



دانشگاه سیام نور

محیط‌های رسوبی پیشرفته

(کارشناسی ارشد زمین‌شناسی)

دکتر علی حسین جلیلیان

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «اقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

پیشگفتار	یازده
فصل اول. کلیات محیط‌های رسوبی	۱
هدف کلی	۱
هدف‌های یادگیری	۱
مفاهیم تازه	۱
مقدمه	۲
۱-۱ مفاهیم بنیادی	۲
۱-۱-۱ محیط رسوبی	۲
۲-۱-۱ توالی رسوبی و ناپیوستگی	۳
۳-۱-۱ رخساره	۱۰
۴-۱-۱ فرایندهای رسوبی	۱۷
۵-۱-۱ مدل رسوبی و قانون والتر	۱۹
۲-۱ روش‌های تفسیر و مراحل بازسازی محیط‌های رسوبی	۲۲
۳-۱ عوامل مؤثر بر رسوب‌گذاری و محیط‌های رسوبی	۲۴
۱-۳-۱ سطح اساس و فضای رسوب‌گذاری	۲۴
۲-۳-۱ تأمین رسوب	۲۶
۳-۳-۱ آب و هوا	۲۹
۴-۳-۱ حرکات تکتونیکی و فرونشینی	۳۱
۵-۳-۱ نوسان آب دریاها	۳۲
۶-۳-۱ فرایندهای میلانکوویچ	۳۳
۷-۳-۱ فرایندهای رسوبی درون‌زاد	۳۴
۸-۳-۱ فرایندهای فیزیکی	۳۵
۹-۳-۱ فعالیت موجودات زنده	۳۵

۳۷	۱-۳-۱۰ شیمی آب
۳۷	۱-۳-۱۱ فعالیت‌های آتشفشانی
۳۸	۱-۳-۱۲ نرخ رسوب گذاری
۳۹	۱-۴ طبقه‌بندی محیط‌های رسوبی
۴۲	خلاصه فصل اول
۴۳	خودآزمایی تشریحی فصل اول
۴۵	فصل دوم. محیط رسوبی خشکی - مناطق کوهستانی
۴۵	هدف کلی
۴۵	هدف‌های یادگیری
۴۵	مفاهیم تازه
۴۶	مقدمه
۴۶	۲-۱ اهمیت زمین‌شناسی کوهستان‌ها و انواع کوه‌ها
۴۹	۲-۲ فرایندهای کوه‌ساز و منشأ کوه‌ها
۵۱	۲-۳ از خاستگاه رسوبات تا تشکیل سنگ‌های رسوبی
۵۳	۲-۴ تسطیح زمین و عوامل مؤثر بر نرخ فرسایش
۵۵	۲-۵ محاسبه نرخ تسطیح و بازسازی تاریخچه فرسایش
۵۶	۲-۶ حوزه آبریز
۵۸	خلاصه فصل دوم
۵۸	خودآزمایی تشریحی فصل دوم
۵۹	فصل سوم. محیط‌های یخچالی
۵۹	هدف کلی
۵۹	هدف‌های یادگیری
۵۹	مفاهیم تازه
۵۹	مقدمه
۶۰	۳-۱ مراحل تشکیل و انواع یخچال‌های طبیعی
۶۲	۳-۱-۱ یخچال کوهستانی و زیرمحیط‌های آن
۶۴	۳-۱-۲ یخچال قطبی یا قاره‌ای
۶۶	۳-۲ فرسایش یخچالی
۶۸	۳-۳ حرکت یخچال
۷۰	۳-۴ رسوبات یخچالی
۷۷	۳-۵ گسترش یخچال‌ها در ادوار گذشته زمین‌شناسی
۸۳	خلاصه فصل سوم
۸۴	خودآزمایی تشریحی فصل سوم
۸۵	فصل چهارم. محیط‌های آبرفتی
۸۵	هدف کلی

