رشد
آموزش زمین‌شناسی
۶۰

فصلنامه‌ی آموزشی، تحلیلی و اطلاع‌رسانی
دوره‌ی پانزدهم/ شماره‌ی ۳/ بهار ۱۳۸۹

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک‌آموزشی

• مدیر مسئول: محمد ناصری
• سردبیر: مصطفی شهرابی
• مدیر داخلی: مریم عابدینی
• هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):
سید علی آقانباتی، محمد حسن بازوبندی، فرخ برزگر، سهیلا بوذری، مریم پیش بین، جهانبخش دانشیان، مریم عابدینی، مازیار نظری
• ویراستار: بهروز راستانی
• طراح گرافیک: میترا چرخیان

سخن سردبیر ۲
پا رینه لرزه شناسی گسله‌ی چیتگر/ آمنه کاوه فیروز- حمید نظری ۴
زمین‌شناسی و توان معدنی استان چهارمحال و بختیاری/ سیدعلی آقانباتی ۱۰
بیابان لوت ایران، داغ‌ترین مکان روی سطح سیاره‌ی زمین/ مازیار نظری- مژگان خجو ۱۶
زهره، دومین سیاره ی منظومه ی شمسی/ آنیا دانایی تبار ۱۹
چگونه بستر آبشار نیاگارا، خشک شد؟/ سلیمان کوثری ۲۶
مدل بزرگ ناودیس/ زینب ملکی راد ۳۴
پیزوالکتریک/ بابک مستوفی زاده ۳۹
پیشگامان علم زمین شناسی / رضا نداف ۴۲
اندازه گیری «زمین نوترینوها»/ مجید کوهستانیان ۴۸
طرح درس روزانه ی زمین شناسی/ ویدا وحیدنیا ۵۵
گزارش.../ مریم عابدینی ۵۹

• نشانی دفتر مجله: تهران - ایرانشهر شمالی - پلاک ۲۶۶، صندوق پستی ۶۵۸۵-۱۵۸۷۵
• تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱ (داخلی ۳۷۴) • نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸
• پایگاه اینترنتی: www.roshdmag.ir • رایانامه: info@roshdmog.ir
• کدمدیر مسئول: ۱۰۲ • کد دفتر مجله: ۱۱۳ • تلفن پیام گیر نشریات رشد: ۸۸۳۰۱۴۸۲
• نشانی امور مشترکین: تهران-صندوق پستی: ۱۶۵۹۵/۱۱۱ • تلفن: ۷۷۳۳۶۶۵۶ - ۷۷۳۳۶۶۵۵
• چاپ: شرکت افست (سهامی عام) • شمارگان: ۶۰۰۰ نسخه

• مجله‌ی رشدآموزش زمین‌شناسی، پذیرای مقالات پژوهشی- کاربردی استادان محترم دانشگاه‌ها و دانشکده‌های زمین‌شناسی، زمین‌شناسان، مدرسان، دبیران گرامی و صاحب‌نظران علوم زمین است. • مقالات ارسالی باید در راستای هدف‌های مجله و مرتبط با ساختار برنامه‌ی آموزش و پدیده‌های زمین‌شناسی ایران و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در جهت رفع نیازهای آموزشی زمین‌شناسی در نظام آموزشی کشور باشد. به مقالاتی که در مورد زمین‌شناسی ایران باشند، اولویت داده می‌شود. • مقالات ارسالی باید با معیارهای تحقیق و پژوهش‌های مطرح‌شده در کتاب‌های درسی وزارت آموزش‌وپرورش هماهنگی داشته باشند (ارجاع دقیق، استفاده از منابع دست اول، رعایت اصول تحقیق و پژوهش و...). • مقالات باید حروف‌چینی شده و یا با خط خوانا روی کاغذ A4 و با فاصله‌ی مناسب بین سطرها و بدون خط‌خوردگی، با رعایت حاشیه‌بندی مناسب نوشته شوند. • حجم مقالات حداکثر ۱۰ صفحه دست‌نویس باشد. • تصویر، عکس، نمودار یا جدول موردنیاز مقاله به آن ضمیمه و جایگاه هر کدام در متن مشخص شود و نوشته‌ها حتماً فارسی باشد. • کلمات حاوی مفاهیم پایه «واژه‌های کلیدی» از متن استخراج و روی صفحه‌ای جداگانه نوشته شوند. • به مقالات ترجمه شده، نسخه‌ای از متن اصلی نیز ضمیمه شود. • مقاله باید دارای چکیده باشد و در آن هدف‌ها و پیام نوشتار در چند سطر تنظیم شود. • معرفی‌نامه‌ی کوتاهی از نویسنده یا مترجم همراه یک قطعه عکس، عناوین و آثار وی پیوست باشد. • آرای مندرج در مقالات، بیانگر نظر مجله نیست و نویسنده مسئول هرگونه پاسخگویی به آن است. • فصلنامه‌ی رشد آموزش زمین‌شناسی در رد یا قبول مقالات، ویرایش علمی و فنی و ادبی، و افزایش یا کاهش حجم آن‌ها مختار است. • مقالات دریافتی بازگردانده نمی‌شوند. • مقالاتی مورد بررسی قرار می‌گیرند که اصل آن‌ها همراه با نسخه‌ی اصل تصویرها و نمودارها تحویل مجله شود. لطفاً از ارسال کپی خودداری فرمائید.

شرح عکس روی جلد:
درزه های موجود در لایه های تشکیل دهنده کلات، شمال کلات نادری
(این عکس و عکس فصلنامه‌ی شماره ۵۹) از آقای مهندس امیر محمد جمالی کارشناس امور اکتشاف شرکت ملی نفت ایران

سخن سردبیر

۱. درست یادم نیست که این بیت شعر را چه زمانی از دوران تحصیل دبستان یا دبیرستان خواندم و در یادم ماند که:

درس معلم ار بود زمزمه‌ی محبتی
جمعه به مکتب آورد طفل گریز پای را

البته بعضی‌ها به‌جای جمعه از کلمه‌ی «جمله» نیز استفاده کرده‌اند.

این شعر احتمالاً در زمانی گفته شده که مدرسه «مکتب‌خانه» بوده است و براساس روایات و نقل‌قول‌های نسل‌های گذشته، مدرسه محیط چندان جذاب و دلچسبی هم نبوده و ظاهراً یاددهی و یادگیری‌ها با تنبیهات بدنی که شاید رایج‌ترین آن‌ها چوب و فلک بوده، همراه بوده است. تا آن‌جا که در برخی روایات آمده، در بعضی موارد اجرای چوب و فلک‌ها که به‌دست فراشان و با دستور مدیر مدرسه صورت می‌گرفته، آن‌چنان سخت بوده است که از کف پاها یا دستان خاطی‌ها که همان شاگردان مکتب‌خانه بوده‌اند، خون جاری می‌شده است. همین موضوع سبب می‌شده است که در بسیاری موارد، اولیای شاگردان عطای درس خواندن و سوادآموزی را به لقای آن می‌بخشیدند و طفل معصوم هم گریزپا می‌شد و او را از مدرسه بیرون می‌کشیدند و به کارها و حرفه‌های گوناگون که غالباً ارثی هم بوده‌اند، می‌گماردند.

این‌ها همه به حدود ۶۰-۵۰ سال پیش برمی‌گردد که مدرسه و معلم و روابطشان معنی خاص خودش را می‌داد و ترس و لرزی بود که شاگرد از معلم داشت. شاعر خوش‌قریحه‌ای که احتمالاً صابون تنبیه آقامعلم به تن او هم خورده، شعر بالا را سروده است. ولی طی این ۶۰-۵۰ سال، به ویژه با وقوع انقلاب اسلامی، در نظام آموزش‌وپرورش فرزندان این مرز و بوم دگرگونی و تحولی عمیق رخ داده است و دیگر آموزش چوب و چماقی، در هیچ زمینه‌ای محلی از اعراب ندارد.

اکنون درس معلم در تمام زمینه‌ها پر و پیمان است از «زمزمه‌های محبت». حالا جمعه که سهل است، اگر معلمی نیمه‌شب هم کلاسی یا درس و بحثی داشته باشد، بدون آن‌که اطلاعیه‌ای بدهد، شاگرد با اشتیاق فراوان درآن کلاس حضور می‌یابد و آن‌چه را که باید فرا می‌گیرد. خیلی ساده است. اگر مقایسه‌ای کنیم سطح آگاهی و دانش دانش‌آموز مثلاً پیش‌دانشگاهی حالا را با ۴۰-۳۰ سال ـ حتی ۲۰ سال ـ پیش مقایسه کنید، به آسانی درخواهیم یافت، دلیلی که این پندار را به عقلمان جوش داده است، چیزی نیست جز وجود کیمیای معلم و بس که معنی کلامِ «افضل‌الرجال معلم الاطفال» را به ثبوت رسانده است.

حال بگذریم از این‌که در جامعه‌ی ما، به دلایل متفاوتی که بازگویی آن‌ها در این‌جا ضرورتی ندارد، هنوز معلم و معلمی جایگاه واقعی خودش را پیدا نکرده است. با این حال، این همان گوهر پاکی است که در نهاد معلم نهاده شده و او را قدرت فیض‌رسانی بخشیده است؛ ورنه هر سنگ و گلی لوءلوء و مرجان نمی‌شود.

چون در آینده‌ی نزدیکی (دوازدهم اردیبهشت ماه) «روز معلم» را در پیش داریم، چند کلام را به پاس گرامی‌داشت روز معلم، به پیشگاه تمامی معلمان کشور اسلامی‌مان تقدیم

می‌داریم و دست همگی‌شان را می‌بوسم. به تأسی از کلام امیر مؤمنان مولای متقیان: «بنده‌ی تمام کسانی هستم که به من حتی کلامی را آموخت» (من علمنی حرفاً فقد صیّرنی عبداً) و همیشه این جمله را در ذهنم محفوظ می‌دارم. امید است این رقوم ناقابل مقبول طبع صاحب‌نظر این طبقه‌ی شریف از مردمانمان قرار گیرد.

۲. دوسه ماهی از سال ۲۰۰۹ که مصادف با دویستمین سال تولد چارلز داروین، دانشمند نام‌آشنای طبیعی و عالم وظایف‌الاعضا بود، می‌گذرد. داروین با نظریه‌ی معروف خود با عنوان «اصل انواع از راه انتخاب طبیعی» تحولی شگرف در علوم طبیعی به ویژه «اصل تکامل» به‌وجود آورد. او بر پایه‌ی «قانون تبدیل انواع» معتقد بود. باید فرض کرد که موجودات همه در آغاز خلقت چنان‌که امروزه هستند، خلق نشده‌اند. نخستین جان‌دار نوع واحدی بوده و در مرتبه‌ی بسیار پست و ساده (مانند آلگ‌های استروماتولیتی) قرار داشته است. سپس ظرف میلیون‌ها سال تنوع روی داده و جان‌داران رو به کمال رفته‌اند. طی این دوره تکامل، جان‌داران به دو شاخه‌ی گیاهی و جانوری تقسیم شده‌اند و خلاصه، این مراحل تکاملی جانوری، در نهایت به خلق موجود دوپای ناطق (انسان) ختم می‌شود که خود را اشرف مخلوقات می‌داند.

تردیدی نیست که زحمات و تحقیقات داروین بسیار قابل تقدیر است، ولی اگر ایشان کمی از وقت خود را صرف تحقیق و تفحص در آیات قرآن کریم می‌کرد، حتماً در عقاید یا نظریات خود به تجدیدنظر دست می‌زد و یا اگر امروز زنده بود و از دانسته‌ها و به پیشرفت‌های کنونی علوم، به‌ویژه ژنتیک، آگاهی می‌یافت، شاید دیگر اصرار نمی‌کرد که انسان از نسل میمون است و راه واقعیات را برمی‌گزید.

به‌هرحال، با همه‌ی اشکالاتی که بر نظریه‌های این دانشمند وارد است، نمی‌توان مقام علمی او را که بخشی از آن به علوم زمین به‌ویژه دانش دیرینه‌شناسی و انقراض گونه‌هایی که در یک زمان معین از زمان‌های زمین‌شناختی اهمیت فوق‌العاده داشته‌اند (مانند انقراض تریلوبیت‌ها در پایان دوران اول زمین‌شناسی) مربوط می‌شود، نادیده گرفت.

۳. این شماره‌ی بهارمان است که در دست دارید. با احتساب زمان لازم برای توزیع فصل‌نامه، شما دوستان به‌ویژه در شهرستان‌ها، به احتمال زیاد اوایل سال نو آن را دریافت می‌کنید. چه به‌جاست که بدین‌وسیله از فرصت استفاده کنیم و از سوی خود و تمامی اعضای هیئت تحریریه فرا رسیدن حلول سال ۱۳۸۹ را به یکایک شما دوستان گرامی تبریک عرض کنیم و سال نو را برایتان سالی پربرکت، موفقیت‌آمیز و پر از سعادتمندی آرزو نماییم. امیدوارم در سال آینده توفیق خدمت بیش‌تری به‌دست آریم و با همکاری و حمایت‌های شما عزیزان بتوانیم این بار گران را که همانا وظیفه‌مان است، به سرمنزل مقصود برسانیم. سال نو مبارک. والسلام

پارینه‌لرزه‌شناسی گسله‌ی چیتگر

آمنه کاوه فیروز*
حمید نظری**

چکیده

شاخه گسله‌ی چیتگر جزو پهنه‌ی گسله‌ی شمال تهران است که در قالب یک سیستم گسلی پیش‌رونده[1] هم‌چون گسله‌های «میلاد» و «ورداورد»، به سوی جنوب (دشت تهران) پیش‌رونده است. مطالعات، ریخت زمین‌ساختی در راستای آن، نشان می‌دهند که رسوبات کواترنری به‌طور آشکار و به‌صورت «چپ‌بر» جابه‌جایی داشته‌اند که خود دلیلی بر فعال بودن آن است. این گسله، به‌عنوان بزرگ‌ترین گسله‌ی لرزه‌ای نزدیک به گستره‌ی تهران، از جمله پرخطرترین و پربحث‌ترین مباحث لرزه‌خیزی و زمین‌لرزه در گستره‌ی تهران است. لذا با انجام پژوهش‌های پارینه لرزه‌شناسی بر روی این گسله، گذشته‌ی لرزه‌ای آن شناسایی می‌شود. برای انجام مطالعات پارینه لرزه‌شناسی، بهره‌گیری از دانش ریخت زمین‌ساخت، مطالعه‌ی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای (LandSat, SRTM, Spot,...) و استفاده از ابزارهای دقیق نقشه‌برداری، همانند GPS و هم‌چنین مطالعات صحرایی گسترده، در انتخاب محل ترانشه بسیار مفید است. بر این اساس، نرخ رسوب‌گذاری به میزان ۰/۱۶ میلی‌متر در سال و ۳ تا ۶ رخداد لرزه‌ای کهن با بزرگای ۷/۴ با دوره‌ی بازگشتی معادل ۳۶۵۰ سال روی پهنه‌ی گسله‌ی شمال تهران (ترانشه‌ی چیتگر) مشخص شد.

کلیدواژه ها : زمین‌لرزه، گسله‌ی چیتگر، پارینه لرزه‌شناسی، رسوب‌گذاری، پهنه‌ی گسله‌ی شمال تهران،

مقدمه

برای ارزیابی خطر زمین‌لرزه و آشنایی با پیشینه‌ی لرزه‌خیزی در منطقه، بررسی ژرف تاریخچه‌ی زمین‌لرزه‌های گذشته (باستانی، تاریخی و دستگاهی) ضرورت دارد. لذا برای دست‌یابی به ویژگی‌های لرزه زمین‌ساختی گسله‌ها و ارزیابی خطر زمین‌لرزه‌ها، باید تاریخچه‌ی زمین‌لرزه‌ها روی گسله‌های فعال گردآوری و بررسی شود. پارینه لرزه‌شناسی به‌عنوان دانشی نوین، رابط بین پژوهش‌های ریخت زمین‌ساختی ـ نوزمین‌ساخت و لرزه‌شناسی است. با بهره‌گیری از این دانش و روش‌های گوناگون حفاری و سن‌سنجی (مقایسه با داده‌های از پیش موجود ترانشه تهران توسط: (Nazari, 2006)، داده‌های قابل توجهی در خصوص نرخ رسوب‌گذاری منطقه، زمان و تعداد رخدادهای کهن و دوره‌ی بازگشت آن‌ها به‌دست می‌آید.

گسله‌ی چیتگر

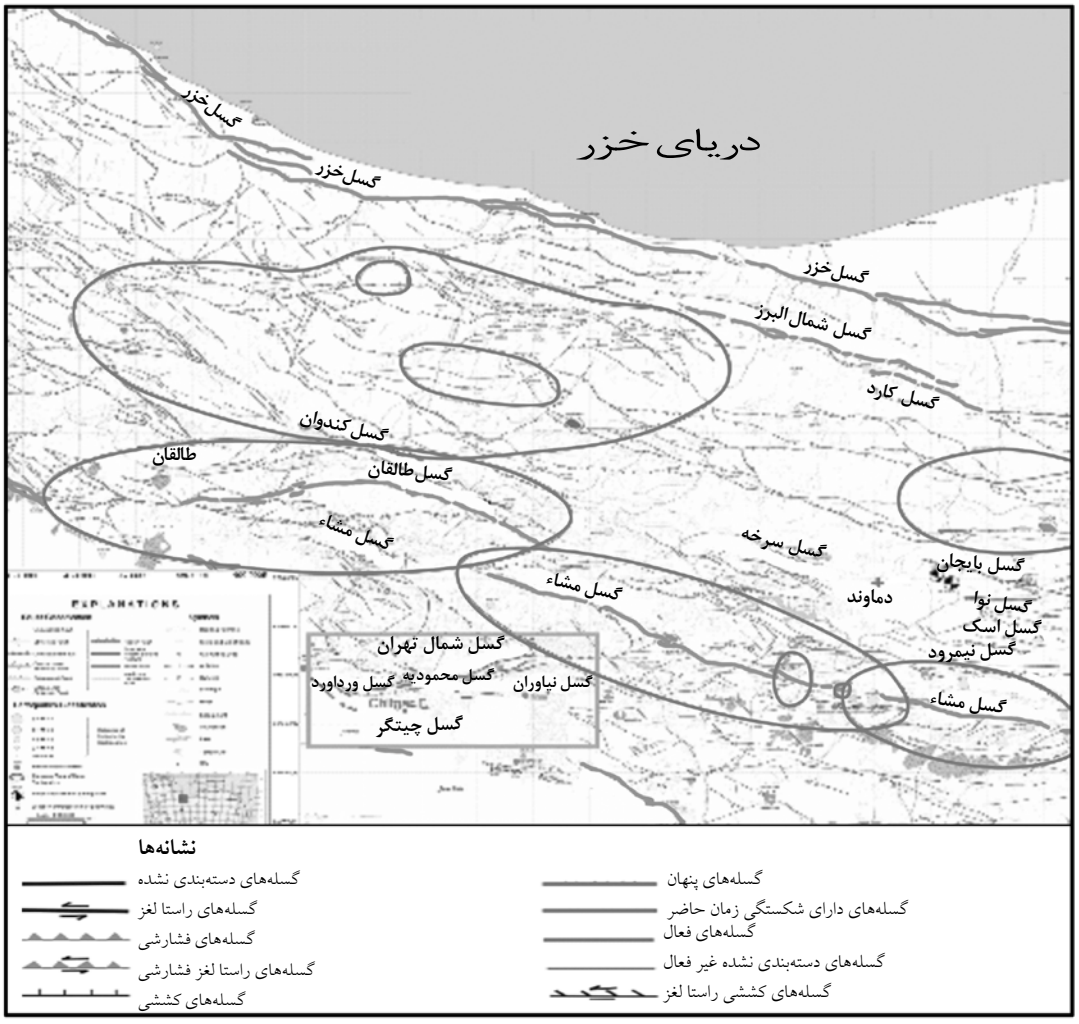
گسله‌ی چیتگر، گسله‌ی پنهانی است که در غرب شهر تهران، در پارک جنگلی چیتگر واقع بوده است و از نظر تقسیم‌بندی گسله‌های کواترنری، در رده‌ی گسله‌های متوسط با درازای بین ۲ تا ۱۰ کیلومتری قرار دارد. این گسله، مرز میان تپه‌های چیتگر (رسوبات آبرفتی A و B) و دشت مجاور (آبرفت‌های C) را تشکیل می‌دهد[بربریان و همکاران، ۱۳۶۴].

به‌علاوه، به همراه گسله‌های وردآورد، میلاد، محمودیه و نیاوران، جزو پهنه‌ی گسله‌ی شمال تهران محسوب می‌شود که از شاخه‌های جوان و پیش‌رونده گسله‌ی شمال تهران به سمت جنوب (دشت تهران) است (شکل ۱) [Tatar, 2001; Nazari, 2006].

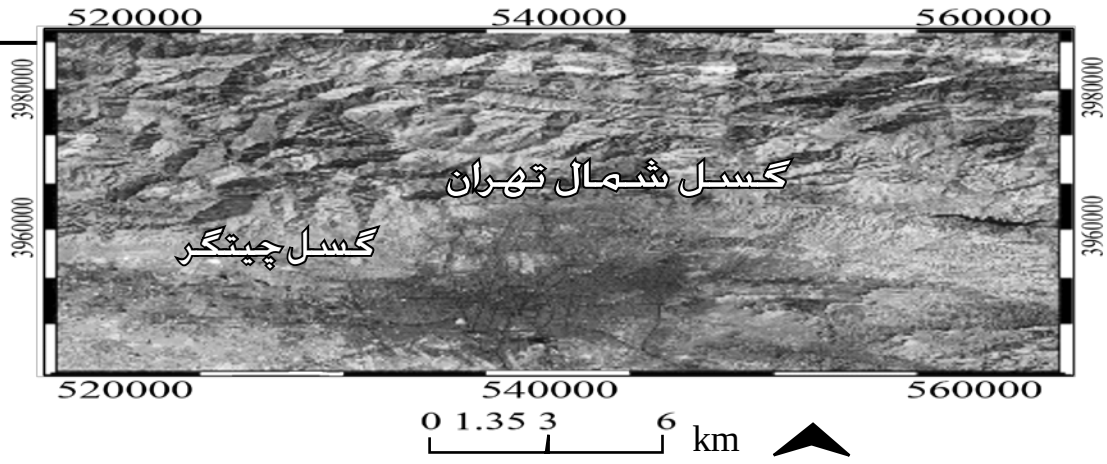
روش مطالعات پارینه لرزه‌شناسی گسله‌ی چیتگر

به‌منظور انجام مطالعات پارینه لرزه‌شناسی، بهره‌گیری از دانش ریخت‌زمین‌ساخت، مطالعه‌ی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای (LandSat, SRTM, Spot,...) و استفاده از ابزارهای دقیق نقشه‌برداری همانند GPS، و هم‌چنین مطالعات صحرایی گسترده، در انتخاب محل ترانشه بسیار مفید است. بهترین محل برای انجام این پژوهش‌ها از نظر چینه‌شناسی، محل‌هایی هستند که با رسوب‌گذاری سریع همراه‌اند، به‌طوری که نشانگرهای ژئومورفیکی را به سرعت می‌پوشانند. در میان روش‌های متفاوت لوگ‌برداری ترانشه، به لحاظ ارتفاع زیاد دیواره‌ی ترانشه و عدم توانایی در شبکه‌بندی تمام ارتفاع دیواره (به‌صورت فیزیکی)، از روش عکس‌برداری و میدانی استفاده شده است.

در تهیه‌ی لوگ به شیوه‌ی عکس‌برداری از دوربین‌هایی با کیفیت بالا استفاده می‌شود که ضمن حفظ فاصله‌ی ثابت نسبت به موقعیت، عکس‌هایی با هم‌پوشانی ۶۰ درصد و عمود بر دیوار می‌گیرند. از بزرگ‌ترین مزایای این روش دقت بالای کار (±۶



شکل ۱. نقشه‌ی لرزه‌زمین‌ساخت البرز مرکزی برگرفته از نقشه‌ی ۱:۲۵۰۰۰۰ لرزه زمین ساخت البرز مرکزی
(Nazari et al, 2005)



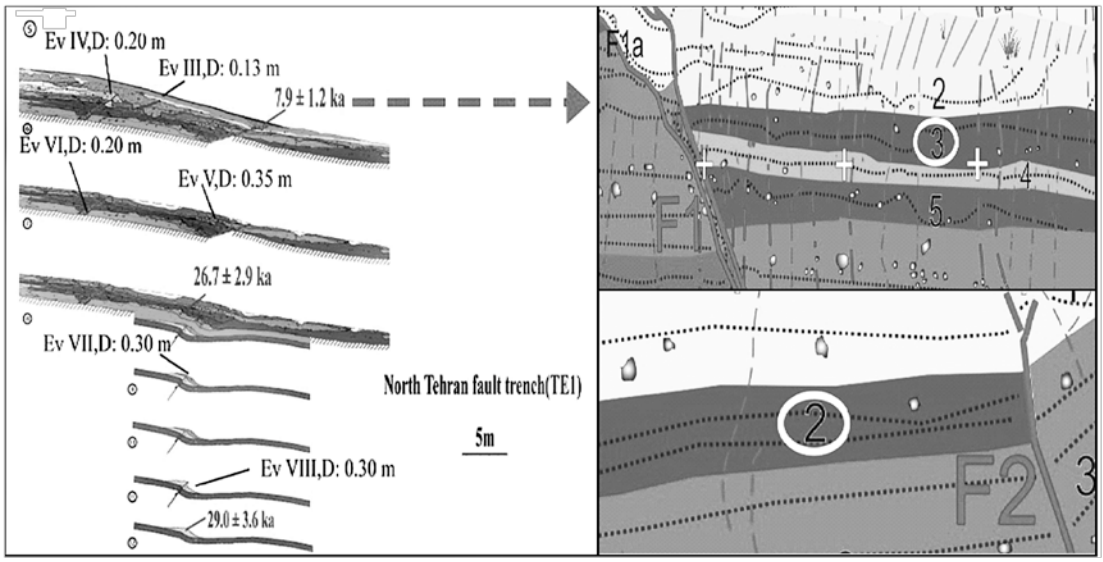
شکل ۲.تصویر Landsat از پهنه‌ی گسله‌ی شمال تهران به همراه شاخه‌ی گسله ی چیتگر (محل ترانشه).

میلی‌متر) و صرف زمان کمتر (در حدود ۱/۴ تا ۱/۶ روش دستی)است [MacCalpin, 1996] .

برای بالا بردن کیفیت کار، به عملیات میدانی و صحرایی نیز نیاز است، چرا که برداشت‌های صورت گرفته توسط GPS و کمپاس و هم‌چنین، درستی یا نادرستی تفکیک واحدها روی عکس نیز باید از طریق مطالعات صحرایی تأیید شود(شکل ۲).

چگونگی انجام محاسبات

۱. برآورد نرخ رسوب‌گذاری: به‌منظور براورد نرخ رسوب‌گذاری در منطقه‌ی چیتگر، از تعیین سن‌های لومینسانس نوری (OSL) صورت گرفته در سایت وردآورد از پهنه‌ی گسله‌ی شمال تهران (Nazari, 2006) استفاده می‌شود، چرا که این سایت نزدیک‌ترین شاخه از گسله‌ی شمال تهران به چیتگر و دارای تطابق چینه‌ای است (شکل ۳). بنابراین، لایه‌ی قرمز بالایی در لوگ



شکل ۳. تصویر لوگ گسله‌ی شمال تهران سایت وردآورد (Nazari, 2006) به‌عنوان مرجع دارای تعیین سن‌های لومینسانس نوری (OSL) در جهت براورد نرخ رسوب‌گذاری شاخه‌ی گسله‌ی چیتگر (چپ). جوان‌ترین سن لوگ گسله‌ی شمال تهران برابر واحد ۳فرادیواره‌ی گسل F۱، خاوری (راست و بالا) و واحد ۲ بخش باختری (راست و پایین) که معادل بالاترین واحد قرمزرنگ در هر دو دیواره‌ی خاوری و باختری است.

ترانشه‌ی تهران، برابر لایه‌ی قرمز بالایی در لوگ دیواره‌ی خاوری و باختری چیتگر است؛ با این فرض که رسوب‌گذاری به صورت پیوسته و بدون دخالت عامل خارجی هم‌چون گسلش صورت گرفته باشد.

طبق سه‌بار تعیین سن صورت گرفته در ترانشه‌ی ورداورد، اعداد زیر به‌دست آمده است:

۱) ۲۹/۰±۳/۶ ka

۲) ۲۶/۷±۲/۹ ka

۳) ۷/۹±۱/۲ ka

ضخامت بین سن اول و سوم نیز ۳۳۵ سانتی‌متر است. اولین سن ترانشه ورداورد برابر با سن لایه‌ی قرمز بالایی در ترانشه‌ی چیتگر است.

برای محاسبه‌ی نرخ رسوب‌گذاری با توجه به داده‌های فوق، ابتدا تفاضل بین سن‌های اول و سوم (ترانشه‌ی ورداورد) را محاسبه می‌کنیم. آن‌گاه با توجه به ضخامت کل (ضخامت بین سن اول تا سوم)، نرخ رسوب‌گذاری را طی یک سال بر حسب میلی‌متر به‌دست می‌آوریم (رابطه‌ی زیر):

(yr) تفاضل سن‌ها　　(mm) ضخامت کل

۱ (yr)　　X

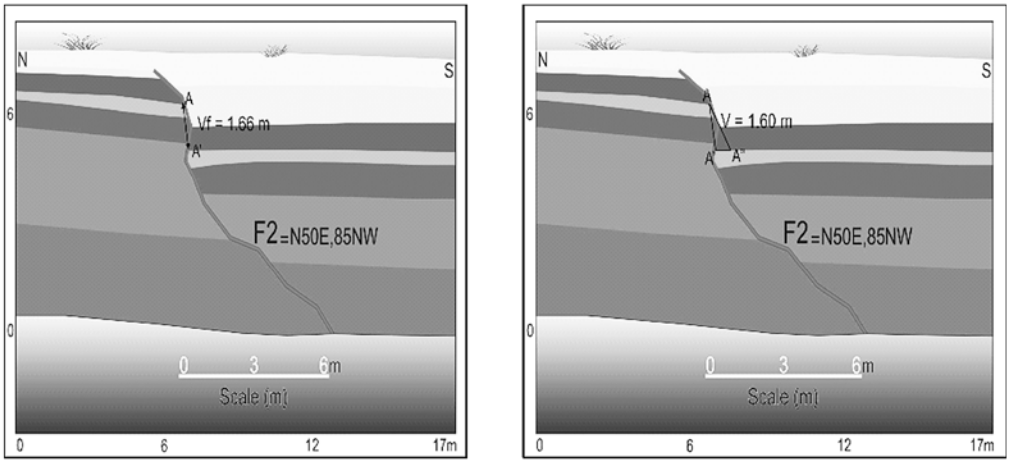
۲. تعیین سن واحدهای تشکیل‌دهنده‌ی لوگ: برای تعیین سن لایه‌ها به‌طور نسبی، می‌توانیم با کمک نرخ رسوب‌گذاری به‌دست آمده و ضخامت حداکثر لایه‌ها و سن‌های OSL (ترانشه‌ی ورداورد) به ترتیب زیر عمل کنیم:

- در ترانشه‌ی خاوری چیتگر (شکل ۵) لایه‌ای با ضخامت حداکثر ۵۴ سانتی‌متر داریم که چهارمین لایه در تفکیک واحدهای این دیواره از بالا محسوب می‌شود. برای تعیین سن این لایه:

۱ (yr)　　(mm) نرخ رسوب‌گذاری

X　　(mm) ضخامت لایه

- سن به‌دست آمده از رابطه‌ی بالا، یک سن خام و با توجه به تطابق چینه‌ای بین ترانشه‌ی ورداورد و چیتگر در مورد لایه‌ی قرمز بالایی، باید سن ۷/۹±۱/۲ ka را در دو حالت ۷/۹+۱/۲ و ۷/۹–۱/۲ از سن خام به‌دست آمده کم کرد. آن‌گاه با توجه به این‌که لایه‌ی ۴ زیر واحد ۳ قرار دارد (سن واحد ۳ که همان لایه‌ی قرمز بالایی است، ۷/۹ ka است)



شکل ۴. اندازه‌گیری جابه‌جایی سطح گسله (چپ) و جابه‌جایی قائم (راست) در گسل F۲ خاوری

و بنابراین از آن قدیمی‌تر است، باید سن ۷۹۰۰ yr (۷/۹ ka) را به دو سن به‌دست آمده اضافه کرد تا سن واقعی لایه‌ی ۴ به‌طور نسبی حاصل شود.

۳. اندازه‌گیری جابه‌جایی قائم و سطح گسله: در خصوص اندازه‌گیری جابه‌جایی‌ها، ذکر این نکته الزامی است که حتماً از کف یک لایه تا کف همان لایه در ناحیه‌ی گسلی اندازه گرفته شود. چرا که سطح بالایی یک لایه ممکن است بر اثر فرسایش، هوازدگی و... از بین رفته باشد. برای تعیین میزان جابه‌جایی روی سطح گسله، از A تا A' را روی خط گسله اندازه می‌گیریم. برای اندازه‌گیری جابه‌جایی قائم نیز مثلثی به ترتیب شکل ۴ می‌کشیم و از A تا A" را اندازه می‌گیریم.

۴. محاسبه‌ی بزرگای رخدادهای لرزه‌ای: با استفاده از روابط ولز و کاپراسمیت[۲] و داده‌های حاصل از جابه‌جایی‌ها، بزرگی زمین‌لرزه‌های روی داده به‌دست می‌آید. روابط به‌کار گرفته شده براساس سازوکار گسله است. لذا با توجه به نرمال و امتداد لغز بودن گسله‌های فرادیواره‌ی چیتگر، از روابط زیر استفاده می‌شود:

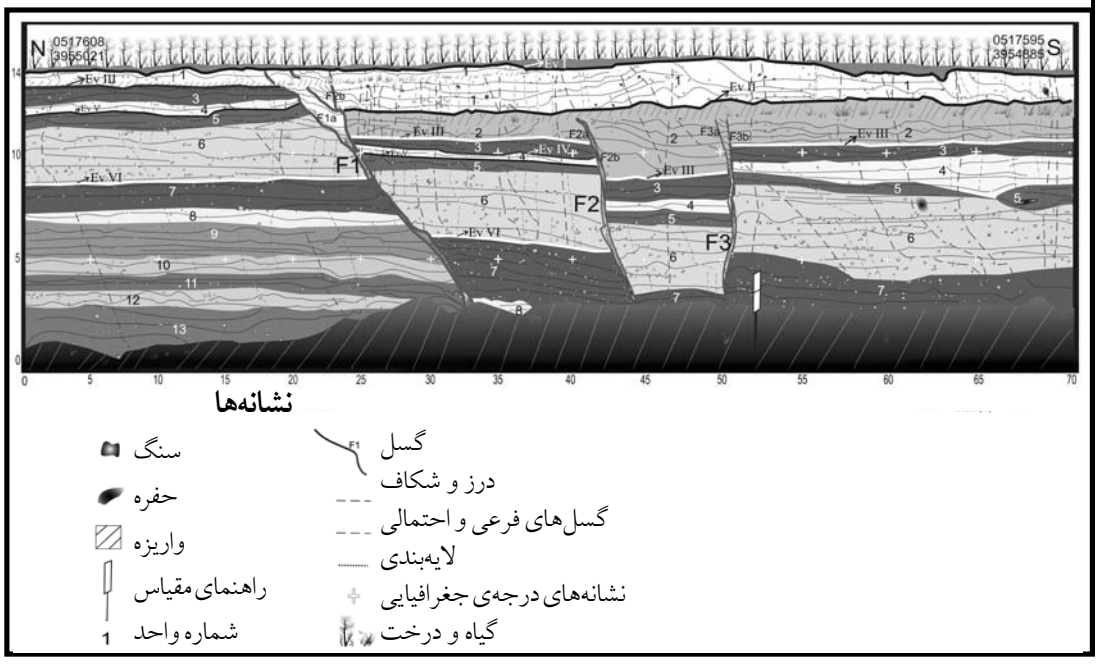
$M_W = F_N = ۶/۷۸ + ۰/۶۵ (\text{Log (AD})$

$M_W = F_N = ۷/۰۴ + ۰/۸۹ (\text{Log (AD})$

$M_W = F_N = ۶/۹۳ + ۰/۸۲ (\text{Log (AD})$

F_S ، F_N و F_G به ترتیب بزرگی‌های به‌دست آمده در گسل‌های نرمال، امتدادلغز و بزرگی کل هستند. AD نیز میانگین جابه‌جایی برحسب متر است. اگر جابه‌جایی کل[۳] را داشته باشیم، مقدار آن را به‌جای AD در رابطه می‌گذاریم. اما در شرایطی که این مقدار را نداشته باشیم، از بیشترین مقدار جابه‌جایی (عمودی یا سطح گسله) استفاده خواهیم کرد. «چیتگر از جابه‌جایی سطح گسله در روابط بالا استفاده شد). به این ترتیب و براساس شمارش رخدادها و تشخیص «افق رویداد»[۴] (در بخش ۵ توضیح کامل‌تری ارائه شده است)، بزرگی رخدادهای لرزه‌ای به‌دست می‌آید.

۵. دوره‌ی بازگشت رخدادهای لرزه‌ای: برای به‌دست آوردن دوره‌ی بازگشت زمین‌لرزه، اگر روی یک دسته گسله‌ی مرتبط (همانند ترانشه چیتگر) چندین رخداد شناسایی شد، از تقسیم زمان بر تعداد رخدادها، دوره‌ی بازگشت



شکل ۵. لوگ ترانشه‌ی خاوری چیتگر به همراه افق‌های رویداد

میانگین آن‌ها به‌دست می‌آید. یعنی اگر EVI، EVIII و EVIV را بر گسل F۱ از دیواره‌ی خاوری داشتیم، تفاضل سن EV I و EV IV را بر تعداد «Interwall» بین رخداد (EV) تقسیم می‌کنیم و دوره‌ی بازگشت میانگین را بدین ترتیب به‌دست می آوریم (شکل ۵).

