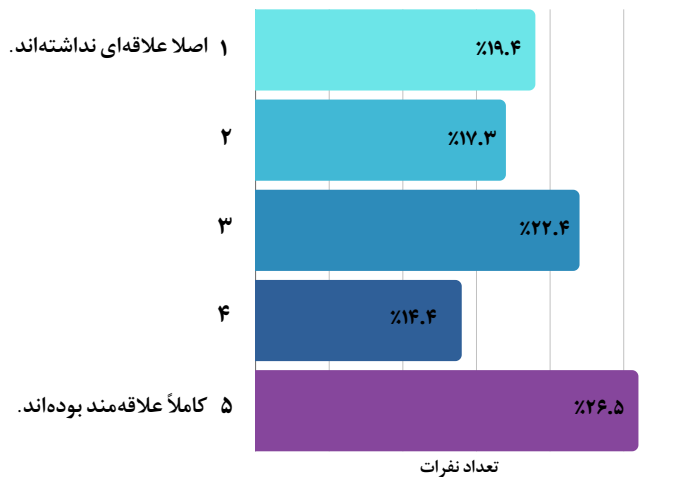


رشته زمین‌شناسی یکی از علوم پایه‌ای و کاربردی است که تأثیر بسزایی در صنایع مختلف، از جمله معدن، نفت، محیط‌زیست و مدیریت منابع طبیعی دارد. با این حال، نگرش دانشجویان نسبت به این رشته و آینده شغلی آن همواره موضوعی بحث‌برانگیز بوده‌است. بسیاری از دانشجویان هنگام ورود به دانشگاه، شناخت دقیقی از زمین‌شناسی ندارند و در طول تحصیل دیدگاه‌هایشان نسبت به این رشته تغییر می‌کند. به همین دلیل، بررسی نگرش و میزان علاقه دانشجویان به زمین‌شناسی و آینده شغلی آن می‌تواند درک بهتری از وضعیت آموزشی و حرفه‌ای این رشته در ایران ارائه دهد.

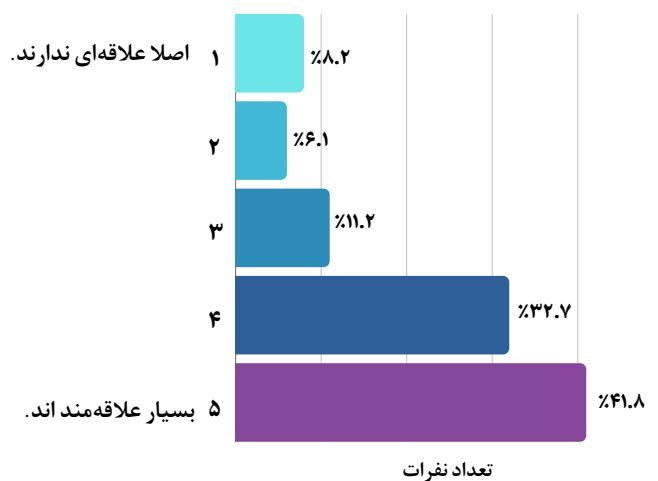
در این راستا، یک نطرسنجی از ۹۸ دانشجوی کارشناسی زمین‌شناسی از دانشگاه‌های مختلف ایران انجام شد تا میزان علاقه آن‌ها به رشته خود، میزان آشنایی‌شان با زمین‌شناسی پیش از ورود به دانشگاه، دیدگاه‌شان درباره آینده شغلی این رشته و تمایل به ادامه تحصیل در مقاطع بالاتر بررسی شود. این نطرسنجی به صورت آنلاین از طریق گوگل فرم انجام شد و شامل مجموعه‌ای از سؤالات بسته و باز بود. سؤالات بسته عمدتاً در قالب طیف لیکرت طراحی شدند تا نظرات دانشجویان در مقیاسی کمی قابل تحلیل باشد. همچنین، چندین سؤال باز برای جمع‌آوری دیدگاه‌های کیفی دانشجویان درباره مشکلات آموزشی، تجربه کارآموزی و پیشنهادهای آن‌ها برای بهبود وضعیت رشته مطرح شد. داده‌های این نطرسنجی از دانشجویان ترم‌های مختلف جمع‌آوری شده‌است تا دیدگاه‌هایی از مراحل متفاوت تحصیل در این رشته را منعکس کند.

