کامپیوتر و زمین‌شناسی

گردآورنده: حیدر امینی نجفی

پیشرفت روزافزون توانایی‌های کامپیوتر و کاربرد آن در همه عرصه‌های زندگی، درهـــای تازه‌ای را به روی زمین‌شناسان گشوده است. کامپیوتر بخاطر داشتن امکان محاسبه و ارزیابی دقیق و سریع اطلاعات زیاد در آنِ واحد و نمایش تصویری بر روی صفحه نمایشگر (Monitor) به وسیلهٔ کار زمین‌شناس تبدیل شده است بویژه آنکه می‌توان آن را طبق نیاز خود برنامه‌ریزی و هدایت کرد. در کارهای زمین‌شناسی وقت زیادی صرف جمع‌آوری، گروه‌بندی، مقایسه و ارزیابی اطلاعات ثبت شده می‌شود. بخش قابل توجهی از این کار را می‌توان بعهده کامپیوتر واگذار کرد. در این رابطه با استفاده از این دستگاه، زمین‌شناسی ریاضی به یکی از مهمترین رشته‌های تحقیقی تبدیل شده است (۱).

با آنکه کامپیوتر و دستگاههای مرتبط به آن، به اصطلاح «سخت‌افزار» بویژه طی دو دهه گذشته تحول چشمگیری داشته‌اند ولی در اینکه چگونه می‌توان این ابزار را در قالب برنامه‌های کامپیوتری یعنی «نرم‌افزار» بکار بست هنوز در آغاز کار قرار داریم.

در اینجا به کمک مثالهایی امکانات مختلف استفاده از آن را بررسی می‌کنیم. همانطور که نشان داده خواهد شد استفاده از کامپیوتر با چنان شتابی در حال گسترش است که تقریباً در

تمام رشته‌های علوم زمین کاربرد یافته است. دو نکته‌ای که در این رابطه قابل توجه هستند یکی اهمیت کار زمین‌شناسان بر روی زمین و در آزمایشگاه است که در واقع همچنان پایه و مبنای کار با کامپیوتر را تشکیل می‌دهد و دیگری آنکه کاربرد کامپیوتر گاه در چنان ابعاد وسیعی صورت می‌پذیرد که تهیه و کار با آن با امکانات شخصی غیرممکن است.

کامپیوتر و نقشه زمین‌شناسی

از جمله وظایفی که زمین‌شناسان با آن همواره روبرو بوده‌اند مسئله تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی بوده است. بویژه زمانی که این نقشه‌ها می‌بایست از چنان کیفیتی برخوردار باشند که بتوانند مورد استفاده محققان دیگر رشته‌ها نظیر کشاورزی، آب‌شناسی، راه و ساختمان، سدسازی، شهرسازی و غیره قرار گیرند. طبق شیوه‌های متداول می‌بایست این نقشه‌ها را هر روزه مورد تجدیدنظر قرار داد و با اطلاعات تازه تکمیل کرد. بدین ترتیب هدف اصلی نقشه که دادن اطلاعات روشن زمین‌شناسی یک منطقه است برآورده نمی‌شود.

امروزه تلاش می‌شود تا با استفاده از کامپیوتر این نقیصه رفع شود. ولی کاربرد کامپیوتر نیازمند آن است که تعداد اطلاعات زیادی از یک نوع در دست باشد و این اطلاعات چنان روشن باشند که آنها را بتوان در یک شکل مشخص در اختیار کامپیوتر قرار داد. البته لازمه این شیوه کار سیستم‌بندی کردن گسترده گردآوری اطلاعات در هر بخش دانش‌های زمین و تعریف دقیق مفاهیم مورد استفاده است. کار کامپیوتر در جریان تهیه و بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی را می‌توان در عرصه‌های زیر خلاصه کرد:

۱ ــ استفاده از آن در تهیه کارتوگرافیکی و فنی نقشه‌های زمین‌شناسی

۲ ــ ارزشیابی اتوماتیک نقشه‌های موجود پس از گردآوری دیجیتالی محتوی آنها

۳ ــ گردآوری، تنظیم، جستجو و تعمیم و تغییر مکرر داده‌های زمین‌شناسی با استفاده از یک «بانک اطلاعات» تا ترسیم نقشه و دیاگرام از نتایج ضبط شده روی زمین و در آزمایشگاه