نتیجه‌گیری

گسله‌ی چیتگر، گسله‌ای از مجموعه گسله‌های فرعی پهنه‌ی ساختاری گسله‌ی شمال تهران از پهن دشت تهران است که امروزه بر اثر گسترش مناطق شهری، در بسیاری از بخش‌ها داخل بافت شهری قرار گرفته است. از نظر هندسی، گسله‌ی چیتگر فشاری، با شیب به سمت شمال و یک گسل پنهان است. ولی براساس اندازه‌گیری ساختاری از فرادیواره‌ی گسله‌ی چیتگر، بر روی آن گسله‌ی نرمال و راستالغز در دو دیواره‌ی خاوری و باختری با درازای ۱۲۸ متر و با ارتفاع بیشینه‌ی ۱۴ متر تشخیص داده شده است که پارامترهای لرزه‌ای آن عبارت خواهند بود از:

۱. نرخ رسوب‌گذاری در بازه‌ی زمانی ۲۱۰۰۰ سال: ۰/۱۶ میلی‌متر در سال.

۲. بیشترین و کمترین میزان جابه‌جایی: ۲/۵۴ متر برای رخداد ۲ و ۰/۲۷ متر برای رخداد.

۳. بزرگای محاسبه شده براساس میزان جابه‌جایی هر رخداد و معادلات ولز و کاپراسمیت: ۶/۴ تا ۷/۴ در واحد ریشتر.

۴. تعداد رخداد لرزه‌ای: ۳ تا ۶ رخداد با شمارش رخداد شماره‌ی ۱ که در آن، گسله‌ی F۱ پوشش رسوبات عهد حاضر را در برش خاوری بریده است.

۵. دوره‌ی بازگشت (میانگین): ۳۶۵۰ سال.

لازم به ذکر است که دوره‌ی بازگشت محاسبه شده در سایت ورداورد از پهنه‌ی گسله‌ی شمال تهران که با سایت چیتگر تطابق چینه‌ای داشت، دارای دوره‌ی بازگشت ۳۱۷۵ تا ۴۰۷۵ سال است.

سپاس گزاری: از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به سبب پشتیبانی از این پژوهش، به‌ویژه از آقایان مهندس **سلامتی**، مهندس **شافعی**، مهندس **شکری** و خانم **مجیدی**، و هم‌چنین راهنمایی دکتر آرین کمال تشکر را دارم.

* دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

** کارشناس پژوهشکده‌ی علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

پی نوشت

1. Propagation Fault 2. Wells and Coppersmith 3. Total offset 4. event horizon

(جوان‌ترین واحد چینه‌ای است که توسط گسله متأثر شده باشد.)

منابع

۱. بربریان، م؛ قرشی، م؛ ارژنگ روش، ب؛ مهاجر اشجعی، ا (۱۳۶۴). پژوهش و بررسی ژرف نو زمین‌ساخت، لرزه‌زمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه ـ گسلش در گستره‌ی تهران و پیرامون (پژوهش و بررسی لرزه‌زمین‌ساخت ایران زمین. سازمان زمین‌شناسی کشور.

2. McCalpin, J.P. Nelson, A.R. (1996). Paleoseismology, New York, Academic Press.

3. Nazari, H., Ritz, J-F, Talebian, M., Moosavi, A. (2005). Seismotectonic map of the Central Alborz. Scale 1:250000, Tehran, GSI.

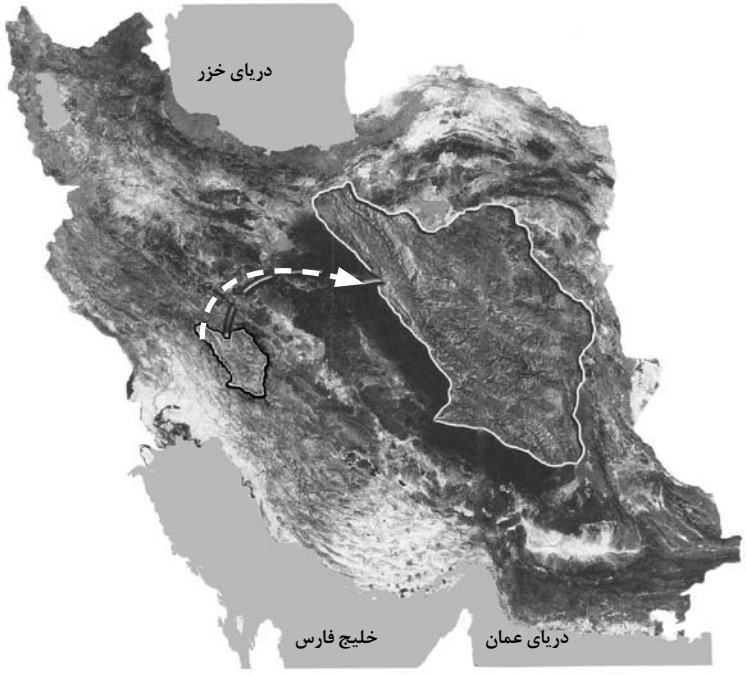
4. Nazari, H. (2006). Anales de la tectonique recente et active dans I'Alborz Central et la region de Tehran: Approche morphotectonique et paleoseismologique. Science de la terre et de I' eat. Montpllier.

5. Tatar, M. (2001). Etude Seismotectonique de deux Zones de collision continental: Le Zagrose Central et I'Alborz (Iran), These Phd, Joseph Fourier. Geol. Surv. Iran.

6. Wells, D.L., Coppersmith, K.J. (1994). "Emprical realationships among magnitude, rupture length, rupture area, and surface displacement." Bull, Seismo. Soc. Am, (84): 974-1002.

زمین‌شناسی و توان معدنی استان چهارمحال و بختیاری

سیدعلی آقا نباتی*



موقعیت جغرافیایی

استان چهارمحال و بختیاری با حدود ۱۴/۸۲۰ کیلومتر مربع وسعت، بین استان‌های اصفهان، خوزستان، و کهگیلویه و بویراحمد قرار دارد و مرکز آن شهرستان «شهرکرد» است که تا تهران ۵۳۹ کیلومتر فاصله دارد.

استان چهارمحال و بختیاری به لحاظ قرارگیری در بخش مرکزی کوه‌های زاگرس، بین پیش‌کوه‌های داخلی و استان اصفهان، چهره‌ی طبیعی کوهستانی دارد و از همین رو، در این استان آب و هوای کوهستانی حاکم است. با این حال، از شمال به جنوب، به سبب کاهش ارتفاعات، دما افزایش می‌یابد؛ به طوری که در ناحیه‌ی جنوبی آب و هوا به گرمی می گراید. با توجه به اختلاف ارتفاع، زمان و مکان بارش در استان از قاعده‌ی یکسانی پیروی نمی‌کند. نوع و میزان بارش در مناطق مرتفع شمالی بیشتر به صورت برف و در مناطق کم‌ارتفاع به صورت باران است.

جایگاه ساختاری استان چهارمحال و بختیاری، شامل چند بلوک جدا شده با زون‌های گسلی است که هر یک از آن‌ها خاصه‌های لیتولوژیک و ساختاری ویژه دارند

ارتفاعات برف‌گیر منطقه، منشأ چشمه‌های جوشان و سرچشمه‌ی جویبارها و رودهای دائمی بسیاری است که از به هم پیوستن آن‌ها، رودهای زاینده‌رود، کارون و دز سرچشمه می‌گیرند.

پوشش گیاهی استان با ارتفاع مکان و عامل آب و هوا و خاک پیوند دارد و در نگاهی کلی، تراکم پوشش گیاهی از خاور به باختر افزایش می‌یابد. زبان رایج در این منطقه بختیاری است که از اصیل‌ترین زبان‌های فارسی به شمار می‌رود و به خاطر موقعیت‌های خاص جغرافیایی، از اختلاط و امتزاج با زبان‌های دیگر در امان مانده است.

کشاورزی، دام‌داری، صنایع گوناگون و ذخایر معدنی (مرمر، سنگ آهک، گچ، نمک، مس و نسوز) منابع اقتصادی استان محسوب می‌شوند.

ویژگی‌های لیتولوژیک و به ویژه خاصه‌های ساختاری نواحی واقع بین شهرکرد، فارسان و رود بازوفت، شباهت کاملی با بخش شمال خاوری پهنه‌ی زاگرس دارد که به آن زاگرس مرتفع و یا زون خردشده نام داده شده است

جایگاه و ویژگی‌های زمین‌شناسی

از نگاه جغرافیایی و هم‌چنین پهنه‌های ساختاری ـ رسوبی، به جز حاشیه‌ی شمال خاوری استان، بخش عمده‌ی استان چهارمحال و بختیاری در ارتفاعات زاگرس قرار دارد که به لحاظ داشتن ذخایر نفتی، از دیرباز مورد مطالعات زمین‌شناختی قرار داشته است. به همین لحاظ، در حال حاضر اطلاعات جامعی از زمین‌شناسی و ذخایر معدنی (طبیعی) استان در دست است.

مورفولوژی حاکم بر استان، شامل تناوب منظمی از ارتفاعات شمال‌غربی ـ جنوب شرقی است که به وسیله‌ی دشت‌هایی با همان روند، از یکدیگر فاصله دارند (راهنمای شماره‌ی ۱).

جایگاه ساختاری استان چهارمحال و بختیاری، شامل چند بلوک جدا شده با زون‌های گسلی است که هر یک از آن‌ها خاصه‌های لیتولوژیک و ساختاری ویژه دارند. بدین معنی که حاشیه‌ی شمال خاوری استان، بخشی کوچک از پهنه‌ی دگرگونه‌ی سنندج ـ سیرجان است که نواحی واقع در شمال شهرکرد تا بروجن را بردارد. بخش باقی‌مانده ی استان، گستره‌های متعلق به کوه‌زایی زاگرس است که در همه جا ساختار و لیتولوژی همسان ندارد. از همین رو، در یک روند شمال خاوری به جنوب باختری، می‌توان سه قلمروی زمین‌شناسی زیر را در استان چهارمحال و بختیاری شناسایی کرد.

الف) پهنه‌ی سنندج ـ سیرجان

در گستره‌های واقع در خاور ـ شمال خاوری استان، خاصه‌های ژئومورفولوژیک و به ویژه ساختاری استان چهارمحال و بختیاری شباهت نزدیک به پهنه‌ی سنندج ـ سیرجان دارد. در این بخش، اگرچه روند عمومی ارتفاعات شمال باختری است، ولی بلندی‌ها سیمای غیرممتد دارند و به صورت تیغه‌های کم و بیش ناپیوسته‌ای هستند که سیمای نابرجا دارند. هم‌چنین، برخلاف سایر نواحی زون سنندج ـ سیرجان، سنگ‌های دگرگونه‌ی پی سنگی (پالئوزوئیک ـ تریاس میانی) دارای رخنمون ناچیز هستند. واحدهای سنگ چینه‌ای عمده نیز به انباشته‌های شیلی و سنگ ماسه‌ای فیلیتی شده‌ی ژوراسیک پایین محدودند که به طور دگر شیب با فلس‌های آهکی کرتاسه پوشیده شده‌اند.

پدیده‌های فشارشی سبب شده‌اند، تارخ سنگی‌ها در مقدار زیاد باشد، به گونه‌ای که عموم سنگ‌ها سیمای رشته‌کوه‌های خردشده و جابه‌جا شده را دارند. شواهد چینه‌شناسی نشان می‌دهند که جابه‌جایی و پدیده‌ی اسلیتی شدن سنگ‌ها، از کرتاسه‌ی بالا آغاز شده است. شواهد ساختاری نیز نشان می‌دهند که جابه‌جایی سنگ‌ها از شمال خاوری به سمت جنوب باختری بوده است.

شناسایی دگرشکلی‌های موجود در واحدهای زمین‌شناسی و ارزیابی عوامل مؤثر در آن‌ها، به ویژه آن‌دسته از عواملی که امروزه نیز فعال‌اند، نشان می دهد که بخش خاوری استان چهارمحال و بختیاری از جمله نواحی لرزه‌خیز است.

ب) زون زاگرس مرتفع

ویژگی‌های لیتولوژیک و به ویژه خاصه‌های ساختاری نواحی واقع بین شهرکرد، فارسان و رود بازوفت، شباهت کاملی با بخش شمال خاوری پهنه‌ی زاگرس دارد که به آن زاگرس مرتفع و یا زون خردشده نام داده شده است.

در بخش زاگرس مرتفع استان چهارمحال و بختیاری، پی‌سنگ پلاتفرمی پالئوزوئیک شامل آواری‌ها و کربنات‌های کامبرین (سازندهای لالون و میلا) است که به طور عموم، با دگرشیبی فرسایشی با توالی‌های کربناته‌ی پرمین (سازند دالان) و تریاس (سازند خانه‌کت) پوشیده شده‌اند.

سنگ‌های ژوراسیک ـ کرتاسه‌ی این بخش استان، رخساره‌ی

پتانسیل‌های معدنی بالقوه استان چهارمحال و بختیاری عبارتند از مس، سنگ تزئینی و نما، سنگ گچ، مارن، دولومیت صنعتی، سیلیس، فلدسپات سُدیک و پتاسیک، لیتیوم، سنگ آهک و سلستین

تتیس جوان دارند و با توالی‌های کربناتی چرخه‌های رسوبی جهرم ـ آسماری پوشیده شده‌اند. سکانس پس‌رونده‌ی گروه فارس در این زون وجود ندارد. انباشته‌های کنگلومرایی پلیو ـ پلیستوسن (سازند بختیاری) و آبرفت‌های کواترنری جوان، ته‌نشست‌های موجود هستند.

الگوی ساختاری نواحی مورد نظر (شهرکرد، فارسان و بازوفت) از نوع ساختمان‌های دوبلکس بزرگ مقیاس و یا راندگی‌های هم آغوشی است که در اثر آن، ورق‌های فانروزوئیک به مقدار متفاوتی از شمال خاوری به سمت جنوب باختری جابه‌جا شده‌اند. در اثر این جابه‌جایی، به‌ویژه در پیشانی راندگی‌ها، مقدار خردشدگی درخور توجه است.

ج) زاگرس چین خورده

نواحی واقع در جنوب غرب رودخانه‌ی بازوفت، بخشی از کمربند چین‌خورده‌ی زاگرس است که گستره‌های واقع در جنوب باختری استان چهارمحال و بختیاری را زیر پوشش دارد. کهن‌ترین رخنمون‌های سنگی این بخش، رخساره‌های فلات قاره دریای تتیس جوان است که به طور معمول، مورفولوژی بلند دارد و در هسته‌ی تاقدیس‌ها رخنمون دارد. سنگ‌های پالئوژن تا اوایل نئوژن این ناحیه، بیشتر کربنات‌های ضخیم لایه هستند که با سازندهای «تله رنگ»، «جهرم» و «آسماری» قابل مقیاس‌اند. خاصه‌های لیتولوژیک توالی‌های میوسن ـ پلیوسن معرف ته نشست‌های هم‌زمان یا کوه‌زایی است که در یک دریای پس‌رونده به سمت جنوب غرب انباشته شده‌اند و می‌توان آن‌ها را با سازندهای سه‌گانه‌ی گروه فارس (گچساران، میشان و آغاجاری) قیاس کرد. سازند کنگلومرایی بختیاری نواحی پست، به‌ویژه هسته‌ی ناودیس‌ها را پوشش داده است.

سیمای ساختاری جنوب باختری استان چهارمحال و بختیاری از نوع طاقدیس‌ها و ناودیس‌های کم و بیش موازی با روند عمومی شمال باختری است، ولی راندگی‌های بزرگ مقیاس هم‌چنان در ساختار این ناحیه اثر درخور توجه دارند.

توان معدنی

به لحاظ تعلق بخش شمال خاوری استان چهارمحال و بختیاری به پهنه ساختاری سنندج ـ سیرجان این انتظار وجود دارد که منطقه مذکور به خصوص از منظر ذخایر معدنی فلزی غنی باشد ولی بخش سنندج ـ سیرجان استان چهارمحال و بختیاری، برخلاف انتظار، سنگ‌های ماگمایی و دگرگونه رخنمون چندان ندارند و لذا ذخایر فلزی چندانی در دسترس نیستند، به همین دلیل در زیر پهنه‌های گوناگون استان (سنندج ـ سیرجان، زاگرس مرتفع، زاگرس چین‌خورده) پتانسیل‌های معدنی به طور عمده محدود به ذخایر غیرفلزی است. بنا به گزارش اداره کل معادن و فلزات، تاکنون حدود ۱۲۰ پتانسیل و اندیس معدنی با ذخایر حدود ۲۳۹۲ میلیون تن (به استثنای پتانسیل‌های شن و ماسه معمولی) در استان شناسایی گردیده است که به طور عمده از گروه مصالح ساختمانی و کانی‌های غیرفلزی بوده است. کانی‌های گروه فلزی با توجه به فرایندهای زمین‌شناسی و ماگماتیسم منطقه محدود بوده و شامل پتانسیل مس دهکده معدن در شهرستان اردل و اندیس لیتیوم و اندیس مس هوره در شهرستان شهرکرد می باشد. پتانسیل غیرفلزی عمده شامل مرمریت، سنگ لاشه ساختمانی، سنگ گچ، بوکسیت و ماسه ریخته‌گری است که گاهی با ظرفیت واقعی یک میلیون تن در سال استخراج و بهره‌برداری می‌گردد. پتانسیل‌های معدنی بالقوه استان چهارمحال و بختیاری عبارتند از:

مس

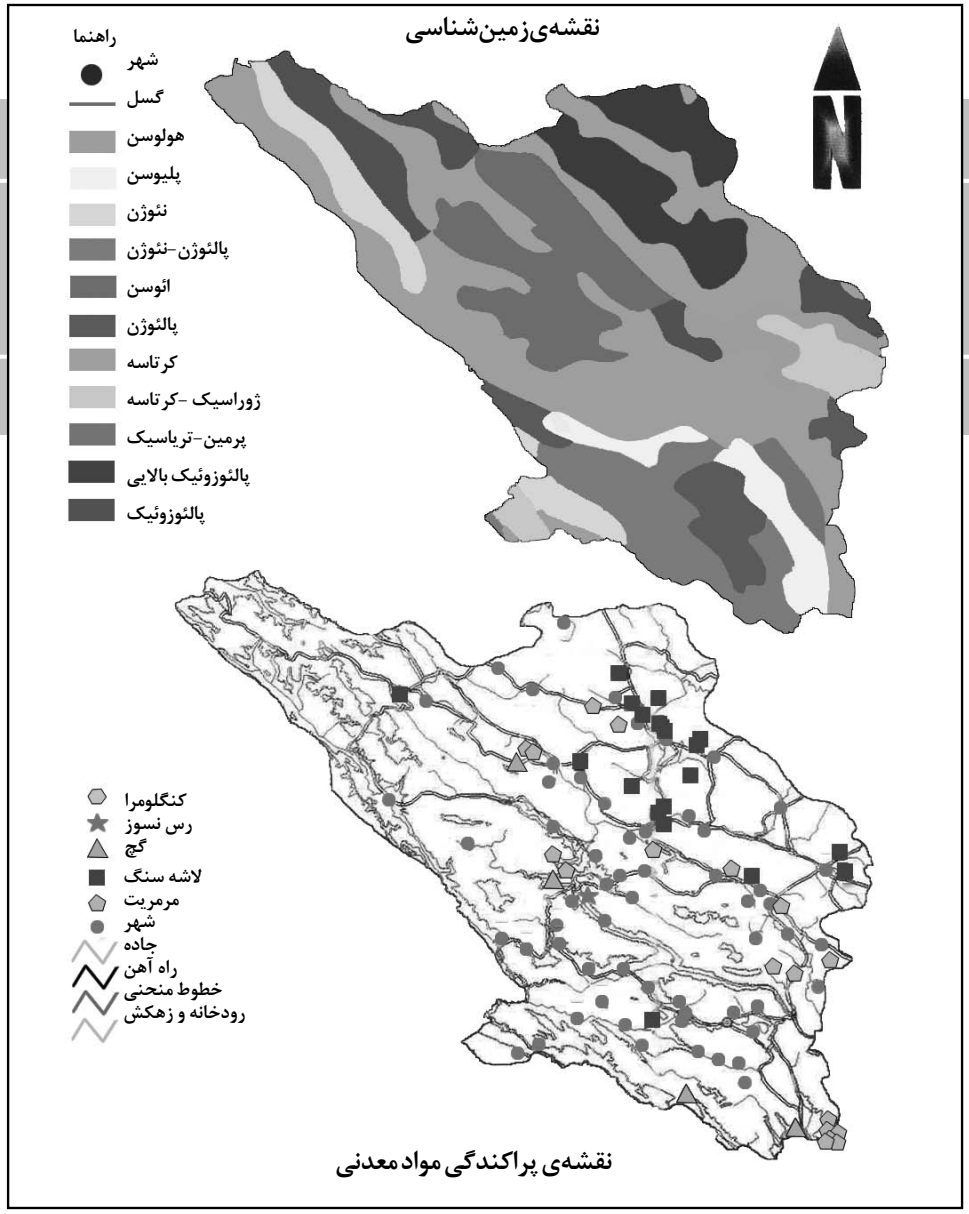
- شان معدنی مس دهکده‌ی معدن در شهرستان اردل، با عیار حدود ۳ تا ۵ درصد که تاکنون بهره‌برداری نشده و مطالعات اکتشافی آن ناقص است.
- اندیس مس هوره در شمال استان چهارمحال و بختیاری.

سنگ تزئینی و نما

ظرفیت‌های بالقوه‌ای از سنگ تزئینی و نما از نوع مرمریت در استان چهارمحال و بختیاری وجود دارند که تاکنون مورد بهره‌برداری قرار نگرفته‌اند:

- مرمریت‌های شهرستان اردل بخش دیناران
- مرمریت‌های شهرستان فارسان، بخش‌های میزدج علیا و سفلی
- مرمریت‌های شهرستان بروجن بخش گندمان

راهنمای شماره‌ی ۱



سنگ گچ

ظرفیت‌های سنگ گچ که تاکنون مورد بهره‌برداری قرار نگرفته‌اند و از کیفیت مناسب برخوردارند، عبارت‌اند از:

- سنگ گچ کل گچی در شهرستان لردگان
- سنگ گچ دوپلان گورمیزه در شهرستان اردل
- سنگ گچ دورک شاهپوری در شهرستان اردل
- سنگ گچ سردشت در شهرستان اردل
- سنگ گچ تلف گرد در شهرستان اردل
- سنگ گچ ارمند در شهرستان لردگان

مارن

استان چهارمحال و بختیاری با توجه به این‌که در زاگرس مرکزی قرار گرفته است، سازندهای مارنی فراوانی را در بر دارد که از عمده‌ترین مواد اولیه‌ی صنعت سیمان است:

- مارن‌های منطقه‌ی دوراهان در شهرستان بروجن
- مارن‌های منطقه‌ی باباحیدر ـ کوهرنگ در شهرستان فارسان
- مارن‌های منطقه‌ی سبزکوه در شهرستان بروجن

دولومیت صنعتی

دولومیت یکی از مواد معدنی است که کاربرد وسیعی در تولید فراورده‌های نسوز و صنعت فولاد دارد و استان چهارمحال و بختیاری از نظر دولومیت غنی است:

- دولومیت‌های کوه نظامی و پرنظامی در شهرستان بروجن
- دولومیت‌های چغاخور در شهرستان بروجن

سیلیس

سیلیس نیز یکی از مواد معدنی است که در صنعت شیشه‌سازی، فولاد و سایر صنایع کاربرد وسیعی دارد و ظرفیت‌های آن در استان عبارت‌اند از:

- ماسه ریخته‌گری گوشکی در شهرستان لردگان
- سیلیس دورک شاهپوری در شهرستان اردل

فلدسپات سُدیک و پتاسیک

ظرفیت‌هایی از فلدسپات سُدیک و پتاسیک در شمال استان چهارمحال و بختیاری در منطقه‌ی صادق‌آباد وجود دارند که به فراوری نیاز دارند و تاکنون استخراج و بهره‌برداری نشده‌اند.

لیتیوم

در شهرستان شهرکرد در دهستان «طلاقانک» اندیس‌هایی از فلز لیتیوم شناسایی شده‌اند که بهره‌برداری از آن‌ها به مطالعات اکتشافی نیاز دارد.

سنگ آهک

ظرفیت‌های فراوانی از سنگ آهک معمولی و صنعتی نیز در استان چهارمحال و بختیاری در شهرستان‌های شهرکرد، فارسان، لردگان و سایر شهرستان‌ها وجود دارند که تاکنون بهره‌برداری نشده‌اند و مواردی که بهره‌برداری شده‌اند، تماماً در تولید مصالح ساختمانی از قبیل سنگ لاشه‌ی ساختمانی (سنگ لاشه‌ی مورد مصرف واحدهای تولید شن و ماسه) بوده است.

سلستین

اندیس‌هایی نیز از سلستین در شهرستان لردگان بخش سردشت وجود دارند که تاکنون به طور کامل و جامع مطالعه نشده‌اند.

بررسی‌های زمین‌شناختی و اکتشافی انجام شده

از نظر کوه‌نگاری و پهنه‌های ساختاری ـ رسوبی، بخش در خور توجهی از استان چهارمحال و بختیاری جزئی از کوه‌های زاگرس است که به طور عموم از دیدگاه ذخایر نفتی مورد توجه قرار دارد. به همین دلیل، نخستین مطالعات زمین‌شناسی ـ اکتشافی استان در راستای شناخت توان هیدروکربوری بوده که توسط زمین‌شناسان نفتی انجام گرفته و نتیجه‌ی آن به صورت نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱: ۲۵۰/۰۰۰ توسط «شرکت ملی نفت ایران» منتشر شده است.

جایگاه ساختاری استان چهارمحال و بختیاری در فصل مشترک چند زیر پهنه‌ی ساختاری (سنندج ـ سیرجان، زاگرس مرتفع و زاگرس چین خورده) سبب شده است که بررسی‌های زمین‌شناختی و اکتشافی استان ادامه یابد؛ به گونه‌ای که در حال حاضر مجموعه‌ی نسبتاً کاملی از بررسی‌های زمین‌شناختی و اکتشافی موجود است.

جدا از مطالعات زمین‌شناسی موضوعی و موضعی، بررسی‌های زمین‌شناختی سراسری و اصولی استان چهارمحال و بختیاری به دو مقیاس متفاوت زیر انجام گرفته است.

الف) بررسی‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰/۰۰۰

به طور معمول، تهیه‌ی نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱: ۲۵۰/۰۰۰ نخستین گام در مطالعات زمین‌شناسی هر منطقه است که با هدف شناخت ساختار کلی و توان بالقوه‌ی معدنی انجام می‌شود و نتایج حاصل به صورت نقشه و یک گزارش توصیفی در اختیار همگان قرار می‌گیرد تا به عنوان اطلاعات پایه در برنامه‌های عمرانی ـ اکتشافی از آن استفاده کنند.

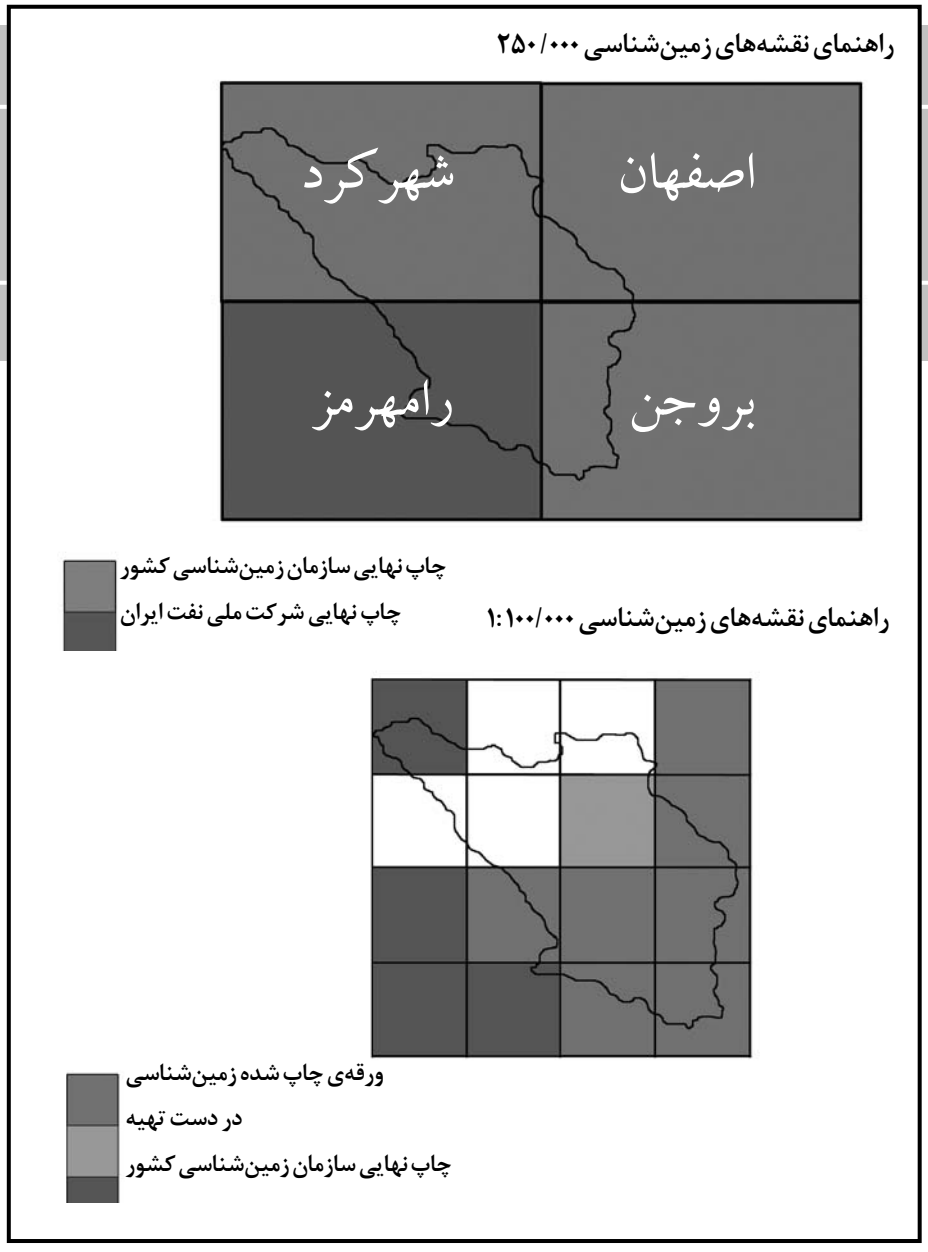
در ایران، هر نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۲۵۰/۰۰۰ در چارچوب نقشه‌های توپوگرافی به همان مقیاس تهیه می‌شود. به همین دلیل، گستره‌ای ۱۵هزار کیلومتری را که بین یک درجه‌ی عرض و ۱/۵ درجه‌ی طول جغرافیایی قرار دارد، می‌پوشاند.

نخستین نقشه ۱:۲۵۰/۰۰۰ استان چهارمحال و بختیاری توسط شرکت ملی نفت ایران منتشر شده است، ولی این نقشه استاندارد گفته شده را ندارد و تمام استان را پوشش نمی‌دهد. به همین لحاظ تهیه‌ی نقشه‌های استاندارد و پوشش کامل استان در دستور کار سازمان زمین‌شناسی قرار گرفت و در حال حاضر تمام نقشه‌های زمین‌شناسی ۱: ۲۵۰/۰۰۰ استان تهیه شده‌اند و در دسترس هستند (راهنمای شماره‌ی ۲).

ب) بررسی‌های زمین‌شناختی به مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰

دومین فاز مطالعات زمین‌شناسی استان چهارمحال و بختیاری در مقیاس ۱: ۱۰۰/۰۰۰ است که توسط سازمان زمین‌شناسی صورت گرفته است. نقشه‌های زمین‌شناسی ۱: ۱۰۰/۰۰۰، به عنوان یک منبع اطلاعاتی پایه، در مناطقی تهیه می شوند که یا توان

راهنمای شماره‌ی ۲



معدنی بالایی دارند و یا نتایج حاصل می‌تواند پاسخ‌گوی پاره‌ای از معضلات زمین‌شناسی باشد. هر نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰/۰۰۰ به نیم درجه‌ی طول و نیم درجه‌ی عرض جغرافیایی محدود است. از همین رو حدود ۲۵۰۰ کیلومتر وسعت دارد.

به لحاظ محدود بودن رویه‌ی استان چهارمحال و بختیاری، تعداد نقشه‌های زمین‌شناسی یکصدهزارم این استان چندان زیاد نیست. راهنمای شماره‌ی ۲، نشانگر نام و میزان پیشرفت فیزیکی نقشه‌های ۱:۱۰۰/۰۰۰ استان چهارمحال و بختیاری است.

* عضو هیئت علمی پژوهشکده سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

منابع

۱) نقشه ها و گزارش های زمین شناسی و معدنی استان چهار محال بختیاری
۲) قربانی م ۱۳۸۱ دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران پایگاه داده های علوم زمین
۳) نقشه های ژئوشیمیایی مقیاس ۱۰۰/۰۰۰ :۱استان چهار محال بختیاری سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

بیابان لوت ایران، داغ‌ترین مکان روی سطح سیاره‌ی زمین

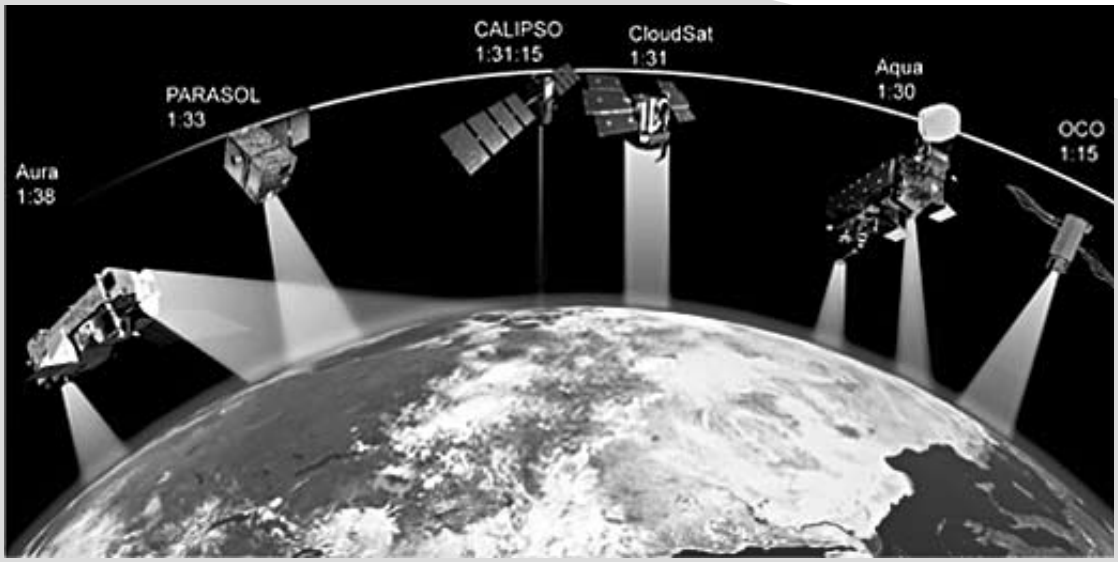
مازیار نظری*
مژگان خجو**

اشاره

رکورد داغ‌ترین مکان روی سیاره‌ی زمین از آن کجاست؟ تا زمانی که رکوردگیری‌ها بر اطلاعات حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی زمینی استوار بودند، این افتخار از آن منطقه‌ی «العزیزیه» در لیبی بود که در ۱۳ سپتامبر ۱۹۲۲ گرمای سوزان ۵۷/۸ درجه‌ی سانتیگراد در پایگاه هواشناسی آن به ثبت رسیده بود. اما در همان زمان هم احتمالاً سرزمین‌های داغ‌تری فراسوی شبکه‌ی پراکنده‌ی پایگاه‌های هواشناسی جهان وجود داشتند که به دلیل نبود ایستگاه‌های زمینی، در این رکوردگیری جهانی به حساب نیامدند! اما امروز با گذشت پنج سال از آغاز پروژه‌ی فضایی «سیستم پایش سیاره‌ی زمین»[1] (EOS)، اطلاعات به دست آمده نشان می‌دهند که باید در پاسخ به سؤال فوق بازنگری کرد.

«Aqua» که در زبان لاتین به معنی آب است، نامی است که برای یکی از مأموریت‌های فضایی «ناسا»، موسوم به «علوم زمین»[2] انتخاب شده است. وجه تسمیه‌ی این نام، حجم عظیم اطلاعاتی است که این مأموریت در خصوص چرخه‌ی آب در سیاره‌ی زمین، شامل تبخیر از اقیانوس‌ها، بخار آب در جو، ابرها، بارش، رطوبت خاک، یخ دریاها، یخ خشکی‌ها و پوشش برفی روی خشکی‌ها و یخ‌ها ارائه می‌کند. در جریان انرژی تشعشعی، افشانه‌های معلق در جو (آئرسول‌ها)، پوشش گیاهی سطح خشکی‌ها، فیتوپلانکتون‌ها و مواد ارگانیک محلول در آب اقیانوس‌ها، و دمای هوا، خشکی‌ها و آب‌های زمین، متغیرهای اضافی دیگری هستند که توسط «Aqua» در حال سنجش‌اند.

مأموریت Aqua بخشی از پروژه‌ی بین المللی «سیستم پایش سیاره‌ی زمین» به محوریت ناسا است. این ماهواره حوالی ساعت ۱:۳۰ بعدازظهر به وقت محلی که نزدیک به گرم‌ترین زمان روز است، از فراز مناطق تحت پوشش‌اش عبور می‌کند. Aqua که در ۴ مه ۲۰۰۲ به فضا پرتاب شده، نخستین عضو یک گروه از ماهواره‌ها موسوم به «حلقه‌ی بعد از ظهر »[3] است. دومین عضو این گروه «Aura» بود که در جولای ۲۰۰۴ در مدار قرار گرفت. سومین عضو «PARASoL»، در دسامبر ۲۰۰۴، و چهارمین و پنجمین ماهواره‌ها با نام‌های «CloadSat» و «CALIPSO» در مه ۲۰۰۶ به فضا پرتاب شدند. دو ماهواره‌ی «OCO» و «Glory» نیز در آینده‌ی نزدیک در مدار قرار خواهند گرفت. هنگامی که این مجموعه تکمیل شود، در این گروه ماهواره، OCO پیشاپیش همه حرکت خواهند کرد و پس از آن به ترتیب CloadSat،CALIPSO، PARASOL و در انتها Aura قرار خواهند گرفت. در خصوص محل قرارگیری Glory هنوز تصمیم‌گیری نشده است.



