

مدل‌ها و مدل‌سازی در آموزش علوم

نمونه‌هایی از علوم زمین

مسعود کیمیاری

دانشگاه فرهنگیان، پردیس شهید باهنر اصفهان

برای هر پرسش پیچیده یک پاسخ ساده اما غلط وجود دارد!

آلبرت اینشتین

کلیدواژه‌ها: آموزش علوم، علوم زمین، مدل‌سازی

سالانه خورشید در آسمان برآید، به‌خاطر ناتوانی در مورد اهله سیاره ناهید کنار گذاشته شد^۱. همچنین، مدل‌های خوب به ما کمک می‌کنند تا پیش‌بینی‌های درست‌تری داشته باشیم. اگر از دانش‌آموزان بخواهیم با استفاده از مدلی که ساخته‌اند یا به آن‌ها معرفی شده است، پیش‌بینی کنند، با توانایی‌های مدل‌ها بهتر آشنا می‌شوند. برای مثال، پس از اینکه دانش‌آموزان را با مدل گسترش بستر اقیانوس‌ها آشنا کردیم، می‌توانیم از آن‌ها بخواهیم به کمک آن نتایج، حفاری بستر اقیانوس‌ها را از نظر سن سنگ‌ها و قطر رسوبات پیش‌بینی کنند^۲.

وجود تخمین و فرض در همه مدل‌ها موجب می‌شود اعتبار دلالت‌ها و صحت پیش‌بینی‌هایشان محدود باشد. برای استفاده از یک مدل، شناختن این محدودیت‌ها لازم است. تأکید بر محدودیت‌های مدل هم بخش مهمی از تدریس به کمک مدل‌هاست. مدل‌های متفاوت، چیزهای متفاوتی را برجسته می‌کنند. آن‌ها برخی چیزها را دیدنی و بعضی چیزها را نامرئی می‌کنند. یک مدل هرگز کاملاً مانند چیزی که نشان می‌دهد نیست. یک مدل برخی از ویژگی‌های پدیده مورد نظر را پررنگ‌تر و برخی را مبهم یا حذف می‌کند. برای مثال، هواپیماهای مدل نمی‌توانند پرواز کنند. روی نقشه‌ها چاله‌هایی که روی سطح بعضی جاده‌ها وجود دارند، دیده نمی‌شوند. مزه غذای رستوران‌ها شبیه غذایی که آورده می‌شود، نیست^۱. گفت‌وگو درباره مزایا و محدودیت‌های مدل‌های مختلف به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا بفهمند دانش تجربی چگونه به‌وجود می‌آید و نقش مهم مدل‌ها را در تولید دانش درک کنند.

مدل‌های علمی پویا و در حال تغییر و تکامل‌اند. دانش‌آموزان باید در مورد محدودیت‌ها و دقت هر مدل به عنوان نماینده یک سیستم، فرایند یا طرح، گفت‌وگو کنند و پیشنهادهایی برای اصلاح آن به طوری که با شواهد قابل

امروزه یکی از مؤثرترین شیوه‌های آموزش علوم تجربی چرخه یادگیری^۱ است. براساس این راهبرد، دانش‌آموزان آنچه در مورد دنیای اطرافشان (جهان مادی) می‌دانند یا تصور می‌کنند درست است، به کار می‌برند و بر اساس شواهدی که به‌دست آورده‌اند، ایده‌هایشان را تغییر می‌دهند یا کامل و مستدل‌تر می‌کنند. پس برای تدریس یک واحد یادگیری، معلم باید موقعیت‌های مناسبی ایجاد کند تا بچه‌ها بتوانند ایده‌هایشان را با استفاده از شواهدی که با انجام فعالیت‌ها به‌دست آورده‌اند بیازمایند. فعالیت‌هایی که در مرحله اصلی چرخه یادگیری رخ می‌دهند بسیار گوناگون‌اند. راستی‌آزمایی^۲، الگویابی^۳، تحقیق و کاوش به کمک منابع^۴، تشخیص و طبقه‌بندی^۵ و مدل‌سازی^۶، برخی از این شیوه‌ها هستند.