از جمله فواید این شیوه کار (دیجیتالی کردن نقشه‌های زمین‌شناسی) می‌توان به مورد زیر اشاره کرد. هنگام تهیه عکس‌های هوایی و استفاده از آنها در تهیه و تکمیل نقشه (۲۰) می‌توان بطور نمونه با تغییر نور تابشی (از فرا بنفش تا زیر قرمز) پدیده‌های خاصی (ساختمان‌های زمین‌شناسی، انواع سنگ، مشخصات توپوگرافیکی و غیره) را تشخیص داد. از دستاوردهای جدید در این رابطه می‌توان به تصاویری که بوسیله ماهواره سینسات Seasat در سال ۱۹۷۹ به وسیله رادار تهیه شده‌اند اشاره کرد. این تصاویر در آغاز به منظور بررسی سطح آبهای آزاد و تهیه تصویر کاملی از کره زمین ارائه شدند. در این تصاویر دیده می‌شود که توپوگرافی سطح دریاها، جزئیات بستر آنها را بازتاب می‌دهند. با بررسی و تغییر دیجیتالی این تصاویر می‌توان گرابن‌ها، جزایر، کوه‌های زیردریایی و بسیاری اطلاعات دیگر را باز شناخت.

مدل‌های زمین‌شناسی

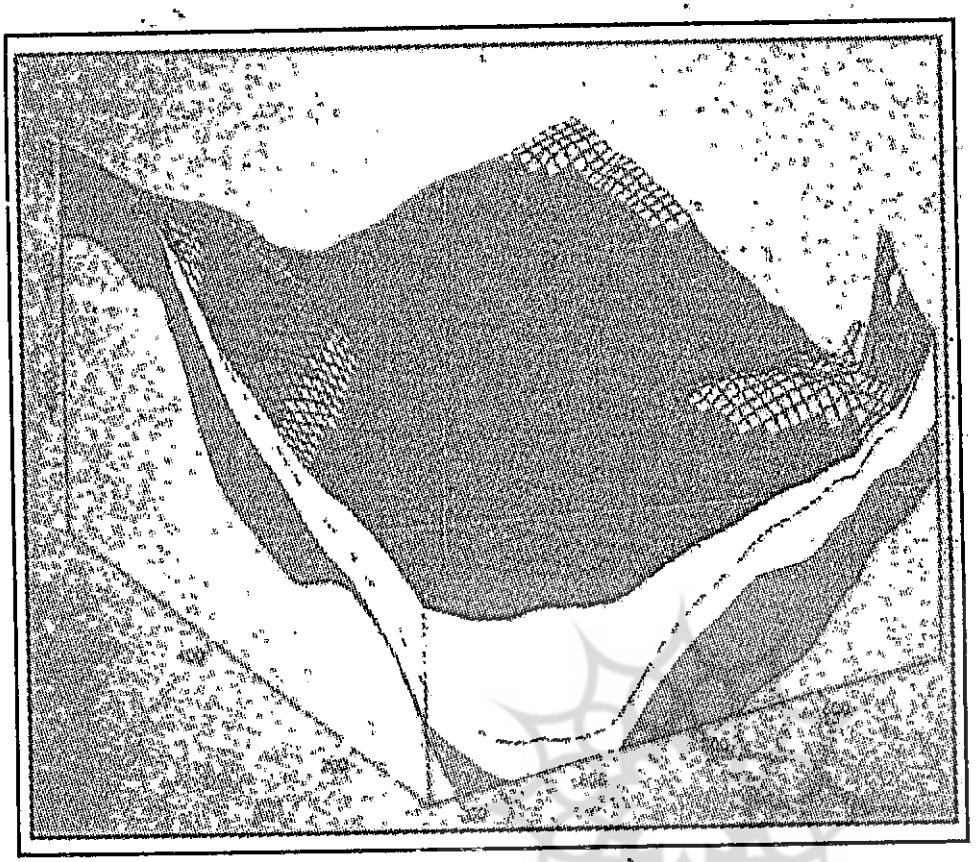
تعیین ساختار لایه‌ها و اقشار زیر پوسته زمین، یعنی جائی که از دسترس مشاهده و تحقیق مستقیم ما خارج است جزئی از کار زمین‌شناسان را تشکیل می‌دهد. تاکنون محققان مدل‌های فرضی را طراحی کرده و براساس آن پیش‌بینی‌هایی را نتیجه می‌گرفته‌اند. این نتایج سپس در عمل به بوته آزمایش سپرده می‌شدند. در این شیوه تحقیق می‌بایست بخاطر افزودن بر سرعت کار و رسیدن به یک نتیجه مطلوب از بسیاری جنبه‌های کوچک ولی با اهمیت چشم پوشید.