این مقاله با تحلیل داده‌های نطرسنجی تلاش دارد تا دیدگاه دقیق‌تری از وضعیت موجود ارائه دهد و به پرسش‌های مهمی درباره آینده حرفه‌ای زمین‌شناسان جوان پاسخ دهد. همچنین، پیشنهادهایی برای بهبود شرایط آموزشی و شغلی این رشته مطرح خواهد شد تا دانشجویان و سیاست‌گذاران دانشگاهی بتوانند تصمیمات آگاهانه‌تری در این زمینه اتخاذ کنند.

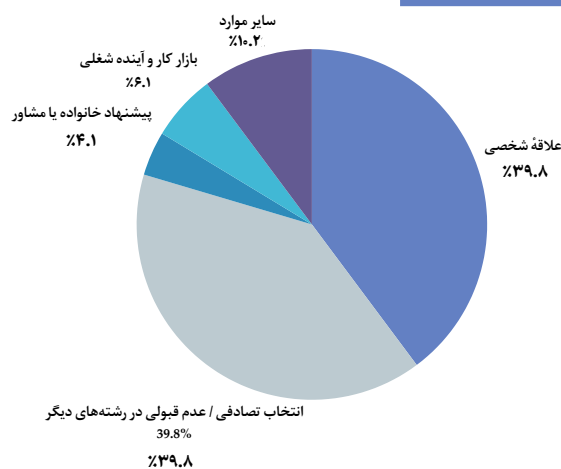
علاقه افراد به زمین‌شناسی قبل از ورود به دانشگاه چقدر بوده است؟



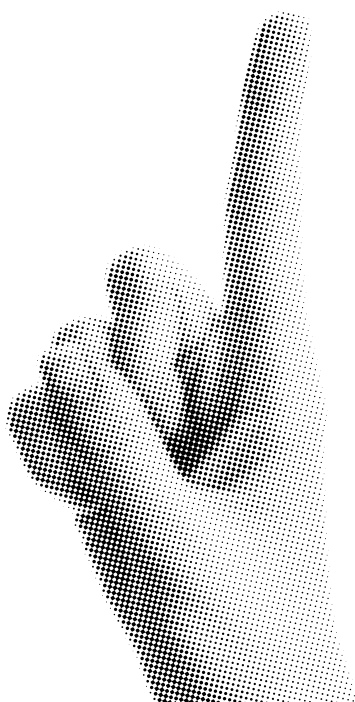
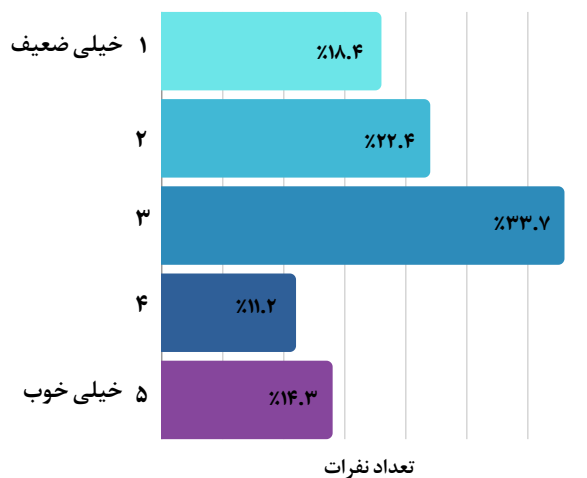
در حال حاضر دانشجویان چقدر به این رشته علاقه‌مند هستند؟