۸۵	هدف‌های یادگیری.....
۸۵	مفاهیم تازه.....
۸۵	مقدمه.....
۸۶	۱-۴ جایگاه رسوبی و ویژگی‌های شاخص مخروط‌افکنه‌ها.....
۸۸	۱-۴-۱ ریخت‌شناسی و عوامل مؤثر در تشکیل مخروط‌افکنه‌ها.....
۹۵	۱-۴-۲ فرایندهای رسوبی و رسوبات مخروط‌افکنه.....
۱۰۳	۲-۴ رودخانه‌ها.....
۱۰۴	۱-۲-۴ انواع رودخانه.....
۱۱۴	۲-۲-۴ حمل‌ونقل و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها.....
۱۲۱	۳-۴ عوامل کنترل‌کننده سیستم‌های آبرفتی.....
۱۲۴	۴-۴ آبرفت‌های قدیمی.....
۱۲۵	خلاصه فصل چهارم.....
۱۲۶	خودآزمایی تشریحی فصل چهارم.....
۱۲۷	فصل پنجم. محیط‌های بادی.....
۱۲۷	هدف کلی.....
۱۲۷	هدف‌های یادگیری.....
۱۲۷	مفاهیم تازه.....
۱۲۷	مقدمه.....
۱۲۸	۱-۵ تعریف و طبقه‌بندی بیابان، کویر و صحرا.....
۱۳۳	۲-۵ جایگاه زمین‌شناسی و عوامل مؤثر در گسترش محیط‌های بادی.....
۱۳۸	۳-۵ حمل‌ونقل و رسوب‌گذاری در محیط‌های بادی.....
۱۴۴	۴-۵ ویژگی‌های عمومی رسوبات بادی.....
۱۵۰	۵-۵ محیط‌ها و رسوبات بادی گذشته.....
۱۵۲	خلاصه فصل پنجم.....
۱۵۲	خودآزمایی تشریحی فصل پنجم.....
۱۵۳	فصل ششم. محیط‌های دریاچه‌ای.....
۱۵۳	هدف کلی.....
۱۵۳	مفاهیم تازه.....
۱۵۳	مقدمه.....
۱۵۴	۱-۶ تشکیل دریاچه و انواع آن.....
۱۵۵	۱-۶-۱ طبقه‌بندی توصیفی دریاچه‌ها.....
۱۷۲	۱-۶-۲ طبقه‌بندی زایشی دریاچه‌ها.....
۱۷۴	۲-۶ عوامل کنترل‌کننده فرایندهای رسوبی دریاچه‌ها.....
۱۷۸	۳-۶ معیارهای شناخت رسوبات دریاچه‌های گذشته.....
۱۸۲	خلاصه فصل ششم.....
۱۸۲	خودآزمایی تشریحی فصل ششم.....

فصل هفتم. محیط‌های دلتایی.....	۱۸۳
هدف کلی.....	۱۸۳
هدف‌های یادگیری.....	۱۸۳
مفاهیم تازه.....	۱۸۳
مقدمه.....	۱۸۴
۱-۷ تشکیل دلتا و عوامل کنترل‌کننده آن.....	۱۸۴
۲-۷ طبقه‌بندی و انواع دلتا.....	۱۹۱
۳-۷ ۱-۲ دلتاهای تحت سلطه رودخانه.....	۱۹۳
۳-۷ ۲-۲ دلتاهای تحت سلطه جزر و مد.....	۱۹۶
۳-۷ ۳-۲ دلتاهای تحت سلطه امواج.....	۲۰۱
۳-۷ ۴-۲ دلتاهای مختلط.....	۲۰۴
۳-۷ ۵-۲ دلتاهای مخروط‌افکنه.....	۲۰۴
۳-۷ زیرمحیط‌ها و رخساره‌های دلتا.....	۲۰۶
۴-۷ چرخه‌های رسوبی دلتا.....	۲۱۰
۵-۷ معیارهای شناخت رسوبات دلتایی.....	۲۱۳
۶-۷ رسوبات دلتاهای گذشته.....	۲۱۴
خلاصه فصل هفتم.....	۲۱۶
خودآزمایی تشریحی فصل هفتم.....	۲۱۶
فصل هشتم. سواحل آواری غیردلتایی.....	۲۱۷
هدف کلی.....	۲۱۷
هدف‌های یادگیری.....	۲۱۷
مفاهیم تازه.....	۲۱۷
مقدمه.....	۲۱۸
۱-۸ خلیج دهانه‌ای و انواع آن.....	۲۱۸
۱-۸ ۱-۱ خلیج‌های دهانه‌ای متأثر از امواج.....	۲۲۶
۱-۸ ۲-۱ خلیج‌های دهانه‌ای متأثر از جزر و مد.....	۲۲۷
۱-۸ ۳-۱ خلیج‌های دهانه‌ای مختلط.....	۲۲۸
۲-۸ معیارهای شناخت رسوبات خلیج‌های دهانه‌ای.....	۲۲۹
۳-۸ رخساره‌های ناشی از خلیج‌های دهانه‌ای گذشته.....	۲۲۹
۴-۸ دریاکنار و جزایر سدی.....	۲۳۱
۴-۸ ۱-۴ منشأ جزایر سدی، زیرمحیط‌ها و رخساره‌های آن‌ها.....	۲۳۶
۴-۸ ۲-۴ رسوبات باقی‌مانده از جزایر سدی گذشته.....	۲۴۰
۵-۸ پهنه‌های جزر و مدی.....	۲۴۱
۵-۸ ۱-۵ زیرمحیط‌ها و رخساره‌های پهنه جزر و مدی.....	۲۴۴
۵-۸ ۲-۵ رسوبات محیط‌های جزر و مدی گذشته.....	۲۵۰
خلاصه فصل هشتم.....	۲۵۲
خودآزمایی تشریحی فصل هشتم.....	۲۵۳