مدل‌ها فایده‌های گوناگون دارند. معمولاً دانشمندان با ساختن و استفاده از مدل‌ها می‌کوشند پدیده‌های گوناگون طبیعی را توضیح دهند. مدل‌ها به ما کمک می‌کنند تا بتوانیم ورای مشاهداتمان را درک و دنیایی را که نمی‌توانیم ببینیم تصور کنیم. همچنین مدل‌ها پیش‌بینی‌هایی از نوع «اگر... پس بنابراین...» را که برای آزمودن فرضیه‌ها به‌کار می‌روند، برای ما ممکن می‌کنند.

معلم پس از معرفی یک مدل، باید اجزای آن را با قسمت‌های پدیده‌ای که مدل‌سازی می‌شود، مقایسه و درباره توانایی‌های آن با بچه‌ها گفت‌وگو کند. توانایی یک مدل به این بستگی دارد که چقدر بتواند شواهد موجود را توضیح دهد. اما وقتی یک مدل بتواند مشاهدات ما را توضیح دهد، لزوماً نمی‌توانیم نتیجه بگیریم که درست است، زیرا ممکن است در آینده پدیده‌هایی کشف شوند که با مدل سازگار نباشند^۷. برای مثال، با اینکه مدل زمین‌مرکزی (یا همان مدل بطلمیوسی) می‌تواند به‌خوبی از پس توجیه مشاهدات ما در مورد جابه‌جایی سیاره‌ها و حرکات شبانه‌روزی و

مشاهده یا خصوصیات طرح سازگارتر شود، مطرح کنند. رویکرد ارائه تاریخی برنامه درسی در مورد تغییرات برخی مدل‌ها مانند زمین‌ساخت ورقه‌ای به دانش‌آموزان کمک می‌کند با این جنبه مهم مدل‌سازی بیشتر آشنا شوند.^{۱۱}

انواع مدل‌ها

مدل‌ها به دو نوع ذهنی^{۱۲} و مفهومی^{۱۳} تقسیم می‌شوند. مدل‌های ذهنی درونی، شخصی، ناقص و ناپایدارند. معمولاً برای فکر کردن و معنادار کردن تجارب روزانه‌مان از این نوع مدل‌ها استفاده می‌کنیم. برای مثال خیلی‌ها براساس تجربه‌هایی که در مورد اجسام داغ دارند تصور می‌کنند تابستان‌ها زمین به خورشید نزدیک‌تر است، اما مدل‌های مفهومی ارتباط‌های مهم بین سامانه‌ها و فرایندها در دنیای واقعی را روشن می‌کنند. آن‌ها نوعی نمایش انتزاعی هستند که تنها از برخی جهات با پدیده‌هایی که نشان می‌دهند قابل مقایسه‌اند. این نوع مدل‌ها به درک بهتر یک پدیده، فرایند یا طرح مهندسی کمک می‌کنند. مدل‌های مفهومی با شیوه‌های گوناگون نمایش داده می‌شوند. دیاگرام‌ها، مدل‌های فیزیکی، ارائه‌های ریاضی و آماری، قیاس‌ها و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای از مهم‌ترین شیوه‌های ارائه این نوع مدل‌ها هستند.

