

به نام یزدان پاک

همه سوال های

دکترای تخصصی (Ph.D)

ژئومورفولوژی

۱۴۰۴-۱۴۰۵

گردآورندگان

گروه مولفین پردازش

فهرست مطالب

پیش گفتار ۷

آزمون دکترای ژئومورفولوژی ۱۴۰۴

۹	روش تحقیق در جغرافیا.....
۱۱	پاسخ نامه روش تحقیق در جغرافیا.....
۲۲	ژئومورفولوژی (مبانی و ایران).....
۲۴	پاسخ نامه ژئومورفولوژی (مبانی و ایران).....
۳۶	تکنیک ها و مدل ها ژئومورفولوژی
۳۸	پاسخ نامه تکنیک ها و مدل ها ژئومورفولوژی
۵۶	دیدگاه ها و نظریه های ژئومورفولوژی.....
۵۸	پاسخ نامه دیدگاه ها و نظریه های ژئومورفولوژی.....

آزمون دکترای ژئومورفولوژی ۱۴۰۵

۷۴	روش تحقیق در جغرافیا.....
۷۶	پاسخ نامه روش تحقیق در جغرافیا.....
۸۶	ژئومورفولوژی (مبانی و ایران).....
۸۸	پاسخ نامه ژئومورفولوژی (مبانی و ایران).....
۱۰۳	تکنیک ها و مدل ها ژئومورفولوژی
۱۰۵	پاسخ نامه تکنیک ها و مدل ها در ژئومورفولوژی
۱۲۱	دیدگاه ها و نظریه های ژئومورفولوژی.....
۱۲۳	پاسخ نامه دیدگاه ها و نظریه های ژئومورفولوژی.....
۱۲۷	واژه نامه.....
۱۳۳	نمایه موضوعی.....
۱۴۱	منابع.....

پیش‌گفتار و مقدمه مؤلفان

ژئومورفولوژی، علم خوانش چهره زمین و رمزگشایی از پویایی و تحولات پیوسته آن است؛ دانشی که در پیوند با سایر علوم محیطی، بستر درک عمیق‌تر ما از زیستگاه انسانی و مخاطرات آن را فراهم می‌آورد. ورود به عالی‌ترین مقطع تحصیلی در این رشته یعنی مقطع دکترای تخصصی (Ph.D)، نیازمند تسلطی همه‌جانبه، تحلیلی و عمیق بر مبانی، نظریه‌ها، تکنیک‌ها و روش‌شناسی این علم است. کتاب پیش رو که دربرگیرنده تمامی سؤالات آزمون‌های مقطع دکترای تخصصی ژئومورفولوژی در سال‌های ۱۴۰۴ و ۱۴۰۵ است، تنها یک مجموعه تست ساده نیست؛ بلکه یک «درس‌نامه جامع، مرجع و تحلیلی» است که با رسالت ارتقای سطح علمی داوطلبان و پژوهشگران این عرصه توسط «گروه مؤلفین پردازش» تدوین و گردآوری شده است.

روش‌شناسی و معماری علمی مجموعه

شالوده این اثر ماندگار بر اساس اصولی دقیق و استانداردهای روز آکادمیک بنا شده است تا پاسخی درخور به نیازهای علمی داوطلبان سطح دکتری ارائه دهد. روش کار در تهیه این مجموعه مبتنی بر ارکان زیر بوده است:

- **انطباق با مراجع رسمی:** تمامی مباحث و پاسخ‌ها بر اساس آخرین سرفصل‌های مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و منابع رسمی معرفی‌شده برای آزمون دکتری تنظیم شده‌اند.
- **بهره‌گیری از دانش روزآمد:** در تشریح پاسخ‌ها، صرفاً به منابع کلاسیک اکتفا نشده، بلکه از دستاوردهای نوین و منابع استاندارد جهانی در حوزه علوم زمین و جغرافیای مدرن بهره‌گرفته شده است.
- **کالبدشکافی مفهومی سؤالات:** رویکرد مؤلفین در این کتاب، فاصله گرفتن از پاسخ‌گویی سطحی و کلیدی است. هر سؤال بهانه‌ای برای مرور یک مفهوم بزرگ‌تر علمی است تا ذهن خواننده برای مواجهه با هرگونه سؤال مشابه در آینده آماده شود.

محتویات و ساختار کتاب

این مجموعه، با پوشش کامل مواد امتحانی آزمون‌های دکتری، در چهار بخش و ستون اصلی طراحی شده است:

- **روش تحقیق در جغرافیا:** واکاوی مفاهیم بنیادین روش‌شناسی، پارادایم‌های فلسفی، استدلال‌های منطقی (قیاس و استقرا)، انواع طرح‌های پژوهشی و تکنیک‌های نمونه‌گیری و آمار فضایی.

- **ژئومورفولوژی مابانی و ایران:** بررسی تحلیلی فرآیندهای درون‌زاد و برون‌زاد زمین، ژئومورفولوژی ساختمانی، رسوب‌شناسی و تمرکز ویژه بر واحدهای مورفوتکتونیک، گسل‌ها و لندفرم‌های شاخص فلات ایران.

- **تکنیک‌ها و مدل‌ها در ژئومورفولوژی:** تمرکز بر ابزارهای کاربردی، از سنجش از دور و کارتوگرافی ژئومورفولوژیک گرفته تا روش‌های سن‌سنجی مطلق، آزمایش‌های مکانیک خاک و مدل‌سازی‌های هیدرودینامیکی.