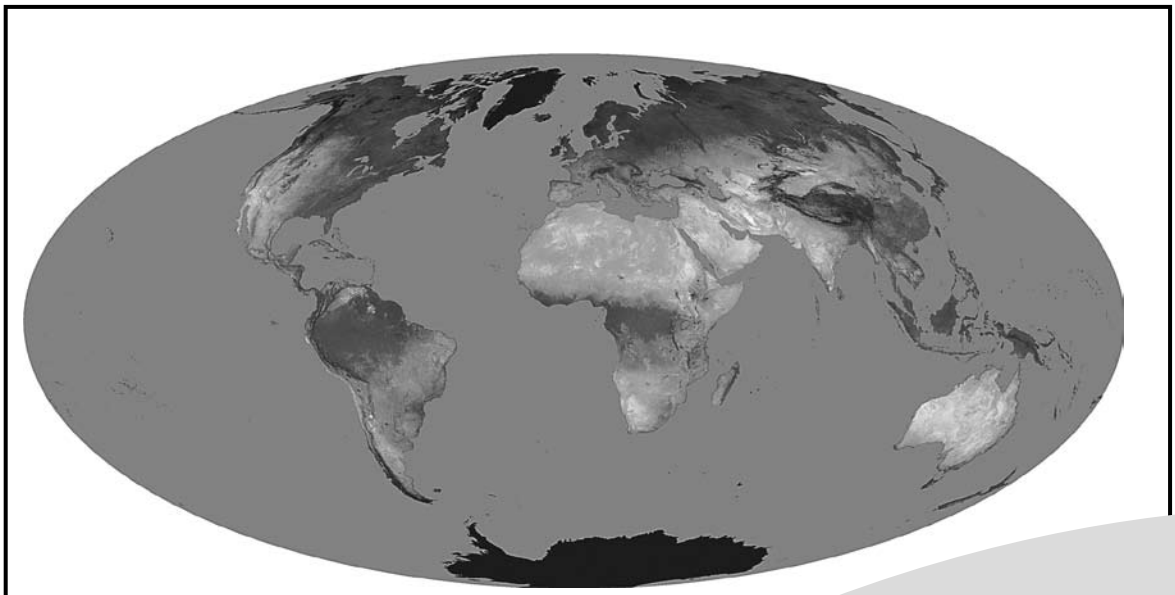
تصویر ۱. ماهواره‌های حلقه‌ی بعد از ظهر

تصویر۲، سیمای پیچیده‌ای از توزیع دمای سطحی زمین را نشان می‌دهد که از اطلاعات حاصل از یک «سنجشگر تصویرنگار اسپکترورادیومتر با رزولوشن متوسط»[۴] موسوم به «MODIS» به دست آمده است. این سنجشگر یکی از شش ابزار پایشی است که روی ماهواره‌ی Aqua ی سازمان فضایی ناسا نصب شده و کار آن ثبت دمای سطح زمین است. در واقع، نشان‌دهنده‌ی دمایی است که در تماس با سطح زمین می‌توان حس کرد.

اگر در یک روز گرم تابستان با پای برهنه روی ساحل ماسه‌ای یا سطح سیمانی راه بروید، متوجه می‌شوید که زمین زیر پای شما به مراتب داغ‌تر از هوای پیرامون سر و صورتتان است. به همین ترتیب دمای حاصل از برداشت‌های سنجشگر MODIS نیز ممکن است تا بیش از ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد داغ‌تر از دمای هوای ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی همان مکان باشد.

تصویر۲ نشان‌دهنده‌ی توزیع حرارت سطحی سیاره‌ی زمین است که بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ توسط MODIS به ثبت رسیده است. در این تصویر، داغ‌ترین مناطق که به رنگ صورتی روشن نشان داده شده‌اند، منطبق بر بیابان‌های لم‌یزرع و یا دارای پوشش گیاهی تُنک هستند. این نواحی در شمال آفریقا، جنوب آسیا، استرالیا، و بخش‌هایی از غرب آمریکای شمالی و جنوبی واقع شده‌اند. نواحی دارای پوشش گیاهی متراکم، نظیر جنگل‌هایی از غرب آمریکای شمالی و جنوبی واقع شده‌اند. نواحی دارای پوشش گیاهی متراکم، نظیر جنگل‌های بارانی آمازون و کنگو در آمریکای جنوبی و آفریقا، جنگل‌های شمالی آمریکای شمالی و اوراسیا که بسیار خنک‌تر هستند، به رنگ ارغوانی مشاهده می شوند. نقاط باز هم سردتر که به رنگ آبی مشاهده می شوند، مناطق مرتفعی مانند فلات تبت و رشته‌کوه‌های بلند را تشکیل داده‌اند. سردترین مناطق نیز، سرزمین‌های واقع در کلاهک‌های یخی نزدیک قطب‌های شمال

بر اساس یافته‌های MODIS در سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵، داغ‌ترین نقطه‌ی سطح سیاره‌ی خاکی ما «بیابان لوت» در ایران بوده است که دمای آن به ۷۰/۷ درجه‌ی سانتیگراد رسید



تصویر۲. توزیع حرارت سطحی سیاره‌ی زمین

و جنوب سیاره‌ی زمین هستند.

حال داغ‌ترین مکان روی سیاره‌ی زمین کجاست؟ بر اساس یافته‌های MODIS در سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵، داغ‌ترین نقطه‌ی سطح سیاره‌ی خاکی ما «بیابان لوت» در ایران بوده است که دمای آن به ۷۰/۷ درجه‌ی سانتیگراد رسید. در سال ۲۰۰۳، «کوئینزلند» در استرالیا با دمای ۶۹/۳ درجه‌ی سانتی‌گراد داغ‌ترین مکان روی زمین بود.

تاکنون محدوده‌ی تغییرات دمای سطح سیاره‌ی زمین را از ۸۹/۲ ـ درجه که در سال ۱۹۸۳ در «وستوک»[5] قطب جنوب و در ارتفاع ۳۴۱۹ متری به ثبت رسیده، تا ۵۷/۸ + درجه در الغزیزیه لیبی نظر می‌گرفتند. بیابان لوت این رکورد را در هم شکسته است و حتی گرم‌تر از «یوما»[6] در صحرای آریزوناست که ۹۰ درصد روزهای آن در طول سال آفتابی هستند و بیش از ۴۰۰۰ ساعت آفتاب در طول سال دارد. شاید یوما ظرفیت شکستن رکورد العزیزیه را داشته باشد، اما به رکورد بیابان لوت نخواهد رسید.

گذشته از این رکورد گیری‌های جنجالی، این نوع تصویربرداری می‌تواند در ارزیابی تغییرات پوشش سطح زمین به دانشمندان کمک کند. جنگل‌ها به مراتب خنک‌تر از زمین‌های عاری از پوشش گیاهی‌اند. بدین ترتیب، اگر جنگلی نابود شود، دمای سطح زمین در آن نقطه بالا خواهد رفت. این پدیده را می‌توان در آمازون، جایی که در امتداد مرز جنوبی ناحیه‌ی جنگلی، بخش‌هایی از رنگ صورتی (گرم‌تر) به درون رنگ ارغوانی (خنک‌تر) نفوذ کرده‌اند، مشاهده کرد. در سایر مناطق، زمین‌های زیر کشت آبی، خنک‌تر از رویش‌های گیاهی طبیعی هستند، زیرا آب بیشتری را برای بالا کشیدن در اختیار دارند و خود را در حین پدیده‌ی تبخیر خنک می‌کنند. به این ترتیب، این نوع از تجزیه و تحلیل دمایی پوشش سطحی زمین می‌تواند گسترش جهانی کشاورزی آبی و اثرات پدیده‌ی نابودی جنگل‌ها را آشکار سازد.

* عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آشتیان
** دبیر زمین‌شناسی منطقه ۱۵ آموزش و پرورش تهران

پی‌نوشت

1. Earth Observing System
2. Earth Science
3. Afternoon Constellation
4. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
5. Vestok
6. Yuma

منابع

1. http://www.oddee.com/item_96770.aspx
2.http://www.bigsiteofamazingfacts.com/where-is-the-hottest-place-on-earth
3. http://earthobservatory.nasa.gov/view.php?id=7149

زهره، دومین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی

آنیادانایی تبار*

اشاره

در کتاب «علوم زمین» مطالبی در مورد سیارات به اختصار بیان شده است. مطلب زیر برای افزایش اطلاعات همکاران در نظر گرفته شده است.

چکیده

دومین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی بعد از «تیر»، سیاره‌ی «زهره» یا «ناهید» است. این سیاره‌ی درخشان بیش از هر سیاره‌ی دیگری به زمین نزدیک می‌شود و در نزدیک‌ترین نقطه، به ۴۲ میلیون کیلومتری ما می‌رسد. در روشن‌ترین حالت، پس از ماه، درخشنده‌ترین جرم آسمانی است. در ۱۹ خرداد ماه ۱۳۸۳، سیاره‌ی زهره پس از ۱۲۲ سال، مجدداً از برابر خورشید گذشت و منظره‌ای زیبا از صف‌بندی سیارات در منظومه‌ی شمسی را به نمایش گذاشت. به این پدیده «گذر» می‌گویند.

سیاره‌ی زهره حداکثر سه ساعت قبل از طلوع و یا سه ساعت بعد از غروب خورشید قابل مشاهده است. هنگامی که چندان نزدیک به خورشید نیست، به هنگام روز به صورت یک نقطه‌ی سفیدرنگ مایل به زرد در پهنه‌ی آسمان آبی مشاهده می‌شود. هم‌چنین در دو وضعیت، به دلیل نزدیکی به خورشید مشاهده نمی‌شود: یکی زمانی که در آن سوی خورشید است، و دیگری زمانی که در این سوی خورشید، یعنی بین زمین و خورشید قرار دارد.

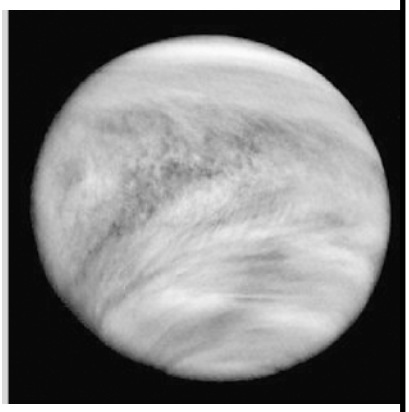
سرعت متوسط مداری زهره ۳۵ کیلومتر در ثانیه و گرانش سطحی آن، ۸۸۷ سانتی‌متر بر مجذور ثانیه یا ۰/۹۰۴ برابر g در سطح زمین است. دمای سطحی متوسط آن ۴۶۴ درجه‌ی سانتی‌گراد است.

تا اواخر قرن نوزدهم، تصور می‌شد که سیاره‌ی زهره یک قمر دارد و حتی نام «نیث»[1] گذاشته بودند. اکنون می‌دانیم که هیچ قمری ندارد. سیاره‌ی زهره در میان سیارات منظومه‌ی شمسی دارای غلیظ‌ترین جو است. حدود ۹۰ درصد جرم کل جو سیاره، در فاصله‌ی سطح تا ارتفاع ۲۸ کیلومتری آن وجود دارد و در این فاصله مانند یک اقیانوس رفتار می‌کند.

مهم‌ترین پدیده در جو سیاره که ظاهراً کل سیاره را تحت تأثیر قرار داده است، ابرهای آن هستند. ابرها ۷۶ درصد از نور خورشید را باز تاب می‌دهند. بررسی ویژگی‌های ظاهری ابرها، به شناخت جو سیاره کمک زیادی کرده است. دلیل سرعت زیاد ابرها در نواحی بالایی جو هنوز به خوبی روشن نیست، ولی احتمالاً ناشی از انتقال اندازه‌ی حرکت از خود سیاره است که حرکت اولین نقشه‌ی گرمایی سطح و جو سیاره‌ی زهره در ۷ دسامبر ۲۰۰۷ ارائه شد. سیاره‌شناسان ایتالیایی موفق شدند، با استفاده از ابزار طیف‌نمای مادون قرمز کاوشگر «ونوس اکسپرس»، یک نقشه‌ی گرمایی از جو و سطح سیاره‌ی زهره به دست آورند.

تازه‌ترین خبر این‌که «آژانس فضایی اروپا» اعلام کرد، فضاپیمای ونوس اکسپرس وجود دی‌اکسیدسولفور را در جو سیاره‌ی زهره شناسایی کرده است. این یافته می‌تواند شاهدی دال بر وجود آتشفشان‌های فعال روی این سیاره باشد.

کلیدواژه‌ها: پدیده‌ی گذر، ونوس، دوره‌ی هلالی، ستاره‌ی صبحگاهی، ستاره‌ی شامگاهی، فاصله‌ی زاویه‌ای، مقارنه، پدیده‌ی دوپلر، اَبرچرخش



کلیاتی در مورد سیاره‌ی زهره

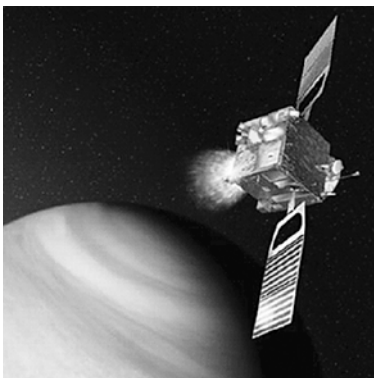
دومین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی بعد از «تیر»، سیاره‌ی «زهره» یا «ناهید» است. بعد از ماه و خورشید، پرنورترین جسم آسمانی است و هر از چند گاهی، نظر مردم را به خود جلب می‌کند. «ونوس» که معادل لاتین زهره است محسوب می‌شود، به معنای الهه‌ی زیبایی و عشق است. یونانی‌ها آن را «آفرودیت» و بابلی‌ها آن را «ایشتار» می‌نامیدند. این سیاره ۱۶۰۰ سال قبل از میلاد هم شناخته شده بود و ظاهراً اقوام مایا آن را در روز هم رصد می‌کرده‌اند.

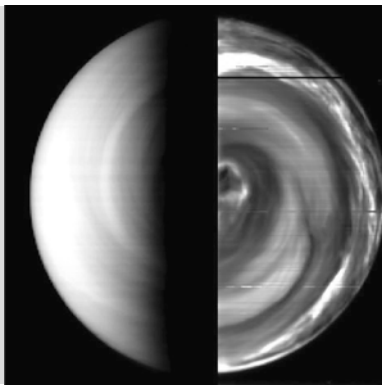
از آن‌جا که بسیاری از کمیت‌های آن مانند زمین است (قطر آن تنها ۶۵۰ کیلومتر از زمین کمتر است)، آن را خواهر زمین هم خوانده‌اند. قبلاً تصور می‌شد که زیر ابرهای آن مانند زمین، تمدنی هوشمند وجود دارد. زهره با دمایی که دارد و همه جایش چه شب و چه روز تقریباً ۴۷۰ درجه است، بیشتر به جهنم شباهت دارد تا زمین. برخلاف سیاره‌ی تیر که دیدنش بسیار مشکل است، سیاره‌ی زهره را تقریباً همه‌ی انسان‌ها به دلیل درخشندگی خیره‌کننده‌اش، حداقل یک‌بار دیده‌اند؛ هرچند شاید آن را نشناخته باشند.

این سیاره مانند تیر و ماه دوره‌ی کامل هلالی دارد و هلال‌های آن تقریباً هر ۱/۵ سال تکرار می‌شوند. حتی بعضی افراد ادعا کرده‌اند که هلال آن را با چشم غیرمسلح دیده‌اند. نیمی از این مدت در سمت خورشید است و هنگام صبح دیده می‌شود، و نیمی دیگر در سمت چپ خورشید قرار دارد و شامگاهان دیده

می‌شود. عامه‌ی مردم در حالت اول آن را ستاره‌ی صبحگاهی و در حالت دوم ستاره‌ی شامگاهی می‌نامند. این سیاره‌ی درخشان بیش از هر سیاره‌ی دیگری به زمین نزدیک می‌شود و در نزدیک‌ترین نقطه، به ۴۲ میلیون کیلومتری ما می‌رسد. در روشن‌ترین حالت، پس از ماه، درخشنده‌ترین جرم آسمانی است. هنگام طلوع خورشید در مشرق دیده می‌شود و هنگام غروب خورشید در مغرب. شعاع زهره نزدیک به ۶۱۰۰ کیلومتر و چگالی آن ۵۰۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

در مدت معینی از سال (که در هر سال متغیر است)، اگر به زهره نگاه کنیم، خواهیم دید که حتی از پرنورترین ستاره‌ی نیم‌کره‌ی شمالی هم پرنورتر است. وقتی به پرنورترین حالت خود می‌رسد، حتی در روز هم قابل مشاهده است و اگر آن را با تلسکوپ نسبتاً قوی مشاهده کنیم، می‌بینیم که مانند ماه اهله دارد. یعنی در طول مدت زمانی مشخص، قطر آن از دید ما که در زمین ایستاده‌ایم، تغییر می‌کند؛ درست مثل ماه که بعضی وقت‌ها هلال و بعضی وقت‌ها قرصی کامل از آن مشخص است. در ۱۹ خرداد ماه ۱۳۸۳، سیاره‌ی زهره پس از ۱۲۲ سال مجدداً از برابر خورشید گذشت





و منظره‌ای زیبا از صف‌بندی سیارات در منظومه‌ی شمسی را به نمایش گذاشت. به این پدیده «گذر» می‌گویند.

وضعیت مداری و هلالی سیاره

ناهید در مداری که از همه‌ی سیارات دایروی‌تر است، به دور خورشید می‌چرخد. به‌طوری که فاصله‌ی آن با خورشید طی یک دوره، تنها بین ۱۰۷ تا ۱۰۸ میلیون کیلومتر تغییر می‌کند. نزدیک‌ترین فاصله‌ی

آن با زمین، ۴۲ میلیون کیلومتر و دورترین فاصله‌ی آن، یعنی زمانی‌که در سمت دیگر خورشید است، به ۲۵۷ میلیون کیلومتر می‌رسد. بنابراین تغییرات اندازه‌ی ظاهری آن بسیار زیاد است. در حالت نزدیکی، قطر ظاهری آن شش برابر بزرگ‌تر از زمانی خواهد بود که دور است. علاوه بر مدار دایروی، شکل ظاهری آن نیز به دلیل چرخش خیلی کند (سرعت وضعی آن تنها ۶/۵ کیلومتر در ثانیه است، در مقایسه با زمین که این سرعت ۳۰ کیلومتر در ثانیه است)، برخلاف دیگر سیارات که قطر استوایی بیشتری دارند، سیار دایروی است.

بیشترین فاصله‌ی زاویه‌ای زهره با خورشید، یا همان بیشترین کشیدگی، به ۴۶ درجه می‌رسد. به همین دلیل، حداکثر سه ساعت قبل از طلوع و یا سه ساعت بعد از غروب خورشید قابل مشاهده است و هنگامی که چندان نزدیک به خورشید نیست، به هنگام روز به صورت یک نقطه‌ی سفیدرنگ مایل به زرد در پهنه‌ی آسمان آبی مشاهده می‌شود.

این سیاره در دو وضعیت به دلیل نزدیکی به خورشید مشاهده نمی‌شود: یکی زمانی که در آن سوی خورشید است، و دیگری زمانی که در این سوی خورشید، یعنی بین زمین و خورشید قرار دارد. در حالت اول گفته می‌شود که سیاره در حالت «مقارنه‌ی خارجی» است و در حالت دوم، گفته می‌شود در حالت «مقارنه‌ی داخلی» است (مقارنه به معنای قرین بودن یا نزدیکی است). ۳۷ روز قبل یا ۳۷ روز بعد از مقارنه‌ی خارجی، ۲۵ درصد از سطح ناهید روشن است و به نورانی‌ترین وضعیت می‌رسد. بیشترین فاصله‌ی زاویه‌ای یا همان کشیدگی سیاره، ۷۰ روز قبل یا بعد از مقارنه‌ی داخلی رخ می‌دهد.

به کمک یک دوربین شکاری متوسط می‌توان دوره‌ی هلالی زهره را تعقیب کرد و به کمک تلسکوپ، به جز هلال‌های آن، هیچ عارضه‌ی سطحی قابل ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود که دلیل آن هم وجود ابرهای غلیظ در جو سیاره است. ویژگی‌های ظاهری ابرها، زمانی که در نور ماورای بنفش مشاهده می‌شوند، بهتر مشخص است. گرچه به کمک تلسکوپ نمی‌توان سطح ناهید را مشاهده کرد، ولی به کمک امواج راداری که از جو آن عبور می‌کنند، می‌توان به بررسی عوارض سطحی آن پرداخت. ما اکنون توانسته‌ایم با استفاده از فضاپیماهای ویژه، به تهیه‌ی نقشه‌های دقیق از سطح این سیاره بپردازیم.

در ۱۹ خرداد ماه ۱۳۸۳، سیاره‌ی زهره پس از ۱۲۲ سال، مجدداً از برابر خورشید گذشت و منظره‌ای زیبا از صف‌بندی سیارات در منظومه‌ی شمسی را به نمایش گذاشت. به این پدیده «گذر» می‌گویند

سیاره‌ی زهره هر ۲۲۴/۷ روز یک‌بار به دور خورشید می‌چرخد و فاصله‌ی آن با خورشید بین ۰/۷۲ تا ۰/۷۳ واحد نجومی تغییر می‌کند. جهت چرخش وضعی این سیاره، مانند اورانوس و برخلاف دیگر سیارات، از شرق به غرب است و خورشید برای یک ناظر فرضی بر سطح آن، از غرب طلوع و در شرق غروب می‌کند.

دوره‌ی چرخشی اولین‌بار در مقارنه‌ی سال ۱۹۶۱، به کمک امواج راداری با استفاده از یک آنتن ۲۶ متری در کالیفرنیا، رصدخانه‌ی رادیویی «جردل بانک» انگلیس و یک رصدخانه در شوروی سابق محاسبه شد. در سال ۱۹۶۴ نیز، با استفاده از «پدیده‌ی دوپلر» متوجه حرکت معکوس سیاره از شرق به غرب شدند. دوره‌ی چرخش مداری زهره با زمین جفت شده است و همیشه در حالتی که کمترین فاصله را با زمین دارد، یعنی در مقارنه‌ی داخلی، فقط یک روی خود را به زمین نشان می‌دهد. دلیل این حالت به خوبی روشن نیست، ولی احتمالاً اثرات گرانشی زمین زیاد است.

قطر ناهید ۱۲۱۰۳/۷ کیلومتر یا ۹۴/۹ درصد قطر زمین است. وزن آن ۴/۸۷ ضربدر ده بتوان ۲۴ یا ۸۱/۵ درصد زمین است. چگالی آن در مقایسه با زمین که ۵/۵۲ است، ۵/۲۴ گرم در سانتی‌متر مکعب است. سرعت فرار در سطح سیاره نیز ۱۰/۳۶ کیلومتر در ثانیه است.

زاویه‌ی مداری زهره به دور خورشید با صفحه‌ی مداری زمین در مقایسه با تیر که حدود ۷ درجه است، تنها ۳/۳۹۴ درجه است. سرعت متوسط مداری آن ۳۵ کیلومتر در ثانیه و گرانش سطحی آن ۸۸۷ سانتی‌متر بر مجذور ثانیه یا ۰/۹۰۴ برابر g در سطح

زمین است. دمای سطحی متوسط آن ۴۶۴ درجه‌ی سانتی‌گراد و دمای متوسط ابرهای بالایی آن ۴۳- درجه‌ی سانتی‌گراد است. به دلیل جریانات همرفتی جو و سرعت شدید بادها، تفاوت دما در شبانه‌روز خیلی تغییر نمی‌کند. اگر پدیده‌ی گل‌خانه‌ای وجود نداشت، دمای آن تقریباً مانند زمین بود.

تا اواخر قرن نوزدهم تصور می‌شد که زهره یک قمر دارد و حتی نام آن را «نیث» گذاشته بودند. اکنون می‌دانیم که هیچ قمری ندارد. چیزهایی که به‌عنوان قمر معرفی می‌شده‌اند، احتمالاً ستارگانی بوده‌اند که در آن نزدیکی مشاهده می‌شده‌اند.

وضعیت جو سیاره

سیاره‌ی زهره در میان سیارات منظومه‌ی شمسی دارای غلیظ‌ترین جو است. حدود ۹۰ درصد جرم کل جو سیاره، در فاصله‌ی سطح تا ارتفاع ۲۸ کیلومتری آن وجود دارد و این فاصله مانند یک اقیانوس رفتار می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهند، به‌خاطر این جو غلیظ، تنها دو درصد از نور خورشید به سطح آن می‌رسد. جو زهره از ۹۶/۵ درصد دی‌اکسیدکربن، ۳/۵ درصد نیتروژن، و مقداری منواکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد، اسیدسولفوریک، بخار آب، آرگون، هلیم، کریپتون، گزنون، هیدروکلریک، هیدروفلوریک، سولفید هیدورژن و کاربونیل سولفاید تشکیل شده است.

جالب است بدانید، زمین تقریباً همین مقدار دی‌اکسیدکربن دارد که البته به‌صورت سنگ‌های آهکی در «تراست»[۲] دارند. در زمین، دی‌اکسیدکربن ابتدا در جو وجود داشته است. سپس با آب اقیانوس‌ها ترکیب شده و به صورت سنگ‌های آهکی درآمده است. هم‌چنین، گیاهان نیز دی‌اکسیدکربن را جذب می‌کنند. گفتنی است در حال حاضر مقدار دی‌اکسیدکربن اقیانوس‌های زمین ۶۰ برابر موجودی آن در جو زمین است.

فشار جو زهره با تغییر ارتفاع تغییر می‌کند. در سطح نیز به حدود ۹۰ برابر جو زمین می‌رسد که این مقدار با فشار در عمق یک کیلومتری اقیانوس‌ها برابر است. جو زهره از دو لایه‌ی اصلی با نام‌های «تروپوسفر» و «تروموسفر» که به تروموسفر زمین شباهت دارد، تشکیل شده است. در قسمت روز سیاره، لایه‌ی «ترموسفر» که شبیه ترموسفر زمین است، وجود دارد که دما در آن از ۱۸۰ درجه‌ی کلوین در ارتفاع صدکیلومتری، به دمای ۳۰۰ درجه‌ی کلوین در ناحیه‌ی اگزوسفر می‌رسد. این لایه در قسمت تاریک سیاره ناپدید می‌شود. شب هنگام دما از ۱۸۰ درجه‌ی کلوین ارتفاع ۱۰۰ کیلومتری، به ۱۰۰ درجه‌ی کلوین در ارتفاع ۱۵۰ کیلومتری می‌رسد.

تغییرات دمایی درست از بالای ابرهای سیاره در ارتفاع ۷۵ تا ۱۰۰ کیلومتری بسیار زیاد است و تغییرات روزانه به اندازه‌ی ۲۵ درجه‌ی کلوین در ارتفاع ۹۵ کیلومتری نیز ثبت شده‌اند. پایین‌تر از این لایه‌ی مغشوش، یعنی از ارتفاع حدود ۷۵ کیلومتری، لایه‌ی دوم یعنی لایه‌ی ابرآلود تروپوسفر قرار دارد. این سه لایه‌ی مجزا از لحاظ اندازه‌ی ذرات و غلظت متفاوت هستند. در لایه‌ی تروپوسفر که در فاصله‌ی ۵۰ تا ۷۰ کیلومتری وجود دارد، قطرات اسیدسولفوریک اجزای اصلی ابرهای سیاره هستند. این قطرات از واکنش مولکول‌های آب و دی‌اکسید گوگرد در نواحی بالایی جو و تحت تأثیر تابش ماورای بنفش نور خورشید به‌وجود آمده‌اند.

در نواحی پایین این ابرها، احتمال بارش نیز مطرح شده است. (همان چیزی که به باران‌های اسیدی سطح ناهید معروف شده است.) دما به‌طور ثابت از بالای ابرها با ۳۰۰ درجه‌ی کلوین شروع می‌شود و به ۷۵۰ درجه‌ی کلوین در سطح سیاره افزایش پیدا می‌کند. این دما بالاترین دمای سطحی در میان اجرام منظومه‌ی شمسی است و حتی از دمای ذوب سرب نیز بیشتر است. دلیل این دمای زیاد همان پدیده‌ای است که ما آن را با نام پدیده‌ی گلخانه‌ای می‌شناسیم.

سیاره‌ی ناهید از زمین به خورشید نزدیکتر است. بنابراین مقدار انرژی دریافتی آن نیز بیشتر است. تابشی که به سطح می‌رسد، با وجود لایه‌ی ابری از جنس دی‌اکسیدکربن، توانایی برگشت به فضا را ندارد و در میان لایه‌ی ابری و سطح سیاره جذب می‌شود. البته تا حدودی وجود بخار آب و دی‌اکسیدگوگرد نیز در بروز چنین پدیده‌ای مؤثر است. گفتنی است، دمای سیاره از مقدار کنونی بیشتر نخواهد شد، چرا که جو سیاره و سطح آن در حالت موازنه‌ی شیمیایی هستند.

وضعیت ابرهای سیاره

مهم‌ترین پدیده در جو سیاره که ظاهراً کل سیاره را تحت تأثیر قرار داده است، ابرهای آن هستند. ابرها ۷۶ درصد از نور خورشید را بازتاب می‌دهند. بررسی ویژگی‌های ظاهری ابرها، به شناخت جو سیاره کمک زیادی کرده است. بادهایی که به این ابرها شکل می‌دهند، در تمام مناطق سیاره در حال وزیدن هستند. چرخش جو سیاره در میان سیارات منظومه‌ی شمسی همتا ندارد. علی‌رغم چرخش کند خود سیاره، ابرهای آن هر چهار روز یک‌بار سیاره

را دور می‌زنند. سرعت در نواحی بالای ابرها که از شرق به غرب می‌وزند، به ۱۰۰ متر در ثانیه یا ۳۶۰ کیلومتر در ساعت هم می‌رسد. (حرکت ابرها از سمت دو قطب به سوی استواست.) مقدار سرعت، با کاهش ارتفاع به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. سرعت در ارتفاع ۱۰ کیلومتری به حدود ۱۸ کیلومتر در ساعت و در سطح به حتی کمتر از یک متر در ثانیه یا چهار کیلومتر در ساعت می‌رسد.

دلیل سرعت زیاد ابرها در نواحی بالایی جو هنوز به خوبی روشن نیست، ولی احتمالاً ناشی از انتقال اندازه‌ی حرکت از خود سیاره است که دارای حرکت کندی دارد، و نیز اندازه‌ی حرکت لایه‌های پایینی جو به لایه‌های بالایی جو است که دارای وزن بسیار کمتری هستند. بنابر نظرات دیگر، تقریباً تمام انرژی دریافتی از خورشید در نواحی بالای ابرها جذب می‌شود و این انرژی بسیار زیاد موجب حرکت ابرها به شکل «اَبر ـ چرخش»[3] شده است. چنین اَبر چرخشی در بالای ابرهای قمر زحل تیتان و نواحی بالایی جو زمین نیز مشاهده شده است.

اطلاعاتی که از جو سیاره داریم، بیشتر توسط «مدارگرد پایونیر ناهید» که هر روز از میان آن می‌گذشت، به‌دست آمده است.

عوارض سطحی سیاره

عوارض سطحی سیاره دوره‌های بسیار متفاوتی را طی کرده‌اند و ظاهراً این تغییرات قبل از به‌وجود آمدن جو غلیظ آن رخ داده‌اند. تصاویر به‌دست آمده از سطح سیاره توسط «ونرا»، متعلق به شوروی سابق، صحراهایی پوشیده از سنگلاخ را نشان می‌دهند. در بعضی نواحی نیز، نقاط تیره‌رنگی مشاهده می‌شوند که احتمالاً حاصل تغییرات شیمیایی و خوردگی هستند. مطالعات رادیواکتیویته نیز نشان دادند که ترکیبات هر یک از این نقاط بسیار شبیه بازالت است؛ با این تفاوت که مقدار عنصر پتاسیم در آن از حد معمولی اندکی بیشتر است.

مواد بازالتی سطح سیاره، بسیار شبیه نمونه‌های مشابه در کف دریاها در زمین هستند. ۷۰ درصد از نواحی سطحی به‌صورت فلات، ۲۰ درصد به‌صورت نواحی پست و ۱۰ درصد باقی‌مانده به‌صورت نواحی مرتفع‌اند که در دو منطقه‌ی اصلی «قاره مانند» پراکنده شده‌اند که با پسوند «ترا»[4] شناخته می‌شوند و نواحی فلات مانند «پلانیتیا»[5] آن‌ها را از هم جدا کرده‌اند. بزرگ نیم‌کره‌ی شمالی، «ایشتارترا»[6] نام دارد و دارای کوه‌هایی بلند است که ارتفاع بلندترین آن‌ها با نام «ماکسول» به ۱۰ کیلومتری می‌رسد. مساحت ایشتاترا در حدود استرالیاست. مهم‌ترین فلات در نیم‌کره‌ی شمالی، «آتالانتا» نام دارد که بلندی آن از سطح متوسط سیاره ۱۴۰۰ متر بیشتر و مساحت آن به اندازه‌ی مساحت خلیج مکزیکو است. فلات دیگری در نیم‌کره‌ی شمالی وجود دارد به نام «بتا رجیو»[7] که از جنس مواد آتشفشانی و طول آن در حدود ۲۵۰۰ کیلومتر است. در این منطقه دو آتشفشان پوسته‌ای با نام‌های «رآ مونز»[8] و «تئیا مونز»[9] وجود دارد. بلندی آن‌ها در حدود چهار کیلومتر است. مانند آتشفشان‌های هاوایی در زمین هستند و احتمال فعالیت نیز دارند. بقیه‌ی قسمت‌های نیم‌کره‌ی شمالی، از سرزمین‌هایی پست مانند دریاها در سطح ماه می‌باشد.

منطقه‌ی قاره مانند مرتفع دیگری که نسبت به ایشتارترا در عرض‌های جنوبی‌تر قرار دارد، «آفرودیت ترا»[10] نام دارد. مساحت این منطقه نیز در حدود نصف مساحت آفریقاست. علاوه بر دو منطقه‌ی نام‌برده، منطقه‌ی سومی نیز با کمک اطلاعات «مدارگرد ماژلان» کشف شده است که نام «لدا ترا»[11] بر آن گذاشته‌اند. این منطقه در عرض‌های جنوبی‌تر از عرض ۵۰ درجه واقع است و در شمال آن فلات «آلفا رجیو»[12] قرار دارد.

به دام افتادن فضاپیمای سریع‌السیر زهره

یازدهم آوریل سال ۲۰۰۷، فضاپیمای سریع‌السیر زهره در میدان گرانش زهره به

سیاره‌ی زهره هر ۷/۲۲۴ روز یک‌بار به دور خورشید می‌چرخد و فاصله‌ی آن با خورشید بین ۷۲/۰ تا ۷۳/۰ واحد نجومی تغییر می‌کند

دوره‌ی چرخش مداری زهره با زمین جفت شده است و همیشه در حالتی که کمترین فاصله را با زمین دارد، یعنی در مقارنه‌ی داخلی، فقط یک روی خود را به زمین نشان می‌دهد

دام افتاد و نخستین مدار بسیار کشیده‌ی خود را به دور این سیاره تجربه کرد. این حرکت انتقالی ۹ روز طول کشید و فضاپیما طی آن، از فاصله‌ی ۳۵۰ هزار کیلومتری به فاصله‌ی ۴۰۰ کیلومتری سطح سیاره رسید. این فرصت بی‌نظیری برای سیاره‌شناسان بود تا بتوانند زهره را از فواصل دور رصد کنند و پیش از آغاز مشاهدات دقیق و جزئی سیاره، اطلاعاتی در مورد الگوهای جو پویای زهره در مقیاس بزرگ به‌دست آورند.

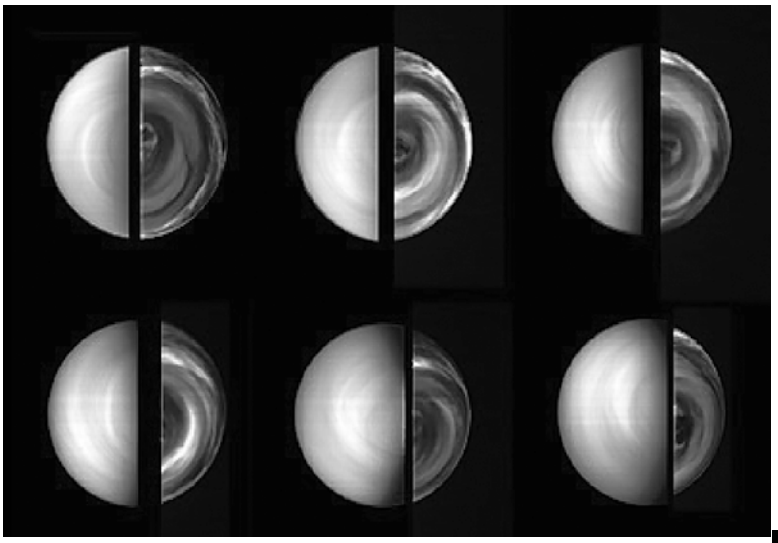
در طول نخستین گردش به دور زهره که معمولاً «مدار دستگیری» خوانده می‌شود، برخی از ابزارهای علمی این فضاپیما برای نخستین‌بار آزمایش شدند و رصدهایی را در فواصل متفاوت از سطح سیاره انجام دادند. تصاویر حیرت‌انگیز فروسرخ، مرئی و فرابنفشی که از سراسر زهره گرفته شده، عوارض جوی جذابی را آشکار کرده‌اند. هیجان‌انگیزترین آن‌ها گرداب جوی عظیم و دو هسته‌ای است که بر فراز قطب جنوب این سیاره تشکیل شده و بی‌شباهت به ساختار جوی موجود در قطب شمال این سیاره نیست. در مأموریت‌های قبلی فضاپیماهای پیش‌گام زهره (پایونیر و ونوس) و «مارینر ۱۰»، تنها چند تصویر کلی از الگوهای آب‌وهوایی قطب جنوب زهره به‌دست آمد، اما در آن تصاویر هم هیچ اثری از ساختارهای دوهسته‌ای دیده نشده بود.