مدل‌های ریاضی که معمولاً برای تولید شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای به کار می‌روند، سهم زیادی در مورد افزایش قدرت پیش‌بینی دانشمندان داشته‌اند. برای مثال می‌توان تأثیر افزایش میزان کربن‌دی‌اکسید هوا را بر بازدهی کشاورزی در نقاط مختلف جهان مدل‌سازی کرد. بعضی از مدل‌های ریاضی قدرت یادگیری دارند. این مدل‌ها که بر اساس رهیافتی به نام شبکه عصبی مصنوعی^{۱۴} کار می‌کنند، با استفاده از مقایسه پیش‌بینی‌هایشان با دنیای واقعی بارها از نو تنظیم می‌شوند^{۱۵} تا بتوانند پیش‌بینی‌های دقیق‌تری داشته باشند. شاید در آینده‌ای نه‌چندان دور بتوانیم به کمک این‌گونه مدل‌ها، زمین‌لرزه‌ها را با قطعیت و دقت زیادتری پیش‌بینی کنیم.^{۱۶}

مدل‌های رایانه‌ای کم‌هزینه‌ترند و برای بازسازی شرایط آزمون‌های غیرعادی و بسیار خاص به کار می‌روند. مهندسان هم از انواع مدل‌ها استفاده می‌کنند. تجزیه و تحلیل سامانه‌های موجود برای کشف مشکلات و یافتن راه‌حل‌ها، بهبود طرح‌ها و ساختن پیش‌نمونه‌ها برای آزمون عملکرد طرح، برخی از کاربردهای مدل‌سازی در مهندسی به حساب می‌آیند.

آموزش مدل‌سازی در پایین‌ترین پایه‌های تحصیلی

آغاز می‌شود و با ارتقای دانش بچه‌ها، تنوع و پیچیدگی مدل‌ها افزایش می‌یابد. در مورد کوچک‌ترها، از آن‌ها می‌خواهیم یافته‌های تحقیقشان را به شکل تصویری و گرافیکی ساده ارائه دهند و از این مدل‌ها برای توضیح آنچه رخ داده است، استفاده کنند.

در سال‌های بالاتر، دانش‌آموزان با بیان انتزاعی‌تر روابط، مانند نمودارهایی که بخش خاصی را در یک سیستم نشان می‌دهند، آشنا می‌شوند. دانش‌آموزان دبیرستانی باید بتوانند از نمودارها، نقشه‌ها و معادلات ریاضی برای نمایش پیچیدگی‌های ایده‌هایشان و تبادل یافته‌ها استفاده کنند. در اینجا دو نمونه از تدریس موضوع‌های زمین‌شناختی به کمک مدل‌ها را آورده‌ایم. این فعالیت‌ها برای اجرای دانش‌آموزان در کلاس مناسب‌اند.

مدل‌سازی: کی، کی می‌آید؟

وسایل مورد نیاز: دو دسته کارت مقوایی (دسته «الف»، حروف انگلیسی، دسته «ب»، فسیل‌های نقاشی شده)، مداد، کاغذ (معلم به هر گروه دو دسته کارت می‌دهد که قبلاً خوب آن‌ها را بر زده است).

دستور کار برای مجموعه «الف»

۱- ورق‌ها را روی میز کنار هم بچینید و با مقایسه حروف مشترک روی هر کارت، ترتیب درستشان را تعیین کنید. در گوشه سمت چپ و پایین نخستین کارت، عبارت «کارت ۱، سری الف» نوشته شده است. این کارت، اولین کارت دسته شماس است که در زیر همه کارت‌ها قرار می‌گیرد. اگر دو حرف T و C نشان‌دهنده فسیل‌ها در قدیمی‌ترین لایه باشند، آن‌ها قدیمی‌ترین فسیل‌های تشکیل شده در توالی سنگی شما به حساب می‌آیند.

۲- حالا دنبال کارتی بگردید که در حروفش حرف T یا C هم باشد. چون این کارت دست‌کم یک حرف مشترک با اولین کارت دارد، باید روی کارت «TC» قرار بگیرید. فسیل‌هایی که هر حرف روی این کارت نشان می‌دهند از فسیل‌های T یا C در کارت «TC» جدیدترند. بقیه کارت‌ها را هم به همین صورت مرتب کنید. پس از پایان کار، شما یک دسته عمودی از کارت‌ها دارید که کارت رویی شامل جوان‌ترین فسیل‌های توالی است و کارت TC قدیمی‌ترین فسیل‌های توالی را در بردارد. این دسته کارت‌ها مدلی از یک توالی رسوبی فسیل‌دار به حساب می‌آیند.