با استفاده از کامپیوتر می‌توان با دادن حداکثر ممکن اطلاعات گردآوری شده و بدون دست زدن به تعمیم‌های قابل تردید یا چشم‌پوشی از بخشی از اطلاعات این مدل‌ها را طراحی کرد. با این شیوه می‌توان از همان آغاز، نتیجه تغییر در اطلاعات گردآوری شده را بررسی کرد. نقشه‌برداری از اعماق زمین با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری که طی سالیان متمادی گردآوری شده‌اند صورت می‌گیرد. لایه‌ها و طبقات مختلف با جرم و دمای متفاوت به طور رنگی مشخص می‌شوند که در آن طیف رنگها از بنفش (سردترین نقاط با جرم زیاد) تا قرمز (گرم‌ترین نقاط با جرم کم) را شامل می‌شود. طراحی چنین مدلی که منطبق بر مجموعه داده‌های لرزه‌نگاری می‌شود کمک بزرگی در بررسی اعماق زمین بشمار می‌رود.

نمونه دیگر مدل‌های کامپیوتری برای تعیین مشخصات یک زلزله استفاده می‌شود. همانطور که می‌دانیم زلزله از جمله در نقاط برخورد دو صفحه تکتونیکی رخ می‌دهد. چنین زلزله‌ای را می‌توان حاصل تعداد زیادی گسل در تمامی نقطه برخورد دانست. محققان برای تعیین محل وقوع زلزله در پوسته زمین و بررسی روند این رویداد از یک مدل ریاضی که یک منطقه شکست فرضی را نشان می‌دهد بهره می‌برند. این منطقه از تعداد زیادی مربع‌های یک اندازه تشکیل شده است. سپس در کامپیوتر تأثیر شدت زلزله‌های مختلف بر هر مربع آزمایش می‌شود به این ترتیب که چکش‌های الکتریکی با اندازه‌های متفاوت، شوک الکتریکی بر هر مربع وارد می‌سازند. زمین فرضی در این مدل نسبت به این لرزش‌ها واکنش نشان می‌دهد و امواج مصنوعی تولید می‌کند که همانند امواج واقعی به وسیله دستگاه‌های اندازه‌گیری ثبت

می‌شوند. پس از آن کامپیوتر مقایسه امواج مصنوعی و امواج حقیقی دریافت شده از یک زلزله را تا آنجا ادامه می‌دهد که مقدار فرضی شدت زلزله و شکست‌های حدسی بر یکدیگر منطبق شوند. تعداد این تصاویر ممکن است از صدها گذر کند ولی کامپیوتر هر بار تأثیرات ناشی از یک ضربه بر یک مربع را بر دیگران محاسبه می‌کند. بدین ترتیب می‌توان حرکتهای منطقه مزبور را در امتداد شکست رخ داده دقیقاً بازسازی کرد.

از ساخت مدل برای شناخت لایه‌های پوسته زمین و بویژه حوضه‌های رسوبی استفاده می‌شود. در جستجوی منابع انرژی، مواد خام و آب آشامیدنی و همچنین برای انبار کردن مواد زائد صنعتی و غیره، بررسی دقیق لایه‌های لیتوسفر از ضروریات اولیه است. از آنجا که مشاهده مستقیم لایه‌های زیرزمین تنها به طور نقطه‌ای (یعنی با گمانه زنی) ممکن است استفاده از مدل‌های کامپیوتری در مرتبط ساختن و تعمیم داده‌های حاصل از گمانه‌زنی کاربرد روزافزونی می‌یابد. در این مدلها می‌توان روند شکل‌گیری و ساخت هر لایه و تغییر مورفولوژی منطقه را طی این روند بازسازی کرد (شکل ۱).

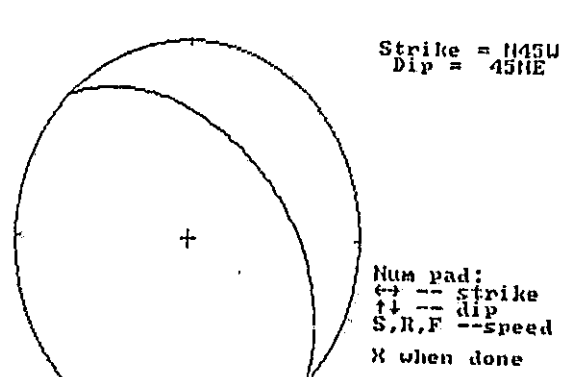


شکل ۱ ــ مدل کامپیوتری که در جستجوی مواد خام از قطعه‌ای از لیتوسفر کشیده شده است.