- **دیدگاه‌ها و نظریه‌های ژئومورفولوژی:** سفر در تاریخ اندیشه‌های این علم؛ از چرخه فرسایش دیویس و اصل یکنواختی هاتن تا نظریه عمومی سیستم‌ها، تعادل دینامیک و تحلیل‌های پدیدارشناسانه در فرم‌های زمین.

ساختار منحصر به فرد پاسخ‌نامه‌های تشریحی

وجه تمایز و ارزش حقیقی این اثر، در معماری مهندسی شده و دقیق پاسخ‌نامه‌های آن نهفته است. برای هر پرسش، پروتکل علمی مشخصی به شرح زیر اجرا شده است:

- **شناسایی و تبیین موضوع فیزیکی/نظری:** در گام نخست، هسته کانونی سؤال و جایگاه آن در نقشه جامع علم ژئومورفولوژی به روشنی تبیین می‌شود.

- **پاسخ تشریحی و مستدل:** گزینه صحیح نه تنها معرفی، بلکه با زبانی شیوا و استدلال‌های قوی علمی، اثبات و کالبدشکافی می‌شود.

- **بررسی سایر گزینه‌ها (آسیب‌شناسی خطاها):** دلیل نادرست بودن سایر گزینه‌ها با دقت بررسی می‌شود تا تله‌های طراحان سؤال و کج‌فهمی‌های رایج علمی برای داوطلب آشکار گردد.

- **نکات تکمیلی:** در پایان هر پاسخ، افق‌های جدیدی از کاربردهای آن مفهوم در مطالعات نوین ژئومورفولوژی گشوده می‌شود تا جنبه آموزشی و مرجع بودن کتاب به کمال برسد.

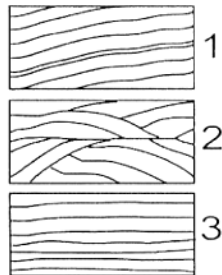
امید است این مجموعه غنی و ساختاریافته، همچون چراغی روشن، مسیر پرفراز و نشیب داوطلبان و جویندگان علم در مقطع دکترای تخصصی ژئومورفولوژی را هموار سازد و گامی مؤثر در اعتلای دانش جغرافیای طبیعی کشور بردارد.

گروه مولفین پردازش

تابستان ۱۴۰۵

۳۱. در یک دره کوهستانی، کدام ویژگی می‌تواند ملاک تفکیک پادگانه رودخانه‌ای از یک پادگانه دریاچه‌ای با منشأ سدی لغزشی باشد؟

- (۱) ضخامت لایه رسوبی
- (۲) تغییر درجه گردشگی
- (۳) تناوب لایه‌های رسوبی
- (۴) جورشدگی در لایه رسوبی



۳۲. ساختمان چینه‌بندی در شکل زیر، به ترتیب (۱، ۲ و ۳) مربوط به کدام محیط رسوبی است؟

- (۱) مخروط افکنه‌ای - فرسایش بادی - دریاچه‌ای
- (۲) ساحلی - مخروط افکنه‌ای - رودخانه‌ای
- (۳) ماسه بادی - مئاندری - تالابی
- (۴) پلایا - سیلابی - دریایی

۳۳. در نمونه‌های رسوبی مغزه‌گیری شده از یک محیط دریاچه‌ای و در تناوب لایه‌های برداشت شده، کدام ویژگی لایه‌های رسوبی می‌تواند نهشته‌گذاری را در شرایط دوره گرم نشان دهد؟

- (۱) کاهش بقایای زیستی
- (۲) افزایش کربنات کلسیم
- (۳) افزایش اسیدیته رسوب
- (۴) افزایش قطر ذرات رسوبی

۳۴. برای اندازه‌گیری اسیدیته رسوبات و خاک، آماده‌سازی نمونه‌ها به کدام روش انجام می‌پذیرد؟

- (۱) تهیه عصاره اشباع
- (۲) پودر کردن نمونه
- (۳) جدا کردن رس با کاغذ صافی
- (۴) جدا کردن ذرات ریز با الک و شیکر

۳۵. سن کدام یک از اشکال تراکمی بادی را می‌توان روی زمین و بدون کار آزمایشگاهی تعیین کرد؟

- (۱) پیکان ماسه‌ای
- (۲) هرم ماسه‌ای
- (۳) نیکا

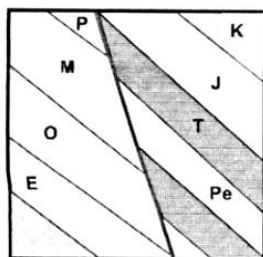


۳۶. شکل زیر رتبه‌بندی شبکه آب‌ها توسط کدام یک از افراد را نشان می‌دهد؟

- (۱) شرو
- (۲) استرالر
- (۳) هورتون
- (۴) شیدگر

۳۷. کدام ویژگی فیزیکی رسوبات و نهشته‌های رودخانه‌ای، نشانگر تناوب دوره‌ای نیروی جریان است؟

- (۱) تغییرات ضخامت در ساختمان لایه‌بندی
- (۲) افزایش درجه همگنی در بافت رسوبی
- (۳) تناوب بافت در لایه‌بندی رسوبات
- (۴) افزایش درجه گردشگی نهشته‌ها