مهم‌ترین دلیل افراد برای ورود به رشته زمین‌شناسی چه بوده است؟



از نظر دانشجویان، آینده شغلی فارغ‌التحصیلان زمین‌شناسی در ایران چگونه است؟

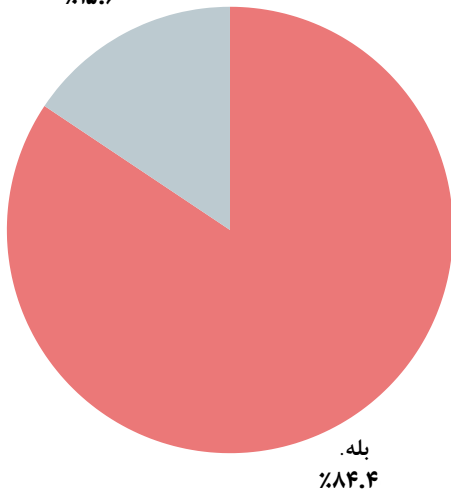




شماره ۴۲
زمستان ۱۴۰۳

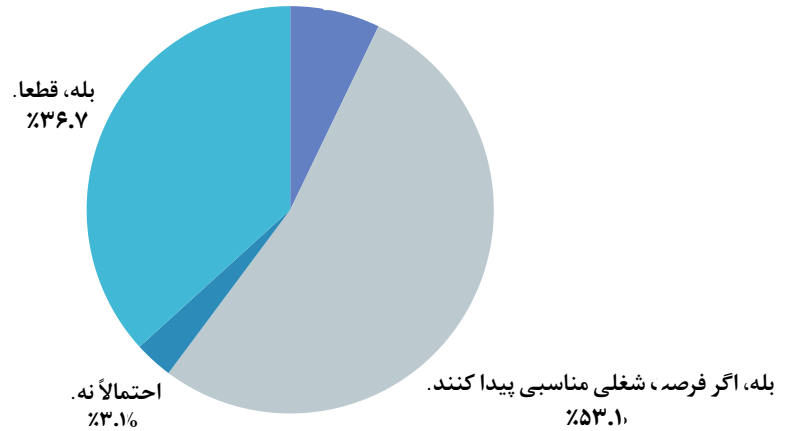
آیا به تحصیل در زمین‌شناسی در مقاطع بالاتر فکر می‌کنند؟

خیر، قصد تغییر رشته دارند.
%۱۵.۶

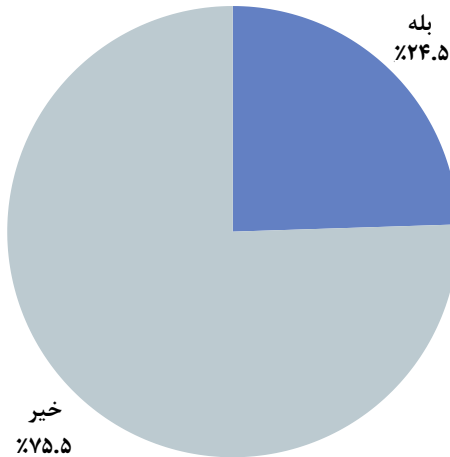


آیا دانشجویان قصد دارند پس از فارغ‌التحصیلی در حوزه زمین‌شناسی کار کنند؟

خیر، قصد کار در حوزه‌های دیگر را دارند.
%۷.۱

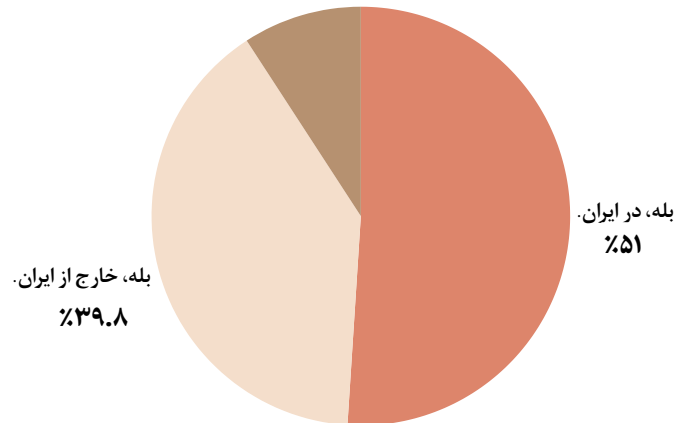


آیا تا کنون تجربه کارآموزی در حوزه زمین‌شناسی داشته‌اند؟



آیا به صورت کلی به ادامه تحصیل در مقاطع بالاتر فکر می‌کنند؟

خیر، قصد دارند پس از کارشناسی وارد بازار کار شوند.
%۹.۲



بررسی دقیق تر نتایج

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از پیشنهاد های دانشجویان برای بهبود شرایط آموزشی و شغلی در زمین‌شناسی