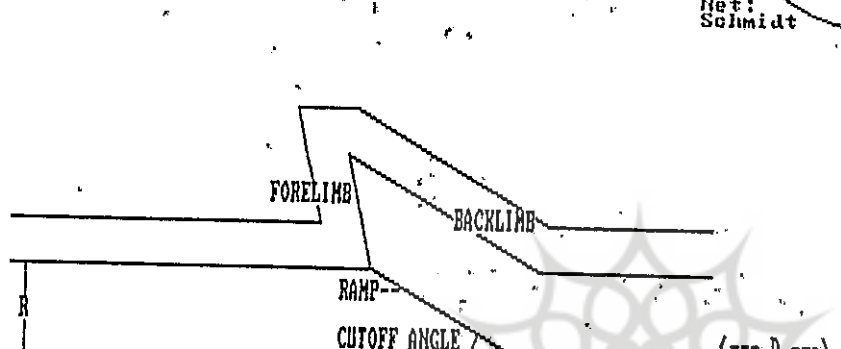
کامپیوتر و کار روزمره زمین‌شناسان

تاکنون برنامه‌های بسیار زیادی به منظور آسان‌تر نمودن کار روزانه زمین‌شناسان و علاقه‌مندان این رشته نوشته شده است که هر یک بنا بر نیاز برنامه‌ریزان آنها به بخشی از کار زمین‌شناسی می‌پردازند. در اینجا برای آشنایی خوانندگان به تعدادی از این برنامه‌ها می‌پردازیم. از میان برنامه‌های ساده ولی تخصصی می‌توان به برنامه‌هایی اشاره کرد که به عنوان مثال در سنگهای رسوبی که از سه عامل اصلی تشکیل شده‌اند با استفاده از یک مثلث متساوی‌الاضلاع، درصد آنها نمایش داده می‌شود یا آنکه با رسم یک هیستوگرام

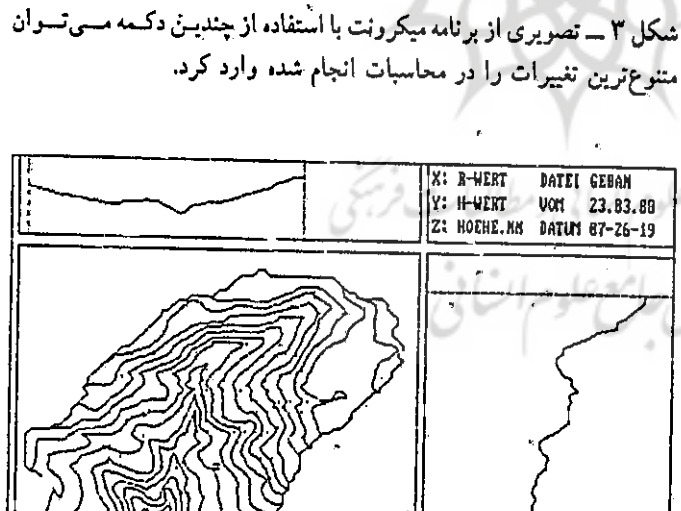
از بهترین برنامه‌هائی که تاکنون در رابطه با زمین‌شناسی ارائه شده‌اند می‌توان از میکرونت Micronet نام برد. این برنامه در دانشکده زمین‌شناسی دانشگاه نوادا (آمریکا) طراحی شده و از جوانب مثبت آن غیر تجاری یعنی آموزشی و علمی بودن آن است (۴). کار عمده میکرونت بر روی پروژکسیون هم مساحت یا هم زاویه لامبرت (شمیدت) و ولف صورت می‌گیرد. از این شبکه‌ها برای نشان دادن نحوه جهت‌گیری ساختمان‌های زمین‌شناسی استفاده می‌شود. بدین ترتیب برای نمونه می‌توان با دادن زاویه شیب و امتداد هم نحوه قرار گرفتن کانی‌های مختلف را در یک سنگ نشان داد و هم محور یک چین را رسم کرد. البته نقش کامپیوتر در اینجا تنها به رسم این شبکه‌ها خلاصه نمی‌شود. یافتن سطح یا محور تقاطع دو یال یک چین، رسم دایره‌های بزرگ، رسم دایره‌ای که چند سطح را بهم وصل می‌کند (Zone) از دیگر کارهای میکرونت است. استفاده از این برنامه بویژه در کلاس درس و در کارهای روزمره زمین‌شناسی مفید است چرا که می‌توان بسرعت حاصل کوچکترین تغییر را روی صفحه نمایشگر Monitor یا کاغذ مشاهده کرد. یک مقدار اندازه‌گیری شده را می‌توان از راه‌های مختلف بررسی کرد، کاری که توضیح و تفسیر زمین‌شناسی را ساده‌تر ساخته و از یکنواختی کارهای پشت میز زمین‌شناس می‌کاهد. اصل این برنامه بزبان توربوپاسکال (۵) نوشته شده و استفاده از آن در هر کامپیوتری که با سیستم عامل MSDOS