- P پلیوسن
M میوسن
O الیگوسن
E انوسن
K کرتاسه
J ژوراسیک
T تریاس
Pe پرمین

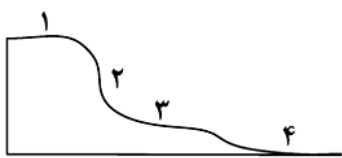
۳۸. در شکل زیر، به ترتیب، قطعه فرارو گسل و نوع گسل کدام است؟

- (۱) قطعه سمت راست - موافق معکوس
- (۲) بلوک سمت چپ - مخالف معکوس
- (۳) بلوک سمت راست - مخالف عادی
- (۴) قطعه سمت چپ - موافق عادی

۳۹. نیمرخ‌های سوپراپیمپوز (superimpose)، در کدام زمینه‌های پژوهشی ژئومورفولوژی کاربرد بیشتری دارند؟

- (۱) نمایش سطح مقطع افقی عوارض توپوگرافیک
- (۲) نمایش تغییرات شیب توپوگرافی یک عارضه
- (۳) بازسازی و نمایش شرایط دینامیکی جریان
- (۴) مقایسه تغییرات زمانی - مکانی لندفرمی



۴۰. از ابزار کاساگرانده، برای اندازه کدام ویژگی خاک، استفاده می‌شود؟
 (۱) حد روانی (۲) حد خمیری (۳) وزن مخصوص (۴) توان برش مستقیم
۴۱. نسبت بین مساحت حوضه آبریز جاری به مساحت حوضه آبریز نظری، بیانگر کدام ضریب است؟
 (۱) جریان (۲) شکل (۳) زهکشی (۴) گراولبوس
۴۲. برای دانه‌سنجی رسوبات ریزدانه در حد سیلت و رس، کدام روش نتایج دقیق‌تری به دست می‌کند؟
 (۱) گرانولومتری (۲) هیدرومتری (۳) وزن مخصوص (۴) الک شیکر مرطوب
۴۳. با افزایش رده مساحت در حوضه‌های آبریز، پتانسیل فرسایش ورقه‌ای چه تغییری می‌نماید؟
 (۱) کاهش می‌یابد. (۲) افزایش می‌یابد. (۳) ارتباط ندارند. (۴) تغییر نمی‌کند.
۴۴. در تهیه نقشه توان اکولوژیک یک منطقه، قدرت تفکیک زمانی و مکانی کدام سنجنده، بالاتر است؟
 (۱) IKONOS (۲) AVHRR (۳) ETM⁺ (۴) SPOT
۴۵. در کدام روش نمونه‌برداری رسوب برای سن‌سنجی، نمونه نباید نور ببیند؟
 (۱) روبیدیم - استرانسیوم (۲) پتاسیم آرگون (۳) کربن ۱۴ (۴) OSL
۴۶. کدام مورد، درخصوص تأثیر آب در وقوع حرکات توده‌ای درست است؟
 (۱) حضور آب و افزایش وزن ناشی از آن، تأثیر نیروی جاذبه را کاهش داده و باعث حرکت مواد می‌شود.
 (۲) آب مقاومت برشی بر روی دامنه‌ها را افزایش می‌دهد.
 (۳) آب باعث کاهش چسبندگی مواد می‌شود.
 (۴) آب فشار منفذی را کاهش می‌دهد.
۴۷. فرایند خزش، در کدام بخش از مدل فرضی دامنه غالب است؟
 (۱) ۴ (۲) ۳ (۳) ۲ (۴) ۱
- 
۴۸. برای محاسبه شعاع هیدرولیک، کدام تکنیک برای اندازه‌گیری بهتر است؟
 (۱) نقشه‌برداری میدانی (۲) تحلیل منحنی‌های تراز (۳) تفسیر تصاویر ماهواره‌ای (۴) استفاده مدل‌های رقومی ارتفاع
۴۹. مهم‌ترین اصل که باید در نمونه‌گیری مکعب رسوبی رعایت شود، کدام است؟
 (۱) مطالعه اولیه در محل (۲) حمل سریع به آزمایشگاه (۳) جداسازی صحیح نمونه از سایت (۴) حمل محافظت‌شده و بدون تخریب
۵۰. برای ترسیم نقشه‌های ژئومورفولوژی و توجیه تفاوت‌های مورفومتری لندفرم‌ها، نمایش ویژگی‌های سنگ‌شناسی از کدام نظر اهمیت پیدا می‌کند؟
 (۱) تفاوت‌های سنی و زمان تشکیل (۲) مقاومت و فرسایش‌پذیری (۳) نوع سازندهای زمین‌شناسی (۴) تنوع لیتولوژیک و ساختمان



موضوع سوال:

موضوع این سؤال به رسوب‌شناسی محیط‌های ژئومورفیک (تفاوت رخساره‌های فلوویال در برابر رخساره‌های لاکوسترین) و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی رسوبات در پادگانه‌ها اختصاص دارد. تمرکز اصلی بر تبیین تفاوت دینامیک جریان و انرژی محیط رسوب‌گذاری است که مستقیماً بر بافت رسوبات، به‌ویژه شاخص «جورشدگی» (Sorting) ذرات، تأثیر می‌گذارد.