پرسش‌ها

پس از مرتب‌کردن کارت‌ها حروف آن‌ها را روی یک تکه کاغذ جداگانه بنویسید. از کارت بالایی شروع کنید،

نشان می‌دهد. به یاد داشته باشید که انقراض همیشگی است و فسیل‌های منقرض شده دیگر در لایه‌های بالاتر ظاهر نخواهند شد. با این اطلاعات یک دسته عمودی از کارت‌ها درست کنید که یک توالی عمودی لایه‌ها را نشان می‌دهند. در این توالی، قدیمی‌ترین لایه در زیر و جوان‌ترین لایه روی دسته قرار می‌گیرد.

پرسش‌ها

حروف نوشته‌شده در پایین و سمت چپ هر کارت را به دنبال هم روی یک برگ کاغذ جداگانه بنویسید. ترتیب حروف باید از جدیدترین لایه به سوی قدیمی‌ترین لایه (یعنی از بالا به پایین) باشد. حروف را از چپ به راست بنویسید. معلم با دیدن آن‌ها، پاسخ‌های شما را بررسی خواهد کرد.

۱. کدام‌یک از فسیل‌ها را می‌توان به‌عنوان فسیل راهنما به کار برد؟
۲. جاندارانی را که نمی‌توان به‌عنوان فسیل‌های راهنما به کار برد، نام ببرید و دلیل نامناسب بودنشان را توضیح دهید.
۳. فسیل‌های معرفی‌شده در این بازی را در چه نوع سنگ‌هایی ممکن است پیدا کنید؟

به‌طوری که حروف یا همان فسیل‌ها از جدید به قدیم (چپ به راست) نوشته شوند. حرف‌های تکراری را یک‌بار بنویسید.

۱. از کجا می‌دانید X از M قدیمی‌تر است؟
۲. توضیح دهید که چرا «D» در لایه سنگی «DM» با «M» هم‌سن است؟
۳. توضیح دهید که چرا «D» در لایه سنگی «OXD» قدیمی‌تر از «D» در لایه سنگی «DM» است؟

دستور کار برای مجموعه «ب»

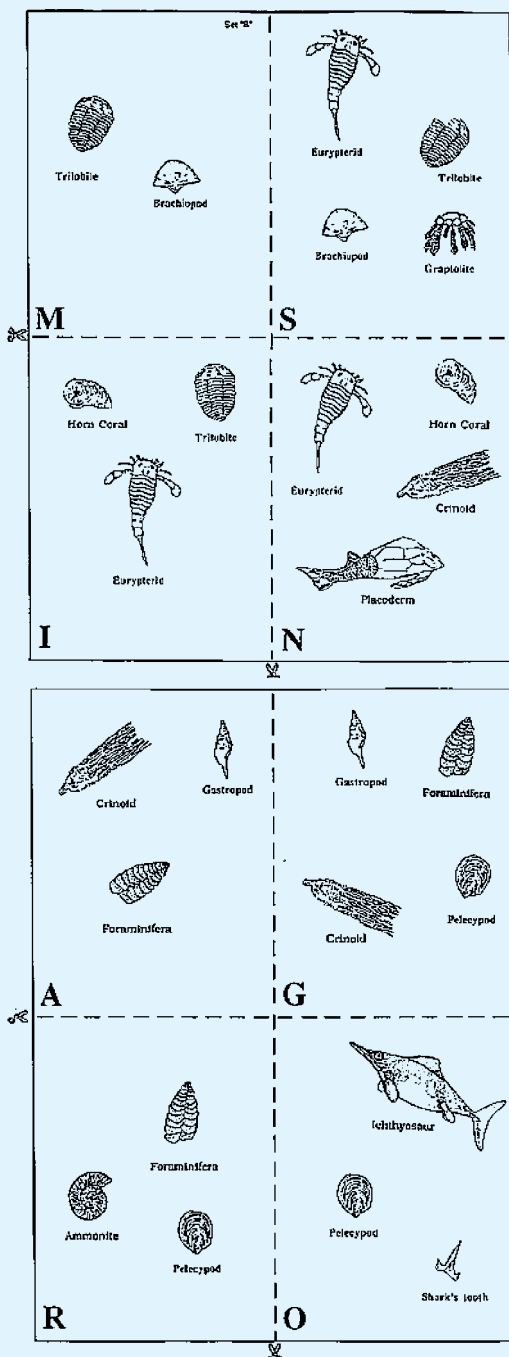
۱. به دقت کارت‌های دسته «ب» را که شامل تصویر فسیل‌ها هستند، بررسی کنید. هر کارت نمایانگر یک لایه سنگی خاص است که مجموعه خاصی از فسیل‌ها را در بر دارد. همه این فسیل‌ها دریایی‌اند. در جدول راهنمای فسیل‌ها اطلاعاتی در مورد آن‌ها به‌دست خواهید آورد.
۲. پایین و سمت چپ قدیمی‌ترین کارت، حرف M نوشته شده است. حروف روی کارت‌های دیگر ترتیب خاصی را نشان نمی‌دهند (فقط به معلم کمک می‌کنند پاسخ شما را بررسی کند). کارتی را پیدا کنید که حداقل یک فسیل مشترک با فسیل‌های قدیمی‌ترین کارت داشته باشد. چون این کارت فسیل‌های تازه‌ای را در بردارد، لایه جوان‌تری را نسبت به قدیمی‌ترین لایه