شکل ۲ ــ شکلی که به وسیله میکرونت از یک محور به اندازه‌های ۴۵/۴۵ درجه رسم می‌شود.



شکل ۳ ــ تصویری از برنامه میکرونت با استفاده از چندین دکمه می‌توان متنوع‌ترین تغییرات را در محاسبات انجام شده وارد کرد.



شکل ۴ ــ تصویری که از خطوط همتراز به وسیله GEO-500 کشیده می‌شود. به وسیله این برنامه می‌توان مقطع عرضی هر نقطه از یک نقشه را فورا مشاهده کرد.

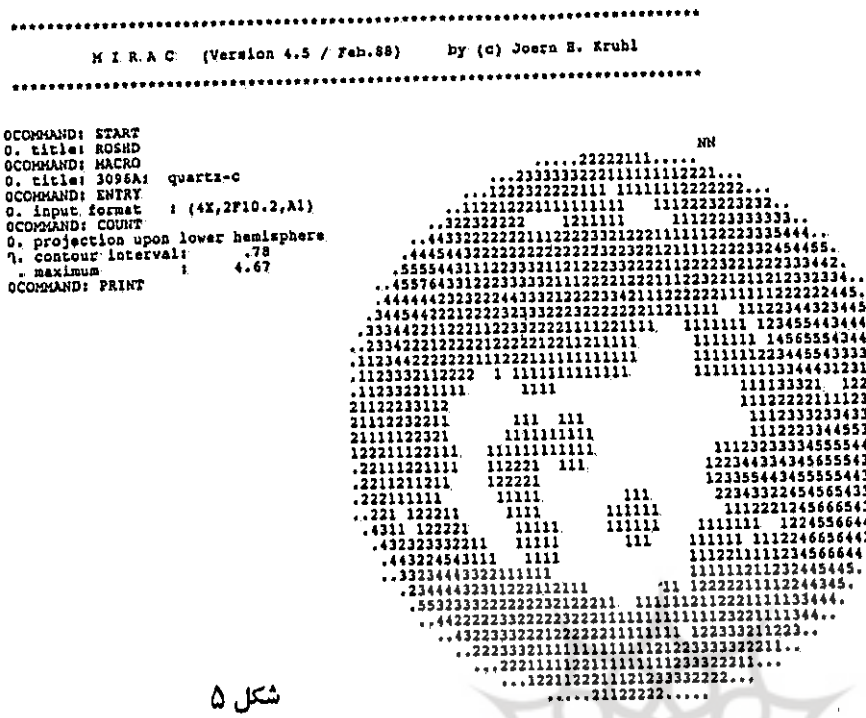
کار می‌کند و از تجهیزات استاندارد آی بی ام یا نظیر آن برخوردار است ممکن است (شکل۲).

از برنامه‌های جالب دیگر برنامه‌ای است که در دانشگاه ایالتی اورگون آمریکا بنام THRUSTTRAMP در سال ۱۹۸۶ طراحی شده است. با استفاده از این برنامه می‌توان تمام محاسبات مربوط به یک گسل را بطور گرافیکی یعنی با رسم آن توسط کامپیوتر انجام داد. برای این کار باید مقادیری نظیر مقیاس، مقدار جابجائی، ضخامت لایه‌ها و غیره را به کامپیوتر اطلاع داد (شکل ۳). این برنامه نیز مشخصات فنی مشابه میکرونت را داراست و با هر نوع چاپگر سوزنی و یا لیزر کار می‌کند.

به کمک برنامه‌ای نظیر GEO-500 که سال ۱۹۸۸ در آلمان تهیه شده می‌توان هر نوع کار آماری و رسم در رشته‌های زمین‌شناسی را انجام داد. از مدیریت داده‌های زمین‌شناسی گرفته تا رسم دیاگرام‌های مثلثی برای نمایش مقدار درصد سه متغیر در آن واحد و یا رسم خطوط همتراز حاصل از اندازه‌گیری‌های روی زمین (شکل ۴). این برنامه بعلت تکیه زیاد برمحاسبات آماری که لازمه آن در اختیار داشتن تعداد زیادی اندازه‌گیری است و قیمت بالای آن (۱۷۵۰ مارک) بیشتر در

زمین‌شناسی مهندسی و مؤسسات کاربرد دارد.