پاسخ تشریحی:

در محیط‌های رودخانه‌ای واقع در دره‌های کوهستانی، به دلیل شیب زیاد بستر، نوسانات شدید دبی و انرژی بالای جریان، توانایی حمل ذرات در ابعاد گوناگون وجود دارد. در این شرایط، رسوبات معمولاً از اندازه‌های مختلف (قلوه‌سنگ، شن، ماسه و سیلت) تشکیل شده و به صورت درهم‌آمیخته نهشته می‌شوند؛ از این رو، جورشدگی در پادگانه‌های رودخانه‌ای کوهستانی ضعیف تا متوسط است.

در مقابل، زمانی که یک توده لغزشی مسیر رودخانه را مسدود می‌کند، یک محیط دریاچه‌ای (محیطی آرام، ایستابی و با انرژی بسیار پایین) در پشت سد تشکیل می‌گردد. در این محیط، ذرات بر اساس قانون استوکس و به تفکیک اندازه و وزن ته‌نشین می‌شوند. به این ترتیب که ذرات درشت‌تر در حاشیه دریاچه رها شده و ذرات بسیار ریز (سیلت و رس) به صورت معلق به بخش‌های مرکزی‌تر و عمیق‌تر منتقل شده و به آرامی رسوب می‌کنند. این مکانیزم آرام، باعث ایجاد لایه‌های رسوبی با جورشدگی بسیار عالی و یکنواخت می‌شود. بنابراین، با سنجش میزان جورشدگی ذرات در یک لایه مشخص از پادگانه، می‌توان با قطعیت بالایی تشخیص داد که آن لایه حاصل جریان متلاطم و پراانرژی رودخانه است یا در محیط آرام یک دریاچه سدی نهشته شده است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- **گزینه ۱ (ضخامت لایه رسوبی):** ضخامت رسوبات به عواملی چون میزان آورد رسوب حوضه، عمق محیط رسوب‌گذاری و مدت زمان پایداری آن بستگی دارد. این ضخامت در هر دو محیط رودخانه‌ای و دریاچه‌ای می‌تواند بسیار متغیر باشد، در نتیجه ملاک تشخیصی استاندارد برای تفکیک ژنتیک پادگانه محسوب نمی‌شود.
- **گزینه ۲ (تغییر درجه گردشدگی):** گردشدگی (Roundness) ذرات، در درجه اول تابعی از مسافت طی شده توسط رسوب و شدت سایش مکانیکی ذرات به یکدیگر است. در یک دره کوهستانی، خواه رسوبات مستقیماً توسط رودخانه نهشته شوند و خواه وارد دریاچه سدی گردند، منشأ محلی دارند و ممکن است مسافت کوتاهی را طی کرده باشند. لذا تفاوت معنادار و سیستماتیکی در درجه گردشدگی برای تفکیک این دو نوع پادگانه ایجاد نمی‌شود.
- **گزینه ۳ (تناوب لایه‌های رسوبی):** تناوب لایه‌بندی در هر دو محیط امری شایع است. در محیط رودخانه‌ای این تناوب ناشی از تغییرات دبی (سیلاب‌ها و فصول کم‌آب) است و لایه‌های ریز و درشت را می‌سازد. در محیط دریاچه‌ای نیز این تناوب به شکل واروهای فصلی (Varves - لایه‌های تیره و روشن متناوب) دیده می‌شود. از آنجا که پدیده تناوب رسوبی بین هر دو محیط مشترک است، نمی‌تواند ملاک افتراق ژنتیکی قرار گیرد.

موضوع سوال:

این سؤال به یکی از پایه‌ای‌ترین مباحث رسوب‌شناسی و ژئومورفولوژی دیرینه، یعنی «تفسیر محیط‌های رسوب‌گذاری بر اساس ساختارهای رسوبی اولیه» (Primary Sedimentary Structures) می‌پردازد. اشکال ارائه‌شده در صورت سؤال، شماتیک‌های استاندارد از چینه‌بندی‌ها (Stratification) هستند که هر یک بازتاب‌دهنده شرایط هیدرودینامیکی و آیرودینامیکی خاص در زمان نهشته‌شدن ذرات می‌باشند.

پاسخ تشریحی:

برای تشخیص صحیح، باید ساختار هندسی هر یک از بلوک‌های رسم‌شده را از منظر دینامیک سیالات (آب یا باد) تحلیل کرد:

- **شکل (۱) - مخروط افکنه (Alluvial Fan):** این تصویر نمایانگر «چینه‌بندی متقاطع مسطح» (Planar / Tabular cross-bedding) با شیب‌های ملایم و لایه‌های تقریباً موازی اما زاویه‌دار نسبت به سطح افق است. این ساختار معمولاً محصول مهاجرت



میکرودلته‌ها، سدهای شنی مستقیم و جریان‌های ورقه‌ای (Sheet floods) در محیط‌های با انرژی متوسط تا بالا است که بارزترین نمونه خشکی آن در دامنه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها دیده می‌شود.

• **شکل (۲) - فرسایش بادی (Aeolian):** این بخش، «چینه‌بندی متقاطع دره‌ای» (Trough cross-bedding) در مقیاس بزرگ یا ساختار فستونی (Festoon) را نشان می‌دهد. به دلیل تغییرات مکرر جهت باد و مهاجرت تپه‌های ماسه‌ای (Dunes)، لایه‌های رسوبی به صورت گوه‌ای و متقاطع روی هم قرار می‌گیرند. این لایه‌بندی متقاطع با زوایای تند و برش‌های متوالی، امضای قطعی محیط‌های بادی و بیابانی است.