با توجه به نظرات و پیشنهادهای دانشجویان، چندین محور کلیدی برای بهبود شرایط آموزشی و شغلی در رشته زمین‌شناسی مشخص شد. یکی از دغدغه‌های اصلی، آگاهی‌بخشی به دانش‌آموزان و داوطلبان ورود به دانشگاه است. بسیاری از دانشجویان معتقدند که اگر شناخت کافی از این رشته در دوران دبیرستان صورت گیرد، افراد آگاهانه‌تر این مسیر را انتخاب کرده و در نتیجه، انگیزه بیشتری برای ادامه تحصیل خواهند داشت. این آگاهی می‌تواند از طریق معرفی رشته در مدارس، افزایش ارتباط دانشگاه‌ها با معادن و شرکت‌های مرتبط، و نمایش مسیرهای شغلی مختلف برای فارغ‌التحصیلان زمین‌شناسی انجام شود.

ارتقای کیفیت آموزش و تأکید بر آموزش عملی دومین محور مورد تأکید دانشجویان است. اکثر دانشجویان درخواست دارند که آموزش از حالت صرفاً تئوری خارج شده و فیلم‌های آموزشی بیشتری برگزار شود. همچنین، برخی پیشنهاد کرده‌اند که دروس اختیاری فعلی که ماهیت کاربردی دارند، به دروس تخصصی اضافه شوند. به علاوه، لازم است که دوره‌های کارآموزی نه تنها در حد یک دوره کوتاه‌مدت، بلکه به عنوان بخشی اساسی از برنامه درسی لحاظ شود تا دانشجویان بتوانند در محیط واقعی کار قرار گرفته و تجربه عملی کسب کنند.

چالش‌های بازار کار و نبود فرصت‌های شغلی مناسب یکی دیگر از دغدغه‌های دانشجویان است. بسیاری از آن‌ها به مشکل نبود فرصت‌های شغلی مرتبط با این رشته اشاره کرده‌اند و خواستار ایجاد ارتباط بهتر بین دانشگاه و صنعت هستند. برخی پیشنهاد داده‌اند که دانشگاه‌ها با شرکت‌های معدنی و زمین‌شناسی قراردادهایی برای کارآموزی و حتی اشتغال فارغ‌التحصیلان ببندند. همچنین، بر این نکته تأکید شده که علاوه بر گرایش‌های پرطرفداری مانند اکتشاف و نفت، برای سایر شاخه‌های زمین‌شناسی نیز فرصت‌های شغلی ایجاد شود تا همه فارغ‌التحصیلان مجبور به انتخاب مسیرهای محدود نباشند.

آیا زمین‌شناسی توانسته است رضایت دانشجویانی که تصادفی وارد این رشته شده‌اند را جلب کند؟

نتایج بررسی نشان می‌دهد که از بین دانشجویانی که به صورت اتفاقی وارد رشته زمین‌شناسی شده‌اند (۳۹ نفر)، میانگین علاقه آن‌ها پیش از ورود به دانشگاه ۲۰۰۷ بوده است، اما با ورود به دوره تحصیلی کارشناسی، این مقدار به ۳۰۳۰ افزایش یافته است. این تغییر نشان می‌دهد که تجربه تحصیل در این رشته، تا حد زیادی توانسته دیدگاه این دانشجویان را بهبود بخشد و رضایت نسبی آن‌ها را جلب کند. افزایش میانگین علاقه از سطحی پایین به مقدار بالاتر از حد متوسط، حاکی از آن است که بسیاری از دانشجویان، پس از آشنایی بیشتر با مباحث زمین‌شناسی و کاربردهای آن، نگاه مثبتی نسبت به این رشته پیدا کرده‌اند. با این حال، از آنجا که مقدار نهایی علاقه همچنان از حداکثر مقدار ممکن (۵) فاصله دارد، می‌توان نتیجه گرفت که گرچه این رشته توانسته تا حدی نظر این دانشجویان را تغییر دهد، اما همچنان چالش‌هایی در جلب رضایت کامل آن‌ها وجود دارد که می‌تواند به عواملی مانند کیفیت آموزش، امکانات دانشگاهی یا نگرانی‌های شغلی مرتبط باشد.