بررسی آماری اندازه‌گیری‌های فابریک سنگ به کمک برنامه‌های کامپیوتری در برابر کار دستی مزایایی را داراست که فقط شامل صرفه‌جوئی در وقت و دقت زیاد نمی‌شود، بلکه با استفاده از این برنامه‌ها می‌توان بررسی‌های خود را در حجم بسیار بیشتر و با شیوه‌های متنوعی انجام داد. از زمره این برنامه‌ها می‌توان از میراک MIRAC یاد کرد که بمنظور بررسی آماری اندازه‌گیری در فابریک سنگ نوشته شده است (۶). بررسی آماری نظیر نحوه کار با دست بر روی شبکه شمیدت انجام می‌شود که با افزایش تعداد محاسبات دیگر انجام آنها با دست امکان‌پذیر نیست. تصویری که در شکل ۵ دیده می‌شود دیاگرام فابریکی حاصل از ۳۰۰ اندازه‌گیری انجام شده است که بوسیله میراک چاپ شده است. شمارش بر روی یک نیمکره صورت گرفته سپس بر روی شبکه شمیدت تصویر می‌شود. اعدادی که دیده می‌شوند مقدار تراکم آن نقاط را نشان می‌دهند. پس از آن با مشخص و مرتبط ساختن نقاطی که دارای مقدار تراکم مشابه هستند می‌توان جهت‌گیری دانه‌ها را مشاهده کرد. در این شکل می‌توان دو نقطه متقارن را کمابیش تمیز داد. برنامه میراک به زبان فورتران ۷۷ (۷) نوشته شده است.