• **شکل (۳) - دریاچه‌ای (Lacustrine):** تصویر سوم، «لایه‌بندی افقی و موازی» (Parallel lamination) بسیار منظم را به تصویر می‌کشد. شکل‌گیری چنین لایه‌های یکنواختی نیازمند یک محیط ایستایی، بسیار آرام و بدون تلاطم است تا ذرات ریزدانه (سیلت و رس) بتوانند بر اساس وزن خود و به صورت معلق در طول زمان ته‌نشین شوند. دریاچه‌ها بهترین و کلاسیک‌ترین محیط برای تشکیل این نوع ساختار (مانند واروها یا لایه‌های فصلی) هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

• **گزینه ۲:** محیط «ساحلی» معمولاً دارای چینه‌بندی متقاطع دوطرفه (به دلیل جزر و مد) است که با شکل ۱ همخوانی ندارد. همچنین شکل ۳ نمی‌تواند نشانگر محیط «رودخانه‌ای» باشد، زیرا رودخانه‌ها محیط‌هایی پرنرژی و متلاطم‌اند که ساختارهای متقاطع و نامنظم می‌سازند، نه لایه‌های کاملاً افقی و آرام.

• **گزینه ۳:** شکل ۱ به هیچ‌وجه نماد «ماسه بادی» نیست؛ ماسه بادی نیازمند ساختار پیچیده‌تری است که در شکل ۲ دیده می‌شود. هرچند شکل ۳ می‌تواند تا حدی شبیه رسوبات تالابی باشد، اما جابه‌جایی نادرست محیط‌ها در بخش اول و دوم، کل گزینه را باطل می‌کند.

• **گزینه ۴:** «پلایا» عمدتاً با رسوبات تبخیری و گلی ترک‌دار شناخته می‌شود و لایه‌بندی جریانی شکل ۱ را توجیه نمی‌کند. همچنین «سیلابی» بودن لزوماً ساختار پیچیده بادی در شکل ۲ را ایجاد نمی‌کند.

نکات تکمیلی:

مطالعه ساختارهای رسوبی یکی از کاربردهای کلیدی اصل یکنواختی (Uniformitarianism) در ژئومورفولوژی است («حال، کلید گذشته است»). محققان با بررسی هندسه چینه‌بندی‌ها در رخنمون‌های سنگی، می‌توانند جهت جریان‌های دیرینه (Paleocurrents)، رژیم بادهای باستانی و تغییرات اقلیمی در دوره‌های گذشته زمین‌شناسی را با دقت بالایی بازسازی کنند. به عنوان مثال، ابعاد و زاویه شیب در چینه‌بندی‌های بادی، سرعت و جهت باد غالب در میلیون‌ها سال پیش را مشخص می‌کند.

۳۳. گزینه ۲

موضوع سوال:

موضوع این سؤال به کاربرد «شواهد و شاخص‌های غیرمستقیم» (Proxy Data) در دیرینه‌اقلیم‌شناسی (Paleoclimatology) و دیرینه‌دریاچه‌شناسی (Paleolimnology) اختصاص دارد. هدف، تفسیر شرایط آب‌وهوایی گذشته با استفاده از ویژگی‌های ژئوشیمیایی، زیستی و فیزیکی نهشته‌های رسوبی مغزه‌گیری شده (Coring) از بستر دریاچه‌هاست.

پاسخ تشریحی:

دریاچه‌ها سیستم‌های حساسی هستند که به سرعت به تغییرات اقلیمی واکنش نشان می‌دهند. در دوره‌های گرم اقلیمی، دو فرایند اصلی فیزیکی‌وشیمیایی و بیولوژیکی در محیط دریاچه رخ می‌دهد که منجر به «افزایش رسوب‌گذاری کربنات کلسیم ($CaCO_3$)» می‌گردد:

اولاً، با افزایش دما، میزان تبخیر از سطح دریاچه بالا می‌رود. این امر باعث تغلیظ یون‌های محلول در آب (از جمله کلسیم و بی‌کربنات) شده و آب را به سمت اشباع و فوق‌اشباع شدن از کربنات کلسیم سوق می‌دهد.

ثانیاً (و مهم‌تر)، انحلال‌پذیری گاز دی‌اکسید کربن CO_2 در آب گرم کمتر از آب سرد است. خروج CO_2 از آب باعث کاهش اسید کربنیک و در نتیجه افزایش pH (قلیایی شدن آب) می‌شود. هم‌زمان، در شرایط گرم، فعالیت و شکوفایی فیتوپلانکتون‌ها و جلبک‌ها (نظیر جلبک‌های سبز-آبی) به شدت افزایش می‌یابد. این میکروارگانیسم‌ها برای فتوسنتز، CO_2 محلول در آب را مصرف می‌کنند. کاهش شدید CO_2 به دلیل فتوسنتز و گرمای آب، تعادل شیمیایی را بر هم زده و منجر به رسوب‌گذاری مستقیم کربنات