جدول راهنمای فسیل‌ها

راهنمای فسیل‌های دریایی (مقیاس‌ها رعایت نشده‌اند و نام‌ها غیررسمی هستند)

	نام: بازویا (اسپی‌ریفر) شاخه: بازوپایان توصیف: دارای صدف‌های دوقطعه‌ای و بدن نرم گونه‌های امروزی هم دارند.
	نام: گراپتولیت شاخه: طناب‌داران توصیف: از انواع اولیه طناب‌داران شناور و گروهی، منقرض شده‌اند.
	نام: تریلوبیت (فاکوپس) شاخه: بندپایان بدن سه قسمتی با انواع شناگر و کفزی، انقراض یافته‌اند.
	نام: مرجان شاخی روگوز (زافرانسیس) شاخه: کیسه‌تان توصیف: نوعی مرجان با اسکلت خارجی سخت و ناهموار، منقرض شده است.
	نام: یوری پتريد شاخه: بندپایان توصیف: بسیاری از آن‌ها بزرگ بودند (طول بدن یک گونه نادر به دو متر می‌رسید)، کفزی و شناگر انقراض یافته‌اند.

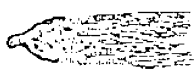









مجموعه «ب»



مدل سازی فیزیکی: مدل گسترش بستر اقیانوس

می‌دانید سنگ‌کره زمین از تعدادی ورقه ساخته شده که نسبت به هم جابه‌جا می‌شوند. وجود یک نرم‌کره خمیری، این حرکت‌ها را امکان‌پذیر می‌کند.