آیا دانشجویانی که تجربه کارآموزی دارند، نگرانی کمتری نسبت به آینده شغلی خود دارند؟

با توجه به داده‌های ارائه شده، میانگین نمره نگرش به آینده شغلی در ایران برای دانشجویانی که کارآموزی گذرانده‌اند ۳۰۳۷ و برای کسانی که این تجربه را نداشته‌اند ۲۰۶۲ است. این اختلاف نشان می‌دهد که تجربه کارآموزی تأثیر مثبتی بر نگرش دانشجویان نسبت به آینده شغلی آن‌ها دارد. کارآموزی به دانشجویان این فرصت را می‌دهد که با شرایط واقعی بازار کار آشنا شوند، مهارت‌های خود را در محیط عملی ارتقا دهند و ارتباطات حرفه‌ای مؤثری ایجاد کنند. در مقابل، دانشجویانی که چنین فرصتی نداشته‌اند، ممکن است به دلیل نبود تجربه عملی و آگاهی کمتر از مسیرهای شغلی، احساس ناامنی بیشتری درباره آینده خود داشته باشند. این یافته‌ها بر اهمیت گسترش فرصت‌های کارآموزی برای بهبود اعتماد به نفس و کاهش نگرانی‌های شغلی دانشجویان تأکید می‌کند.