کلسیم به صورت کلسیت یا آراگونیت (اغلب به شکل لایه‌های مارن یا آهک دریاچه‌ای) در بستر می‌شود. بنابراین، پیک‌های بالای کربنات کلسیم در مغزه‌های رسوبی، شاخصی قوی برای دوره‌های گرم و خشک (با تبخیر بالا و فعالیت زیستی زیاد) است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- گزینه ۱ (کاهش بقایای زیستی): در دوره‌های گرم، به دلیل مساعد بودن شرایط دمایی و نوری، تولیدات اولیه (Primary Productivity) و بیومس دریاچه افزایش می‌یابد. در نتیجه، بقایای زیستی (نظیر دیاتومه‌ها، استراکدها، گرده گیاهان و بقایای جلبکی) در رسوبات این دوره‌ها معمولاً «افزایش» می‌یابد، نه کاهش. کاهش بقایای زیستی بیشتر مشخصه دوره‌های سرد (یخچالی) با بهره‌وری پایین است.
- گزینه ۲ (افزایش اسیددیده رسوب): همان‌طور که در تشریح پاسخ بیان شد، گرم شدن آب و مصرف CO_2 توسط ارگانیسم‌ها باعث «کاهش» اسیددیده (افزایش pH و قلپایی شدن محیط) می‌شود. محیط اسیدی معمولاً مانع از ته‌نشینی کربنات کلسیم شده و حتی باعث انحلال آن می‌گردد.
- گزینه ۴ (افزایش قطر ذرات رسوبی): قطر ذرات (اندازه دانه) بیشتر تابعی از انرژی جریان ورودی به دریاچه است. افزایش قطر ذرات (وجود ماسه و سیلت درشت به جای رس) معمولاً نشان‌دهنده دوره‌های مرطوب (پرباران) با سیلاب‌های شدید و دبی بالای رودخانه‌های ورودی، و یا دوره‌های سرد (ذوب متلاطم یخچال‌ها) است. در دوره‌های گرم که تبخیر غالب است و دبی ورودی کاهش می‌یابد، انرژی محیط افت کرده و ذرات دانه‌ریزتر (رس و سیلت ظریف) همراه با نهشته‌های شیمیایی ته‌نشین می‌شوند.

نکات تکمیلی:

در مطالعات پیشرفته دیرینه‌اقلیم‌شناسی، صرفاً به سنجش مقدار کلسیم کربنات اکتفا نمی‌شود، بلکه ایزوتوپ‌های اکسیژن (O^{16}/O^{18}) موجود در صدف استراکدها یا کربنات‌های اتوژنیک (درجاساز) نیز اندازه‌گیری می‌شود. در دوره‌های گرم که تبخیر شدید است، ایزوتوپ سبک‌تر (O^{16}) تبخیر شده و دریاچه از ایزوتوپ سنگین‌تر (O^{18}) غنی می‌شود. بنابراین، لایه‌های کربناتی که دارای مقادیر بالای ایزوتوپ سنگین اکسیژن هستند، سندی قطعی از دوره‌های گرم و خشک در تاریخچه دریاچه محسوب می‌شوند.

۳۴. گزینه ۱)

موضوع سوال:

این پرسش به مبحث آنالیزهای آزمایشگاهی در ژئومورفولوژی کاربردی و خاک‌شناسی (پدولوژی) تعلق دارد و هدف آن، شناسایی روش استاندارد آماده‌سازی نمونه‌های رسوب جهت سنجش پارامترهای شیمیایی فاز مایع، به‌ویژه میزان اسیددیده (pH) و هدایت الکتریکی (EC) است.

پاسخ تشریحی:

اسیددیده یا pH، معیاری برای بیان غلظت یون‌های هیدروژن (H^+) در یک محلول آبی است و در محیط‌های خشکی، این پارامتر وضعیت اسیدی یا قلپایی بودن «محلول خاک» را نشان می‌دهد. از آنجا که ماهیت فیزیکی اسیددیده نیازمند یک فاز مایع است، به هیچ‌وجه نمی‌توان pH را مستقیماً روی ذرات جامد و خشک رسوب اندازه‌گیری کرد.

بنابراین، اساسی‌ترین و علمی‌ترین مرحله برای آماده‌سازی نمونه جهت سنجش اسیددیده، «تهیه عصاره اشباع» (Saturated Paste Extract) یا تهیه سوسپانسیون استاندارد خاک و آب است. در این روش آزمایشگاهی، مقدار مشخصی از آب مقطر به آرامی به نمونه خاک (که قبلاً در هوای آزاد خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور کرده است) افزوده می‌شود تا تمام منافذ کاپیلاری و غیرکاپیلاری آن پر شود و خاک به حالت خمیری براق (نقطه اشباع) برسد. پس از رسیدن نمونه به تعادل شیمیایی و تبادل یونی کامل بین ذرات جامد و آب، فاز مایع با استفاده از پمپ خلأ استخراج شده و الکتروود دستگاه pH متر برای خوانش دقیق اعداد، مستقیماً درون این عصاره آبی قرار می‌گیرد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- گزینه ۲ (پودر کردن نمونه): پودر کردن و آسیاب شدید نمونه‌ها عمده‌تاً برای آنالیزهای کانی‌شناسی نظیر پراش اشعه ایکس (XRD) یا فلوئورسانس اشعه ایکس (XRF) کاربرد دارد. برای سنجش pH، پودر کردن نمونه توصیه نمی‌شود زیرا باعث شکستن



ساختمان طبیعی ذرات، آزاد شدن یون‌های جدید از داخل شبکه بلوری و در نتیجه ایجاد خطای فاحش در محاسبه اسیدیته واقعی محلول خاک می‌گردد.