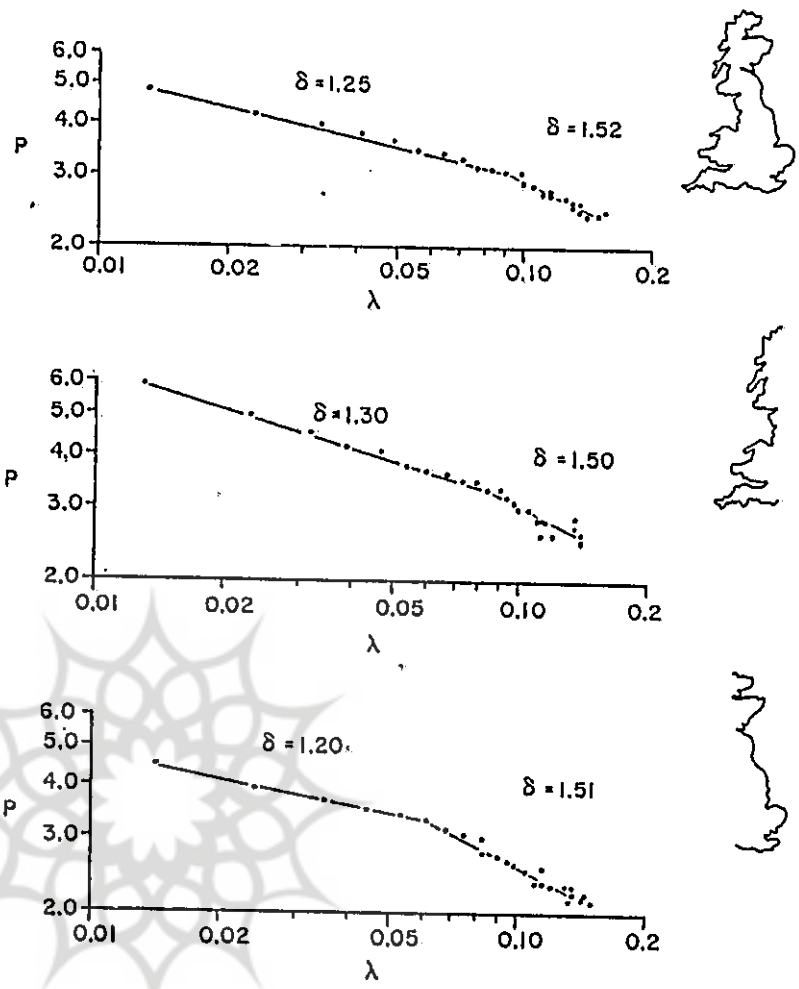


شکل ۵

عرصه‌هائی تازه

با مطالعه نشریات علمی خارجی در چند ساله اخیر با مطالبی نظیر «تئوری هرج و مرج» و یا «هندسه فراکتال» (۹) روبرو می‌شویم. این نظریات از سوی ریاضی ــ فیزیکدانان برای توصیف حوادث و اشکالی در طبیعت ارائه شده‌اند که از قوانین ریاضی پیروی نکرده، بی‌نظم بوده و آنها را نمی‌توان با هندسه رایج و اشکالی نظیر دایره، مربع، لوزی و غیره توصیف کرد. این مورد شامل اکثریت پدیده‌های طبیعت می‌شود. با به میان آمدن این نظریات نحوه نگرش به رخدادها در حال تغییر است. اکنون مشاهده می‌شود که بسیاری از پدیده‌هائی که تاکنون از آنها بعنوان «نمونه نظم» یاد می‌شد چندان منظم نیز نبوده و در واقع می‌توان در آنها نظم و بی‌نظمی را در کنار یکدیگر دید نظیر منظومه شمسی که در آن سیاره پلوتو بر روی خطی کاملاً بی‌نظم حرکت می‌کند و یا اینکه سیاره مانندها (Asteroid) ظاهراً بدون علت از مدارشان پرتاب می‌شوند، حلقه‌های سیاره کیوان اشکال بی‌نظیری می‌سازند.

با استفاده از هندسه فراکتال می‌توان بسیاری از پدیده‌های طبیعی را بررسی کرد که تاکنون تعیین دقیق مشخصات کمی آنها ممکن نبود. در این رابطه از مقدار «بعد فراکتال» سخن به میان می‌آید که در واقع میزان پیچیدگی ساختار یک موضوع مورد بررسی را تعیین می‌کند. از نمونه‌های زمین‌شناسی می‌توان از شکل جزائر نام برد که مقدار پیچیدگی آنها به خصوصیات زمین‌شناسی جزیره و نیروهای تخریبی وارد بر آن بستگی دارد. هرچه شکل جزیره پیچیده‌تر باشد بعد فراکتال آن نیز بزرگتر است و بالعکس. بعد فراکتال رابطه‌ای را که بین مقیاس اندازه‌گیری و طول مورد محاسبه برقرار است را بیان می‌کند. همان طور که در شکل ۶ دیده می‌شود جزیره انگلیس دارای بعد فراکتال ۱/۲۵ است که با جزایر دیگر متفاوت است. حال اگر جزیره انگلیس به دو قسمت خاوری و باختری تقسیم شود دو مقدار متفاوت به دست می‌آوریم. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان نیروهای مخربی که بر سمت باختری از سوی اقیانوس به این جزیره وارد می‌شود بیشتر بوده که در بعد فراکتال نیز بازتاب می‌یابد. در اینجا بیش از این به توضیح این نظریات نمی‌پردازیم. تنها اشاره ضروری آن که استفاده هرچه بیشتر از این نظریات و کاربست آنها در دستور کار دانشمندان همه رشته‌های علمی است. از جمله و به ویژه در



شکل ۶ ــ بعد فراکتالی رابطه بین طول و مقیاس را بیان می‌کند که می‌تواند حاوی داده‌های مفیدی باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

زمین‌شناسی که در آن پدیده‌های نامنظم فراوان هستند تلاش گسترده‌ای برای به کارگیری آنها به عمل می‌آید. مطرح شدن این نظریات تنها با به کارگیری کامپیوتر در محاسبات ریاضی امکان پذیر شده است.

با توجه به آنکه فراگیری یک زبان برنامه‌نویسی نظیر بازیک Basic یا توربوپاسکال که نمونه ۶(۱۰) آن بسیار ساده بوده و قابلیت‌های زیادی دارد کار چندان دشواری نیست می‌توان انتظار داشت که در آینده نزدیک برنامه‌های هرچه بیشتری از سوی زمین‌شناسان عرضه شود. باید دانست که کامپیوتر خلاقیت زمین‌شناس را محدود نمی‌سازد بلکه او را از کارهای وقت‌گیر و بی‌جان زیادی آزاد می‌کند.

زیرنویسها:

۱ ــ برای آگاهی بیشتر به مجله Computer & Geoscience رجوع شود.

۲ ــ برای آگاهی بیشتر به مقاله «آشنایی با دانش دورسنجی» در رشد شماره ۵ رجوع شود.