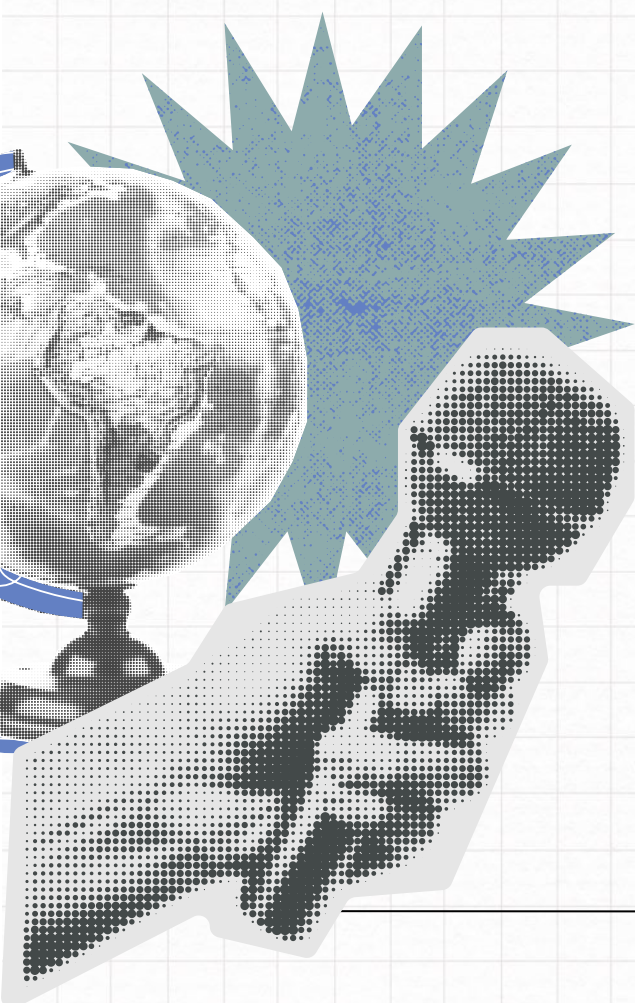


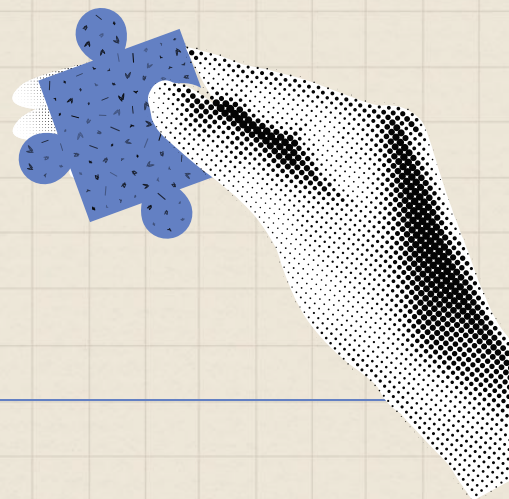
...

اصلاح نگرش جامعه و بازار کار نسبت به زمین‌شناسی یکی دیگر از موضوعاتی است که بارها مطرح شده‌است. برخی دانشجویان احساس می‌کنند که این رشته در ایران مورد بی‌توجهی قرار گرفته و از جایگاه علمی و شغلی آن غفلت شده‌است. پیشنهادهایی مانند تغییر سرفصل‌های درسی بر اساس نیاز بازار کار، بهبود تجهیزات دانشگاهی (به‌خصوص آزمایشگاه‌ها)، و افزایش پژوهش‌های کاربردی برای تقویت این رشته ارائه شده‌است. همچنین، برخی دانشجویان به مشکلات مربوط به حضور زنان در این حوزه اشاره کرده‌اند و خواستار کاهش موانع جنسیتی در بازار کار شده‌اند.

در نهایت، برخی پیشنهادها روی نقش اساتید و نحوه تدریس آن‌ها تمرکز داشتند. دانشجویان انتظار دارند که اساتید علاوه بر انتقال مفاهیم علمی، به دانشجویان مهارت‌های عملی و تحلیل‌گری نیز آموزش دهند و آن‌ها را به کارآفرینی و پژوهش‌های کاربردی تشویق کنند.

با توجه به این پیشنهادها، می‌توان نتیجه گرفت که برای بهبود شرایط آموزشی و شغلی در زمین‌شناسی، باید یک برنامه جامع شامل آگاهی‌بخشی، آموزش عملی، بهبود فرصت‌های شغلی، اصلاح نگرش جامعه، و تغییر روش‌های آموزشی تدوین شود. اگر این تغییرات به‌درستی اجرا شوند، می‌توان امید داشت که دانشجویان زمین‌شناسی با انگیزه بیشتر و چشم‌انداز روشن‌تری وارد این حوزه شوند و در آینده، سهم بیشتری در صنعت و تحقیقات علمی کشور داشته باشند.





برای درخواست همکاری و ارسال نظرات و پیشنهادات خود
از طریق ایمیل نشریه با ما در ارتباط باشید:



tethysjournal.sbu@gmail.com

همچنین جهت اطلاع از رویدادها و اخبار انجمن و نشریه،
ما را در شبکه‌های اجتماعی دنبال کنید:



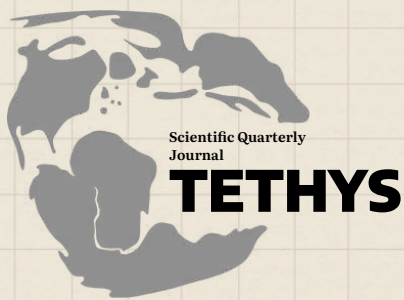
[@tethys_magazine](https://www.instagram.com/tethys_magazine)

کانال تلگرام نشریه:

[@sbu_geology](https://www.instagram.com/sbu_geology)

کانال تلگرام انجمن:





@tethys_magazine

@sbu_geology



tethysjournal.sbu@gmail.com

Issue 42,
Winter 2024

Scientific Association of Geology Students
Shahid Beheshti University