- **گزینه ۳ (جدا کردن رس با کاغذ صافی):** کاغذ صافی در مراحل پایانی و صرفاً برای فیلتر کردن عصاره و شفاف‌سازی آن (حذف ذرات معلق) استفاده می‌شود. عمل «جدا کردن رس» ماهیت فیزیکی دارد و روش پایه برای آماده‌سازی شیمیایی سنجش pH محسوب نمی‌شود.
- **گزینه ۴ (جدا کردن ذرات ریز با الک و شیکر):** استفاده از مجموعه الک‌ها و دستگاه شیکر (Sieve Shaker) مختص آنالیزهای فیزیکی، دانه‌بندی (Granulometry) و تعیین بافت خاک است. اگرچه نمونه‌ها پیش از آزمایش شیمیایی از یک الک استاندارد عبور داده می‌شوند، اما عملیات الک و شیکر به‌تنهایی امکان خوانش pH را فراهم نمی‌کند و ارتباطی با ماهیت سنجش اسیدیته ندارد.

۳۵. گزینه ۳

موضوع سوال:

این پرسش به تکنیک‌های سن‌سنجی (Dating Methods) در ژئومورفولوژی مناطق خشک و بیابانی می‌پردازد. نقطه تمرکز سؤال، تمایز قائل شدن بین روش‌های سن‌سنجی مطلق آزمایشگاهی (مانند لومینسانس نوری یا ایزوتوپ‌ها) و روش‌های میدانی مبتنی بر شواهد زیست‌محیطی (مانند دندروژئومورفولوژی یا سن‌سنجی درختی) برای لندفرم‌های ماسه‌ای است.

پاسخ تشریحی:

«نبوکا» (Nebkha) که به آن تپه ماسه‌ای گیاه‌زاد (Phytogenic dune) یا تپه بیشه‌ای (Coppice dune) نیز می‌گویند، شکل تراکمی خاصی است که در اثر برخورد باد حامل ذرات ماسه با موانع گیاهی (اغلب بوته‌ها و درختچه‌های مقاوم بیابانی مانند گز، تاغ یا اسکنبیل) ایجاد می‌شود. با انباشت تدریجی ماسه در پای گیاه، بوته برای جلوگیری از مدفون شدن و خفگی، ساقه خود را به سمت بالا رشد می‌دهد.

محقق ژئومورفولوژیست می‌تواند مستقیماً در محیط میدانی (روی زمین) با حفر ترانشه در بدنه نبوکا و رسیدن به ساقه یا ریشه اصلی گیاه مدفون، از تکنیک «دندروکرونولوژی» (Dendrochronology) یا شمارش حلقه‌های رشد سالانه درخت استفاده کند. با شمارش حلقه‌های ساقه در سطوح مختلف مدفون‌شده، نه تنها سن کل تلماسه، بلکه نرخ و سرعت انباشت ماسه در سال‌های مختلف بدون نیاز به هیچ‌گونه تجهیزات پیچیده و گران‌قیمت آزمایشگاهی قابل محاسبه است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- **گزینه ۱ (پیکان ماسه‌ای):** پیکان‌های ماسه‌ای (Sand shadows/drifts) در اثر تجمع موقت ماسه در پشت موانع فیزیکی (مانند سنگ‌ها یا صخره‌ها) تشکیل می‌شوند. این اشکال فاقد هسته بیولوژیک (گیاه زنده) هستند و سن‌سنجی آن‌ها نیازمند نمونه‌برداری تاریک و انتقال به آزمایشگاه برای انجام تکنیک OSL (لومینسانس تحریک‌شده نوری) است.
- **گزینه ۲ (هرم ماسه‌ای):** هرم‌های ماسه‌ای (Star dunes) تلماسه‌های غول‌پیکر و پیچیده‌ای هستند که از وزش بادهای چندجهته شکل می‌گیرند. تعیین سن این ساختارهای عظیم صرفاً با حفاری‌های عمیق، مغزه‌گیری و تکنیک‌های پیشرفته آزمایشگاهی (رادایومتریک یا لومینسانس) روی کانی‌های کوارتز و فلدسپات امکان‌پذیر است.
- **گزینه ۴ (برخان):** برخان‌ها تلماسه‌های هلالی‌شکل فعال و به شدت مهاجری هستند. نرخ جابه‌جایی آن‌ها بالاست و ماسه‌ها دائماً در حال زیر و رو شدن هستند. برای تعیین زمان آخرین باری که ذرات ماسه در لایه‌های زیرین برخان نور خورشید را دیده‌اند، استفاده از روش آزمایشگاهی OSL الزامی است و هیچ شاهده‌ای برای تعیین سن چشمی در میدان ندارند.

نکات تکمیلی:

نبوکاها علاوه بر اهمیت در سن‌سنجی حقایق ارزشمندی از تغییرات اکولوژیک یک منطقه را نیز در خود ثبت می‌کنند. ظهور گسترده نبوکاها در حاشیه زمین‌های کشاورزی یا مراتع، اغلب به عنوان یکی از شاخص‌های برجسته (Indicators) وقوع پدیده بیابان‌زایی (Desertification) و تخریب اراضی شناخته می‌شود؛ چرا که نشان‌دهنده از بین رفتن پوشش یکپارچه خاک و فعال شدن فرسایش بادی در اطراف بوته‌های منفرد و مقاوم است.