با ساختن این مدل، شما می‌توانید گسترش بستر اقیانوس‌ها را در پشته

	نام: لاله‌وش شاخه: خارتنان توصیف: از اقوام ستاره‌های دریایی که به کف اقیانوس می‌چسبیده‌اند. لاله‌های دریایی امروزی از این گروه‌اند.
	نام: ماهی زردهار شاخه: مهره‌داران توصیف: نوعی ماهی قدیمی با صفحه‌های استخوانی روی بدنش منقرض شده است.
	نام: روزن‌داران (تکستولاریا) شاخه: پرتوزوآ (آغازیان جانورمانند) توصیف: از جانداران آمیبی صدف‌دار
	نام: شکم‌پا شاخه: نرم‌تنان توصیف: مانند حلزون و وابستگان آن انواع امروزی آن فراوان‌اند.
	نام: دوکفه‌ای شاخه: نرم‌تنان توصیف: گوش‌ماهی‌ها و صدف‌ها گونه‌های امروزی‌اش فراوان‌اند.
	نام: ایکتیوسور شاخه: مهره‌داران توصیف: گوشت‌خوار و هوازی که در دریا می‌زیسته است. منقرض شده است.
	نام: آمونیت شاخه: نرم‌تنان توصیف: جانوری شبیه اسکونید که صدف پیچیده و حجره‌دار داشته است. نوتیلوس‌های امروزی از وابستگان آن به حساب می‌آیند.
	نام: دندان کوسه شاخه: طناب‌داران (مهره‌داران) توصیف: ماهی غضروفی گروه‌های امروزی آن متنوع‌اند.
	نام: لاله‌وش شاخه: خارتنان توصیف: از اقوام ستاره‌های دریایی که به کف اقیانوس می‌چسبیده‌اند. لاله‌های دریایی امروزی از این گروه‌اند.
	نام: ماهی زردهار شاخه: مهره‌داران توصیف: نوعی ماهی قدیمی با صفحه‌های استخوانی روی بدنش منقرض شده است.

مجموعه «الف»

TC	CGA
AU	UBN
BN	NO
OXD	DM

شواهد محکمی هستند که نظریه زمین ساخت ورقه‌ای را تأیید کرده‌اند. برای مدل‌سازی این شواهد می‌توانید به شیوه زیر عمل کنید:

هر بار که قسمتی از دو ورق را از پشت میانی (شیار مرکزی) خارج می‌کنید با ماژیک یا مدادشمعی بخش خارج شده را رنگ کنید (از دو رنگ استفاده کنید: یک رنگ برای حالتی مانند حالت امروزی و رنگ دیگر برای حالت معکوس که قطب‌های مغناطیسی وارونه بوده‌اند). این کار را چند بار تکرار کنید.

پس از چند بار تکرار به الگوی رنگارنگ ورقه‌ها در دو سوی شیار مرکزی نگاه کنید. می‌توانید بگویید چرا زمین‌شناسان، این الگوی مغناطیسی را الگوی گورخری ۱۷ نامیده‌اند؟ تقارن آینه‌ای دو گورخر (یک گورخر تصویر دیگری در یک آینه است) چگونه می‌تواند فرضیه گسترش بستر اقیانوس را تأیید کند؟

پی‌نوشت

1. Learning cycle 2. Fair testing 3. pattern seeking
4. Research 5. Classification 6. Modeling
۷. علوم زمین، سال چهارم دبیرستان، فصل نهم، مدل بطلمیوسی.
۸. گالیله با اعلام مشاهده قرص کامل زهره، این مدل را به زیاده‌دان مدل‌های علمی باطل شده فرستاد.
۹. علوم زمین، سال چهارم دبیرستان، فصل سوم، آزمون مدل.
۱۰. منظور از جمله نخست مقاله آلبرت اینشتین، تأکید بر همین ویژگی مهم مدل‌هاست.
۱۱. برای تألیف فصل سوم کتاب علوم زمین چهارم دبیرستان از چنین رویکردی بهره گرفته شده است.
12. Mental 13. Conceptual 14. artificial neural network
۱۵. معمولاً برای تنظیم مجدد، معادله ریاضی مدل را تغییر می‌دهند. این معادله ورودی‌ها را به پیش‌بینی‌هایی که خروجی مدل به حساب می‌آیند، تبدیل می‌کند.
۱۶. به‌تازگی یک دانش‌آموز دبیرستان توانست به کمک یکی از این نوع مدل‌ها که خودش ساخته و تنظیم کرده بود، براساس داده‌های آزمایشگاهی و بالینی، احتمال بدخیم بوده و یک تومور سینه را مشخص کند. این دانش‌آموز یکی از برندگان مسابقه پژوهش‌های دانش‌آموزی گوگل در سال ۲۰۱۲ است.
17. Zebra pattern