۳ ــ به کتاب رسوب‌شناسی دکتر احمد معتمد از انتشارات دانشگاه تهران سال ۱۳۶۶ رجوع شود.

۴ ــ آدرس تهیه کننده آن به قرار زیر است:

Dr. peter L. Guth
Dep. of Geoscience
University of Nevada
Las Vegas, NV 89154, USA

۵ ــ Turbo Pascal

۶ ــ آدرس تهیه کننده آن به قرار زیر است:

Dr. J.H. Kruhl
Geol. paleo. Inst
der Universitaet Frankfurt
Senckenberganlage 32 – 34
6000 Frankfurt / M 1
Germany

۷ ــ Fortran 77

۸ ــ Chaos theory

۹ ــ Fractal Geometry

۱۰ ــ Version 6.0

منابع:

۱ ــ Computers and the representation of Georaphical data, E.E. Shiryaev, JOHN WILEY & SONS, chichester, New York 1987

۲ ــ Mitteilungen ueber d. Benutzung V. Sichtgeraeten bei d. Statistischen Auswertung V. Gefuegemessungen, J.H. Kruhl, Aachen 1973

۳ ــ Spectrum 22 (1991)2, Berlin

۴ ــ SCIENTIFIC AMERICAN, 12/1986, 2/1988

۵ ــ Fractals in Geophysics, B.B. Mandelbrot et al., Birkhaeuser, Basel, 1989

۶ ــ bild der Wissenschaft, 8/1990, 10/1991

۷ ــ برنامه‌های کامپیوتری مختلف یاد شده در متن نوشتار

جنبه‌های سه بعدی

نقشه‌های زمین‌شناسی

منحنی‌های تراز ساختاری

(قسمت دوم)

نوشته: الکس مالتمن
ترجمه: حسن مدنی،
استادیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۸ ــ منحنیهای تراز ساختاری مستقیم

به جز در مواردی که منحنیهای تراز ساختاری نشانگر یک سطح زیرزمین هستند، در حالت کلی بر منحنیهای توپوگرافی سطح زمین منطبق‌اند. البته در بعضی موارد ممکن است این منحنی‌ها تا اندازه‌ای متفاوت باشند. در شکل ۹ ــ الف: منحنیهای تراز توپوگرافی تپه‌ای نشان داده شده است که شیب آن به آهستگی تغییر می‌کند. منحنیهای توپوگرافی به صورت خطوط مستقیمی هستند که در حالت عمومی فاصله آنها مساوی است و فقط در قسمتهائی که شیب تپه بیشتر می‌شود، به هم نزدیک می‌شوند. در عمل، منحنیهای توپوگرافی به ندرت این چنین‌اند، زیرا تپه‌ها و دره‌ها، به علت فرسایش، معمولاً شکل نامنظمی دارند.

از سوی دیگر، سطح لایه منحنی ممکن است واقعاً صاف و یکنواخت باشد و اگر تحت تاثیر چین‌خوردگی و گسل‌خوردگی قرار نگرفته باشد، در نقشه‌های بزرگ مقیاس ممکن است به صورت خطوط موازی دیده شود (شکل ۹ ــ ب) به هر حال، نباید انتظار داشت که در این موارد نیز، منحنیهای تراز تا فواصل طولانی خطوط مستقیمی باقی بمانند. در عمل، سطوح لایه‌بندی، مستوی نیستند و برای رسم منحنیهای تراز آنها نمی‌توان از خط‌کش استفاده کرد.

در بعضی موارد، منحنیهای تراز ساختاری مستقیم به عنوان امتداد لایه تلقی می‌شوند. این امر، به علت آن است که منحنیهای تراز ساختاری در تمام موارد موازی امتداد لایه‌اند و مادام که لایه به شکل سطح مستوی باشد، به صورت خطوط مستقیم هستند. بنابراین، به کمک منحنیهای تراز ساختاری می‌توان جهت و زاویه شیب لایه را تعیین کرد. آگاهی از جهت شیب لایه، برای توجیه سطوح زمین ــ شناختی، ضروری است.

۹ ــ خلاصه

الف ــ منحنیهای تراز ساختاری مشابه منحنی‌های توپوگرافی‌اند اما نشانگر یک سطح زیرزمینی مثل مرز یک سازند مشخص هستند نه سطح زمین

ب ــ این منحنیها، موقعیت و شکل سطوح زیرزمینی را نشان می‌دهند و بنابراین ابزار مفیدی در تغییر وتفسیر نقشه‌ها هستند.