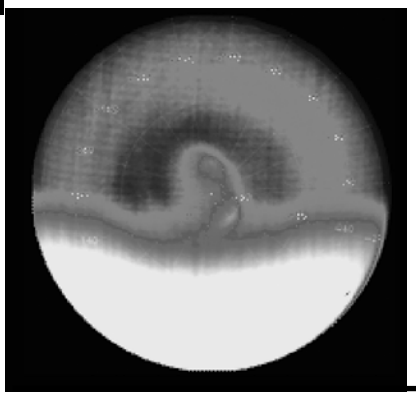
پیش از این دانشمندان می‌دانستند که بادهای پرسرعت در اطراف زهره به سمت غرب می‌وزند و تنها چهار روز طول می‌کشد تا یک‌بار این سیاره را دور بزنند. ترکیب این اَبرچرخش و گردش طبیعی هوای گرم در جو، ساختارهای گردبادی را در قطبین این سیاره ایجاد می‌کند. هاکان سواظم، از کارشناسان برنامه‌ی فضاپیمای سریع‌السیر زهره می‌گوید: «اطلاعات ما در مورد چگونگی ارتباط اَبرچرخش و گردش طبیعی هوای زهره بسیار ناچیز است. هنوز نتوانسته‌ایم توضیح دهیم که چرا گردش سراسری هوای زهره فقط یک گردباد ایجاد نمی‌کند و به دو گردباد در دو قطب منتهی می‌شود. خوش‌بختانه این پرسش‌ها در آغاز مأموریت مطرح شده‌اند و فرصت زیادی داریم تا شواهد کافی برای روشن کردن ماهیت این فرآیندها جمع‌آوری شود.»

در تصویر فضاپیمای سریع‌السیر زهره هم‌چنین می‌توان نشانه‌هایی از هوای سرد را در اطراف ساختار گردبادمانند دید که احتمالاً ناشی از بازگردش هوای سرد به سمت پایین است. تصاویر نور مرئی و فرابنفش نیم‌کره‌ی جنوبی زهره، ساختارهای راه‌راه مانند جالبی را در جو این سیاره نشان می‌دهند. این ساختارها که مارینر ۱۰ برای نخستین‌بار آن‌ها را در دهه‌ی ۱۹۷۰ کشف کرد، احتمالاً به دلیل وجود غبار و ذرات معلق در جو زهره تشکیل می‌شوند.

فضاپیمای سریع‌السیر زهره به ابزارهای دقیقی مجهز است که می‌توانند خواص میدان‌های پیچیده‌ی هوایی را، به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات در مورد جو پویای این سیاره، اندازه‌گیری کنند و ماهیت اصلی این الگوهای راه‌راه را مشخص سازند.

اولین نقشه‌ی گرمایی سطح و جو سیاره‌ی زهره در ۷ دسامبر ۲۰۰۷ ارائه شد. سیاره‌شناسان ایتالیایی موفق شدند، با استفاده از ابزار طیف‌نمای مادون قرمز کاوشگر «ونوس اکسپرس»، یک نقشه‌ی





گرمایی از جو و سطح سیاره‌ی زهره به‌دست آورند. به گزارش خبرگزاری مهر، سیاره‌شناسان ایتالیایی «مؤسسه‌ی فیزیک نجوم فضایی و فیزیک کیهانی» و آژانس فضایی ایتالیا که نتایج تحقیقات خود را در مجله‌ی «نیچر» منتشر کرده‌اند، با استفاده از ابزار طیف‌نمای مادون قرمز کاوشگر اروپایی «ونوس اکسپرس» موفق شدند، برای اولین‌بار ساختار و جنبش‌های جو قطب جنوب سیاره‌ی زهره و پدیده‌های فلورسانت و فسفرسانت جو این منطقه را با جزئیات دقیق در یک نقشه‌ی گرمایی نشان دهند.

کاوشگر ونوس اکسپرس را آژانس فضایی اروپا در سال ۲۰۰۵ در مدار سیاره‌ی زهره قرار داد. این کاوشگر تاکنون موفق شده است، اطلاعات زیادی در خصوص دومین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی ارائه کند.

به تازگی این سیاره‌شناسان با استفاده از تصاویر ابزار «ویرتیس»[۱۳] (طیف‌نمای تصویرسازی گرمایی مادون قرمز و مرئی) که روی کاوشگر ونوس اکسپرس نصب شده است، موفق شدند نقشه‌ی گرمایی سطح این سیاره را نشان دهند. این نقشه می‌تواند حضور پدیده‌ی آتشفشانی فعال در سطح زهره را نشان دهد. هم‌چنین این دانشمندان نشان دادند که ۹۷ درصد از جو زهره از دی‌اکسیدکربن ساخته شده است که دمای آن به ۴۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد و فشار آن ۹۰ برابر بیشتر از فشار جو زمین است. سرعت بادهای جو این سیاره ۴۰۰ کیلومتر بر ساعت است و غالباً توده‌هایی از اسید سولفوریک، تشعشعات خورشیدی را بازتابش می‌کنند. تصاویر ویرتیس نشان می‌دهند که این تشعشعات در طیف مادون قرمز است.

سیاره‌ی ناهید از زمین به خورشید نزدیکتر است. بنابراین مقدار انرژی دریافتی آن نیز بیشتر است

اولین نقشه‌ی گرمایی سطح و جو سیاره‌ی زهره در ۷ دسامبر ۲۰۰۷ ارائه شد

دانشمندان مذکور برخی «پنجره‌های اتمسفری» را کشف کردند که تنها می‌توانند در طول موج نور وارد و خارج شوند. بزرگی این پنجره‌ها برابر با یک میکرون است. در این پنجره‌های اتمسفری، زهره همانند یک گاز شفاف رفتار می‌کند.

تازه‌ترین خبر: «وجود گازهای آتشفشانی روی سیاره‌ی زهره»

آژانس فضایی اروپا اعلام کرد: فضاپیمای ونوس اکسپرس، وجود دی‌اکسیدسولفور را در جو سیاره‌ی زهره شناسایی کرده است. به گزارش خبرگزاری یونایتدپرس از پاریس، این آژانس روز جمعه اعلام کرد: «این یافته می‌تواند شاهدی دال بر وجود آتشفشان‌های فعال روی این سیاره باشد.

در حالی که برخی از دانشمندان می‌گویند، کشف دی‌اکسیدسولفور روی زهره توسط مأموریت‌های پیشین، شاهدی دال بر فوران‌های آتشفشانی جدید است، اما برخی دیگر مدعی هستند که این فوران‌ها احتمالاً ۱۰ میلیون سال پیش روی داده‌اند. چرا ترکیبات سولفوری برای واکنش با سطح صخره‌های این سیاره به این مدت زمان نیاز دارند؟ براساس اعلام سازمان فضایی اروپا، داده‌های جدید حاکی از تغییرات سریع دی‌اکسیدسولفور در جو بالایی سیاره‌ی زهره، بعضی بحث‌های علمی را بین دانشمندان مطرح کرده‌اند.

* کارشناس زمین‌شناسی شرکت زرناب اکتشافات

پی‌نوشت

1. Neith
2. Trust
3. super-rotation
4. Terra
5. Planitia
6. ISHTAR TERRA
7. Beta regio
8. Rhea mons
9. Theia mons
10. APHRODITE TERRA
11. LEDA TERRA
12. ALPHA REGIO
13. Virtis

منابع

۱. گراهام، یان. آی‌تی در جست‌وجوی منظومه‌ی شمسی. ترجمه‌ی مجید عمیق.
2.http://www.iranika.ir/articles%20page/momoi/venus.ls.htm
3. http://www.space.com/venus
4. http://www.sumanasinc
5. http://www.parssky.com
6. www.fig.net
7. © 2003 Mehr News Agency
8. www.nojum.net/news/articles
9. www.sharemation.com
10. www.haftaseman.ir
11. www.sharemation.com/darushahmad/bigman/elmy

چگونه بستر آبشار نیاگارا، خشک شد؟

ظرف پنج ماه

سلیمان کوثری*

درآمد

«آبشار نیاگارا» در مرز مشترک ایالات متحده آمریکا و کانادا، بعد از «آبشار آنجل» در آفریقا، یکی از زیباترین پدیده‌های نادر طبیعت به‌شمار می‌رود که از ۱۲۵۰۰ سال قبل، پس از عقب‌نشینی یخچال‌های شمال آمریکا و کانادا، رفته‌رفته به شکل فعلی خود درآمده است. آبشار نیاگارا درواقع به مجموعه‌ی سه آبشار گفته می‌شود که بزرگ‌ترین آن‌ها به‌نام «نعل اسبی»، در مرز مشترک آمریکا و کانادا قرار دارد و دیگری معروف به آبشارهای آمریکایی، شامل دو آبشار بزرگ و کوچک است که سالانه در اثر فرسایش بین نیم تا یک متر عقب‌نشینی دارند. اگرچه عقب‌نشینی و فرسایش آبشارها تحت شرایط تقریباً یکسانی صورت می‌گیرد، ولی میلیون‌ها تن واریزه‌های حاصل از فرسایش، تماماً در پای آبشار نیاگارای آمریکا باقی مانده و عاملی در از بین رفتن تدریجی ارتفاع آبشار شده است. درصورتی‌که اثری از واریزه‌های حاصل از عقب‌نشینی آبشار نعل اسبی دیده نمی‌شود.

نگرانی‌های حاصل از تخریب دیواره‌ی آبشار و به‌قولی مرگ تدریجی آن سبب شد که در سال ۱۹۶۷ طرحی مطالعاتی و تحقیقاتی با هدف تعیین علت فرسایش و تخریب شدید آن تهیه و دو سال بعد با بستن و منحرف کردن آب بخش آمریکایی آبشار، به‌مدت پنج ماه مطالعات فوق انجام شود. مطالعات با برداشت‌های زمین‌شناسی، نقشه‌برداری بستر و دیواره، مطالعات درزه‌نگاری، مکانیک سنگ بستر، حفاری و برداشت صدها نمونه سنگ از بستر و دیواره‌ی آبشار و هم‌چنین مغزه‌های حفاری انجام گرفتند و نتایج نهایی در سال ۱۹۷۵ برای قضاوت و تصمیم‌گیری در اختیار صاحب‌نظران، مسئولین و مردم قرار گرفت.

در این نوشتار، ضمن شرح تاریخچه‌ی تشکیل و موقعیت جغرافیایی آبشار، مراحل اجرای طرح مطالعاتی و نتایج نهایی آن نیز ارائه شده است.

موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی آبشار نیاگارا

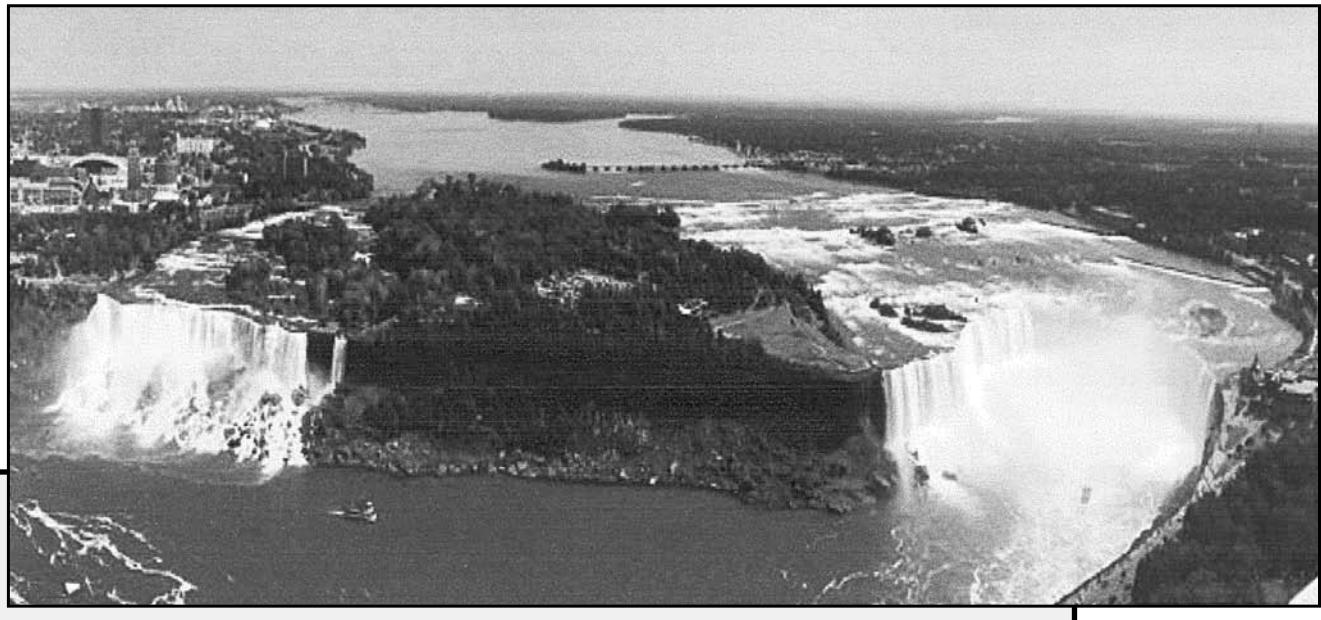
آبشار نیاگارا در ۵۶ کیلومتری بندر بوفالو و ۳۰ کیلومتری دریاچه‌ی انتاریو، حد واسط دریاچه‌های «اری»[1] و «انتاریو»[2] قرار دارد (نقشه‌های ۱و۲). در بخش شرقی آبشار، شهر مرزی نیاگارای آمریکا و در بخش غربی، نیاگارای کانادا واقع شده‌اند. آبشار نیاگارا و یا بهتر است گفته شود آبشارهای نیاگارا،

از سه آبشار تشکیل شده‌اند. دو آبشار کوچک‌تر در خاک آمریکا که به‌نام «آبشارهای آمریکایی»[3] در خاک آمریکا قرار دارند و یک آبشار بزرگ‌تر به‌نام «آبشار نعل‌اسبی»[4] بین آمریکا و کانادا مشترک است. خط مرزی آمریکا و کانادا از وسط رودخانه‌ی نیاگارا و آبشار نعل‌اسبی عبور می‌کند (نقشه‌های ۱ و ۲).

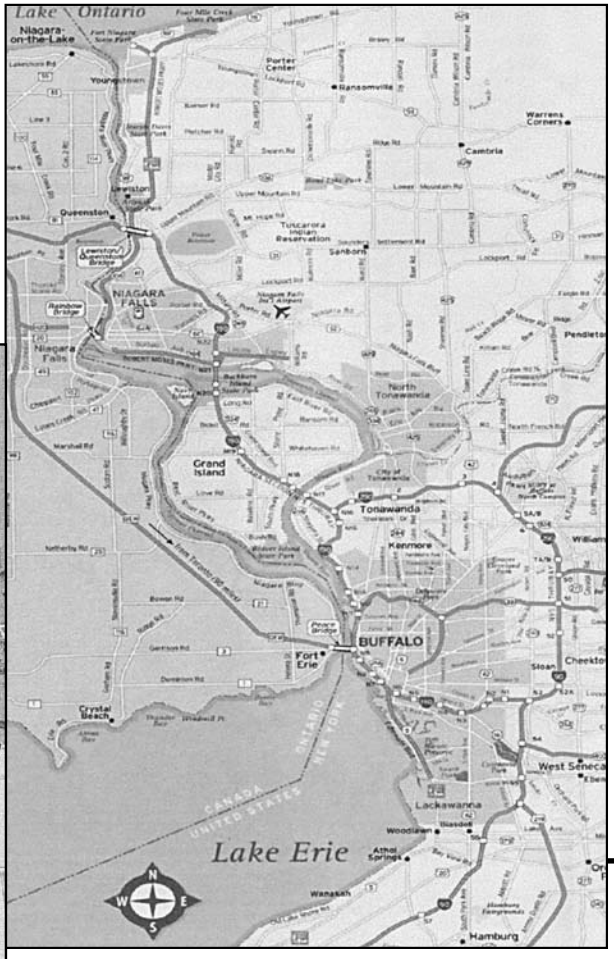
دریاچه‌های پنج‌گانه‌ی آمریکا شامل دریاچه اری، انتاریو، هورون، میشیگان و سوپریو، ضمن ارتباط با یکدیگر، از طریق رودخانه‌ی نیاگارا به دریاچه‌ی انتاریو و درنهایت از طریق رودخانه‌ی «سن‌لورنس»[5]، از جهت شمال شرق به اقیانوس اطلس متصل می‌شوند. جهت جریان آب رودخانه‌ی نیاگارا از جنوب به شمال است و به دلیل پایین بودن سطح دریاچه‌ی انتاریو نسبت به دریاچه‌ی اری، آب دریاچه‌ی اری تأمین‌کننده‌ی اصلی آب رودخانه نیاگارا و دریاچه‌ی انتاریو محسوب می‌شود (نقشه‌ی ۱).

رودخانه‌ی نیاگارا پس از خروج از دریاچه‌ی اری، در نزدیکی «جزیره‌ی گراند»[6] به دو شاخه تقسیم می‌شود و سپس این دو آبراهه در غرب جزیره به‌هم می‌پیوندند و پس از حدود پنج کیلومتر در جهت غرب، آبشارهای نیاگارا را به‌وجود می‌آورند. در محل تشکیل آبشارها، جزیره‌ی کوچکی به‌نام «جزیره‌ی گت»[7] وجود دارد که ۵۰۰ سال قبل در اثر تقسیم آب رودخانه‌ی نیاگارا به دو آبراهه شمالی و جنوبی به‌وجود آمده است. نیمه‌ی شمالی آبراهه، آبشارهای نیاگارای آمریکا، شامل دو آبشار بزرگ و کوچک، و نیمه‌ی جنوبی آن آبشار نعل‌اسبی، مشترک بین آمریکا و کانادا را ایجاد می‌کند (نقشه‌ی ۲ و عکس‌های ۱، ۲ و ۳).

حدود نود درصد آب رودخانه‌ی نیاگارا، از طریق آبشار نعل‌اسبی و تنها ۱۰ درصد آن از بخش آمریکایی عبور می‌کند.



عکس ۱. نمایی کلی از آبشارهای نعل‌اسبی و نیاگارای آمریکا. در گوشه‌ی جنوب شرقی و سمت راست عکس، ساحل بخش کانادا مشاهده می‌شود و در میانه و سمت چپ عکس، جزیره گت و ساحل شهر نیاگارای آمریکا قرار دارد. روند آب رودخانه قبل از رسیدن به آبشار نعل‌اسبی (سمت راست) و آبشار بخش آمریکا (سمت چپ) از غرب به شرق است و پس از عبور از آبشار با زاویه‌ی تقریباً ۹۰ درجه به سمت شمال میل می‌کند. زاویه‌ی انحنای تاج آبشار نعل‌اسبی از ضلع شرقی (جزیره‌ی گت، طرف آمریکا) به ضلع غربی ؟ تقریباً ۱۲۰ درجه است. در بخش میانی عکس، جزیره‌ی گت به‌طول ۶۰۰ و عرض ۲۰۰ قرار دارد. این جزیره ۵۰۰ سال قبل به‌دلیل افت حجم آب رودخانه‌ی ؟ آبشار نعل اسبی (طرف کانادا) و دو آبشار کوچک و بزرگ طرف آمریکا تقسیم کرد. خط مرزی بین کانادا و آمریکا از وسط آبشار نعل‌اسبی عبور می‌کنند.



نقشه‌ی ۱. در این نقشه محدوده‌ی بین دریاچه‌های اری در جنوب و انتاریو در شمال، همراه با موقعیت شهرهای بوفالو و نیاگارا ارائه شده است. در بخش شرقی، رودخانه‌ی آمریکا و در بخش غربی کانادا قرار دارد (مقیاس تقریبی ۱:۶۰۰۰۰).

ارتفاع آبشار نعل اسبی ۵۲ متر و عرض تاج آن ۷۹۰ متر است. ارتفاع آبشار در بخش آمریکا ۲۱ تا ۲۳ متر و عرض تاج آن ۳۲۵ متر و به شکل حرف W است. میزان دبی هر دو آبشار ۷۵۰ هزار گالن (حدود سه میلیون لیتر) در ثانیه است [Falls Avenue Magazine, vol, 7, No 6].

از نظر زمین‌شناسی، آبشار نیاگارا متعلق به حوضه‌ی بزرگی است که ۱۸ هزار سال قبل، بزرگ‌ترین پهنه‌ی یخچالی به‌نام «Great lake basin» را تشکیل داده است. حوضه‌ی مذکور بخش‌های وسیعی از کانادا و شمال آمریکا تا محدوده‌های شهر نیویورک، نیوجرسی و ایالت پنسیلوانیا را می‌پوشاند. در آخرین مرحله‌ی عقب‌نشینی که ۱۵ هزار سال قبل صورت گرفت، بسیاری از حوضه‌های آبی کوچک و بزرگ مثل دریاچه‌های پنج‌گانه‌ی اری، انتاریو، هورون[۸]، سوپریو[۹] و میشیگان[۱۰]، به‌صورت حوضه‌های باقی‌مانده از دریاچه‌ی بزرگ، شکل گرفتند. آب این دریاچه‌ها به‌عنوان آب‌های فسیلی شناخته می‌شوند، به‌طوری که فقط یک‌درصد از آب این دریاچه‌ها از طریق رودخانه‌ها و نزولات آسمانی تأمین می‌شود و باقی‌مانده، همان آب اولیه‌ی یخچال‌هاست. آب دریاچه‌های پنج‌گانه، بزرگ‌ترین ذخایر آب شیرین جهان را تشکیل می‌دهد و تقریباً یک‌پنجم کل آب‌های شیرین کره‌ی زمین است. یخچال‌های دریاچه‌ی بزرگ که ضخامتی بین دو تا سه کیلومتر داشته‌اند، از ۱۲۵۰۰ سال قبل شروع به عقب‌نشینی کرده‌اند و به‌تدریج شبه‌جزیره‌ی نیاگارا، حد واسط دریاچه‌های اری و انتاریو از زیر یخچال خارج می‌شود. در آن زمان، ارتباط این دو دریاچه از طریق پنج آبراه، ازجمله رودخانه‌ی نیاگارا برقرار می‌شده است. ولی رفته‌رفته این ارتباطات آبی قطع شده و فقط رودخانه‌ی نیاگارا به‌عنوان آبراه طبیعی و اصلی بین این دو دریاچه باقی مانده است.

قدیمی‌ترین واحدهای سنگی واقع در حد واسط بندر بوفالو و دریاچه‌ی انتاریو، باقدمت ۴۵۰ میلیون سال، متعلق به سپر پرکامبرین آمریکای شمالی است که زیر رخساره‌های رسوبی اردویسین بالایی تا دونین قرار دارد (مقطع زمین‌شناسی ۱). لایه‌های رسوبی اردویسین و دونین، مجموعه‌ای از تناوب سنگ‌های آهکی، دولومیتی، شیلی و ماسه‌سنگی هستند که بازاویه به‌طرف جنوب روی سنگ‌های کامبرین قرار گرفته‌اند. رخساره‌های رسوبی اردوسین و دونین به یک حوزه‌ی رسوبی کم‌عمق تعلق دارند که بخش‌های وسیعی از شمال آمریکا و جنوب کانادا را پوشانده است. سنگ بستر دریاچه‌ی انتاریو را واحدهای آهکی و ماسه‌سنگی اردویسین بالایی و سنگ بستر دریاچه اری را آهک، شیل و ماسه‌سنگ‌های دونین بالایی تشکیل داده‌اند [Maletz,2008].

رسوبات یخچالی مربوط به «پلیستوسن»[۱۱]، جدیدترین رسوبات در رابطه با باقی‌مانده‌ی آخرین عقب‌نشینی سپر یخچالی در ۱۵ هزار سال قبل هستند. ضخامت این سپر یخچالی دو تا سه کیلومتر بوده است. با عقب‌نشینی این سپر یخچالی به سمت شمال و بالا آمدن زمین‌هایی که تحت فشار وزن یخچال‌ها قرار داشته‌اند، به‌تدریج از ۱۲۵۰۰ سال قبل تا حال، رودخانه‌ی نیاگارا در بستر فعلی خود تشکیل و در اثر فرسایش عمیق‌تر شده است. آب رودخانه‌ی نیاگارا در محل آبشار، روی لایه‌های دولومیتی به ضخامت چندین متر جریان دارد. لایه‌های زیرین واحد دولومیتی را تناوبی از شیل و آهک تشکیل داده که نسبت به لایه‌ی دولومیتی از مقاومت کمتری برخوردارند. درنتیجه‌ی تشکیل جریان توربیدیتی پای آبشار،

به‌تدریج لایه‌های شیلی تخریب و تخلیه می‌شوند و به این ترتیب، موجبات سقوط و فرسایش لایه‌های دولومیتی بستر رودخانه در محل آبشار فراهم می‌آید (عکس ۴). میزان فرسایش و عقب‌نشینی آبشار ۰/۵ تا ۰/۸ متر در سال در نوسان است.

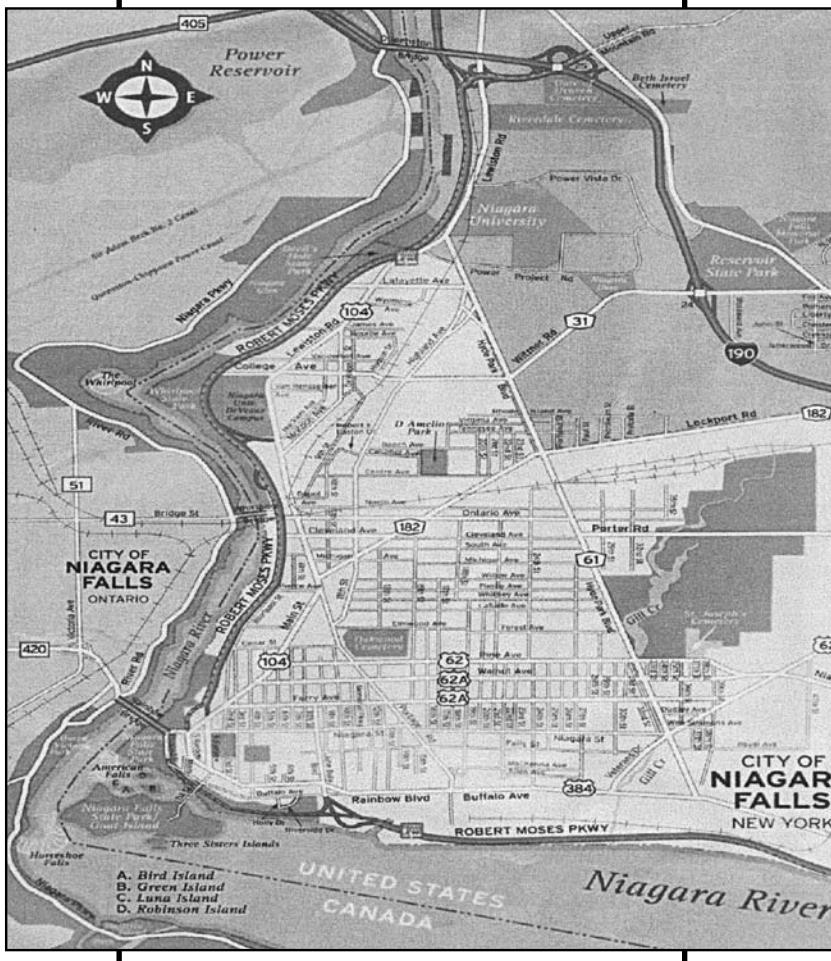
چگونه آبشار نیاگارا برای چند ماه خشک شد

در سال ۱۹۵۶، آقای **کلیف اسپیلر**[۱۲] روزنامه‌نگار مجله‌ی محلی «نیاگارا فالز»[۱۳] برای اولین بار اعلام کرد که مرگ قریب‌الوقوع، بخش آمریکایی آبشار را در اثر عقب‌نشینی، فرسایش و ریزش میلیون‌ها تن‌واریزه در پای آبشار، تهدید می‌کند. وی اعلام کرد چنان‌چه صدها تن مواد تخریب‌شده در پای آبشار جمع‌آوری نشوند، به‌زودی از آبشار آمریکایی نیاگارا چیزی باقی نخواهد ماند.

در همان سال، در اثر نوشته‌ها و فعالیت‌های این روزنامه‌نگار، در پارلمان آمریکا تصویب شد که کمیته‌ای بین‌المللی برای پی‌گیری و مطالعه‌ی آبشار تشکیل شود. در سال ۱۹۶۷، کمیته‌ی مذکور پیشنهاد کرد که به‌مدت کوتاهی (۵ ماه)، به‌منظور مطالعه‌ی علل تخریب سریع بستر آبشار، جریان آب رودخانه (بخش آمریکایی آبشار) را مسدود کنند و در سال ۱۹۶۹، یک گروه از مهندسان ارتش آمریکا مسئول اجرای پروژه شدند.

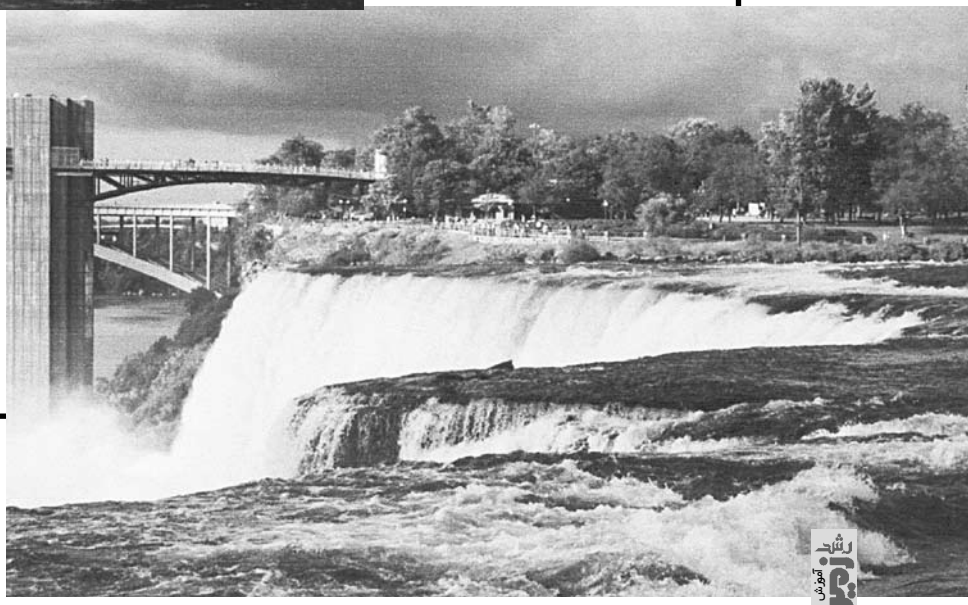
در دوازدهم ژوئن ۱۹۶۹، برای اولین‌بار پس از شکل‌گیری آبشار در ۱۲۵۰۰ سال قبل، بخش آمریکایی آبشار بسته و بستر رودخانه بدون جریان آب، آماده‌ی مطالعه شد (عکس‌های ۵، ۶ و ۷). مبلغ ۴۴۵/۴۱۲ دلار قرارداد اولیه برای ساخت سد موقت بسته شد و مبلغ ۱/۵۰۰/۰۰۰ دلار به حمل رسوبات موجود در بستر رودخانه و نیز انجام مطالعات زمین‌شناسی و حفاری به‌مدیریت گروه مهندسان ارتش اختصاص یافت.

در سیزدهم ژوئن برای اولین‌بار گروهی از کارشناسان و مهندسان، پس از قطع جریان آب بر بستر ۱۲۵۰۰ ساله‌ی آبشار به گشت و جست‌وجو پرداختند. در هفدهم ژوئن، نصب جرثقیل ۷۰ تنی برای حمل و پاک‌سازی بستر و نیز نصب چندین لوله‌ی انتقال آب برای اسپری کردن روی لایه‌های شیلی دیواره‌ی آبشار



نقشه‌ی ۲. در این نقشه، موقعیت جغرافیایی رودخانه و آبشارهای نیاگارا ارائه شده است. آبشار نعل‌اسبی و آبشارهای متعلق به آمریکا در گوشه‌ی جنوبی سمت چپ عکس قرار دارند. حد واسط دو آبشار، جزیره‌ی گت و دیگر جزایر کوچک قرار گرفته‌اند. خط مرزی کانادا و آمریکا از وسط رودخانه و آبشار نعل‌اسبی می‌گذرد. در بخش شمالی و شرق رودخانه، شهر نیاگارای آمریکا و در بخش غربی شهر نیاگارای کانادا قرار دارند (مقیاس تقریبی ۱:۲۰۰۰۰).

عکس ۲. نمایی از آبشارهای نیاگارای آمریکا، شامل دو آبشار کوچک و بزرگ است. در سمت راست عکس، بخشی از جزیره‌ی گت قرار دارد. در اثر تخریب و ریزش دیواره‌ی آبشار، ۳۵۸ هزار تن سنگ و واریزه پای آبشار جمع شده است که سالانه نیز افزایش می‌یابد (نگاه به سمت شرق است). روند جریان آب رودخانه پس از ریزش به سمت شمال است.



عکس ۳. بخش انتهایی آبشار نیاگارای آمریکا که در اثر فرسایش و ریزش لبه‌ی آن به‌صورت حرف W درآمده است. در بخش شمالی عکس، ساحل شهر نیاگارای آمریکا دیده می‌شود (دید به‌سمت شمال).

صورت گرفت.

در نهم جولای، اولین گمانه به‌طول ۵۹ متر به‌پایان رسید ومطالعات نفوذسنجی روی مغزه‌های حفاری نیز انجام شد. یک گروه از نقشه‌برداران کانادایی نیز نقشه‌ی توپوگرافی بستر را برداشت کردند. پاک‌سازی تمامی رسوبات و گل و لای ریزتر از ۲/۵ سانتی‌متر باقی‌مانده بر بستر رودخانه، می‌باید توسط کمپرسورهای فشار قوی ۵۰ کیلو فشار بر سانتی‌متر مربع انجام می‌شد. درخلال عملیات حفاری، نفوذپذیری لایه‌های بستر در طول ۱۵۰ متر و تا عمق ۱۰ سانتی‌متری با فشار تزریق آب صورت می‌گرفت. مطالعات چینه‌شناسی و مکانیک خاک روی دیواره‌ی عمودی آبشار نیز باید انجام می‌شد (عکس ۸).

یک گروه شش نفره‌ی زمین‌شناس، مسئولیت مطالعات سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و سازوکار فرسایش سنگ‌بستر و دیواره‌ی آبشار را به‌عهده گرفتند. تعداد سه دستگاه حفاری، هم‌زمان گمانه‌های مطالعاتی را حفر می‌کردند. پیش‌بینی می‌شد که تمامی مطالعات زمین‌شناسی نمونه‌های برداشت‌شده، تا سال ۱۹۷۲ طول‌بکشد.

برای عبور و مشاهده‌ی گردشگران، دو باریک راه همراه با دو راهرو چوبی تا فاصله‌ی ۶۰ متری لبه‌ی آبشار ساخته شد.

حفاری‌های صورت گرفته تا آخر سپتامبر ۱۹۶۹، به تعداد پنج حلقه در بستر آبراهه و تا لبه‌ی آبشار صورت گرفت. عمق حفاری‌ها ۳۰ متر بود که دو عدد آن‌ها عمودی، دو عدد افقی با زاویه‌ی ۱۰ ویکی نیز افقی با زاویه‌ی ۳۰ درجه بود. حفاری‌های طراحی‌شده ۱۶

عدد بودند که تا حداکثر ۷۰ متر حفاری شدند.

مطالعات مکانیک سنگ بستر نشان می‌دهند که «فشار»[۱۴] موجود در سنگ‌های بستر هر دو آبشار آمریکا و نعل‌اسبی، عامل اصلی تخریب سنگ‌های بستر هستند. ولی نکته‌ی جالب این‌که آبشار نعل‌اسبی، سالانه حدود ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر عقب‌نشینی دارد، ولی نه‌تنها حجم قابل توجهی از واریزه در پای این آبشار تشکیل نمی‌شود، بلکه عمق بستر رودخانه در پای آبشار به بیش از چند ده متر می‌رسد.

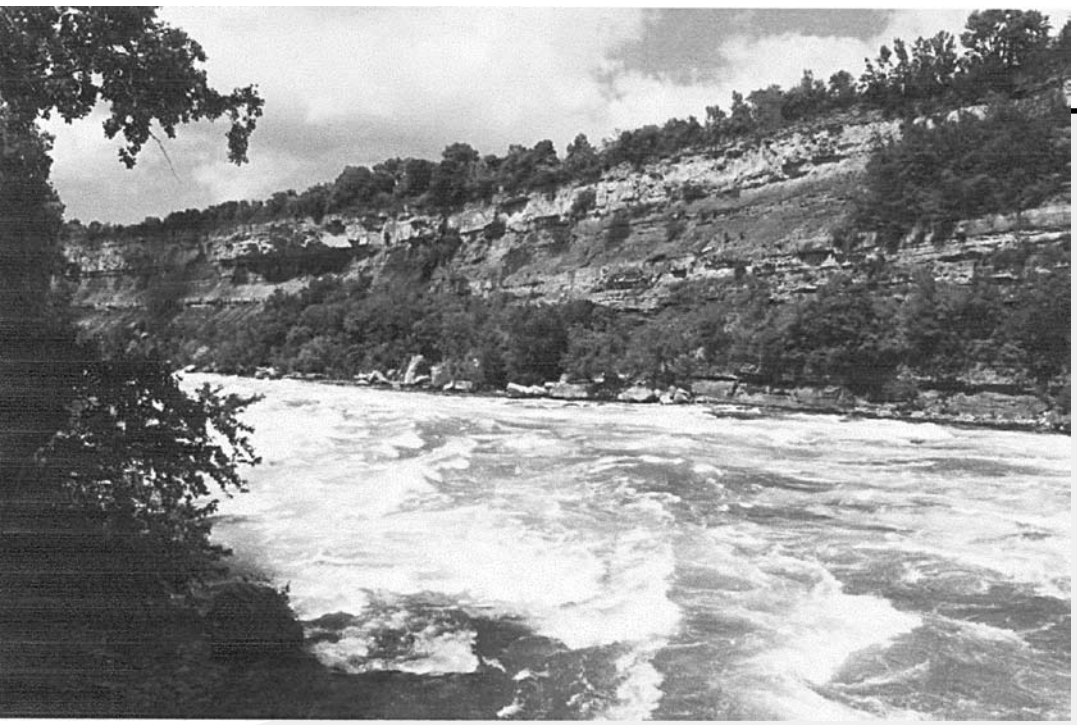
پس از پایان مطالعات اولیه در نوامبر ۱۹۶۹، نتایج مطالعات به چهار پیشنهاد زیر منتهی شدند:

- جمع‌آوری تمامی واریزه‌های پای آبشار؛
- افزایش حجم آب آبشار؛
- ایجاد گودی پای آبشار برای تولید پودر آب؛[۱۵]
- پرهیز از هرگونه تغییری در شکل ظاهری آبشار.