منابع

1. علوم زمین، سال چهارم دبیرستان.
2. Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education, National Research Council; a Framework for K-12 Science Education: Practices, 3- Crosscutting Concepts, and Core Ideas, Standards; 2012; National Academies Press.
3. Falin, Lee; what is a neural network?; <http://everydayeinsteintips.com/what-is-a-neural-network.aspx>.
4. Marsha, Barber, and Diana Scheidle Bartos; whoisonfirst? <http://www.ucmp.berkeley.edu/fosrec/BarBar.html>.
5. Michaels, Sarah, Andrew W. Shouse and Heidi A. Schweingruber.; Ready, Set, Science! Putting Research to Work in K-8 Science Classrooms; 2007; National Research Council, National Academies Press.
6. Van Cleave, Janice; Projects in earth science; 1999; John Wiley and sons.

میانی نمایش دهید. با کمی کار بیشتر، به کمک مدلتان می‌توانید حرکت ورقه‌ها در مرزهای همگرا و تراسیسی را هم مدل‌سازی کنید.

چه چیزهایی لازم دارید: چند ورق کاغذ A4، قیچی، یک قوطی استوانه‌ای مقوایی یا پلاستیکی (مثل قوطی‌های بزرگ دارو یا مواد غذایی)، کارت‌اره‌ای (با نظارت یک بزرگ‌تر از آن استفاده کنید).

شیوه کار

۱. کاغذ را از وسط تا بزنید.
 ۲. تای کاغذ را باز کنید و در امتداد خط تا شده، دو تکه آن را از هم جدا کنید.
 ۳. به کمک کارت در یک سمت قوطی یک شیار طولی به اندازه ۱۲ cm × ۰/۵ cm ایجاد کنید (بسته به ابعاد قوطی اندازه‌های شیار می‌تواند تغییر کند).

۴. انتهای دو تکه کاغذ را روی هم بگذارید و آن‌ها را در دو جهت مخالف هم وارد شیار کنید. فقط در حدود پنج سانتی‌متر لبه آن‌ها را بیرون بگذارید (شکل را ببینید).

۵. ته پارک‌های کاغذی را که بیرون شیار مانده‌اند (مانند شکل در حدود پانزده سانتی‌متر) در دو جهت مخالف بیرون بکشید.

مدلی که ساخته‌اید مانند یک اقیانوس در حال گسترش است. محل گسترش اقیانوس رشته‌ای از کوه‌های آتش‌فشانی به نام پشته میانی است. در مرکز پشته میانی یک دره طویل و عمیق به نام دره کافتی دیده می‌شود. شپاری که شما در قوطی به وجود آورده‌اید مدلی از یک دره کافتی است. خروج ماگمای نرم‌کره‌ای در امتداد این شکستگی‌ها موجب تشکیل سنگ‌کره اقیانوسی تازه می‌شود که در دو سری پشته از هم دور می‌شوند. به این فرایند، گسترش بستر اقیانوس می‌گویند.

۶. با ایجاد دو شیار جدید که با شیار اصلی پانزده سانتی‌متر فاصله دارند و گودال‌های اقیانوس را نشان می‌دهند، مرزهای هم‌گرا را نیز روی مدلتان نمایش دهید. برای این کار طبق شکل ۲ از یک مداد و چسب نواری استفاده کنید.



می‌دانید که جهت میدان مغناطیسی زمین بارها تغییر کرده است، یعنی جای قطب‌های شمال و جنوب مغناطیسی آن به‌طور ناگهانی عوض شده‌اند. این میدان و تغییرات آن در سنگ‌کره تازه‌ای که در دو سوی پشته‌های میانی اقیانوس تشکیل می‌شود، نقش می‌بندد. این آثار مغناطیسی قدیمی