فصل نهم. محیط‌های دریایی کم‌عمق.....	۲۵۵
هدف کلی.....	۲۵۵
هدف‌های یادگیری.....	۲۵۵
مفاهیم تازه.....	۲۵۵
مقدمه.....	۲۵۶
۱-۹ طبقه‌بندی محیط‌های دریایی.....	۲۵۶
۲-۹ دریا‌های کم‌عمق آواری.....	۲۶۱
۳-۹ نهشته‌های آواری باقی‌مانده از دریا‌های کم‌عمق گذشته.....	۲۶۷
۴-۹ دریا‌های کم‌عمق کربناته.....	۲۶۸
۱-۴-۹ انواع پلاتفرم‌های کربناته.....	۲۷۳
۲-۴-۹ معیارهای شناخت کربنات‌های پلاتفرم‌های گذشته.....	۲۸۹
۳-۴-۹ کربنات‌های قدیمی نهشته‌شده در پلاتفرم‌ها.....	۲۹۶
خلاصه فصل نهم.....	۳۰۰
خودآزمایی تشریحی فصل نهم.....	۳۰۰
 فصل دهم. محیط‌های دریایی عمیق.....	 ۳۰۱
هدف کلی.....	۳۰۱
هدف‌های یادگیری.....	۳۰۱
مفاهیم تازه.....	۳۰۱
مقدمه.....	۳۰۱
۱-۱۰ دریا‌های عمیق آواری.....	۳۰۲
۱-۱-۱۰ توربیدایت‌ها.....	۳۰۴
۲-۱-۱۰ نهشته‌های آواری دریا‌های عمیق گذشته.....	۳۰۹
۲-۱۰ دریا‌های عمیق کربناته.....	۳۱۱
۱-۲-۱۰ کربنات‌های دوباره نهشته‌شده.....	۳۱۶
۲-۲-۱۰ کربنات‌های دریایی عمیق قدیمی.....	۳۱۹
خلاصه فصل دهم.....	۳۲۲
خودآزمایی تشریحی فصل دهم.....	۳۲۳
کتابنامه.....	۳۲۵

گویند سنگ لعل شود در مقام صبر
آری شود ولیک به خون جگر شود
حافظ

پیشگفتار

مطالعه محیط‌های رسوبی بخشی از زمین‌شناسی رسوبی است که به بررسی جایگاه تشکیل رسوبات گوناگون و سنگ‌های رسوبی می‌پردازد. نقطه تمرکز این مطالعات جست‌وجو در بخش‌های مختلف سطح زمین به‌منظور درک نحوه عملکرد فرایندهای هوازدگی، حمل‌ونقل و رسوب‌گذاری است. شناخت فرایندهای یادشده و محصولات آن‌ها اهمیت زیادی در پروژه‌های مهندسی و فعالیت‌های عمرانی، محیط‌زیست، منابع اقتصادی و بازسازی تاریخی زمین دارد. بررسی شرایط آب و هوایی، تغییرات سطح آب دریاها و چگونگی حمل‌ونقل و رسوب‌گذاری در دوره‌های گذشته همواره مورد توجه زمین‌شناس‌ها و یکی از دغدغه‌های رسوب‌شناس‌ها بوده است. شاید یکی از مهم‌ترین کشف‌های دانش زمین‌شناسی این باشد که سنگ‌های رسوبی وقایع‌نگار رویدادهای مختلف زمین هستند و به‌عنوان بایگانی بسیار دقیق از تغییرات محیطی در گذشته عمل می‌کنند. بر همین اساس است که با تکیه بر اصل یکنواختی، «حال کلید گذشته» نحوه عملکرد فرایندهای امروزی و محصولات آن‌ها مطالعه و از طریق مقایسه با آن‌ها منشأ سنگ‌های رسوبی گذشته و شرایط تشکیل آن‌ها بازسازی می‌شود. این کتاب به‌عنوان منبع برای درس دو واحدی محیط‌های رسوبی پیشرفته در دوره کارشناسی ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی و مطابق با سرفصل‌های مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری طراحی و تنظیم شده است. سعی شده است که مطالب به‌صورت خودآموز و با نگارش ساده بیان شوند تا در صورت لزوم برای دانشجویان دوره کارشناسی زمین‌شناسی و سایر علاقه‌مندان به مطالعه محیط‌های رسوبی نیز قابل