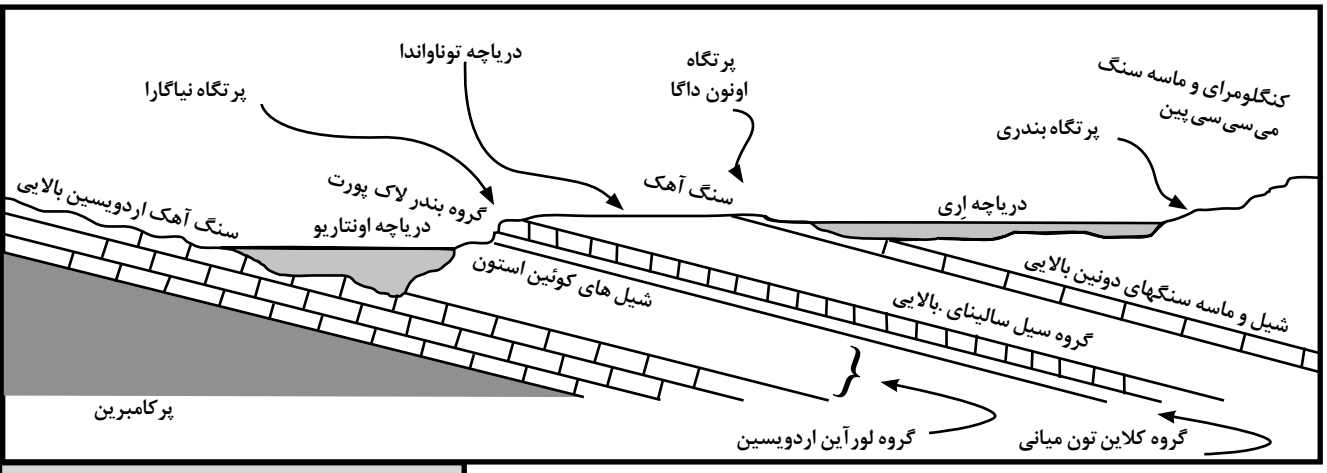
پس از اتمام عملیات حفاری، نقشه‌برداری، و دیگر مطالعات پیش‌بینی‌شده، در تاریخ ۳۰ نوامبر مطالعات اولیه و اقدامات ایمنی لازم برای جمع‌آوری سد بسته شده روی رودخانه‌ی نیاگارا به‌عمل آمد. جریان مجدد آب در بستر آبشار بعد از پنج ماه مسدود بودن، باید به آرامی صورت می‌گرفت تا در اثر فشار جریان ناگهانی آب، بخش‌های سست و معلق کف و دیواره‌ی آبشار فرو نریزند. پیش‌بینی شده بود که طی مدت ۲۴ ساعت، به‌تدریج جریان آب به حداکثر شدت و حجم طبیعی خود برسد.

در ساعت ۱۰ صبح بیست و پنجم ماه نوامبر، اولین خاک‌برداری از کناره‌ی سد ۱۸۲ متری که پنج ماه قبل زده شده بود، با ایجاد معبر کوچکی آغاز شد. در اواسط بعدازظهر همان روز، ورود آب از دهانه‌ی آبشار مجدداً برقرار گردید. حدود ۲۶۵۰ نفر شامل گردشگران، روزنامه‌نگاران، عکاسان و غیره، برچیده شدن سدی را نظاره کردند که برای اولین‌بار پس از ۱۲۵۰۰ سال، به‌مدت پنج ماه سبب خشک شدن بخشی از بستر آبشار شده بود.

ادامه‌ی مطالعات روی نمونه‌ها و نقشه‌های برداشت‌شده، تا سال ۱۹۷۵ ادامه یافت. نتایج حاصل حقایق تلخی از خطرات طبیعی موجود در محدوده‌ی آبشارهای نیاگارا را آشکار ساخت. در ۲۴ آوریل ۱۹۷۰، شکافی به‌طول ۳/۶ متر و عرض ۱/۵ سانتی‌متر در حاشیه‌ی جزیره‌ی کوچک «لونا» واقع در فاصله‌ی کوتاهی از دهانه‌ی آبشار شناسایی شد. در ۳۰ ژوئن ۱۹۷۱، شکاف‌های متعددی در دیواره‌های آبشار نعل‌اسبی و آبشارهای نیگارای آمریکا یافتند و گروه مهندسین



عکس ۴.نمایی‌ازدیواره‌ی رودخانه‌ی نیاگارا. در بخش فوقانی دیواره، واحدهای دولومیتی شیلی متعلق به سیلورین که متناوباً قرار گرفته‌اند، دیده می‌شوند. واحد دولومیتی با سختی بالا، بستر اصلی آبشار را تشکیل می‌دهند. واحدهای شیلی با مقاومت کمتر سبب تخریب و فرسایش شدید و درنتیجه ریزش دیواره‌ی آبشار می‌شوند (نگاه به سمت شرق).



ارتش آمریکا برای ادامه‌ی مطالعات، طرحی به مبلغ چهار میلیون دلار پیشنهاد کرد.

در خلال سال‌های ۱۹۷۱ تا ۱۹۷۵، نقاط خطرپذیر بسیاری در اطراف، دیواره و جزایر موجود در حاشیه و نزدیک دهانه‌های آبشار نیاگارا شناسایی و طرح‌های متعددی برای کنترل و حفاظت آن‌ها پیشنهاد شدند. ادامه‌ی این مطالعات در وسعت بیشتری در دو طرف سواحل آمریکا و کانادا، قبل و بعد از آبشارها هم‌چنان ادامه دارد و همه‌ساله هزینه‌های کلانی بابت تعمیرات، حفظ و نگه‌داری منطقه از طرف دولت‌های آمریکا و کانادا صرف می‌شود.

در پایان سال ۱۹۷۵، کمیته‌ی بین‌المللی ۷۰ هزار پرسش‌نامه بین صاحب‌نظران و علاقه‌مندان توزیع کرد. نتیجه‌ی این نظرخواهی درخصوص ادامه‌ی مطالعات و یا قطع آن‌ها به شرح زیر است:

- براساس مطالعات صورت گرفته روی واریزه‌های پای آبشار، در حال حاضر نیازی به حمل و انتقال واریزه‌ها نیست؛ زیرا حضور واریزه‌ها در پای آبشار زیبایی خاصی به آن داده است.
- تا زمانی که امکان کنترل فرسایش دیواره و تاج آبشار از راه‌های دیگری وجود دارد، نیازی به دیوارسازی در دیواره‌ی آبشار نیست.
- گروهی متشکل از کارشناسان آمریکایی و کانادایی برای انجام مطالعات زیست‌محیطی، حفظ زیبایی اطراف آبشارهای نعل‌اسبی و آبشارهای آمریکا تشکیل شود.
- دیواره‌های دو طرف آبشارهای نیاگارا و دو طرف جزیره‌ی گت و هم‌چنین دو طرف آبشار نعل‌اسبی ناپایدارند و می‌باید برای پایداری آن‌ها اقدامات لازم صورت گیرد.
- به‌دلیل وجود خطرات احتمالی ناشی از ریزش دیواره‌های آبشار، باید خطرات مذکور به اطلاع مردم، بازدیدکنندگان و گردشگران برسد.

دانستنی‌های جالب آبشار نیاگارا

۱. در سال ۱۹۵۴، مقدار ۱۸۵/۰۰۰ تن سنگ از دیواره‌ی آبشار به کف آن سقوط کرد که در حال حاضر پای آبشار باقی‌مانده‌اند.

۲. طی تعطیلات آخر هفته (۱۹ و ۲۰ جولای ۱۹۶۹)، بعد از مسدود شدن جریان آب بر بستر آبشار، تعداد ۸۹۶۹۰ گردشگر بر بستر رودخانه‌ی خشک‌شده‌ی نیاگارا قدم زدند.

۳. آبشار نیاگارا پس از آبشار آنجل در آفریقا، از نظر بزرگی و زیبایی دومین آبشار معروف دنیاست.

۴. عمیق‌ترین نقطه‌ی آبشار نیاگارا به عمق ۵۶ متر، در پای آبشار نعل‌اسبی واقع است.

۵. در هر ثانیه، حدود یک تن کانی حل شده در آب، معادل ۸۸ میلیون کیلوگرم، در یک روز از آبشار عبور می‌کند. در اثر عبور این مواد حل شده، رنگ آبشار سبز فیروزه‌ای به‌نظر می‌رسد.

۶. در سال ۱۸۴۸، یخ زدن دریاچه‌ی اری که در ۵۶ کیلومتری جنوب آبشار قرار دارد، سبب شد که آب هر دو آبشار به‌مدت ۳۰ ساعت یخ بزند. ولی پس از باز شدن یخ‌های آبشار نعل‌اسبی، آب آبشار آمریکایی تا چند ماه هم‌چنان یخ‌زده باقی‌ماند.

۷. در سال ۱۹۰۱، خانم انی‌تیلور، معلم مدرسه با ۶۰ سال

مقطع زمین‌شناسی۱. در این مقطع عرضی، برش واحدهای مربوط به سیلورین واردویسین بین رودخانه اری وانتاریو مشاهده می‌شود که روی پی سنگ پرکامبرین قرار دارند. رودخانه‌ی نیاگارا به‌ویژه در محل آبشار روی واحدهای آهکی، دولومیتی و شیلی جریان دارد [Maletz, 2008].

عکس ۵. این عکس برای اولین بار بستر خشک شده‌ی آبشار را بعد از ۱۲۵۰۰ سال که از تاریخ تشکیل آن می‌گذرد، نشان می‌دهد. در قسمت چپ عکس، شهر مرزی نیاگارای آمریکا و در قسمت راست عکس، بخشی از جزیره‌ی گت دیده می‌شود. آب رودخانه با احداث سد خاکی ۱۸۲ متری (در انتهای جزیره‌ی گت) و در فاصله‌ی ۶۰۰ متری لبه‌ی آبشار مسدود و آب آن به سوی آبشار نعل اسبی هدایت شده است. واحدهای آهکی دولومیتی و شیلی، دیواره‌ی آبشار را تشکیل می‌دهند که در اثر فرسایش و تخریب پای دیواره باقی‌مانده‌اند (برای شناخت بهتر، این عکس را با عکس ۱ مقایسه کنید).

سن، اولین زنی بود که داخل یک بشکه‌ی چوبی از آبشار ۵۲ متری نعل‌اسبی به پایین پرید و زنده ماند.

۸ . آمریکا و کانادا، از آب رودخانه‌ی نیاگارا قبل از رسیدن به آبشار، به‌طور مساوی برای استفاده در دو نیروگاه تولید برق مستقل از یکدیگر استفاده می‌کنند. این آب چندین کیلومتر پایین‌تر از آبشارها، مجدداً وارد رودخانه‌ی نیاگارا می‌شود.

۹. آبشار نیاگارا تقریباً در ۱۲۵۰۰ سال قبل از زیر یخچاله بیرون آمده و شکل گرفته است. محل تشکیل اولیه‌ی آن هفت کیلومتر جلوتر بوده که در اثر فرسایش، تقریباً سالانه ۵۶ سانتی‌متر عقب‌نشینی کرده و در موقعیت فعلی خود قرار گرفته است.

۱۰. در نهم جولای ۱۹۶۰، پسربچه‌ی هفت‌ساله‌ای به‌طور اتفاقی از قایق به بیرون پرت شد و پس از سقوط از آبشار نعل‌اسبی، سالم از آب گرفته شد.

۱۱. آبشار نیاگارا برای اولین‌بار توسط یک کشیش مسیحی فرانسوی به نام لوئیس هنئپین در سال ۱۶۷۸ طی یک مأموریت مذهبی کشف و معرفی شد.

۱۲. تاکنون پس از تاریخ شناسایی آبشار، ۱۷ نفر با بشکه‌های چوبی و یا دیگر محفظه‌های ایمنی از آبشار پایین پریده‌اند که ۱۰ نفر آن‌ها زنده مانده‌اند.

۱۳. معمولاً در اثر ریزش آب، به‌ویژه پای آبشار نعل‌اسبی، ابری از پودر قطرات آب تشکیل می‌شود که تا صدها متر به سمت بالای آبشار انتقال می‌یابد و غالباً رنگین‌کمان عظیمی پدید می‌آورد. توده‌ی پودر آبی مذکور در زمستان‌ها یخ می‌زند و پلی یخی بین دیواره‌های شرق و غرب آبشار نعل‌اسبی به‌وجود می‌آورد.

۱۴. حدود ۲۰ درصد آب‌های شیرین دنیا در دریاچه‌های پنج‌گانه‌ی آمریکا و کانادا قرار دارد که تماماً از رودخانه و آبشار نیاگارا عبور می‌کند و از طریق دریاچه‌ی انتاریو، به اقیانوس اطلس می‌ریزد.

۱۵. بیشترین حجم واریزه‌های پای آبشار به سال‌های ۱۹۳۱ و ۱۹۵۴ و هم‌چنین به عملیات حفاری پروژه‌ی مطالعات سال ۱۹۶۹ مربوط بوده است که حجم کل واریزه‌ها به ۳۵۸ هزار تن و به ارتفاع ۱۳۵ فوت می‌رسد.

۱۶. هر ساله بالغ بر چندین میلیون گردشگر از سرتاسر دنیا، ازجمله آمریکا و کانادا، از آبشارهای مذکور دیدن می‌کنند.

* کارشناس ارشد سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

پی نوشت

1. Erie
2. Ontario
3. American Falls
4. Horse Shoe Fall
5. Stlawrence
6. Grand Island
7. Goat Island
8. Huron
9. Superieor
10. Michigan
11. Pleistocene
12. Cliff Spieler
13. Niagara Falls Gazette
14. Stress
15. Mist

منابع

1. Niagara Falls 1969: The dewatering of the American Falls. June12th1969-November24th1969.Achronologicalhistory.
2. Jorg Maletz. 2008: Welcome to the GLY 103 Niagara Falls Trip. College of Arts and Sciences, University of Buffalo NY.
3. Falls Avenue Magazine 2009: Interesting Facts. p 13, VOL. 7, No. 6.

مدل بزرگ ناودیس

زینب ملکی‌راد*

چکیده

فرایند تشکیل کوه‌ها را با دو نظریه‌ی «زمین ساخت ورقی»[1] و «بزرگ ناودیس»[2] تشریح می‌کنند. در نظریه‌ی بزرگ ناودیس، رسوبات در حوضه‌ی رسوبی ته‌نشین می‌شوند و حوضه، زیر وزن این رسوبات دچار فرونشست می‌شود. سپس در اثر نیروهای جانبی که به حوضه‌ی رسوبی وارد می‌آیند، رسوبات دچار چین‌خوردگی می‌شوند و به این صورت کوه‌ها شکل می‌گیرند.

مدل بزرگ ناودیس نیز بر همین اساس طراحی و ساخته شده است. با استفاده از این مدل می‌توان محیط رسوبی ژئوسنکلین را بازسازی و شرایط مؤثر در تشکیل کوه‌ها را بررسی کرد. سعی شده است که در این مدل، ارتباط بین جنس رسوبات حوضه و کوه‌زایی مورد بررسی قرار بگیرد. با توجه به آزمایشات صورت گرفته روی مدل مشخص شد که بین نوع رسوبات حوضه، نوع گسل‌ها و میزان جابه‌جایی، ارتباطی نزدیک و مستقیم وجود دارد.

کلید واژه‌ها: زمین ساخت تجربی، محیط بزرگ ناودیس، مدل بزرگ ناودیس، فشارش، گسلش

مقدمه

دانش «زمین‌ساخت»[3] علمی است که بیشتر به بررسی عوامل به‌وجود آورنده‌ی ساختمان‌های زمین‌شناسی می‌پردازد. ارتباط شکل هندسی این ساختمان‌ها با عوامل مؤثر در ایجاد آن‌ها و هم‌چنین، نوع و جهت نیروهای مؤثر در ایجاد این ساختارها، از جمله مواردی هستند که دانش زمین‌ساخت به آن‌ها می‌پردازد. دانشمندان بسیاری در طول تاریخ پدیده‌های گوناگون زمین‌ساختی را مورد بررسی کرده‌اند و در این زمینه، تا کنون نظریه‌های متعددی بیان شده است.

یکی از روش‌هایی که به شناسایی و جمع‌آوری اطلاعات در مورد پدیده‌های زمین‌ساختی کمک می‌کند، ساخت مدل‌هایی است که مراحل متفاوت تغییر شکل ساختمان‌های زمین را به نمایش می‌گذارد. استفاده از این مدل‌ها برای درک بهتر مفاهیم زمین‌ساختی، بخشی از دانش زمین‌ساخت تجربی است که امروزه در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رشته از دانش زمین‌شناسی، به عنوان رشته‌ای تازه و نوپا در کشور مطرح است که متأسفانه هنوز به درستی در کشور معرفی نشده و اکثر دانشجویان رشته‌های علوم زمین با آن بیگانه هستند. شاید طرح این مسئله در دانشگاه‌ها و مراکز علمی کشور و آشنا ساختن دانشجویان با این سبک از مطالعات، کمک شایانی به پیشرفت دانش زمین‌ساخت در کشور خواهد کرد.

در این مقاله مدل زمین‌ساختی بزرگ‌ناودیس که در همین راستا آماده شده، مورد بررسی قرار گرفته است.

یکی از روش‌هایی که به شناسایی و جمع‌آوری اطلاعات در مورد پدیده‌های زمین‌ساختی کمک می‌کند، ساخت مدل‌هایی است که مراحل متفاوت تغییر شکل ساختمان‌های زمین را به نمایش می‌گذارد

بزرگ ناودیس

نظریه‌ی بزرگ ناودیس برای اولین‌بار توسط هال[۴] (۱۸۵۹) مورد بررسی قرار گرفت. وی هنگام مطالعه‌ی کوه‌های «آپالاش» به این نتیجه رسید که این کوه‌ها می‌باید در نتیجه‌ی بالا آمدن رسوبات ضخیم حوضه‌ای که کف آن به طرف پایین نشست می‌کرده است، به وجود آمده باشد. دانا[۵] (۱۸۷۳) از این مناطق تحت عنوان «زمین ناودیس» نام برد که بعدها به بزرگ ناودیس تغییر نام یافت. وی اظهار داشت که فرایند کوه‌زایی در ارتباط با فرونشست در بزرگ ناودیس نبوده، بلکه در اثر فشار جانبی وارده بر رسوبات حاصل شده است.

به طور کلی، بزرگ‌ناودیس را می‌توان به عنوان یک حوضه‌ی رسوبی طویل تعریف کرد که کف آن دائماً به طرف پایین نشست می‌کند. گرچه ضخامت رسوبات بزرگ‌ناودیس فوق‌العاده زیاد است، ولی این امر ناشی از عمیق بودن حوضه رسوبی نیست. علائم موجود در رسوبات نشان می‌دهند که این رسوبات می‌توانند در مناطق کم‌عمق هم ته نشین شده باشند. قسمت اصلی بزرگ‌ناودیس نواحی گود آن است که معمولاً در همه‌جا شکل یک گودی طویل را دارد. در یک ناحیه‌ی بزرگ ناودیسی ممکن است چند گودی وجود داشته باشد که معمولاً تمام آن‌ها در جهت معینی طویل‌اند و به وسیله‌ی گسل‌هایی محدود شده‌اند.

از نظر زمین‌شناسان اروپایی، یک گودال برای تشکیل بزرگ‌ناودیس باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

۱. طول آن بیش از دو برابر عرض آن باشد.

۲. آهنگ انباشت رسوبات در آن بیش از ۱۳ متر در هر میلیون سال باشد.

۳. پی‌سنگ زیرین آن باید در حین انباشت رسوبات فرونشست کند.

انواع بزرگ ناودیس

بزرگ ناودیس‌ها را می‌توان به چند دسته‌ی کلی تقسیم کرد که سه نوع زیر، از متداول‌ترین آن‌ها هستند:

میوژئوسنکلین[۶]: این نام آن دسته از بزرگ ناودیس‌ها اطلاق می‌شود که تقریباً تمام نهشته‌های آن‌ها را سنگ‌های رسوبی و تهی از سنگ‌های ماگمایی تشکیل می‌دهند. از جمله سنگ‌هایی که در این دسته دیده می‌شوند، می‌توان از آهک، شیل، ماسه‌سنگ، کوارتز و کنگلومرا نام برد.

ایوژئوسنکلین[۷]: ایوژئوسنکلین نوعی از بزرگ‌ناودیس است که در آن به‌طور متناوب سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی انباشته شده‌اند. ضخامت رسوبات در این دسته به مراتب بیش از رسوبات میوژئوسنکلین است. سنگ‌های رسوبی این دسته، عموماً آواری و شامل شیل، و کنگلومرا است. سنگ‌های آتشفشانی آن نیز معمولاً جریان‌های گدازه، توف، سیل و دایک‌های کم‌عمق هستند که جنس آن‌ها غالباً آندزیت و ندرتاً بازالت یا ریولیت است.

پارالیا ژئوسنکلین[۸]: این نام به آن دسته از بزرگ ناودیس‌ها گفته می‌شود که در حاشیه‌ی آرام قاره‌ها قرار دارند. رسوبات این حوضه‌ها، گسترش وسیعی دارند و سرعت رسوب‌گذاری در آن‌ها به ۳۴ متر در سال می‌رسد و معمولاً بین رسوبات آن مواد آتشفشانی وجود ندارد.

مراحل گوناگون بزرگ‌ناودیس

تاریخ هر بزرگ‌ناودیس را می‌توان به دو مرحله‌ی مشخص تقسیم کرد که عبارت‌اند از:

مرحله‌ی اصلی[۹]: فاز اولیه از مرحله‌ی اصلی بزرگ‌ناودیس معمولاً توأم با تشکیل بعضی گسل‌هایی است که کف آن را قطع می‌کنند. بعضی از قطعات کف بزرگ ناودیس، از اطراف توسط گسله‌هایی محدود شده‌اند و فرونشینی آن‌ها سبب ایجاد گودی بزرگ‌ناودیس می‌شود. این گودی در سطح زمین به صورت ناحیه‌ی باریکی که از رسوبات دریایی پر شده است، دیده می‌شود. اما در این مرحله تقریباً تمام گودی از رسوبات متناوب رس و ماسه‌سنگ

موسوم به فلیش پر می‌شود.

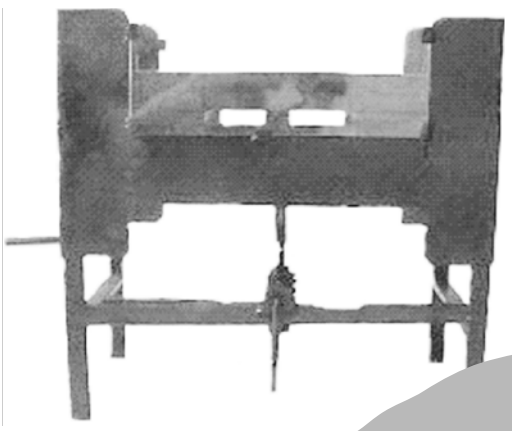
معمولاً در این مرحله، ضخامت مجموع رسوبات بزرگ‌ناودیس به پنج تا شش‌هزار متر می‌رسد. مرحله‌ی اصلی بزرگ ناودیس با چین‌خوردگی سری‌های رسوبی و آتشفشانی خاتمه می‌یابد که در اثر این چین‌خوردگی ممکن است گودی بزرگ ناودیس به‌صورت یک ناودیس شکنجی دیده شود.

مرحله‌ی کوه‌زایی[10]: پس‌از خاتمه‌ی چین‌خوردگی در مرحله‌ی اصلی در اثر فرونشینی، گودی‌های دیگری موسوم به گودی‌های کوه‌زایی به‌وجود می‌آیند و در همین زمان، بالا آمدگی‌های کوه‌زایی نیز تشکیل می‌شوند. این گودی‌ها معمولاً با رسوبات ضخیمی از مواد رسوبی و آتشفشانی پر می‌شوند. رسوبات مذکور در حواشی گودی‌ها و هم‌چنین در طول سیستم گسله‌ها، چین می‌خورند که معمولاً چین‌خوردگی رسوبات موجود در گودی‌ها در مرحله‌ی کوه‌زایی طی چند مرحله صورت می‌گیرد.

مدل ساده چگونگی شکل گیری بزرگ ناودیس

– اجزای مدل

این مدل نمونه‌ی بسیار ساده شده‌ی یک محیط بزرگ ناودیسی است که از اجزا و قطعات بسیار ساده‌ای تشکیل شده است. مدل به‌صورت دستگاهی است که پنج صفحه‌ی چوبی با ابعاد ۲۵×۱۵×۵cm صفحه‌های ۱و۵ دارای حرکت افقی و صفحه‌ی ۳ دارای حرکت عمودی است. صفحه‌های ۲و۴ نیز در جای خود ثابت هستند.



شکل ۱. اجزا و قطعات تشکیل دهنده‌ی مدل بزرگ ناودیس

قطعه چوب ۳ از زیر به دو چرخ دنده متصل است که این چرخ دنده‌ها با حرکت دسته‌ی شماره ۱ روی هم می‌چرخند و سبب بالا و پایین رفتن این صفحه می‌شوند. حرکت عمودی این صفحه‌ی چوبی نمایانگر نشست کف حوضه زیر وزن رسوبات است.

قطعات چوبی ۱ و ۵ از زیر به دو مهره متصل شده‌اند که حرکت این مهره‌ها توسط دسته‌ی شماره‌ی ۲ روی دو روزه‌ی راست گرد و چپ‌گرد که به هم جوش شده‌اند، سبب دور شدن و نزدیک شدن این دو صفحه نسبت به هم می شود. این حرکت تداعی کننده‌ی نیروی وارد بر حوضه است که موجب چین‌خوردگی در رسوبات می‌شود.

قطعات نام برده شده، توسط چهار چوبی فلزی از جنس آهن احاطه شده‌اند که مانع از ریزش مواد از اطراف و کناره‌های مدل در حین انجام آزمایش می‌شود. نکته‌ی دیگر آن‌که چون در این مدل صفحات از جنس چوب در نظر گرفته شده‌اند، طبیعتاً شکل‌پذیر نیستند. بنابراین برای ایجاد حالت گودی در محیط بزرگ ناودیس، قبل از قرار دادن رسوبات روی مدل، از یک سطح پلاستیکی استفاده می‌کنیم که سبب شکل‌پذیری بهتر مواد می‌شود.

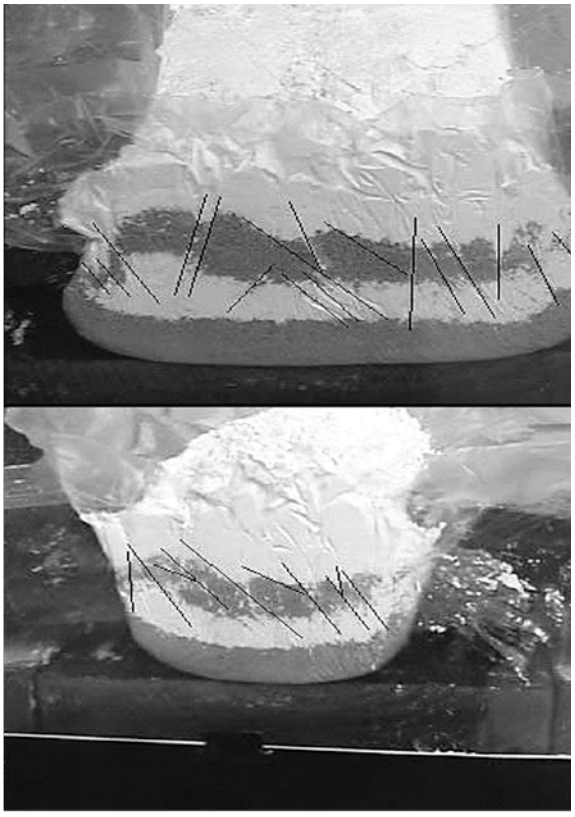
آزمایش لوله

در این آزمایش از گچ و خاک رس الک شده با دانه‌بندی ریز استفاده می‌شود. با کمک دسته‌ی شماره‌ی ۱، کف حوضه را به سمت پایین حرکت می‌دهیم و هم‌زمان مقداری خاک رس روی سطح می‌ریزیم که بیانگر رسوب‌گذاری در حوضه است. پس از این که لایه ضخامت معینی پیدا کرد، نوع رسوب را عوض می‌کنیم و به جای خاک رس گچ می‌ریزیم. با فرونشست بیشتر حوضه، دوباره جنس لایه را تغییر می‌دهیم و از خاک استفاده می‌کنیم. سپس رسوب‌گذاری مجدد لایه‌ی گچ را خواهیم داشت.

در این حالت دو لایه‌ی رسوبی خواهیم داشت که به‌صورت متناوب در حوضه ته‌نشین شده‌اند. پس از وارد کردن نیروی ــ توسط دسته‌ی شماره‌ی ۲ به لایه‌های رسوبی، مشاهده می‌شود که تقریباً در مرکز رسوبات حوضه گسل‌هایی ایجاد می‌شود که امتداد آن‌ها مشابه امتداد دیواره‌های حوضه‌ی رسوبی است.

با اعمال نیروی بیشتر، رسوبات بخش شرقی حوضه دارای برآمدگی می‌شوند و در مقطع عرضی گسل‌هایی به‌وجود می‌آیند که با یکدیگر موازی هستند. سپس بخش غربی نیز بالا می‌آید و گسل‌های این بخش نیز شکل می‌گیرند. در مراحل پایانی اعمال

نیرو، در مقطع عرضی رو راندگی‌هایی مشاهده می‌شود که سبب می‌شوند، رسوبات حوضه از مرکز شروع به برخاستگی کنند. با اتصال دو برآمدگی بخش شرقی و غربی به یکدیگر، برآمدگی واحدی تشکیل می‌شود که نمایانگر کوه‌زایی در محیط رسوبی است (شکل۲).



شکل۲. برآمدگی ایجاد شده در آزمایش اول، به همراه نمایی از گسل‌های ایجاد شده طی آزمایش

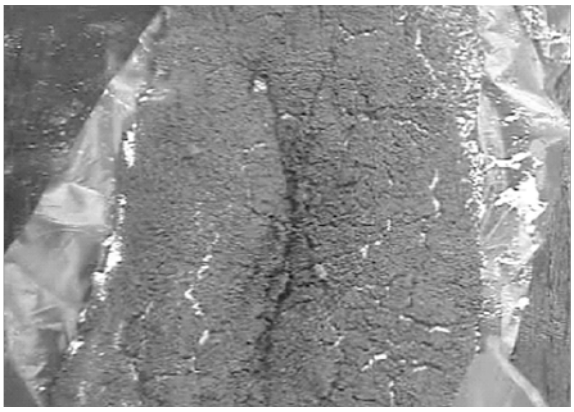
آزمایش دوم

در این آزمایش از مواد شکل‌پذیر بهره می‌گیریم. به این صورت که مقداری گچ را با آب مخلوط می‌کنیم تا جایی که شکل‌پذیر و منعطف شود. خاک رس الک شده را نیز با آب مخلوط می‌کنیم. گل حاصله نیز باید شکل‌پذیر باشد. سپس حوضه را با استفاده از این مواد به‌صورت متناوب پر می‌کنیم. پس از فرونشست کف حوضه و اعمال نیرو از طرفین، اولین برخاستگی‌ها از کنار دیواره‌ها شروع می‌شوند و با افزایش نیرو، افزایش برخاستگی‌ها را خواهیم داشت.

تفاوت این آزمایش با آزمایش اول در این است که در این آزمایش، درزه‌ها و شکستگی های ایجاد شده در میانه ی حوضه، اگر چه در امتداد دیواره ها هستند. اما از شکستگی برخوردار نیستند. گسل ها و درزه ها نیز به صورت پراکنده و در ابعاد کوچک‌تر و هم‌چنین پر تعدادتر در مرکز دیده می‌شوند. در این آزمایش، برخلاف آزمایش اول، با افزایش نیرو به هم پیوستگی ارتفاعات را نخواهیم داشت و فقط افزایش ارتفاع دیده می‌شود. در این حوضه دو برخاستگی یا کوه تشکیل شده است (شکل۳).

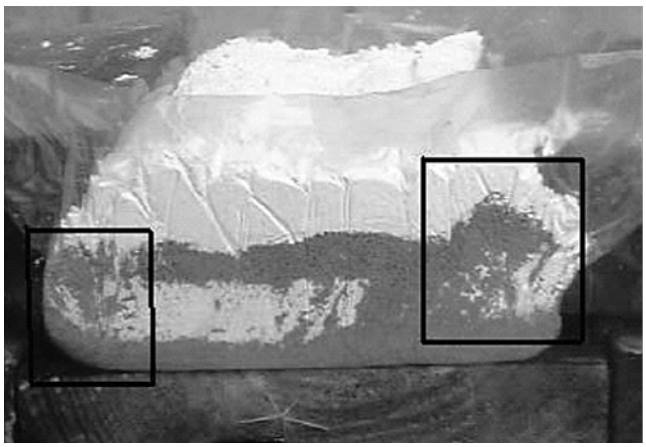
آزمایش سوم

در این آزمایش نیز از تناوب لایه‌های گچ ریز دانه و خاک درشت دانه استفاده می‌کنیم. پس از فرونشست کف حوضه و اعمال نیروی ــ از طرفین به نمونه، اولین تغییری که مشاهده می‌شود، خمش رو به پایین لایه‌های رسوبی در مجاورت دیواره‌هاست که سبب به هم پیوستگی لایه‌های مشابه می‌شود. این حالت به‌طور کاذب تداعی



شکل۳. نمایی از برخاستگی‌های ایجاد شده در حوضه‌ی رسوبی

تاریخ هر بزرگ‌ناودیس را می‌توان به دو مرحله‌ی مشخص تقسیم کرد که عبارت‌اند: از مرحله اصلی و مرحله کوه‌زایی



شکل۴. خمش لایه‌های رسوبی در اثر اعمال نیرو

کننده‌ی چین‌های خوابیده و یا برگشته است (شکل ۴).

برخاستگی‌های ایجاد شده در این آزمایش از قانون خاصی پیروی نمی‌کنند. به عبارت دیگر، در تکرار این آزمایش در شرایط یکسان، نتایج متفاوتی به‌دست آمد. گاه نیروی وارده سبب ایجاد یک برخاستگی واحد در حوضه‌ی رسوبی می‌شد و گاه چند برخاستگی به‌وجود می‌آمد. هم‌چنین، راستای گسل‌های ایجاد شده در سطح حوضه نیز، علاوه بر آن‌که در امتداد دیواره‌ها نیز شکل گرفته بودند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دانه‌بندی متفاوت لایه‌های رسوبی که بیشتر در طبیعت دیده می‌شود، پیش‌بینی رفتار حوضه در مقابل نیروهای وارده را غیرممکن می‌کند.

شکل ۵. نمایی از برخاستگی‌های ایجاد شده در حوضه‌ی رسوبی با دانه‌بندی متفاوت

نتیجه‌گیری

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، این مدل نمونه‌ی بسیار ساده شده‌ای از یک محیط بزرگ ناودیسی است. ما در این مقاله فقط به بررسی ارتباط میان دانه‌بندی لایه‌های رسوبی و نوع برخاستگی‌های ایجاد شده، پرداخته‌ایم. مسلم است که تعداد برخاستگی‌های ایجاد شده، نوع برخاستگی‌ها، میزان بالاآمدگی لایه‌های رسوبی، تعداد و روند گسل‌های موجود در حوضه در برش عرضی و دید سطحی لایه، طول گسل‌ها و... ارتباطی تنگاتنگ و نزدیک با جنس و دانه‌بندی لایه‌های رسوبی نهشته شده در حوضه دارد.

در مطالعات صورت گرفته روی لایه‌هایی که دارای دانه‌بندی ریز و تقریباً یکسان بودند، و هم‌چنین لایه‌هایی که دارای دانه‌بندی یکسان و در عین حال شکل‌پذیر بودند، رفتار حوضه‌ی رسوبی در آزمایشات متعدد قابل پیش‌بینی بود. اما در آزمایشات صورت گرفته روی حوضه‌هایی که دارای دانه‌بندی متفاوت در لایه‌های رسوبی بودند، به هیچ عنوان رفتار لایه‌ها در مقابل نیروهای جانبی وارد شده به حوضه قابل پیش‌بینی نبود. به عبارت دیگر در این حالت، در شرایط یکسان نتایج حاصل شده بسیار متفاوت بودند.

در این سلسله آزمایشات، آن‌چه مورد بررسی قرار گرفت، ارتباط دانه‌بندی لایه‌ها با کوه‌زایی در حوضه‌های بزرگ ناودیسی بود. اما با استفاده از همین مدل ساده و ایجاد تغییراتی کوچک در مدل، می‌توان به بررسی ارتباط میان نوع و جهت نیروی وارد شده به حوضه و ارتباط آن با کوه‌زایی، ارتباط میان میزان شکل‌پذیری لایه‌های رسوبی و کوه‌زایی، نحوه‌ی پیدایش گسل‌ها در حوضه‌های بزرگ‌ناودیسی و روند آن‌ها، و... پرداخت.