۳۶. گزینه ۲)

موضوع سوال:

موضوع این سؤال به هیدرومورفولوژی و تحلیل‌های کمی شبکه‌های زهکشی (مورفومتری حوضه‌های آبریز) اختصاص دارد. هدف، شناسایی الگوهای توپولوژیک و روش‌های اختصاص رتبه به آبراهه‌هاست که برای نخستین بار پایه‌های ریاضی و مهندسی را وارد ژئومورفولوژی رودخانه‌ای کرد و امکان تحلیل هندسی جریان‌های سطحی را فراهم آورد.

پاسخ تشریحی:

در تصویر ارائه‌شده، تمام سرشاخه‌های اولیه که هیچ انشعابی دریافت نمی‌کنند، عدد ۱ را به خود اختصاص داده‌اند. با تلاقی دو سرشاخه رتبه ۱، آبراهه رتبه ۲ شکل گرفته است. اما نکته کلیدی این الگو، تلاقی آبراهه‌هایی با رتبه‌های متفاوت است؛ به گونه‌ای که با اتصال یک آبراهه رتبه ۱ به آبراهه رتبه ۲، رتبه جریان تغییر نکرده و همان ۲ باقی مانده است. ارتقای رتبه تنها زمانی رخ داده که دو آبراهه هم‌رتبه (مثلاً ۲ و ۲) به هم پیوسته‌اند تا رتبه ۳ را بسازند و این روند تا رسیدن به خروجی حوضه (رتبه ۴) ادامه یافته است.

این قوانین ریاضی و منطقی، دقیقاً و انحصاراً معرف «روش استرالر» (Arthur Newell Strahler - ۱۹۵۲) است. استرالر با اصلاح و ساده‌سازی روش پیچیده هورتون، سیستمی را ابداع کرد که کاملاً عینی و بر پایه ساختار شاخه‌ای است. این روش امروزه به عنوان استانداردترین و پرکاربردترین متد در نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مطالعات هیدروولوژی برای رتبه‌بندی رودخانه‌ها در سطح جهان استفاده می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- (۱) شرو (Shreve): رونالد شرو (۱۹۶۶) در روش خود (معروف به بزرگای آبراهه یا Stream Magnitude)، به رتبه‌ها خاصیت «جمع‌پذیری مطلق» داد. در روش او، تلاقی یک آبراهه رتبه ۲ با رتبه ۱، رتبه ۳ را می‌سازد ($3=2+1$) و نشان‌دهنده تعداد کل سرشاخه‌های اولیه در بالادست است. از آنجا که در الگوهای شکلی سؤال چنین جمع‌پذیری دیده نمی‌شود و رتبه‌های پایین در رتبه‌های بالا هضم می‌شوند، این روش مردود است.
- (۳) هورتون (Horton): رابرت هورتون (۱۹۴۵) اولین دانشمندی بود که رتبه‌بندی را ابداع کرد. اما در روش وی، رودخانه اصلی (Main stream) باید شناسایی شده و از خروجی حوضه تا بالاترین سرشاخه با یک رتبه ثابت (بالاترین رتبه حوضه، مثلاً ۴) امتداد یابد. این بدان معناست که حداقل یکی از سرشاخه‌های اولیه از همان ابتدا باید رتبه ۴ باشد، که با شکل ارائه‌شده (شروع تمام سرشاخه‌ها از عدد ۱) در تناقض کامل است.
- (۴) شیدگر (Scheidegger): آدریان شیدگر (۱۹۶۵) روشی مشابه شرو اما بر پایه تصاعد هندسی در مبنای ۲ ارائه کرد. در روش او، پیوستن دو سرشاخه ۱، آبراهه ۲ را می‌سازد، اما پیوستن دو آبراهه ۲، عدد ۴ را تولید می‌کند و سپس به ۸ و ۱۶ می‌رسد. این پرش‌های هندسی با توالی منطقی ۱، ۲، ۳ و ۴ در شکل همخوانی ندارد.

نکات تکمیلی:

رتبه‌بندی استرالر صرفاً یک شماره‌گذاری ساده مکانی نیست، بلکه متغیری مستقل برای محاسبه شاخص‌های حیاتی و دینامیکی حوضه مانند «نسبت انشعاب» (Bifurcation Ratio) و «تراکم زهکشی» (Drainage Density) محسوب می‌شود. از نظر ژئومورفولوژی کاربردی، حوضه‌هایی که در آن‌ها نسبت انشعاب بین رتبه‌های اول و دوم به شدت بالا باشد، معمولاً دارای سنگ‌بستری با نفوذپذیری بسیار پایین، توپوگرافی خشن و زمان تمرکز کوتاه هستند که پتانسیل تولید سیلاب‌های ناگهانی و ویرانگر (Flash Floods) در آن‌ها به شدت بالاست.

۳۷. گزینه ۳)

موضوع سوال:

موضوع این سؤال به شاخه ژئومورفولوژی رودخانه‌ای (Fluvial Geomorphology) و رسوب‌شناسی محیط‌های فلوویال ارتباط دارد. هسته اصلی پرسش، استنتاج شرایط هیدرودینامیکی گذشته (مانند نوسانات انرژی و توان جریان) از روی شواهد فیزیکی و ساختاری بر جای مانده در رخساره‌های رسوبی است.