* دانشجوی کارشناسی ارشد تکتونیک دانشگاه آزاد تهران شمال

پی‌نوشت

1.Plate Tectonic
2.Geosyncline
3.Tectonic
4.Hall
5.Dana
6.Miogeosyncline
7.Eugeosyncline
8.Paraliageosyncline
9.Main Stage
10. Orogenic Stage

منابع

۱. مدنی، ح. (۱۳۸۴). زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک. انتشارات جهاد دانشگاهی. واحد علامه طباطبایی. ص ۵۴۴ تا ۵۵۴.
2 .www.NGDIR.ir
3. www.IRPDS.com

پیزوالکتریک

بابک مستوفی‌زاده*

اشاره

در کتاب زمین‌شناسی سال سوم خواص مهم کانی‌ها برشمرده شده است. یکی از این موارد که فقط نام برده شده خواص پیزوالکتریک می‌باشد که نیاز به شرح بیشتر دارد که به آن پرداخته می شود.

کلید واژه‌ها: پیزوالکتریک، کوارتز، تغییرات تنش، محور قطبی، دوقطبی الکتریکی، مبدل انرژی

مقدمه

در بررسی خصوصیات فیزیکی برخی از کانی‌ها، با ویژگی جالبی مواجه می‌شویم که به آن «خاصیت پیزوالکتریک»[1] می‌گویند. این خاصیت در بلورهایی (مانند کوارتز و تور مالین) مشاهده می‌شود که از نظر بلورشناسی دارای محور قطبی[2] و فاقد مرکز تقارن هستند. بلورهای با خاصیت پیزوالکتریک کاربردهای زیادی در صنایع، از جمله در الکترونیک و مخابرات دارند. متداول‌ترین این بلورها، «بلور کوارتز»است. خاصیت پیزوالکتریک برای اولین‌بار توسط برادران کوریه[4] (۱۸۸۰) به نام‌های پیر[4] و جاکوز[5] کشف شد. کاربرد این مواد در صنعت از سال ۱۹۱۷ در ساخت ردیاب اصوات زیر دریا شروع شد.

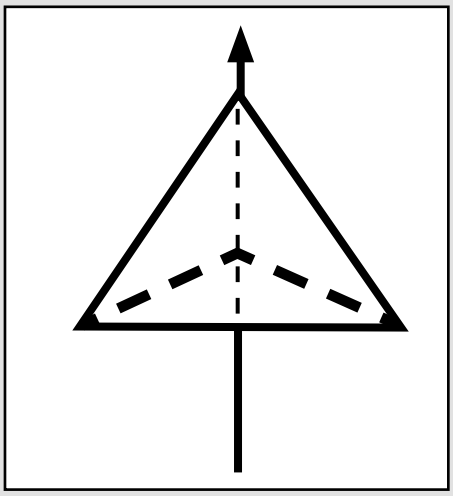
خاصیت پیزوالکتریک قابلیتی است که بر اساس آن، وقتی بلوری در امتداد محور طولی تحت فشار و یا کشش قرار می‌گیرد، دو انتهای بلور همانند یک باتری، قطبیت مثبت و منفی را به‌دست می‌آورد. به‌عبارت دیگر، این بلورها مبدل انرژی مکانیکی به الکتریکی هستند. ولی بلورهای با خاصیت پیزوالکتریک عملکرد معکوسی دارند. یعنی اگر جریان الکتریکی را از این بلورها عبور بدهیم، دچار تغییر شکل می‌شوند.

سازوکار پیزوالکتریک

پیزوالکتریک توانایی برخی از بلورها برای تولید انرژی الکتریکی در ازای تنش مکانیکی (کششی و فشارشی) اعمال شده بر آن‌هاست. کلمه‌ی فوق از واژه‌ی یونانی «Piezein» به معنی «فشرده شدن» اقتباس شده است. این اثر قابلیت معکوس شدن دارد، یعنی اگر دو سر آن‌ها را به ولتاژی وصل کنیم، اندازه‌ی بلور به علت ارتعاش یا نوسان تغییر می‌کند. اندازه‌ی تغییرات در حدود ۰/۱ درصد اندازه‌ی اولیه است.

خاصیت پیزو الکتریک فقط در بلورهایی مشاهده می‌شود که دارای محور قطبی باشند. بلورهایی که محور قطبی دارند، مرکز تقارن ندارند. از ۳۲ رده‌ی بلوری، ۲۱ رده مرکز تقارن ندارند. به استثنای یک مورد،

۲۰ رده‌ی بلوری دارای خاصیت پیزوالکتریک هستند. منظور از محور قطبی، محوری است که در دو انتهای آن دو نوع تشکیل دهنده‌ی بلورشناسی (سطح، گوشه و لبه) واقع شده باشد (شکل ۱).



شکل ۱. نمایش محور قطبی در یک سیستم چهار وجهی (تتراهدر) به‌طوری که ملاحظه می‌شود، محوری که از رأس به‌وجه مقابل عمود می‌شود، نمایشی از محور قطبی است.

برای درک ظهور دوقطبی الکتریکی تحت تأثیر فشار، ساختار ساده‌ای از بلور کانی سولفید روی (ZnS) را در نظر می‌گیریم (شکل ۲). در ساختار تتراهدری این بلور، یون روی به عنوان یون مثبت در مرکز و یون‌های منفی گوگرد در چهار رأس هرم ABCD واقع شده‌اند؛ به‌طوری که مراکز بارهای مثبت و منفی روی یکدیگر منطبق هستند. هرگاه این بلور تحت تأثیر تنش برشی در صفحه‌ی XY واقع شود، ضلع AB درازتر و ضلع CD کوتاهتر می‌شود و انطباق فوق از بین می‌رود. در نتیجه، یون مثبت (روی) در امتداد محور Z به‌طرف بالا و دو یون منفی ضلع CD به طرف یکدیگر جابه‌جا می‌شوند. بنابراین، یک سر مثبت در بالا و یک سر منفی در سمت پایین بلور به وجود می‌آید. در این لحظه اگر با یک سیم دو سر بلور را به یکدیگر وصل کنیم، جریان الکتریکی برقرار خواهد شد. با حذف فشار و جابه‌جایی یون‌ها به موقعیت‌های اولیه‌شان، قطبیت ایجاد شده از بین می‌رود. در صورتی‌که بلور پیزوالکتریک کشیده شود، موقعیت قطب‌های الکتریکی تشکیل شده معکوس می‌شود.

اگر دو سر بلور کوارتز را به یک مولد وصل کنیم، اندازه‌ی بلور در اثر انبساط و انقباض تغییر می‌کند. علت این امر جاذبه و یا دافعه‌ای است که بین بارهای مثبت و منفی بلور با قطبین مولد ایجاد می‌شود که طی آن، بارهای مثبت و منفی بلور به ترتیب تحت تأثیر ربایش قطب‌های منفی و مثبت مولد (یا برعکس دافعه‌ی بارهای هم‌نام بلور و قطبین مولد) واقع می‌شوند و نتیجه‌ی آن کشیدگی بلور است. اگر در مرحله‌ی دیگر، موقعیت قطبین مولد جابه‌جا شود، شاهد فشردگی بلور خواهیم بود. به عبارت دیگر، بلور مرتعش می‌شود (شکل ۳). تعداد ارتعاشات بلور در مدت یک ثانیه (فرکانس ارتعاشی) بستگی به ضخامت تیغه‌ی تهیه شده از بلور و ولتاژ الکتریکی اعمال شده دارد. فرکانس ارتعاشی تیغه‌ی کوارتز از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$f = \frac{f_{\circ}}{۲\pi}\frac{a}{l^{۲}}\sqrt{\frac{E}{۲\ p}}$$

در این رابطه داریم: مقابل

$f_{\circ}$: فرکانس پایه معادل ۳/۵۲ هرتز

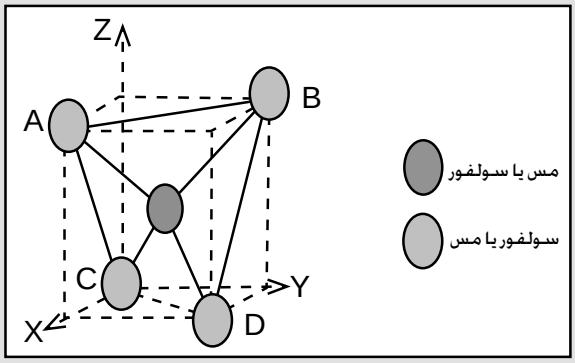
a : ضخامت تیغه برابر ۰/۳ میلی‌متر

E : مدول یانگ کوارتز برابر ۱۰۰ گیگاپاسکال.

L : نشان‌دهنده‌ی طول تیغه که ۴-۳ میلی‌متر است.

p : نشان‌دهنده‌ی دانسته‌ی کواتز $(۲۶۵۰ kg/m^{۳})$

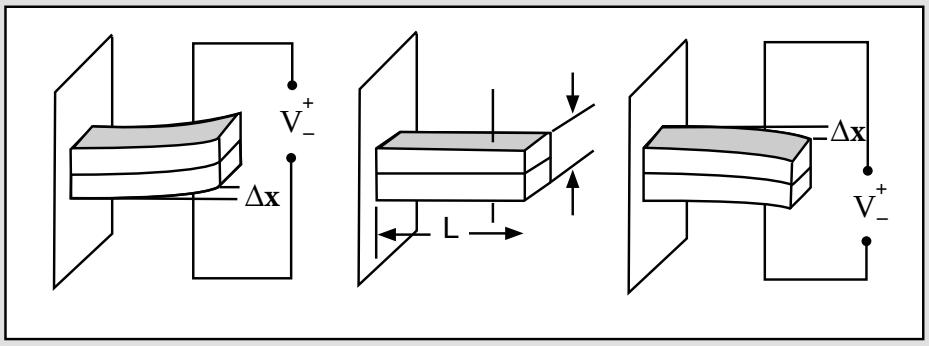
با در نظر گرفتن مقادیر فوق، مقدار فرکانس ارتعاشی بلور کوارتز (f) ۳۲۷۶۸ هرتز خواهد شد.



شکل ۲. تجسم شبکه‌ی بلوری سولفید روی در دستگاه مختصات سه‌بعدی. یون‌های گوگرد در رأس‌های ABCD و یون روی در مرکز چهار وجهی واقع شده‌اند.

کاربردها

در عملیات‌هایی که در فاصله‌های زمانی مساوی تکرار می‌شوند، نیازمند یک مرجع زمانی هستیم که با عملکرد خود، فاصله‌های زمانی را به‌طور دقیق و مساوی مشخص کند. این عمل توسط یک بلور پیزوالکتریک، به‌ویژه کوارتز، انجام می‌گیرد. اصولاً بلورهای پیزوالکتریک نقش یک مبدل انرژی را بازی می‌کنند. با توجه به تأثیر فشار و ایجاد دو قطب الکتریکی در دو سرشان، به عنوان مبدل انرژی



شکل ۳. اعمال ولتاژ الکتریکی (V) به دو پهلوی تیغه‌ی کوارتز باعث تغییر شکل آن به‌صورت خمیدگی (به اندازه‌ی Δx) به طرفین می‌شود. خمیدگی به طرفین نتیجه‌ی معکوس شدن قطب‌هاست.

مکانیکی به الکتریکی (همانند یک ژنراتور)، و در فرایند معکوس که طی آن اعمال ولتاژ الکتریکی به دو سر بلور باعث ارتعاش آن می‌شود، همانند یک موتور الکتریکی، انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. فرکانس ارتعاشات ایجاد شده، طی نوسان ثابت و بدون تغییر است. این خاصیت نتیجه‌ی مهمی را در پی دارد و باعث می شود که بلورهای پیزوالکتریک (به‌ویژه کوارتز) به‌عنوان تنظیم کننده‌های دقیق زمان به‌کار گرفته شوند.

در این مورد می‌توان به نقش بلور کوارتز در ساعت‌های کوارتزی اشاره کرد. همان‌طوری که در ساعت‌های پاندولی، وظیفه‌ی پاندول تنظیم گام‌های چرخ دنده‌ای است که نقش آن شمارش تعداد ثانیه‌های سپری شده است، در ساعت‌های کوارتزی تنظیم چرخش چرخ دنده توسط ارتعاشات بلور کوارتز انجام می‌شود. در این ساعت‌ها جریان الکتریکی ارسال شده از باتری که از بلور کوارتز می‌گذرد، ارتعاش بلور تحت یک فرکانس از پیش تعیین را باعث می‌شود که دقیقاً معادل ۳۲۷۶۸ الکتریکی یک‌بار در ثانیه به‌کار می‌برد. این پالس‌ها باعث فعال شدن نمایشگر دیجیتال و یا باعث به‌کار انداختن لحظه‌ای یک موتور الکتریکی متصل به چرخ دنده‌ها خواهد شد. البته دامنه‌ی تنظیم زمان، به تعداد ارتعاشات بلور کوارتز و این امر به نوبه‌ی خود به ضخامت تیغه‌ی تهیه شده از بلور بستگی دارد؛ به طوری که برش‌های نازک‌تر، فرکانس ارتعاشی بزرگ‌تری تولیدمی‌کنند.

دیگر کاربردهای بلورهای پیزوالکتریک به‌کارگیری آن‌ها به‌عنوان حسگر در دستگاه‌های فشارسنج و سنجش میزان تغییر شکل است.

در چاپگرهای جوهرافشان، تنظیم خروج جوهر توسط ضربات بلور کوارتزی که در اثر عبور جریان الکتریکی از آن مرتعش شده است، کنترل می شود.

در برخی از میکروفون‌ها، ارتعاش پرده‌ی میکروفون در اثر صدا، ضربات پی‌درپی به‌بلور کوارتز وارد می‌کند. این عمل باعث ظهور خاصیت دوقطبی در کوارتز خواهد شد.

در سر سوزن گرامافون نیز از بلور کوارتز استفاده شده است. حرکت بلور از روی شیارهای صفحه‌ی در حال چرخش، ضربات متعددی را به آن وارد می‌سازد و نتیجه‌ی آن قطبی شدن بلور کوارتز است.

در فرستنده‌های رادیویی، ارسال یک موج رادیویی در صورتی امکان‌پذیر می‌شود که فرکانس موج رادیویی برابر فرکانس ارتعاشات تیغه‌ی بلور کوارتز به‌کار گرفته شده در مدار شود.

*کارشناس ارشد زمین‌شناسی
دبیر فیزیک و زمین‌شناسی منطقه ۲

پی نوشت

1. Piezoelectric
2. Polar axis
3. Curie
4. Pierre
5. Jacques

منابع

1. Corneils, K; Cornelius S.Hurlbut, JR. (1985). Manual of Mineralogy. 20 edition. Wily & Sons, New York.
2. Halliday, D; Resnick, R. (1988). Fundamentals of Physics. third edition. John Wily & Sons, New York.
3.http://en.wikipedia.wikipedia.org/wiki/Talk:quartz_clock
4. http://en.wikipedia.org/wiki/piezoelectric_sensor
5.http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/piezoelectricity
6. http://www.explainthatstuff.com/piezoelectricity.html
7.http://www.explainthatsutuff.com/quartzclockwatch.html
8.http://www.fotoflock.com/index.php/learn-photography/2958-the-piezoelectric-phenomenon
9. http://www.piezo.com/tech2intropiezotrans.html
10. http://www.piezocryst.com

پیشگامان علم زمین‌شناسی

«جرج آگریکلا»

ترجمه: رضا نداف*

جرج آگریکلا، پدر علم کانی‌شناسی

جرج آگریکلا

جد علم زمین‌شناسی و پدر علم کانی‌شناسی (۱۴۹۴ـ۱۵۵۵)

در قرن ۱۶ میلادی، پزشکی که بعداً خود را **جرج آگریکلا**[۱] نامید، به این فکر افتاد تا مواد معدنی را بر اساس ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها طبقه‌بندی کند. این کوشش‌ها سرآغازی برای علم زمین‌شناسی شد؛ علمی که به مطالعه‌ی دقیق منشأ، تاریخ و ساختمان زمین می‌پردازد. آگریکلا، شالوده‌ی مباحثی مانند کانی‌شناسی، مهندسی معدن، زمین‌شناسی فیزیکی و دیرینه‌شناسی را در زمین‌شناسی پی‌ریزی کرد. او در کتاب «ماهیت فسیل‌ها»[۲]، نخستین سیستم طبقه‌بندی کانی‌ها را بر اساس خواص فیزیکی آن‌ها وضع نمود. کتابی نیز در مورد استخراج فلزات[۳] نگاشت که در آن زمان، تحقیق جامعی در مورد معدن، استخراج مواد و زمین‌شناسی اقتصادی به شمار می‌رفت. هر دو کتاب آگریکلا بیش از ۲۰۰ سال جزو منابع معتبر علمی به شمار می‌آمدند. وی به عنوان یک پزشک، از نخستین کسانی است که به مسئله‌ی مخاطرات شغلی توجه کرد.

روستایی کشاورز

جرج بایور در ۲۴ مارس ۱۴۹۴ در منطقه‌ی «گلاچو»[۴] کشور آلمان متولد شد. نام پدرش گریگور بود، اما از نام مادرش اطلاعی در دست نیست. شغل **گریگور** رنگرزی و بافت پارچه‌های پشمی بود. از سال‌های اولیه‌ی زندگی جرج اطلاع چندانی در دسترس نیست، اما می دانیم که وی دست کم یک برادر بزرگ‌تر و یک برادر کوچک‌تر از خود داشته است. دوران نوجوانی را در مدارس محل زندگی خویش به تحصیل پرداخت و در سال ۱۵۱۴، هنگامی که ۲۰ سال داشت، و از این لحاظ اندکی از سایر دانشجویان هم‌دانشگاهی خود مسن‌تر بود، وارد دانشگاه لایپزیک شد. آگریکلا بعد از دریافت درجه‌ی لیسانس، در همان دانشگاه به تدریس زبان یونانی پرداخت. او تا سال ۱۵۱۸ که به تدریس در مدرسه‌ای[۵] در شهر «زویکا»[۶] مشغول شد، به مطالعه‌ی خود در زمینه‌ی ادبیات باستان و فلسفه نیز ادامه داد. در سال ۱۵۲۰، نخستین رساله‌ی خویش را تحت عنوان «اجزا و ساختار ساده‌ی گرامر»[۷] تألیف کرد. بالاخره تصمیم گرفت همه‌ی کارهایش را رها کند و برای تحصیل رشته‌ی پزشکی به لایپزیک برگردد.

طبق رسم آن زمان، جرج بایور نام خود را به لاتین جرج آگریکلا، به معنای روستایی کشاورز برگرداند. امروزه نیز او را به همین نام می‌شناسند. آگریکلای کاتولیک، برای تحصیل پزشکی به دانشگاه «بولونگا»[۸] رفت و موفق به اخذ یک بورس تحصیلی سه ساله از کلیسای «زویکا» برای تحصیل در دانشگاه «پادوآ»[۹] شد. در سال ۱۵۲۶، آگریکلا بعد از

در قرن ۱۶ میلادی، پزشکی که بعداً خود را جرج آگریکلا[1] نامید، به این فکر افتاد تا مواد معدنی را بر اساس ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها طبقه‌بندی کند. این کوشش‌ها سرآغازی برای علم زمین‌شناسی شد

فارغ‌التحصیل شدن از رشته‌ی پزشکی، با دختری به نام **آنامینر**[10] ازدواج کرد. او در جریان سفرهایش با **دزیدریوس اراسموس**[11]، نویسنده و پژوهشگر مشهور لاتین ملاقات کرد که نقش مهمی در انتشار نخستین کتاب علمی او داشت. آگریکلا مدتی را به همکاری با «انتشارات آلدینا» در ویرایش آثار **بقراط** و **جالینوس** در زمینه‌ی پزشکی پرداخت.

یک متخصص معدن

آگریکلا تصمیم گرفت به شهر «یواکیم اشتال»[12] در نزدیکی «بوهیمیا»[13] که در حال حاضر در غرب جمهوری چک واقع است، مهاجرت کند. او در آن‌جا به عنوان پزشک و عطار مشغول به کار شد. در آن روزگار شغل عطار شباهت زیادی به شغل دکتر داروساز امروزی داشت. معادن نقره سبب روی آوردن جمعیت زیادی به شهر یواکیم اشتال شده بود و این شهر نوپا نیاز فراوانی به معلم، واعظ و پزشک داشت. بسیاری از ساکنان شهر بر اثر کار در معادن، از ناراحتی‌های تنفسی رنج می‌بردند. آگریکلا متوجه شد که برای درک بهتر مشکل بیماران خود، باید فرایند معدن‌کاری را به خوبی بشناسد. او به کاربرد کانی‌ها و مواد حاصل از ذوب آن‌ها در درمان بیماری‌ها علاقه‌مند بود. بنابراین مصمم شد کار معدن و استخراج فلزات را بیاموزد و با جدیت این کار را شروع کرد. آگریکلا چیزهای زیادی در مورد این شغل از نظر ویژگی‌های فیزیکی، اقتصادی و پزشکی و هم‌چنین شیوه‌های زندگی کارگران آموخت.

در سال ۱۵۳۰، آگریکلا کتابی تحت عنوان «Bermannus» یا گفت وگویی پیرامون معدن‌کاری[14] در مورد استخراج فلزات نگاشت. این کتاب شامل مجموعه‌ای از اطلاعات و توضیحاتی در مورد کانی‌های منطقه‌ی «ساکسون»، از جمله ترکیبات «بیسموت» بود. این کتاب به صورت گفت و شنودی بین یک معدنچی باتجربه و دو نفر دانشمند نگاشته شده است. **اراسموس** که در آن زمان فرد مشهوری شده بود، مقدمه‌ی مناسبی بر آن نگاشت. آن‌چنان که رسم بود، آگریکلا نیز مانند سایر محققان آن زمان آثار خویش را به زبان لاتین می نوشت؛ در حالی‌که ترجمه‌ی واژگان آلمانی مربوط به معدن به زبان لاتین بسیار مشکل بود. آگریکلا دو کتاب مهم دیگر نیز در زمینه‌ی ماهیت سیاست و اقتصاد نگاشت.

او به عنوان نویسنده و کارشناس خبره در زمینه‌ی صنعت ذوب فلزات، پزشک داروساز در میان مردم مشهور شد. اما او که در پی زندگی آرامی بود، به شهر «کمنیتس»[15] که صنعت ذوب فلزات در آن‌جا رونق فراوانی داشت، مهاجرت کرد. این شهر امروزه در کشور آلمان قرار دارد. در آن‌جا نیز به حرفه‌ی پزشکی روی آورد و با استفاده از دانش خود در زمینه‌ی معدن، با انجام چند سرمایه‌گذاری با ارزش، در مدت چند سال به ثروت فراوانی دست یافت.

در سال ۱۵۴۱، همسر آگریکلا درگذشت و یک سال بعد، او با **آنا اسکوتس**[16]، دختر یکی از کارفرمایان محلی ازدواج کرد. مدت زیادی از اقامت او در شهر کمنیتس نمی‌گذشت که سمت «تاریخ‌نگار دربار» به وی پیشنهاد شد، شغلی که تا ۲۰ سال بعد با آن مشغول بود. کار او تحقیق و جمع‌آوری اسناد برای تعیین شجره‌نامه‌ی فرمانروایان ساکسون بود. اما ظاهراً دستاوردهای آگریکلا در این زمینه تا سال ۱۹۶۳ انتشار نیافت؛ شاید به این خاطر که حکمرانان از برخی از یافته‌های او که اصالت آنان را مورد تردید قرار می‌داد، راضی نبودند.

دوک موریس، پادشاه ساکسونی، آگریکلا را طی چهار دوره به سمت شهردار شهر و هم‌چنین به عضویت دربار ساکسونی و سفیر نزد **چارلز پنجم**، امپراتور روم مقدس، منصوب کرد. انتصاب آگریکلای کاتولیک به چنین مقام مهمی از سوی یک حاکم پروتستان، در زمانی که تنش زیادی بین دو مذهب کاتولیک و پروتستان وجود داشت، بی‌سابقه بود. اما آگریکلا باز هم نتوانست به یک زندگی آرام علمی که در جست وجویش بود، دست یابد و مجبور شد کارهای علمی خود را برای چند سالی کنار بگذارد.

یک نویسنده‌ی پرکار

آگریکلا از همان هنگامی که به علم روی آورد، بسیار پرکار و کوشا بود. در سال ۱۵۴۶ چندین کتاب منتشر کرد. ایده‌هایی

که او در کتاب «استخراج مواد از اعماق زمین»[17] مطرح کرد، تأثیر فراوانی در تحقیقات زمین‌شناسی افراد بعد از او داشت. این نخستین کتاب در زمینه‌ی زمین‌شناسی فیزیکی به شمار می‌رود که در آن، دخالت پدیده‌های غیرطبیعی را در تغییرات زمین رد می‌کند. او نقش فرایندهای باد و آب در پدیده‌ی فرسایش و ایجاد تغییرات در چهره‌ی زمین، و نقش گرمای درون زمین در ایجاد آتشفشان و زمین‌لرزه را شرح می‌دهد. او معتقد است که حرکات سنگ‌ها و حرکات تحت‌الارضی، و هم‌چنین زمین‌لرزه، فوران آتشفشان و فرسایش حاصل از آب‌ها، می‌توانند در شکل‌گیری کوه‌ها نقش داشته باشند.

آگریکلا واژه‌ی «lapidifying juice» را برای مایع روانی که از دل زمین خارج می‌شود و غنی از مواد سازنده‌ی کانی‌هاست، به‌کار می‌برد. از واژه‌ی «رگه‌ی معدنی»[18] نیز برای موادی که داخل درز و شکاف سنگ‌ها تشکیل می‌شوند، استفاده می‌کند. در همان سال، آثار دیگری را در زمینه‌ی آب‌ها و گازهایی که زیرزمین مواد گوناگونی را می‌سازند و معرفی پراکندگی جغرافیایی محل‌هایی که در گذشته به لحاظ ذخایر فلزی شناخته شده بودند، انتشار داد.

در سال ۱۵۴۶، آگریکلا کتاب ماهیت فسیل‌ها را منتشر کرد. به خاطر اهمیت این کتاب، او را به عنوان «پدر کانی‌شناسی» می‌شناسند. کانی‌شناسی علم مطالعه‌ی پراکندگی، و نحوه‌ی شناسایی و بررسی خواص کانی‌هاست. در آن زمان واژه‌ی فسیل به هر چیزی که از زمین کنده شده بود، مانند کانی‌ها، جواهرات و هم‌چنین به بقایای موجودات زنده متعلق به زمان‌های گذشته (که امروزه فقط به آن‌ها فسیل می‌گوییم) اطلاق می‌شد. این کتاب شامل خلاصه‌ای از کارهای قبلی او در مورد کانی‌ها و هم‌چنین، نخستین طبقه‌بندی کانی‌ها بود. آگریکلا مبنای این طبقه‌بندی را خواص فیزیکی کانی‌ها، همانند شکل، رنگ، قابلیت انحلال، سختی، چگالی، قابلیت اشتعال و بافت کانی‌ها قرار داد. هم‌چنین، توصیفات دقیقی از کانی‌های گوناگون آورد و در کار خود ویژگی‌های بی‌ربطی مانند خواص سحرآمیز آن‌ها را کنار گذاشت. او در این کتاب کوشید تفاوت بین عناصر ساده و ترکیب را بیان کند. اگرچه امروزه طبقه‌بندی کانی‌ها بر اساس آنالیز شیمیایی، مانند اشعه‌ی ایکس و تحلیل‌های ایزوتوپی صورت می‌گیرد و محققان مجبور نیستند که از روش‌هایی مانند روش‌های آگریکلا استفاده کنند، ولی باید توجه داشت که در آن زمان هنوز خبری از شیمی مدرن و روش‌های علمی نوین نبود. نکته‌ی جالب این‌که آگریکلا متوجه شد، بسیاری از فسیل‌ها شبیه به موجودات زنده هستند، اما این نظریه را دنبال نکرد.

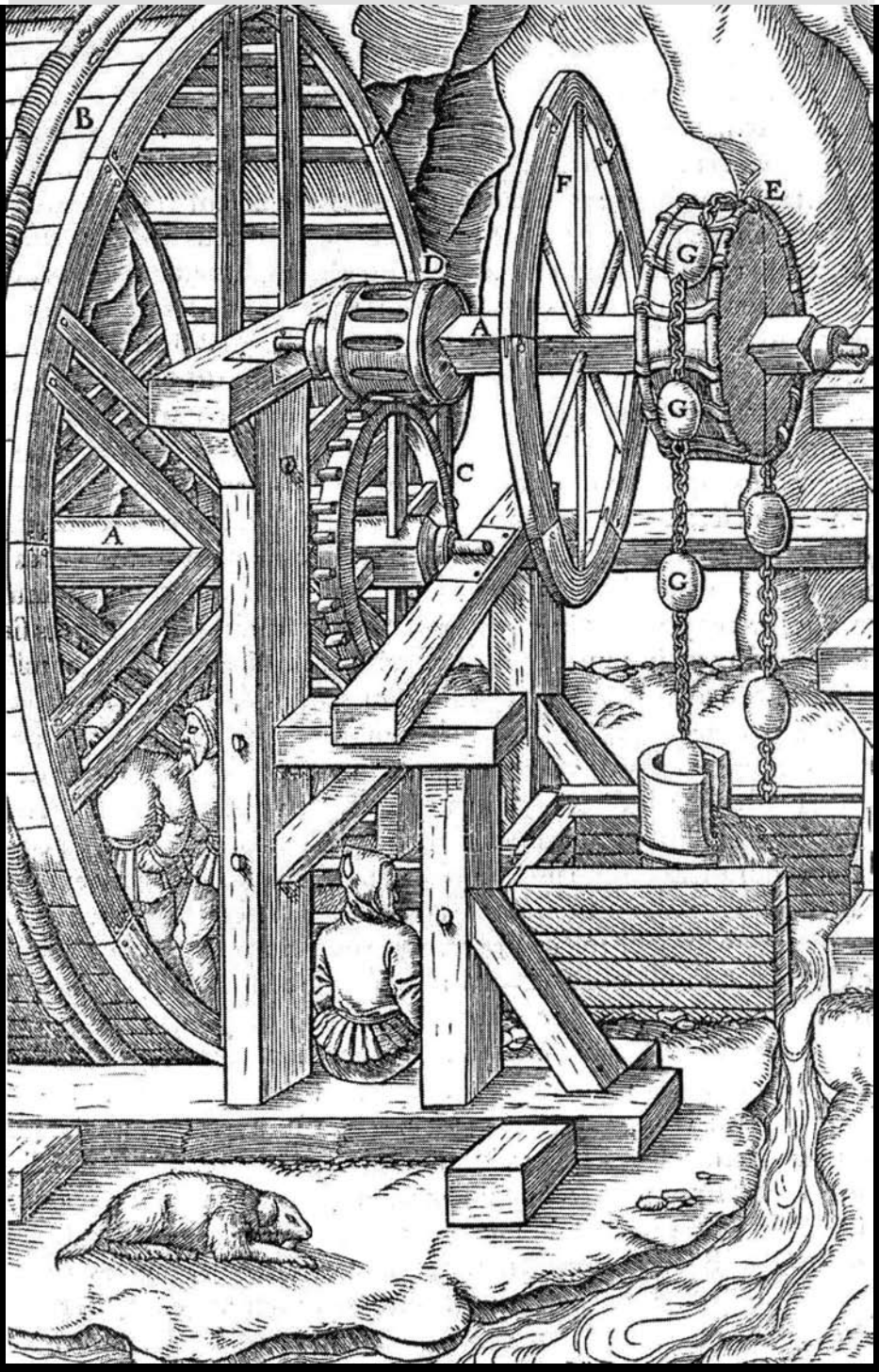
آگریکلا دو کتاب دیگر خود را در سال‌های ۱۵۴۹ و ۱۵۵۰ منتشر کرد که درباره‌ی منشأ سنگ‌ها، کوه‌ها و آتشفشان‌ها بحث می‌کردند. در همین ایام، مسافرتی چند هفته‌ای به شهر یواکیم اشتال داشت. مشاهده‌ی شهری که روزگاری بسیار آباد بود، اما به خاطر سوء مدیریت روبه ویرانی می‌رفت، برایش ناراحت‌کننده بود. بنابراین آگریکلای ثروتمند تصمیم گرفت برای کمک به بهبود وضع اقتصادی شهر، مبلغ قابل توجهی پول به منظور جست وجوی منابع معدنی بیشتر اهدا کند.

در سال ۱۵۵۰، طاعون سیاه سراسر ساکسونی را فراگرفت. عامل این بیماری باکتری‌هایی بودند که توسط موش‌ها به همه‌جا منتقل می‌شدند. فرد آلوده به این باکتری تب می‌کرد، غدد لنفاوی‌اش متورم می‌شد و زمان کوتاهی پس از ظهور علائم اولیه‌ی بیماری، مرگ به سراغش می‌آمد. حدود ۷۵ درصد از مردم بر اثر این بیماری جان خویش را از دست دادند. آگریکلا تلاش زیادی برای درمان و نجات بیماران خویش به خرج داد. دختر خودش نیز از قربانیان این بیماری بود. در سال ۱۵۵۴، او مشاهدات و تجربیات خود را در مورد طاعون در کتابی تحت عنوان «De peste» نوشت.

متالوژی علم استخراج و ذوب فلزات

کتاب «De re metallica» از مشهورترین آثار آگریکلا به شمار می‌آید که درست چهار ماه پس از مرگ وی انتشار یافت.

آگریکلا در سال ۱۵۴۶، کتاب «استخراج مواد از اعماق زمین» را منتشر کرد که نخستین کتاب در زمینه‌ی زمین‌شناسی فیزیکی به شمار می‌رود



تصویری از کتاب «درباره‌ی متالوژی»: یک چرخ آبی غول‌پیکر شبیه یک قرقره روی دهانه‌ی معدن قرار دارد. اجزای این دستگاه عبارت‌اند از:

A) محور B) چرخی که پیوسته در حال گردش است. C) چرخ‌دنده D) استوانه‌ی دوار

E) استوانه‌ای مجهز به بست‌های فلزی F) چرخ ثانوی G) گوی‌های فلزی

روش‌های استخراج مواد معدنی تصویری از کتاب «درباره‌ی متالوژی»:
شکستن هیزم‌ها و مسدود کردن مسیر آب توسط آن‌ها و سپس شست‌وشوی سنگ‌ها برای تشخیص مواد معدنی مورد نظر.

A) جویبار B) مانع جلوی آب C) تبر D) خاک حاوی ریشه‌ی درختان

E) چنگک هفت سر F) بیل فلزی G) ناوه H) ناوه‌ی دومی I) کمچه‌ی چوبی

در واقع این کتاب تکمیل‌شده‌ی کتاب قبلی[14] وی بود که در مورد معدن، استخراج و ذوب فلزات، و هم‌چنین کانی‌ها بحث می‌کرد. آگریکلا در این کتاب به توضیح سنگ معدن، روش‌های نقشه‌برداری، نحوه‌ی تشکیل معادن و تجهیزات لازم برای کار در معدن می‌پردازد. هم‌چنین، روش‌های عیارسنجی فلزات در سنگ معدن، و حمل و آماده‌سازی آن برای ذوب و تصفیه را شرح می‌دهد. نقشه‌هایی نیز از معادن قدیمی و نوع ذخایر موجود در آن‌ها آورده است. قوانین مربوط به معدن و مالکیت آن و جنبه‌های تجاری آن‌را توضیح می‌دهد و مشاهدات دقیق خود را از لایه‌های زمین و سایر پدیده‌های مربوط به زمین‌شناسی بیان می‌دارد. او معتقد است که کان‌سنگ‌ها در داخل بعضی سنگ‌ها تشکیل می‌شوند. بنابراین سنگ‌های در برگیرنده‌ی آن‌ها قدیمی‌تر هستند. بعضی از کان‌سنگ‌ها نیز داخل درز و شکاف سنگ‌ها، توسط محلول‌های حاوی کانی های حل‌شده، تشکیل می‌شوند.

او با عنایت به اهمیتی که تجزیه‌های شیمیایی در زمینه‌ی ذوب و استخراج فلزات داشتند، بخشی از کتاب خود را نیز به فناوری شیمیایی موجود اختصاص داد و سرانجام در بخشی از کتاب، به نحوه‌ی ساخت شیشه و مواد شیمیایی که در فرایند ذوب مورد استفاده قرار می‌گیرند، پرداخت. این کتاب به خاطر توضیحات و تصاویر مشهورش، طی هفت‌بار ویرایش، بیش از یک قرن مورد استفاده بوده است.

در میانه‌ی قرن ۱۶ میلادی، کشمکش مذهبی بین کاتولیک‌ها و پروتستان‌ها بالا گرفته بود و آگریکلا نیز در ۲۱ نوامبر ۱۵۵۵ درگذشت. بین پروتستان‌ها و کاتولیک‌ها بر سر تدفین او اختلاف پیش آمد. پروتستان‌ها نمی‌خواستند که جسد یک کاتولیک در محل مخصوص کلیسای کیمنیتس که شهرداران قبلی در آن‌جا دفن بودند، قرار گیرد. بالاخره با وساطت اسقفی که از دوستان قدیمی آگریکلا بود، اجازه داده شد او را در کلیسای جامع «زیتس»[19] دفن کنند.

آگریکلا در مقدمه‌ی آخرین کتاب خود بر اهمیت مشاهده نسبت به تحقیق نظری صرف تأکید فراوانی دارد و خود نیز در زندگی‌اش عملاً به آن پای‌بند بود. او کانی‌شناسی را از یک سرگرمی ساده به شکل علمی منظم درآورد و باعث شد عقاید مربوط به عصای مخصوص کشف مواد معدنی و خواص جادویی بلورها و سنگ آذرخش، در حاشیه قرار گیرند.

اگرچه شخصیت علمی آگریکلا در طول زندگی‌اش آن‌طور که شایسته بود، شناخته نشد و آثار او نیز برای همگان چندان قابل فهم نبود، اما این آثار سرآغازی برای علم زمین‌شناسی به شمار می‌روند. در واقع، علوم کانی‌شناسی و متالوژی با توجه به دانش و فن آن روزگار پیشرفت کردند.

وقایع مهم زندگی آگریکلا

۱۴۹۴: تولد در ۲۴ مارس در گلاچو آلمان

۱۸ـ۱۵۱۴: تحصیل در دانشگاه لایپزیک

۲۲ـ۱۵۱۸: تدریس زبان لاتین و یونانی در مدرسه‌ای در زویکا

۱۵۲۰:نوشتن اولین کتاب تحت عنوان «اجزاو ساختار ساده‌ی گرامر»

۲۶ـ۱۵۲۳: تحصیل در دانشگاه‌های بلونگا و پادوآ در ایتالیا

اوایل ۱۵۲۷: اشتغال در انتشارات آلدینا

۳۳ـ۱۵۲۷: خدمت به عنوان پزشک در شهر یواکیم اشتال

۱۵۳۰: انتشار کتاب بحث پیرامون متالوژی

۳۳ـ۱۵۳۱: انتشار کتاب‌هایی در مورد اقتصاد و سیاست

۱۵۳۳: آغاز به کار به عنوان پزشک در شهر کمنیتس

۵۴ـ۱۵۳۴: اشتغال به عنوان مورخ دربار

۱۵۴۶: انتصاب به عنوان شهردار کمنیتس و نماینده‌ی سیاسی نزد چارلز پنجم، امپراتور روم مقدس؛ انتشار دو کتاب «استخراج مواد از زیر زمین» و «ماهیت فسیل‌ها»

۱۵۵۴: انتشار کتابی در مورد طاعون

۱۵۵۵: فوت در ۲۱ نوامبر

۱۵۵۶: چاپ کتاب متالورژی پس از مرگش

*دبیر زمین شناسی شهرستان قوچان

پی نوشت

1. Georgius Agricola 2. De natura fossilum (On the natura of fossils) 3. On metallurgy 4. Glauchau 5. Muncipal 6. Zwickau 7. grammatical De prima ac simplici institutione 8. Bolonga 9. Padua 10. Anna Meine 11. Desiderius Erasmus 12. Joachimsthal 13. Bohemia 14. Bermannus; sive de re metallica dialogue 15. Chemnit 16. Anna Schut s 17. De ortu et causis subterraneorum 18. Viens 19. Zeitz

منبع

Katherine Cullen (2006). Earth Science: The People Behind the Science.
Publishing Chelsea House

اندازه‌گیری «زمین‌نوترینوها» و مُدل‌های کاوش اعماق زمین

دابلیو اف مک دانو و جِی ماهونی
ترجمه‌ی مجید کَوهستانیان*

مقدمه‌ای بر نوترینوها و زمین نوترینوها

اشاره

نوترینوها ذراتی بدون بار با جرم بسیار اندک هستند (۵۰۰هزار مرتبه کوچک‌تر از جرم الکترون که خود ۲۰۰۰بار کوچک‌تر از جرم پروتون است). برهم‌کنش نوترینوها با مواد معمولی، بسیار کم و ضعیف است. از میان چهار نیروی شناخته‌شده‌ی طبیعت (گرانش، برهم‌کنش مغناطیسی، برهم‌کنش ضعیف و برهم‌کنش قوی)، نوترینوها فقط در برهم‌کنش ضعیف و گرانش، که هر دو نیروهایی ضعیف هستند، مشارکت دارند. بنابراین نوترینوهای اطراف ما، درست مانند نوری که از درون بلورها می‌گذرد، از درون زمین عبور می‌کنند. شاید نوترینوها فراوان‌ترین ذرات موجود در عالم باشند: هر مترمکعب از جهان، در حدود ۳۰ میلیون نوترینو دارد.

کلیدواژه‌ها: نوترینو، واپاشی هسته‌ای، ابرنواختر، رمبش ستارگان، آشکارسازی، اورانیوم، توریم، پتاسیم

علاوه بر **الکترون‌نوترینوها** که حاصل از واپاشی هسته‌ای بتازا هستند، وجود **موئون‌نوترینوها** در سال ۱۹۶۲ ثابت شد و کشف لپتون (τ) یک دهه بعد، حضور نوع سومی از نوترینوها به نام **تائونوترینو** (ν_τ) را نشان داد. سرانجام در سال ۲۰۰۱ بود که وجود آن‌ها از طریق مشاهده‌ی مستقیم تأیید شد.

نوترینوها، هم به‌طور طبیعی تولید می‌شوند و هم به‌صورت مصنوعی (آزمایشگاهی). به‌طور کلی منابع تولیدکننده‌ی نوترینوها و انواع آن‌ها را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

۱. نوترینوهای خورشیدی: فرایند اصلی هم‌جوشی هسته‌ای در خورشید (و نیز در ستارگان دیگر) را می‌توان به صورت $p + p + p + p \rightarrow {}^{4}He + 2e^{+} + 2\nu_e + 2$ بیان کرد. انرژی آزاد شده از این فرایند، عامل درخشندگی خورشید است. بر این اساس، جریان نوترینوی خورشیدی در سطح زمین در حد ۷۰ میلیارد ذره در سانتی‌مترمربع در ثانیه محاسبه شده است. اما دقت کنید که خورشید فقط الکترون‌نوترینوها را تولید می‌کند.

۲. نوترینوهای جوّی: نوترینوهای جوی اولین‌بار بیش از ۳۵ سال پیش کشف شد. «پیون»ها و «کاتون»ها که در حین برهم‌کنش پرتوهای کیهانی با مولکول‌های جوّ زمین تشکیل می‌شوند، بسیار کوتاه‌عمرند و به نوترینوهای نوع «موئو» و «موئون» واپاشی می‌کنند. سپس این موئون‌ها به یک الکترون و دو نوترینو (یکی از نوع الکترون و دیگری از نوع موئو) واپاشی می‌کنند. بنابراین، در نوترینوهای کشف

نوترینوهای اطراف ما، درست مانند نوری که از درون بلورها می‌گذرد، از درون زمین عبور می‌کنند

فیورنتینی و همکارانش در مجموعه‌ای از مقالات، اهمیت زمین‌نوترینوها را در تعیین مشارکت گرمای رادیوژن در جریان گرمای زمین و تعیین مُدل‌های مختلف ترکیب و منشأ زمین، به بحث گذاشتند

شده در آشکارسازهای زیرزمین، به ازای هر الکترون‌نوترینو، باید دو موئون‌نوترینو وجود داشته باشد.

۳. نوترینوهای رآکتورها: رآکتورهای شکافت هسته‌ای، منبع عظیمی از الکترون‌پادنوترینوها ($\bar{\nu}_e$) هستند. در واقع اولین آشکارسازی تجربی نوترینوها، با نوترینوهای رآکتورها انجام شد.

۴. نوترینوهای شتاب‌دهنده‌ها: شتاب‌دهنده‌ها، منبع عظیمی از نوترینوها هستند. پروتون‌های متوقف شده، پیون‌ها و کائون‌ها را تولید می‌کنند که از واپاشی آن‌ها، موئون‌ها و نوترینوها حاصل می‌شوند.

۵. زمین‌نوترینوها: که حاصل واپاشی U، Th و K^{40} در درون زمین هستند.

۶. نوترینوهای اَبَرنواختری[1]: زندگی ستاره غالباً با انفجاری شدید به پایان می‌رسد که ابرنواختر نامیده می‌شود و می‌تواند درخشان‌تر از کل یک کهکشان باشد. اما فقط درصد بسیار کمی از انرژی آن به‌صورت نور منتشر و در حدود ۹۹ درصد به شکل نوترینو آزاد می‌شود. اولین مشاهده‌ی نوترینوهای حاصل از یک اَبَرنواختر، در سال ۱۹۸۷ در ابربزرگ ماژلانی کهکشان راه شیری انجام شد و دریچه‌ای نو بر درک و فهم رُمبش ستارگان و نیز ویژگی‌های نوترینوها گشود.

۷. نوترینوهای انفجار بزرگ

۸. نوترینوهای شتاب‌دهنده‌های اخترفیزیکی: که در آینده‌ی نزدیک مطالعه‌ی آن‌ها انجام خواهد شد.

زمین‌نوترینوها در قرن شانزدهم توسط ادر (۱۹۶۶) کشف شد و **مارکس** (۱۹۶۹) به زودی مناسب بودن آن‌ها را دریافت. در قرن هجدهم، **کراوس** و همکارانش (۱۹۸۴) نقش بالقوه‌ی آن‌ها در کاوش اعماق زمین را مورد بحث قرار دادند. در قرن نوزدهم، اولین مقاله در مجله‌ی ژئوفیزیک، توسط **کوباياشی** و همکارانش (۱۹۹۱) منتشر شد. در سال ۱۹۹۸، **رگاوان** و همکارانش (۱۹۹۸) و **راتشیلد** و همکارانش (۱۹۹۸) اظهار داشتند که آشکارسازهای کملند و بورگزینو باید بتوانند زمین‌نوترینوها را آشکار کنند. طی سه سال اخیر، مقالات زیادی ارائه شده‌اند. **فیورنتینی** و همکارانش در مجموعه‌ای از مقالات، اهمیت زمین‌نوترینوها را در تعیین مشارکت گرمای رادیوژن در جریان گرمای زمین و تعیین مُدل‌های مختلف ترکیب و منشأ زمین، به بحث گذاشتند. ظهور زمین‌نوترینوها در اولین داده‌های منتشر شده از **کملند** [اگوچی و همکاران، ۲۰۰۳]، نقطه‌ی عطفی بود که ارائه‌ی تحقیقات گسترده را به دنبال داشت (رک: فیورنتینی و همکاران، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۷). کملند اخیراً نتایج تجربی جدیدی در مورد ثبت زمین‌نوترینوهای ناشی از زنجیره‌های واپاشی اورانیم و توریم طی دو سال را منتشر کرده است [اراکی و همکاران، ۲۰۰۵].

اکنون فناوری جدیدی سر براورده است که اولین بررسی‌های مستقیم تمرکز نه چندان شناخته‌شده‌ی عنصرهای رادیواکتیو در زمین و گرمای ناشی از آن‌ها را برای ما امکان‌پذیر می‌سازد. این فناوری شامل اندازه‌گیری جریان زمین‌نوترینوهایی است که به همراه گرما، از واپاشی بتازای ایزوتوپ‌های رادیواکتیو اورانیم، توریم و پتاسیم در درون زمین تولید می‌شوند:

$$^{238}U \rightarrow {}^{206}Pb + 8\,{}^{4}He + 6e^{-} + 6\bar{\nu}_e + 51/7\,MeV$$

$$^{232}Th \rightarrow {}^{208}Pb + 6\,{}^{4}He + 4e^{-} + 4\bar{\nu}_e + 42/7\,MeV$$

$$^{40}K \xrightarrow{89/28\%} {}^{40}Ca + e^{-} + \bar{\nu}_e + 1/31\ MeV$$

$$^{40}K \xrightarrow{10/72\%} {}^{40}Ar + \bar{\nu}_e + 1/55\ MeV$$

بنابراین کره‌ی زمین سرشار از نوترینوهاست. در هر ثانیه میلیون‌ها ذره‌ی بدون بار از این نوع، از مساحتی به اندازه‌ی ناخن انگشت به بیرون جریان می‌یابند. به هر حال، چون این ذرات فقط از طریق نیروی ضعیف با ذرات دیگر برهم‌کنش دارند، تقریباً همه‌ی آن‌ها بدون تغییر از درون زمین می‌گذرند، لذا کشف و آشکارسازی آن‌ها مشکل است.

اما کشف و آشکارسازی نوترینوها در درک و فهم سرگذشت زمین‌شناختی سیاره‌ی زمین حیاتی و مهم است. مقدار عنصرهای پرتوزا که نشان‌دهنده‌ی «فرایند

نوترینوها و پادذرات آن‌ها (پادنوترینوها)، فقط دو نیرو از ضعیف‌ترین نیروها از میان چهار نیروی شناخته‌شده‌ی طبیعت را متحمل می‌شوند: یعنی نیروی گرانش و نیروی هسته‌ای ضعیف

برافزایی»[2] زمین در ۴/۶ میلیارد سال پیش است، یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده‌ی تحول حرارتی، شیمیایی و مکانیکی سیاره‌ی زمین از آن زمان به بعد است. بنابراین، نوترینوها در فهم فرایندهایی هم‌چون همرفت گوشته، زمین‌ساخت ورقه‌ای و دینامیک هسته و میدان مغناطیسی زمین نقشی اساسی و مهم ایفا می‌کنند.

در حال حاضر دو آشکارساز زیرزمینی در ژاپن و ایتالیا، برهم‌کنش ذرات پرنفوذی به نام «زمین‌نوترینوها»[1] را ثبت می‌کنند. این ذرات به‌طور طبیعی در درون زمین تولید می‌شوند. این پروژه‌های پیشتاز، همراه با چندین پروژه‌ی دیگر که در مرحله‌ی طراحی هستند، با اندازه‌گیری جریان زمین‌نوترینوها، به‌روشی تازه اطلاعات پیشرفته‌ای درباره‌ی مشارکت عناصر پرتوزا در گرمای زمین به ما می‌دهند. آشکارساز موجود در ژاپن که بیشترین مدت را در حال کار بوده است، اکنون جریان زمین‌نوترینوها را با دقتی بهتر از پیش‌بینی مدل، اندازه‌گیری می‌کند. پروژه‌هایی که در آینده که به اندازه‌گیری و مُدل‌سازی جریان زمین‌نوترینوها در سیاره‌ی زمین اختصاص می‌یابند، مقدار و چگونگی توزیع عناصر تولیدکننده‌ی گرما در زمین را مشخص می‌کنند و نگرش‌های ارزشمندی درباره‌ی سرگذشت حرارتی و فرایندهای دینامیکی گوشته‌ی زمین به ما می‌دهند.

اندازه‌گیری زمین‌نوترینوها، شواهد تجربی مربوط به مقدار و چگونگی توزیع عناصر پرتوزای تولیدکننده‌ی گرما در درون زمین را در اختیار ما قرار می‌دهد. گرمایش پرتوزا به تأمین انرژی لازم برای زمین‌ساخت صفحه‌ای، فعالیت آتش‌فشانی نقاط داغ، همرفتِ گوشته، و احتمالاً زمین‌دینامو کمک می‌کند. اطلاعات مربوط به گستردگی و محل این گرمایش، دینامیک حرارتی و ترکیب شیمیایی زمین را بهتر مشخص می‌سازد. با توجه به وجود موانع زیاد فناوری برای نمونه‌برداری مستقیم از مخازن اعماق زمین، سنجش از دور عناصر پرتوزا به کمک زمین‌نوترینوها، می‌تواند اولین دست‌رسی به این اطلاعات را برای ما فراهم کند.

زمین‌نوترینوها، الکترون پادنوترینوهایی هستند که از واپاشی بتای ایزوتوپ‌های زمینی پرعمر و عناصر دختر آن‌ها، منتشر می‌شوند [فیورنتینی و همکاران، ۲۰۰۷]. ایزوتوپ‌هایی که به‌طور چشم‌گیر در گرمایش اعماق زمین مشارکت می‌کنند، ^{238}U، ^{232}TH و ^{40}K هستند. نوترینوها و پادذرات آن‌ها (پادنوترینوها)، فقط دو نیرو از ضعیف‌ترین نیروها از میان چهار نیروی شناخته‌شده‌ی طبیعت را متحمل می‌شوند: یعنی نیروی گرانش و نیروی هسته‌ای ضعیف. این ویژگی، به ذرات فوق اجازه می‌دهد که با کمترین احتمالِ برهم‌کنش با مواد زمینی، از درون زمین عبور کنند. برهم‌کنش زمین‌نوترینوها در آشکارسازی‌های زیرزمینی حجیم، اطلاعاتی درباره‌ی منابع گرمایی زمین که در دست‌رس ابزارهای زمین‌شناختی نیست، به ما می‌دهد.

آشکارسازی زمین‌نوترینوها مشخصاً مستلزم استفاده از «هم‌فرودی»[2] (انطباق) معکوس بتا است. در این فرایند، یک الکترون پادنوترینو و یک پروتون آزاد، در واکنش با هم، یک پوزیترون و یک نوترون تولید می‌کنند. این تبدیل، دو هم‌فرودی سیگنال را در فضا و زمان ایجاد می‌کند. در ابتدا، پوزیترون و نابودی[3] سریع آن توسط یک الکترون اتم، معیاری برای اندازه‌ی انرژی الکترون پادنوترینو است. سپس هسته‌ی اتم مجاور، این نوترون سرگردان را می‌گیرد و مقدار ثابتی انرژی آزاد می‌کند. با توجه به این‌که پوزیترون و نوترون از الکترون پادنوترینو و پروتون سنگین‌تر هستند، واکنش معکوس بتا نیازمند آن است که الکترون پادنوترینوها فراتر از آستانه‌ی حداقل انرژی باشد. در حالی‌که زمین‌نوترینوهای حاصل از چندین ایزوتوپ دختر مربوط به واپاشی بتای ^{238}U و ^{232}TH این التزام را برآورده می‌سازند، زمین‌نوترینوهای حاصل از واپاشی بتای ^{40}K این‌طور نیستند. فن‌های کنونی آشکارسازی، فقط به زمین‌نوترینوهای حاصل از اورانیم و توریم حساس هستند.

آشکارسازهای دارای مایع «سوسوزن»[4] به‌عنوان محیط حساس، واکنش‌های معکوس بتا را به کمک «تکثیرکن‌های فوتونی»[5] به‌طور مؤثر ثبت می‌کنند. این تکثیرکن‌های فوتونی، از نورسوسوزن برخوردکننده، سیگنال‌های الکتریکی قابل اندازه‌گیری تولید می‌کنند. فیزیک‌دانان روی این آشکارسازهای زیرزمینی کار می‌کنند

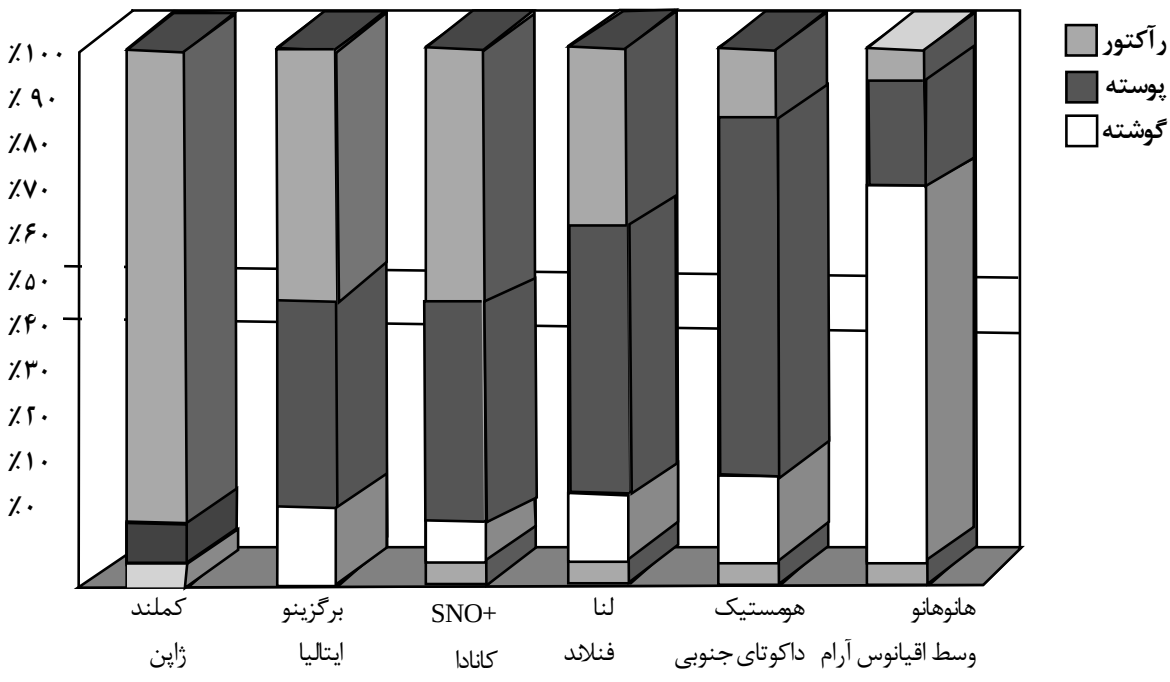
تا نوسان نوترینوها، مقولات اخترفیزیکی، واپاشی نوکلئون، و زمین‌نوترینوها را مورد بررسی قرار دهند. هم‌چنین آن‌ها رآکتورهای هسته‌ای را مشاهده و کنترل می‌کنند. این فیزیک‌دانان، با اندازه‌گیری شارها و طیف‌های مورد انتظار، منشأ الکترون پادنوترینوها را مشخص می‌سازند.

بازیابی سمت‌وسوی الکترون پادنوترینوها که منشأها را تفکیک می‌کند و زمینه را دور می‌ریزد، مستلزم روش‌های جدید است. زمینه‌ی زمین‌نوترینوها عمدتاً از رآکتورهای هسته‌ای، پرتوهای کیهانی، و پرتوزایی در آشکارساز و اطراف آن ناشی می‌شود. آشکارسازهای خلوص رادیویی بالا که در اعماق زیر سطح زمین و با محافظت کافی عمل می‌کنند و به اندازه‌ی کافی از رآکتورهای هسته‌ای دور هستند، برای مطالعه‌ی زمین‌نوترینوها بهترین گزینه محسوب می‌شوند.

پروژه‌های آشکارسازی زمین‌نوترینوها

در حال حاضر دو آشکارساز سوسوزن زیرزمینی بزرگ، برهم‌کنش زمین‌نوترینوها را ثبت می‌کنند. «آشکارساز سوسوزن مایع پادنوترینوی کامیوکا»[۶] (کملند)، با ۱۰۰۰ تُن مایع سوسوزن، از مارس ۲۰۰۲ در معدنی واقع در مرکز ژاپن در حال کار است. این آشکارساز، با اندازه‌گیری طیف نوسانی جریان الکترون پادنوترینوهای حاصل از چندین رآکتور هسته‌ای مجاور، برنامه‌های در نظر گرفته شده برای آن را انجام می‌دهد. تجزیه و تحلیل جدیدی از داده‌های کملند، شار زمین‌نوترینوها را وقتی که نسبت جرمی توریم به اورانیم ثابت در نظر گرفته شود، با ۳۶ درصد عدم قطعیت براورد می‌کند [آبه و همکاران، ۲۰۰۸]. این براورد، تولید گرمای پرتوزا را به‌طور معنی‌داری مشخص می‌سازد. علاوه بر این، نشان می‌دهد که حد بالایی، بزرگ‌تر از جریان اندازه‌گیری‌شده‌ی گرمای زمین است. شار بزرگ پادنوترینوهای حاصل از رآکتورهای مجاور و پرتوزایی در درون آشکارساز، با سیگنال مربوط به زمین‌نوترینوها در رقابت است. به هر حال حذف کردن پرتوزایی در مایع سوسوزن، باید تا پایان امسال کامل شود و مطالعه‌ی زمین‌نوترینوها با حساسیت بیشتر را به‌دنبال خواهد داشت.

آشکارساز «بورگزینو»[۷] از مارس ۲۰۰۷ با ۳۰۰ تُن مایع سوسوزن در تونلی واقع در «لُبریتوری نازیونالی دل گرن ساسو»[۸] در ایتالیا



نمودار ۱. شار پادنوترینوی پیش‌بینی‌شده از رآکتورهای هسته‌ای، پوسته و گوشته در محل پروژه‌ها

در حال کار است. این آشکارساز با اندازه‌گیری نوترینوهای خورشیدی کم‌انرژی که روی الکترون‌ها پراکنده می‌شوند، برنامه‌های در نظر گرفته شده برای آن را انجام می‌دهد [آرپسلا و همکاران، ۲۰۰۸]. تجزیه و تحلیل داده‌های الکترون پادنوترینوها و ازجمله زمین‌نوترینوها، در حال انجام است. انتظار می‌رود که نسبت سیگنال زمین‌نوترینو به «زمینه»[۹] در بورگزینو خیلی بیشتر از کملند باشد. علت این موضوع پرتوزایی و شار کمتر پادنوترینوهای حاصل از رآکتورهای هسته‌ای است. گرچه محل و اندازه‌ی آشکارسازهای کملند و بورگزینو برای تحقیق درباره‌ی زمین‌نوترینوها مناسب و عالی نیست، اما به‌هرحال آن‌ها اندازه‌گیری‌های پیشتازانه‌ای هستند که کاوش‌های علمی جدید را بهبود می‌بخشند و به توسعه‌ی پروژه‌های آتی کمک می‌کنند.

پروژه‌های آشکارسازی سوسوزن در مرحله‌ی طراحی یا برنامه‌ریزی، فرصت‌هایی برای اندازه‌گیری دقیق زمین‌نوترینوهای دارای زمینه‌ی کم در اختیار ما قرار می‌دهند. فاز بعدی «رصدخانه‌ی نوترینوی سادبوری»[۱۰] به نام «SNO+»، شاید تا اوایل سال ۲۰۱۱ در معدنی واقع در اونتاریوی کانادا شروع به کار کند. این آشکارساز که به لحاظ اندازه با کملند قابل مقایسه است. عمیق‌ترین رصدخانه‌ی زمین‌نوترینوی دنیا و اولین رصدخانه‌ی قرار گرفته در میانه‌ی قاره در آمریکای شمالی خواهد بود. پروژه‌ی دیگر در میانه‌ی قاره، شار اندک پادنوترینوی رآکتور را در معدن «هومستیک»[۱۱] در داکوتای جنوبی ثبت خواهد کرد. آشکارساز نوترینوی کم‌انرژی اخترفیزیکی به نام «لنا»[۱۲]، در حال بررسی است تا در معدنی واقع در فنلاند کار کند. این آشکارساز با ۵۰ هزار تُن مایع سوسوزن، بزرگ‌ترین پروژه خواهد بود. رصدخانه‌ی پادنوترینوی هاوایی به نام «هانوهانو»[۱۳]، با ۱۰ هزار تُن مایع سوسوزن، برای قرار گرفتن در اعماق اقیانوس طراحی می‌شود. رصدخانه‌ی مذکور که در منطقه‌ی استوایی اقیانوس آرام و به دور از پوسته‌ی قاره‌ای و رآکتورهای هسته‌ای کار خواهد کرد، عمدتاً زمین‌نوترینوهای حاصل از گوشته را ثبت و مشاهده خواهد کرد. این آشکارساز اگر بتواند در مکان‌های دیگر به کار گرفته شود، می‌تواند ناهمگنی جانبی اورانیم و توریم در گوشته را به‌طور بالقوه اندازه‌گیری کند. نمودار ۱ شار پادنوترینوی رآکتور را با پیش‌بینی شار زمین‌نوترینوهای حاصل از پوسته و گوشته در محل هر پروژه مقایسه می‌کند.

طی ۳ تا ۴ سال، توزیع جهانی مقدار اورانیم را با حدود ۲۰ درصد عدم قطعیت تعیین خواهد کرد [دای و گیلین، ۲۰۰۸]. دوره‌ی این مشاهده که برای تعیین مقدار توریم طولانی‌تر است، به شار پیش‌بینی شده برای زمین‌نوترینو، به زمینه و به کارایی آشکارسازی بستگی دارد. اندازه‌گیری‌های تکمیلی زمین‌نوترینوها توسط آشکارسازهای میانه‌ی قاره و میانه‌ی اقیانوس، مقدار جهانی اورانیم و توریم را مشخص خواهد کرد.

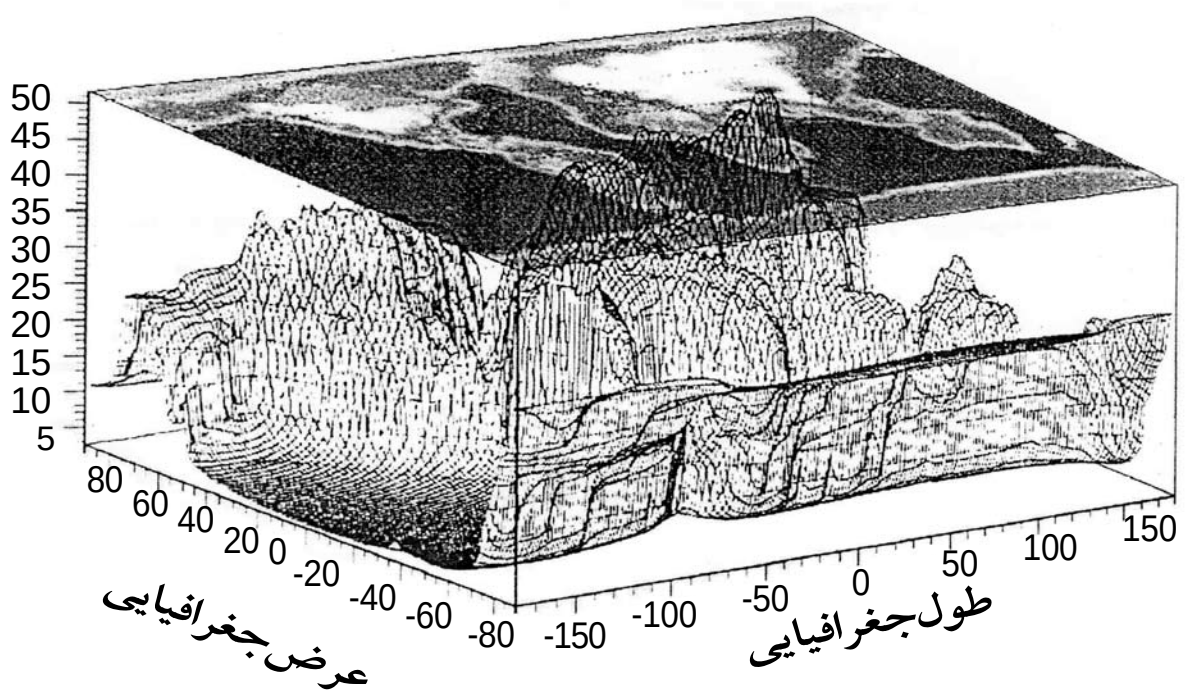
پیش‌بینی‌های انجام شده برای زمین‌نوترینوها، براساس مدل‌های توزیع زیرسطحی اورانیم و توریم است. براساس مدل متداول پذیرفته‌شده برای سرگذشت زمین، سیاره‌ی ما از یک سحابی خورشیدی، «برافزوده»[۱۴] گشته است. تشکیل هسته در

رصدخانه نوترینوی سادبوری، شاید تا اوایل سال ۲۰۱۱ در معدنی واقع در اونتاریوی کانادا شروع به کار کند. این رصدخانه، عمیق‌ترین رصدخانه‌ی زمین نوترینوی دنیا و اولین رصدخانه‌ی قرار گرفته در میانه‌ی قاره در آمریکای شمالی خواهد بود

کاوش اعماق زمین

با مقایسه‌ی مشاهدات زمین‌نوترینوها در دو موقعیت زمین‌شناختی مشخص، تعیین مقدار متوسط اورانیوم و توریم در گوشته و پوسته‌ی قاره‌ای امکان‌پذیر می‌شود. درحالی‌که رصدخانه‌ی قاره‌ای عمدتاً زمین‌نوترینوهای حاصل از پوسته‌ی قاره‌ای را اندازه‌گیری می‌کند، رصدخانه‌ی اقیانوسی اصولاً زمین‌نوترینوهای ناشی از گوشته را اندازه می‌گیرد. مشاهدات مربوط به هانوهانو در میانه‌ی اقیانوس آرام و یک آشکارساز با سه‌هزار تن مایع سوسوزن در هومستیک، مراحل اولیه، مقادیر ناچیزی اورانیم و توریم را از لایه‌ی سیلیکاتی باقی‌مانده جدا کرده است. این لایه‌ی سیلیکاتی بعداً به گوشته و پوسته‌ی قاره‌ای تفریق یافته است. در حال حاضر این دو مخزن، مخازن اصلی اورانیم و توریم هستند و هریک، مقادیر تقریباً یکسانی از این دو عنصر را در خود دارند.

پوسته‌ی قاره‌ای که کمتر از ۱ درصد جرم لایه‌ی سیلیکاتی را تشکیل می‌دهد، مقادیری از اورانیم و توریم را در خود دارد که بیش از دو برابر مقدار آن‌ها در گوشته است. مدل‌های پوسته، سه مخزن فرعی را در



نمودار ۲. سیگنال زمین‌نوترینوی پیش‌بینی‌شده براساس مدل [انوموتو و همکاران، ۲۰۰۷] منحصراً ناشی از پوسته برحسب «واحد نوترینوی زمینی»[۱۷] (TNU). توجه داشته باشید که سیگنال پوسته در میانه‌ی اقیانوس آرام، فقط چند TNU است. سیگنال منحصراً گوشته‌ای که توسط مدل‌های متفاوت پیش‌بینی شده، از ۷ تا ۲۲ TNU متغیر است. سیگنال برحسب TNU، تعداد رخدادهای زمین‌نوترینو حاصل از 10^{32} پروتون آزاد، با مقدار تقریبی ۱۲۰۰ تن مایع سوسوزن طی یک سال است.

نظر می‌گیرند که هر یک مقادیر متفاوتی از اورانیم و توریم دارند. عدم قطعیت در مقادیر براورده شده، با افزایش عمق مشخصاً افزایش می‌یابد و در پوسته‌ی پایینی به ۳۰ درصد می‌رسد. گوشته ممکن است تقریباً همگن باشد یا بسته به الگوی همرفتش، دارای مخازن فرعی با ترکیب مشخص باشد. علاوه بر گوشته‌ی بالایی که از مواد کنونی موجود در پوسته‌ی قاره‌ای تهی شده است، امکان دارد گوشته‌ی پایینی با ترکیب غنی‌شده یا کمتر تهی‌شده وجود داشته باشد. به‌علاوه، ممکن است یک لایه‌ی به‌شدت غنی از اورانیم و توریم هسته را بپوشاند. آشکار شدن توزیع اورانیم و توریم در زمین، اندازه‌گیری‌ها و مدل‌های شار زمین‌نوترینوها را رونق خواهد بخشید.

دو مدل موجود درباره‌ی شار زمین‌نوترینوها عمدتاً نتیجه‌ی کارفیزیک‌دانان هستند [مانتووانی و همکاران، ۲۰۰۴؛ انوموتو و همکاران، ۲۰۰۷]. این مدل‌ها، مطالعات مربوط به نوسان نوترینوها را بهبود می‌بخشند و کاوش‌های زمین‌شناختی را امکان‌پذیر می‌سازند. مدل‌ها اصولاً بودجه‌ی اورانیم و توریم را براساس ترکیب «گوشته‌ی اولیه»[۱۵] تعیین می‌کنند. به کار بردن روابط توازن جرم برای براورد مقدار اورانیم و توریم در مخازن فرعی متفاوت، توزیع این عناصر و شار زمین‌نوترینوی حاصل از آن‌ها را پیش‌بینی می‌کند. گرچه پیش‌بینی‌های انجام‌شده توسط دو مدل، با شار اخیراً برآورده شده توسط کملند توافق دارند، عدم قطعیت در یکی از مدل‌ها [مانتووانی و همکاران، ۲۰۰۴] بیشتر از عدم قطعیت براورده شده است. پیش‌بینی‌های شار با دقت بیشتری مورد نیاز است تا هم‌پای پیشرفت‌های تجربی ایجاد شده در زمین‌نوترینوها، حرکت کند. نمودار ۲، پیش‌بینی مدلی را برای شار زمین‌نوترینوهای منحصراً ناشی از پوسته نشان می‌دهد.

در حالی که گرمایش پرتوزای زمین مشخص است (البته به‌طور ناقص کمی شده)، گرمایش ناشی از رآکتورهای شکافت طبیعی، تصوری و فرضی است. جالب است که طرح‌ها نشان می‌دهند، امکان دارد در هسته‌ی زمین یا در نزدیکی آن رآکتورهای هسته‌ای وجود داشته باشند. این «زمین‌رآکتورها»[16]، درست مثل رآکتورهای هسته‌ای ساخته‌ی دست انسان، الکترون‌پادنوترینوها را منتشر می‌کنند. داده‌های کملند، توان یک زمین‌رآکتور مستقر در مرکز زمین را به کمتر از ۲۰ درصد جریان گرمایی زمین محدود می‌کند [آبه و همکاران، ۲۰۰۸]. این موضوع بعضی مدل‌های زمین‌رآکتور را حذف می‌کند [روسوف و همکاران، ۲۰۰۷]. اما برخی مدل‌های دیگر، از جمله مدل اخیراً مورد توجه قرار گرفته‌اند که وجود یک زمین‌رآکتور در مرز هسته- گوشته را احتمال می‌دهند [بال، ۲۰۰۸]. یک آشکارساز پادنوترینو که در جایی فعالیت کند که شار حاصل از رآکتورهای ساخته‌ی دست بشر، حداقل است (مثلاً در هانوهانو در وسط اقیانوس آرام)، به زمین‌نوترینوهایی با توان کم در حد چند درصد از جریان گرمایی زمین، حساس خواهد بود.

اندازه‌گیری‌های شار زمین‌نوترینوها توسط آشکارسازی‌هایی که در حال حاضر فعال هستند، کمیت و چگونگی توزیع عناصر پرتوزای تولیدکننده‌ی گرما را در زمین بررسی و کاوش خواهد کرد. دقت براورد شار جدید توسط کملند، اکنون فراتر از دقت مدل شار است. هم‌گام با افزایش ظهور آشکارسازها، محدودیت‌های تجربی روبه بهبود می‌روند. طی چند سال آینده، +SNO به‌عنوان آشکارساز جدیدی که اندازه‌گیری‌های چشم‌گیر شار زمین‌نوترینوها را تضمین می‌کند، احتمالاً شروع به‌کار خواهد کرد. پروژه‌های بزرگ‌تر با موقعیت‌های راهبردی، می‌توانند مقادیر متوسط اورانیم و توریم در گوشته و پوسته‌ی قاره‌ای را تعیین کنند. این مقادیر متوسط اندازه‌گیری شده، همراه با مدل‌سازی تفصیلی توزیع اورانیم و توریم در زمین، به‌خصوص در چندصد کیلومتری آشکارساز، درک دینامیک حرارتی و ترکیب شیمیایی زمین را بهبود خواهند بخشید. توسعه‌ی روش‌های آشکارسازی حساس به پتاسیم و سمت و سوی زمین‌نوترینوها، موجب پیشرفت بیشتر کاوش‌های جدید درباره‌ی اعماق زمین خواهد شد.

* دبیر زمین‌شناسی شهرستان قوچان

پی نوشت

1. supernova 2. accretion process
1. geoneutrino 2. coincidence
3. annihilation
4. scintilling liquid
5. photomultiplier tubes
6. KamLAND = Kamioka Liquid Scintillator Antineutrino Dectector
7. Borexino
8. Laboratori Nazionali del Gran Sasso
9. background
10. Sudbury Neutrino Observatory
11. Homestake
12. Low Energy Neutrino Astrophysics (LENA)
13. Hanohano
14. accreted
15. primitive mantle
16. georeactors
17. Terrestrial Neutrino Units

منابع

1.Araki,T.etal.(2005)Investigation of geologically produced antineutrinos with KamLAND. Nature,436,499-503.

2. Fiorentini, G., M. Lissia, F. Mantovani & R. Vannucci (2005) Geo-neutrinos: A new probe of Earth'sinterior.EarthandPlanetary ScienceLetters,238,235-247.

3. Fiorentini, G., M. Lissia, and F. Mantovani (2007) Geo-neutrinos and Earth's interior. Physics Reports.,453,117-172

Dye S. T., McDonough W. F. & Mahoney J. (2008). Geoneutrino measurements and models investigate deep Earth. EOS, 89(44), 433-435.

پیش‌بینی‌های انجام شده برای زمین‌نوترینوها، براساس مدل‌های توزیع زیرسطحی اورانیم و توریم است

طی چند سال آینده، +SNO به‌عنوان آشکارساز جدیدی که اندازه‌گیری‌های چشم‌گیر شار زمین‌نوترینوها را تضمین می‌کند، احتمالا شروع به‌کار خواهد کرد

طرح‌درس روزانه‌ی زمین‌شناسی

تهیه و تنظیم: ویدا وحیدنیا*

به نام اولین معلم انسان، آن‌جا که به رسولش وحی فرمود: «اقراء».
آموزش در هر کشور و جامعه‌ای کلید و محور توسعه‌ی متوازن و پایدار است.
هر قدر دانستنی‌ها، آگاهی‌ها و بینش‌ها بیشتر باشند، نشان‌دهنده‌ی آن است که یادگیری‌ها موفقیت‌آمیز بوده‌اند.
بشنو، فراموش کن
ببین و درک کن
انجام بده و به خاطر بسپار

سال اتحاد ملی و انسجام اسلامی گرامی باد

«آیا ندیدی که خدا ابر را از هر طرف براند تا به هم در پیوندد و باز آن‌ها را انبوه و متراکم سازد؟ آن‌گاه بنگری که قطرات باران از میان ابر فرو ریزد و...» [سوره‌ی نور / ۴۳]

مشخصات کلی	نام درس: زمین‌شناسی	موضوع درس: نقطه‌ی شبنم، مه و ابر، مه‌دود و باران اسیدی	دوره: متوسطه پایه: سوم رشته: علوم تجربی	تعداد دانش‌آموزان: ۱۲ نفر
	تاریخ: ۸۶/۵/۲۲	شماره‌ی صفحه‌ی کتاب: ۳۷ـ۳۲ بخش ۱، فصل ۲	طرح‌درس: شماره‌ی ۷	نام دبیر: ویدا وحیدنیا دبیرستان: .....
هدف کلی	آشنایی با نقش بخار آب در تولید شبنم، ابر و اقسام آن، مه‌دود و باران اسیدی			
اهداف جزئی	انتظار می‌رود که در پایان تدریس، دانش‌آموزان: ● با مفهوم نقطه‌ی شبنم آشنا شوند. (شناختی ـ دانش) ● با تعاریف مه و ابر آشنا شوند. (شناختی ـ دانش) ● انواع ابر را بشناسند. (شناختی ـ درک و فهم) ● بتوانند ابرها را براساس شکل، ارتفاع و قدرت باران‌زایی تقسیم‌بندی کنند. (شناختی ـ درک و فهم) ● چگونگی تشکیل مه‌دود و باران اسیدی را بیان کنند. (شناختی ـ دانش) ● با اصطلاحات و مفاهیم درس آشنا شوند. (شناختی ـ دانش)			
اهداف رفتاری	حیطه‌ی شناختی (دانستنی‌ها)	از دانش‌آموزان انتظار می‌رود، پس از انجام فعالیت‌های آموزشی و مطالعه‌ی درس به اهداف زیر دست یابند: ● نقطه‌ی شبنم را به‌طور دقیق در زمانی کوتاه تعریف کنند. (دانش) ● شرایط تشکیل مه و ابر را به‌طور خلاصه و در مدت ۳۰ دقیقه بیان کنند. (دانش) ● بتوانند اقسام ابر را به‌طور دقیق و در مدت ۱ دقیقه برای کلاس توضیح دهند. (ترکیب) ● تفاوت مه و ابر را به‌طور مختصر و در مدت ۱ دقیقه شرح دهند. (درک و فهم) ● شرایط تشکیل مه‌دود و باران اسیدی را توضیح دهند. (درک و فهم) ● شرایط لازم برای تراکم بخار آب در هوا را به‌طور خلاصه و در مدت ۱ دقیقه برای کلاس بیان کنند. (ترکیب)		
	حیطه‌ی روانی ـ حرکتی (مهارت‌ها)	● گزارشی از تغییرات آب و هوایی شهرشان را به کلاس ارائه دهند. ● گزارشی از تغییرات رطوبت نسبی شهرشان را به کلاس ارائه دهند. ● در آزمایشگاه، PH باران اسیدی را اندازه‌گیری کنند. ● با ساخت ماکت، اقسام ابر را نام‌گذاری کنند.		

حیطه‌ی عاطفی (نگرش‌ها)	● به مطالعه‌ی هوا و تغییرات آب و هوایی علاقه نشان دهند و درباره‌ی آن گفت‌وگو کنند. (دریافت کردن) ● بتوانند در مورد موضوعات درس پروژه انجام دهند. (ارزش گذاردن) ● با ارائه‌ی روش‌هایی برای جلوگیری از آلودگی هوا، علاقه‌ی خود را به محیط‌زیست نشان دهند. (تبلور شخصیت) ● در چند جمله قدرت خدا را توصیف کنند. (تبلور شخصیت)
روش IT، الگوی پیش سازمان‌دهنده، پرسش و پاسخ، یادگیری مشارکتی (یاران در یادگیری)	
تخته‌سیاه، گچ، (وایت‌برد و ماژیک)، رایانه، دیتاپروژکتور، ویژولایزر یا تجسم‌گر، چند شیشه آب یخ‌زده، سه ظرف شیشه‌ای دهان‌گشاد بزرگ، کبریت، سه عدد بادکنک	

ابزار شناسایی: آزمون، پرسش و پاسخ، ارزش‌یابی توصیفی، خودسنجی		**نوع فعالیت:** فردی ـ گروهی	**چیدمان کلاس:** سه گروه چهارنفره	
ردیف	**فعالیت معلم**	**فعالیت دانش‌آموز**	**وسایل**	**زمان**
گام اول (فعالیت‌های قبل از تدریس)	ورود به کلاس: ● صلوات بر محمد و آل محمد ● ذکر نام و یاد خدا ● سلام و احوال‌پرسی و دقت به دانش‌آموزان و وضعیت روحی آن‌ها و توجه به شرایط فیزیکی کلاس (که ممکن است در یادگیری دانش‌آموزان تأثیر داشته باشد و رفع نواقص احتمالی) ● توجه به تخته که با آیه‌ای از کلام‌الله مجید در رابطه با درس مزین شده است. ● تقدیر از حسن سلیقه‌ی دانش‌آموزان ● پاسخ‌گویی به سؤالات احتمالی از درس جلسه‌ی قبل	بیان صلوات بر محمد و آل محمد محمد ضمن برخاستن از جا پاسخ مناسب دقت و پاسخ مناسب قرائت آیه یا ترجمه‌ی آن طرح سؤالات احتمالی از درس جلسه‌ی قبل	تخته سیاه (وایت‌برد)	۱ دقیقه
الگوی پیش سازمان‌دهنده	● **بررسی تکالیف:** ـ فردی: (دقت در دلیل انجام کار و توجه به مطلوبیت آن و فعالیت‌های باقی‌مانده) ـ گروهی: توجه به چگونگی انجام آن‌ها و راهنمایی برای ارتقا سطح کارایی آن‌ها ● تشویق دانش‌آموزان فعال و فعالیت‌های گروهی برتر و بهره‌گیری از فعالیت‌ها به عنوان پیش‌زمینه‌ی تدریس) ● ارزش‌یابی تشخیصی (برای تعیین رفتار ورودی و با طرح سؤالاتی از درس قبلی و پیش‌نیازهای درس جدید) به روش پرسش شفاهی ـ داوطلبانه (پیوست ۱)	ارائه‌ی پوشه‌های کار هر گروه توسط نماینده‌ی گروه ارائه‌ی دست‌سازه‌ها و فعالیت‌های خلاقانه توسط نماینده‌ی هر گروه همراهی با معلم و تشویق هم‌کلاسی‌ها و مشاهده‌ی دقیق پاسخ‌گویی به سؤالات (فردی) با دقت و توجه	پوشه‌ی کار نمونه وسایل دانش‌آموزان رایانه دیتاپروژکتور	۳ دقیقه ۱ دقیقه

گام دوم (فعالیت‌های ضمن تدریس)	● برانگیختگی از طریق طرح مسئله (سوق دادن دانش‌آموزان به درس جدید به کمک روش‌های خاص، شامل پخش فیلم آموزشی یا اسلاید آموزشی، درخواست از یکی از دانش‌آموزان برای آوردن شیشه‌های آب یخ‌زده و قرار دادن آن در مقابل ویژولایزر یا تجسم‌گر)، زمینه‌سازی برای تفکر آزادانه و وحدت بخشیدن به آموخته‌ها و تقویت علاقه، آموزش تفکر و پرورش آن ● اشاره به اهداف رفتاری مورد انتظار	مشاهده توجه ارائه‌ی نظرات همکاری با معلم یادداشت‌برداری تحلیل مشاهدات طبقه‌بندی و سازمان دادن هم‌فکری با افراد گروه	رایانه تابلو ویژولایزر (تجسم‌گر) شیشه‌های آب یخ‌زده	۳دقیقه
	● حل مسئله (ارائه‌ی مهم‌ترین مطالب درس)، توضیح نکات ضروری به‌وسیله‌ی اسلاید آموزشی (تغییر باورهای نادرست قبلی)، یادآوری مطالب درسی علوم راهنمایی و شیمی اول دبیرستان ● پاسخ به سؤالات احتمالی ● توجه دادن دانش‌آموزان به کتاب درسی ● پیشنهاد انجام آزمایش توسط گروه‌ها (آزمایش صفحه‌ی ۳۴ کتاب درسی) ـ ایجاد فرصت برای پذیرفتن مسئولیت ـ استحکام بخشیدن به اطلاعات	توجه دقت و توجه به کتاب درسی تحلیل طرح سؤالات احتمالی یادداشت‌برداری انجام آزمایش مشاهده تجربه هم‌فکری مخالفت مؤدبانه تعامل چهره‌به‌چهره	رایانه و تابلو کتاب رایانه دیتاپروژکتور چند شیشه‌ی دهان‌گشاد بزرگ، کبریت، بادکنک	۶ دقیقه ۴ دقیقه
	● ارزش‌یابی تکوینی (طرح سؤالات فرادانشی) (پیوست ۲) ـ ارتقای سطح یادگیری ـ ارتقای تفکر جمعی ـ ایجاد زمینه برای بارش مغزی ـ درگیر کردن دانش‌آموزان در فعالیت‌های گروهی برای پاسخ به سؤالات ● تشویق گروه‌های فعال و ترغیب سایر گروه‌ها	پاسخ‌گویی گروهی به سؤالات هم‌فکری احترام به نظرات دیگران یادآوری مطالب پردازش گروهی کسب مهارت‌های اجتماعی ارائه‌ی پاسخ‌های هر گروه تشویق هم‌کلاسی‌ها	برگه‌های سؤال رایانه دیتا پروژکتور	۳ دقیقه

گام سوم (فعالیت‌های بعد از تدریس)	● **رفع خستگی**: فعالیت آموزشی مبتکرانه (نمایش تصویر و زندگی‌نامه‌ی پروفسور محمدحسن گنجی)، آشنا کردن دانش‌آموزان با مفاخر علمی و آموزشی کشور	توجه علاقه‌مندی ارزش‌گذاری	رایانه دیتاپروژکتور	۲ دقیقه

گام سوم (فعالیت‌های بعد از تدریس)			رایانه	۳ دقیقه
	● جمع‌بندی درس (برای تعمیق و توسعه) توسط دانش‌آموزان و به کمک معلم	همراهی با معلم پاسخ‌گویی	دیتاپروژکتور	
	● تثبیت اطلاعات در ذهن دانش‌آموزان	توجه به کتاب		
	● پاسخ به سؤالات احتمالی	طرح سؤالات احتمالی		
	● ارزش‌یابی پایانی (پیوست ۳)	پاسخ‌گویی به سؤالات	برگه‌ی سؤال	۲ دقیقه
	● دقت و توجه به پاسخ‌های دانش‌آموزان	دقت و توجه به سؤالات	رایانه	
	● جمع‌آوری برگ‌های آزمون	تحویل پاسخ‌نامه‌ها	دیتاپروژکتور	
	● تأکید بر مطالعه‌ی بیشتر درس (مطالعه‌ی درس جلسه‌ی بعد در منزل)	دقت و توجه		
	● **تعیین تکلیف:** فردی ـ گروهی	دریافت اطلاعات انتخاب فعالیت‌ها براساس علاقه	رایانه دیتاپروژکتور	۲ دقیقه
	● **معرفی منابع:** کتاب‌ها و سایت‌های مرتبط	یادداشت‌برداری	رایانه	
	● **عنوان جلسه‌ی آینده:** توده‌ی هوا	توجه دقت	دیتاپروژکتور رایانه	
	● خداحافظی و صلوات	پاسخ مناسب و صلوات	دیتاپروژکتور	

ضمائم

● پیوست ۱: آزمون ورودی

۱. جهت وزش نسیم در منطقه‌ی ساحلی هنگام صبح چگونه است و چه نام دارد؟

۲. آیا هوا قادر است مقدار فراوانی بخار آب را در خود نگه دارد؟ چرا؟

۳. رطوبت مطلق چیست؟

۴. برای تعیین رطوبت نسبی چه اطلاعاتی نیاز داریم؟

۵. چرا گاهی دماسنج خشک و تر دمای یکسان نشان می‌دهند؟

● پیوست ۲: آزمون تکوینی

۱. مریم در شهرستان زابل زندگی می‌کند. آیا می‌توانید به سؤالاتش پاسخ دهید؟

الف) چرا در آسمان شهرم کمتر ابر دیده می‌شود؟

ب) نام ابر توده‌ای با قدرت بارندگی و ابر لایه‌ای پرمانند با ارتفاع زیاد چیست؟

۲. مینا در شهرستان شهرکرد زندگی می‌کند. اطلاعات زیر را از سایت سازمان هواشناسی به دست آورده است. می‌توانید به سؤالاتش پاسخ دهید؟

امروز نقطه‌ی شبنم ۱۵ درجه و رطوبت هوا به حالت اشباع است.

الف) دمای دماسنج خشک و تر چند درجه است؟

ب) تفاوت دو دماسنج چند درجه است؟

ج) رطوبت نسبی چند درصد است؟

۳. زهرا در استان یزد و خواهرش در تهران زندگی می‌کند. او می‌خواهد پدیده‌ی وارونگی دمایی و آلودگی هوا را بین این دو شهر مقایسه کند و بداند، وقتی PH باران اسیدی ۴ باشد، نشانه‌ی چیست؟ چرا؟

● پیوست ۳ / آزمون پایانی

۱. چگونگی سرد شدن هوای مرطوب را بنویسید.

۲. چه موقع بارندگی رخ می‌دهد؟

۳. دو ویژگی ابرهای آلتو استراتوس و کومولونیمبوس را بنویسید.

۴. علت مضر بودن مه‌دود چیست؟

۵. پاکیزگی هوای شهرهای بزرگ به چه عواملی بستگی دارد؟

* **دبیر استان خراسان جنوبی شهرستان بیرجند**

عالی	خیلی خوب	خوب	متوسط	کمتر از متوسط

گزارش دومین گردهمایی سرگروه‌های زمین‌شناسی کشور

مریم عابدینی*

شهرکرد آبان‌ماه ۸۸

صبح روز پنج‌شنبه ۸۸/۸/۲۸ رأس ساعت ۸ صبح مراسم افتتاحیه با پخش آیاتی از کلام... مجید و سرود جمهوری اسلامی در محل سالن کنفرانس باشگاه فرهنگیان استان چهارمحال‌وبختیاری در شهرکرد آغاز شد. در این مراسم که با حضور آقای کلواری معاون آموزش و نوآوری سازمان، آقای امانی رئیس گروه نظری و پیش‌دانشگاهی استان، آقای نایینی کارشناس دفتر نظری و پیش‌دانشگاهی وزارت متبوع، آقای منزوی کارشناس مسئول و نیز آقایان زمانی و خورشیدزاده کارشناس تکنولوژی و گروه‌های آموزشی متوسطه‌ی استان و هم‌چنین سرگروه‌های آموزشی زمین‌شناسی ۲۷ استان کشور در حال برگزاری بود، ابتدا آقای منزوی ضمن عرض خیرمقدم به همکاران، گزارشی از اقدامات انجام شده در خصوص برگزاری این گردهمایی ارائه نمودند، سپس آقای کلواری معاون آموزش و نوآوری سازمان، در بخشی از سخنان خود وضعیت جغرافیایی و اقتصادی استان را برای حاضران تشریح نمود. و در بخش دیگر وضعیت آموزشی مدارس متوسطه‌ی استان را به اطلاع حاضران رساندند. در ادامه آقای نایینی، کارشناس دفتر نظری و پیش‌دانشگاهی وزارت متبوع، در مورد اهداف و برنامه‌های دفتر آموزش نظری و پیش‌دانشگاهی مطالبی را بیان کرده و انتظارات این دفتر از دبیرخانه و گروه‌های آموزشی را به سمع حاضران رساندند.

سپس، مسئول دبیرخانه‌ی راهبری درس زمین‌شناسی در مورد اهداف گردهمایی، برنامه‌ی اجرایی آن و نیز فعالیت‌های سال گذشته‌ی دبیرخانه توضیحاتی ارائه داد. بخش دیگری از سخنان مسئول دبیرخانه به تبیین چارچوب برنامه‌ی عملیاتی سال جاری اختصاص داشت که ایشان در این زمینه توضیحات مبسوطی در مورد دو فعالیت، یکی جشنواره‌ی غیرحضوری «تولید محتوای الکترونیکی» و دیگری مسابقه‌ی «تولید

محتوای آموزشی زمین‌شناسی» بیان کرد. در پایان مراسم افتتاحیه فرصتی به‌وجود آمد تا از سرگروه‌های استان‌ها به معرفی خود بپردازند.

طبق برنامه‌ی گردهمایی، دو ساعت بعدی برای بیان نظرات و دیدگاه‌های سرگروه‌های زمین‌شناسی استان‌ها در نظر گرفته شده بود که در این زمان همکاران ضمن اشاره به مشکلات و معضلات آموزش زمین‌شناسی در مدارس استان خویش، قسمت‌هایی از برنامه‌ی عملیاتی سال جاری گروه زمین‌شناسی استانشان را نیز تشریح نمودند. بعدازظهر پنج‌شنبه از ساعت ۱۴ تا ۱۶ به نقد و بررسی کتب درسی زمین‌شناسی اختصاص یافت که در این جلسه سرکار خانم عابدینی مدیر داخلی مجله رشد زمین‌شناسی مطالبی را ارائه نمود و تعدادی از همکاران نیز نظرات خود را در مورد اشکالات و ابهامات کتب درسی موجود بیان کردند.

از ساعت ۱۰ تا ۱۲ کارگاه آموزشی تولید محتوای الکترونیک برگزار شد. این برنامه با هدف آشنایی همکاران با شیوه‌های تولید محتوای چندرسانه‌ای پیش‌بینی شده بود و سرگروه‌ها را در جهت اجرای فعالیت جشنواره‌ی غیرحضوری تولید محتوای الکترونیکی زمین‌شناسی یاری می‌داد. در این کارگاه آقای ناظمی عضو دبیرخانه‌ی زمین‌شناسی، نحوه‌ی کار با نرم‌افزارهای Neobook-Neosoft و نیز نرم‌افزار Multimedia Builder را به همکاران آموزش داد که مورد استقبال حاضران قرار گرفت.

ساعت ۱۴ تا ۱۶ روز جمعه به کارگاه آموزش علوم اختصاص داشت که طی آن آقای دکتر کیمیاگری مدرس مراکز تربیت‌معلم اصفهان، در مورد «آموزش زمین‌شناسی به شیوه‌ی پژوهش‌مدار»، توضیحاتی ارائه نموده و انجام یک کار عملی را در این زمینه به همکاران واگذار کردند. در ساعت بعدی این روز، همکاران به بحث و پرسش علمی با آقای دکتر کیمیاگری پرداختند و از دانش وسیع ایشان در مورد موضوعات زمین‌شناسی استفاده نمودند. با پایان این مبحث بیانیه‌ی پایانی گردهمایی توسط مسئول دبیرخانه‌ی زمین‌شناسی قرائت شد و شرکت‌کنندگان ضمن تأیید بندهای این بیانیه، آن را امضا نمودند. ضمناً فرم‌های نظرسنجی در مورد گردهمایی در میان همکاران تقسیم و توسط آنان تکمیل گردید.

از ساعت ۱۶ تا ۱۹ نیز همکاران محترم عازم شهر سامان و بازدید از «پل تاریخی زمان‌خان» و دیگر مناظر زیبای ساحل زاینده‌رود شدند.

روز جمعه ۸۸/۸/۲۹ از ساعت ۸ تا ۹/۳۰ صبح مسئول دبیرخانه در مورد روند انجام فعالیت‌ها در دبیرخانه‌ی زمین‌شناسی، معیارهای ارزیابی از عملکرد گروه‌های زمین‌شناسی استان‌ها، نحوه‌ی تکمیل نمودن برگ شماره‌ی یک و نیز چگونگی ارسال گزارش‌های سه‌ماهه و مستندات پیوست توضیحاتی ارائه کرده و ضمناً از همکاران گرامی درخواست نمودند که در راستای اصلاح الگوی مصرف، سرگروه‌ها به‌جای ارسال مستندات پرحجم کاغذی، گزارش‌های خود را در قالب الکترونیکی و به‌صورت CD و ایمیل ارسال نمایند تا از هدررفتن امکانات و منابع جلوگیری شود. هم‌چنین نظر به این‌که گروه آموزشی زمین‌شناسی استان قم و شهر تهران در ارزیابی عملکرد سال گذشته حائز رتبه‌ی برتر شده بودند، در پایان جلسه‌ی مذکور ضمن معرفی کارهای ارزشمند و خلاقانه‌ی این دو گروه، به رسم یادبود، لوح تقدیر و جوایزی تقدیم حضور ایشان گردید.

* دبیر زمین شناسی آموزش و پرورش منطقه ۵

بیانیه‌ی پایانی گردهمایی سرگروه‌های آموزشی زمین‌شناسی استان‌های سراسر کشور

شهرکرد ـ ۲۷ تا ۲۹ آبان‌ماه ۱۳۸۸

مقدمه

در جهان امروز، علم زمین‌شناسی جایگاه ویژه‌ای بین سایر رشته‌های علوم پایه پیدا کرده است. علت اهمیت این علم و توجه بسیار جدی کشورها به علوم زمین، نقش ارزنده‌ی زمین‌شناسی در بهبود وضعیت اقتصادی جوامع است. علم زمین‌شناسی و شاخه‌های متنوع و گسترده‌ی آن نظیر زمین‌شناسی نفت، زمین‌شناسی اقتصادی، آب‌شناسی و زمین‌شناسی دریایی، انسان امروز را قادر ساخته‌اند که با موفقیت به کاوش اعماق زمین بپردازد و منابع عظیم سوخت‌های فسیلی، ذخایر با ارزش فلزی و سفره‌های آب زیرزمینی را اکتشاف کند. از سوی دیگر، گرایش‌های تکتونیک و زمین‌شناسی مهندسی در اجرای پروژه‌های زیربنایی مانند سدها، بزرگ‌راه‌ها، مترو و تونل‌ها، پل‌های بزرگ، نیروگاه‌ها و واحدهای بزرگ صنعتی، کمک‌های شایانی به مهندسان سازه کرده است.

زمین‌شناسی پزشکی و محیط‌زیست، علت بروز برخی بیماری‌های مربوط به کانی‌ها مانند آزبستوسیس، سیلیکوسیس و سرطان‌های ناشی از تشعشعات رادیواکتیو و... را بررسی و محیط‌های ناامن را به انسان معرفی می‌کند. از دیگر گرایش‌های زمین‌شناسی می‌توان به زلزله‌شناسی و آتش‌فشان‌شناسی اشاره کرد که ضمن تشریح علل رخداد این پدیده‌های طبیعی، راه‌های مقابله با آثار ناگوار آن‌ها را به ما گوشزد می‌کنند. در مورد نقش زمین‌شناسی در توسعه‌ی کشاورزی و صنعت، بهره‌برداری از منابع دریاها و توان‌های ساحلی، انرژی‌های نو به‌خصوص انرژی زمین گرمایی، تأمین مصالح ساختمانی، برق و... بیش از این توضیح نمی‌دهیم و فقط به ذکر این نکته اکتفا می‌کنیم که زمین‌شناسی پایه‌ی اقتصاد کشورها و عاملی مهم در توسعه‌یافتگی آن‌هاست. بنابراین بی‌توجهی به جنبه‌های گوناگون این علم، در درازمدت می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری را برای مملکت ما به بار آورد.

از سوی دیگر، وقتی به وضعیت آموزش

زمین‌شناسی در مناطق متفاوت کشور و به‌ویژه در مدارس توجه می‌کنیم، متأسفانه با کوهی از مشکلات و نابه‌سامانی‌ها روبه‌رو می‌شویم که امید ما را برای تربیت زمین‌شناسانی مجرب، توانمند و مجهز به علم روز، برای ساختن آینده‌ی میهنمان، به یأس تبدیل می‌کند. به نظر می‌رسد وضعیت ناگوار آموزش زمین‌شناسی در مدارس و مشکلات فراروی این رشته، ناشی از غفلت تاریخی مسئولین محترم و ناآگاهی آنان از نقش ارزنده‌ی این علم در رفاه و پیشرفت جامعه است. بنابراین باز هم چون گذشته تأکید می‌کنیم که حل مشکلات آموزش زمین‌شناسی باید جزو اولویت‌های اساسی برنامه‌ریزان و مسئولین آموزش‌وپرورش قرار گیرد. مهم‌ترین مشکلات و چالش‌های مربوط به درس زمین‌شناسی از دیدگاه دبیران و اعضای گروه زمین‌شناسی کشور به شرح زیر است و امیدواریم با عنایت مسئولین امر، این معضلات و بی‌مهری‌ها به حداقل ممکن برسند:

متن بیانیه

۱. شاید مهم‌ترین مشکل آموزش زمین‌شناسی، وضعیت این درس در کنکور سراسری است. به‌طوری‌که ضریب صفر زمین‌شناسی برای زیرگروه یک گروه علوم تجربی (که رشته‌هایی مانند پزشکی، دندان‌پزشکی و دام‌پزشکی و... را دربرمی‌گیرد)، به عامل اصلی بی‌انگیزگی دانش‌آموزان برای مطالعه‌ی زمین‌شناسی تبدیل شده است. بنابراین، از مسئولین محترم دفتر آموزش نظری و پیش‌دانشگاهی مصرانه تقاضا داریم که در مورد تغییر وضعیت ضریب زمین‌شناسی در کنکور، پی‌گیری‌های لازم را به عمل آورند و این مسئله را در سطوح بالای وزارت آموزش‌وپرورش و سازمان سنجش کشور مطرح سازند.

۲. محتوای نامناسب کتاب درسی زمین‌شناسی سوم تجربی و علوم زمین پیش‌دانشگاهی، و مطالب قدیمی و پر از ابهام و اشکال آن‌ها، کار تدریس این کتاب‌ها را بسیار دشوار ساخته و تناقضاتی را در ذهن دبیران و دانش‌آموزان ایجاد کرده است. ضمن این‌که همین محتوای نامناسب، در بسیاری از کلاس‌ها توسط دبیران غیرتخصصی و غیرمرتبط تدریس می‌شود که این موضوع مشکلات را دوچندان کرده است. البته در جهت اصلاح این معایب، از سوی «دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی» تلاش‌هایی صورت گرفته، اما متأسفانه این اقدامات به نتیجه‌ای قابل قبول نرسیده است.

۳. تدریس ۱۴۳ صفحه کتاب «زمین‌شناسی سوم تجربی» و نیز ۱۶۴ صفحه کتاب «علوم زمین پیش‌دانشگاهی» با مطالب بسیار فشرده و متنوع علمی، آن هم به میزان دو ساعت در هفته، مشکل اساسی دیگری است که باید مورد توجه مسئولین محترم قرار گیرد. با این‌که مشکل کمبود ساعت تدریس زمین‌شناسی بارها تذکر داده شده، اما متأسفانه هنوز اقدامی در جهت رفع این معضل انجام نپذیرفته است. لذا خواهشمندیم در صورت امکان ساعت تدریس این دروس افزایش یابد.

۴. نکته‌ی دیگری که تاکنون مورد غفلت واقع شده، بحث اهمیت و ضرورت درس زمین‌شناسی برای رشته‌ی ریاضی ـ فیزیک دوره‌ی متوسطه است. فارغ‌التحصیلان رشته‌ی ریاضی، در صورت قبولی در رشته‌های دانشگاهی مانند مهندسی عمران، نفت، معدن (گرایش‌های اکتشاف و استخراج) و سایر رشته‌های مشابه، هیچ‌گونه پیش‌زمینه‌ای از دانش زمین‌شناسی ندارند. این در حالی است که در دانشگاه‌ها، واحدهایی نظیر کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و تکتونیک و... به آن‌ها ارائه خواهد شد بنابراین طبیعی است که در درک مفاهیم

زمین‌شناسی دچار مشکل شوند.

تعداد رشته‌های دانشگاهی گروه ریاضی ـ فیزیک که در پیوند با زمین‌شناسی هستند، کم نیست و جای زمین‌شناسی بین دروس دوره‌ی متوسطه‌ی این رشته واقعاً خالی است. لحاظ‌کردن درس زمین‌شناسی در برنامه‌ی تحصیلی رشته‌ی ریاضی ـ فیزیک دبیرستان، ضمن پرکردن خلأهای موجود، توانمندی دانش‌آموختگان این رشته را برای تحصیل در رشته‌های دانشگاهی مرتبط با زمین‌شناسی افزایش خواهد داد.

۵. سال‌هاست که «المپیاد جهانی علوم زمین» در کشورهای گوناگون برگزار می‌شود و امسال نیز این المپیاد علمی در کشور تایوان برگزار شد. این در حالی است که در هیچ‌کدام از این المپیادها، کشور ما نماینده‌ای نداشته است و باز هم دانش‌آموزان مستعد و حائز شرایط ایرانی، اجازه‌ی شرکت در این آزمون مهم را نداشته‌اند. المپیادهای جهانی علوم زمین فرصت خوبی برای اثبات شایستگی‌های جوانان ایرانی هستند و عدم پی‌گیری برگزاری المپیاد زمین‌شناسی در سطح مدارس، شهرستان‌ها و استان‌های کشور، خود نوعی فرصت‌سوزی است و از شکوفایی استعدادهای جوان و بالقوه‌ی ما جلوگیری می‌کند. امید است با بذل توجه و عنایت مسئولین محترم وزارت آموزش‌وپرورش، امکان برگزاری المپیاد علوم زمین در مدارس و زمینه‌ی حضور گسترده‌ی دانش‌آموزان کشورمان در این رقابت علمی فراهم شود.

۶. با توجه به دانسته‌های جدیدی که در علوم زمین به دست آمده لازم به نظر می‌رسد که در مطالب کتب درسی نیز تجدید نظرهای لازم صورت گیرد؛ که این امر مهم از خواسته‌های دبیران و اعضای گروه‌های زمین‌شناسی در سراسر کشور است.

۷. نکته‌ی دیگر قابل تأمل و توجه آن است که برای درس زمین‌شناسی سوم و علوم زمین پیش‌دانشگاهی، در بعضی از مدارس

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک آموزشی

با مجله‌های رشد آشنا شوید

مجله‌های رشد توسط دفتر انتشارات کمک‌آموزشی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش تهیه و منتشر می‌شوند:

مجله‌های عمومی دانش‌آموزی

(به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

- رشد کودک (برای دانش‌آموزان آمادگی و پایه‌ی اول دوره‌ی دبستان)
- رشد نوآموز (برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دوره‌ی دبستان)
- رشد دانش‌آموز (برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم و پنجم دوره‌ی دبستان)
- رشد نوجوان (برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی)
- رشد جوان (برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه و پیش دانشگاهی)

مجله‌های عمومی بزرگسال

(به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

رشد آموزش ابتدایی، رشد آموزش راهنمایی تحصیلی، رشد تکنولوژی آموزشی، رشد مدرسه فردا، رشد مدیریت مدرسه، رشد معلم

مجله‌های اختصاصی

(به صورت فصلنامه و ۴ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

رشد برهان راهنمایی (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی)، رشد برهان متوسطه (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه و پیش‌دانشگاهی)، رشد آموزش قرآن، رشد آموزش معارف اسلامی، رشد آموزش زبان و ادب فارسی، رشد آموزش هنر، رشد مشاور مدرسه، رشد آموزش تربیت‌بدنی، رشد آموزش علوم اجتماعی، رشد آموزش تاریخ، رشد آموزش جغرافیا، رشد آموزش زبان، رشد آموزش ریاضی، رشد آموزش فیزیک، رشد آموزش شیمی، رشد آموزش زیست‌شناسی، رشد آموزش زمین شناسی، رشد آموزش فنی و حرفه‌ای، رشد آموزش پیش دبستانی

مجله‌های رشد عمومی و اختصاصی برای آموزگاران، معلمان، مدیران، مربیان و مشاوران مدارس، دانش‌جویان مراکز تربیت‌معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان آموزش و پرورش تهیه و منتشر می‌شوند.

نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره‌ی ۴ آموزش و پرورش، پلاک ۲۶۶، دفتر انتشارات کمک‌آموزشی.

نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸ـ۰۲۱

تلفن: ۸۸۸۴۹۰۹۹ـ۰۲۱

E _ mail:info@roshdmag.ir www.roshdmag.ir

کشور، عملاً کلاس درس تشکیل نمی‌شود و مدیران محترم این مراکز، تنها به برگزاری آزمون پایانی این دروس اکتفا می‌کنند. سؤال اساسی این است که آیا این اقدام وجاهت قانونی دارد و با کسب مجوز از مراجع ذی‌صلاح صورت می‌گیرد یا یک برخورد سلیقه‌ای با درس زمین‌شناسی و دبیران محترم این درس محسوب می‌شود؟ امیدواریم مسئولین امر برای این مسئله نیز به دنبال پاسخ مناسب باشند.

۸. دربحث برگزاری دوره‌های ضمن خدمت زمین‌شناسی نیز دبیران این رشته دارای دوخواسته‌ی معقول ومنطقی به شرح زیر هستند:

اول، سرفصل‌ها و عناوین دوره‌های ضمن خدمت ارائه شده به همکاران، تناسب چندانی با نیازهای آموزشی و علمی همکاران دبیر ندارند. لذا شایسته است، سرفصل‌های دوره‌های ضمن خدمت زمین‌شناسی با نظر متخصصان و دبیران این رشته تعیین شوند.

دوم، محدودیت‌های برگزاری دوره‌های ضمن خدمت زمین‌شناسی (که با نظر «دفتر ارتقای منابع انسانی» وضع می‌شود)، موجب شده است که در بسیاری از استان‌های کشور این دوره‌های ضمن خدمت برگزار نشوند و همکاران دبیر از مزایای علمی و آموزشی این دوره‌ها محروم شوند. مهم‌ترین محدودیت در این رابطه، نحوه‌ی تعیین حد نصاب تعداد شرکت کنندگان در دوره است که عملاً مانع از برگزاری دوره‌ی ضمن خدمت زمین‌شناسی می‌شود. زیرا تعداد دبیران تخصصی زمین‌شناسی در استان‌های محروم و کم‌وسعت کشور محدود است و به این خاطر در برخی از این استان‌ها، سال‌هاست که هیچ دوره‌ی ضمن خدمت زمین‌شناسی اجرا نشده است.

برای رفع این محدودیت پیشنهاد می‌شود که در مورد شرایط برگزاری دوره‌ی ضمن خدمت زمین‌شناسی تجدیدنظر صورت گیرد و به همکاران غیرتخصصی (که تدریس زمین‌شناسی را برعهده دارند) نیز اجازه‌ی شرکت در این دوره‌ها داده شود.

* دبیر زمین شناسی منطقه ۵

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک آموزشی

برگ اشتراک مجله های رشد

شرایط:

۱ـ پرداخت مبلغ ۵۰/۰۰۰ ریال به ازای هر عنوان مجله‌ی درخواستی، به صورت علی‌الحساب به حساب شماره‌ی ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت شعبه ی سه راه آزمایش (سرخه‌حصار) کد ۳۹۵ در وجه شرکت افست.

۲ـ ارسال اصل فیش بانکی به همراه برگ تکمیل شده‌ی اشتراک با پست سفارشی. (کپی فیش را نزد خود نگه دارید.)

- **نام مجله های درخواستی :**

.....

.....

.....

- **نام و نام خانوادگی:** .....
- **تاریخ تولد:** .....
- **میزان تحصیلات:** .....
- **تلفن:** .....
- **نشانی کامل پستی:**

استان: ..... شهرستان: .....

خیابان: .....

پلاک: ..... کدپستی: .....

- در صورتی که قبلاً مشترک مجله بوده اید ،شماره‌ی اشتراک خود را بنویسید:

امضا:

- **امور مشترکین:** ۷۷۳۳۶۶۵۵ـ۷۷۳۳۶۶۵۶ـ۰۲۱
- **صندوق پستی امورمشترکین:** ۱۶۵۹۵/۱۱۱
- **پیام گیر مجله های رشد:** ۸۸۳۰۱۴۸۲ـ۰۲۱

یادآوری:

- هزینه‌ی برگشت مجله در صورت خوانا و کامل نبودن نشانی و عدم حضور گیرنده، بر عهده‌ی مشترک است.
- مبنای شروع اشتراک مجله از زمان دریافت برگ اشتراک است.