استفاده باشد. در این کتاب ابتدا مفاهیم بنیادینی همچون توالی رسوبی، رخساره، محیط و حوضه رسوبی تحت عنوان کلیات محیط‌های رسوبی مطرح خواهند شد. با کنار هم گذاشتن این مفاهیم، می‌توان سیستم‌های رسوب‌گذاری را تعریف و خاستگاه سنگ‌های رسوبی و رسوبات مختلف را تعیین کرد. پس از آن، مهم‌ترین محیط‌های رسوبی در قالب سه گروه اصلی شامل محیط‌های خشکی، حد واسط و دریایی معرفی شده‌اند و در قالب ده فصل به تفصیل بررسی خواهند شد. تلاش نویسنده بر آن است تا در هر فصل درباره نحوه عملکرد فرایندهای رسوبی در آن محیط، زیرمحیط‌های مختلف و رخساره‌های مرتبط با آن‌ها بادقت بحث شود. همچنین، در هر مورد مثال‌هایی از محیط مورد نظر در عهد حاضر و رسوبات به‌جای‌مانده از آن در توالی‌های رسوبی گذشته با تأکید بر ایران بیان شود. قدر مسلم اگر راهنمایی‌های ارزنده داوران و ویراستاران محترم به‌خصوص دکتر ناصر ارزانی و تلاش همکاران ارجمند بخش تدوین منابع آموزشی و چاپ و انتشارات دانشگاه پیام نور نبود، فرایند نگارش این کتاب بی‌فرجام می‌ماند. بنابراین، زحمات این عزیزان را ارج می‌نهم و برای ایشان بهترین‌ها را آرزومندم. همچنین، مزید امتنان است اگر صاحب‌نظران و دانشجویان گرامی نکات اصلاحی و اشتباهات احتمالی را یادآوری کنند تا در آینده مد نظر قرار گیرد.

علی حسین جلیلیان

بهار ۱۳۹۶

دانشگاه پیام نور مرکز اهواز

Jalilian@pnu.ac.ir

فصل اول

کلیات محیط‌های رسوبی

هدف کلی

هدف کلی از مطالعه این فصل، آشنایی دانشجویان با مفاهیم بنیادین مرتبط با رسوبات و محیط‌های رسوبی، روش‌های مطالعه و بازسازی محیط‌های رسوبی، نحوه عملکرد عوامل مؤثر بر محیط‌های رسوبی و طبقه‌بندی آنهاست.

هدف‌های یادگیری

برای رسیدن به هدف کلی فوق دانشجویان باید به هدف‌های یادگیری زیر دست یابند؛ بنابراین، انتظار می‌رود در پایان بتوانند:

۱. مفاهیم و اصطلاحات مرتبط با مطالعه محیط‌های رسوبی را تعریف کنند؛
۲. فلسفه و هدف از مطالعه محیط‌های رسوبی را بیان کنند؛
۳. منابع تأمین‌کننده اطلاعات لازم برای تفسیر محیط رسوبی را بشناسند؛
۴. عوامل مؤثر بر شکل‌گیری و تحول محیط‌های رسوبی را بدانند؛
۵. روش مطالعه و مراحل تجزیه و تحلیل محیط‌های مختلف را بدانند؛
۶. انواع مختلف محیط‌های رسوبی و معیارهای طبقه‌بندی آنها را بشناسند.

مفاهیم تازه

توالی رسوبی، رخساره رسوبی، محیط رسوب‌گذاری، فرایندهای رسوبی، مدل رسوبی، چرخه رسوبی، قانون والتر^۱.

مقدمه

مطالعه محیط‌های رسوبی و توجه به عوامل محیطی مؤثر در تشکیل رسوبات بخشی از رسوب‌شناسی نوین است که نقطه تمرکز مطالعات آن بررسی فرایندهای رسوبی مختلف است. در حقیقت، تجزیه و تحلیل محیط رسوب‌گذاری اساساً مطالعه واکنش مجموعه‌های رسوبی به دینامیک و رفتار محیط تشکیل آن‌هاست. بازسازی و تفسیر محیط‌های رسوبی مستلزم توصیف دقیق رسوبات و سنگ‌ها، شناخت فرایندهای رسوبی گوناگون از جمله نحوه عملکرد حمل و نقل، رسوب‌گذاری و دیاژنز و درنهایت آشنایی با انواع محیط‌های رسوبی امروزی است. در چند دهه اخیر، بخش عمده‌ای از تلاش زمین‌شناس‌ها معطوف جمع‌آوری داده‌های لازم برای تفسیر محیط رسوبی نهشته سنگ‌های گذشته بوده است که ماحصل آن تدوین منابع متعدد در این زمینه است (برای نمونه: Reineck and Singh, 1980; Scholle and Spearing, 1982; Scholle et al., 1983; Gall, 1983; Serra, 1989; Reading, 1996; Selley, 1996; Nichols, 2009). ضروری به نظر می‌رسد که پیش از پرداختن به جزئیات محیط‌های مختلف و بررسی نحوه ارتباط بین تولیدکننده‌ها (فرایندها و محیط) و محصولات آن‌ها (رسوبات و سنگ‌های رسوبی) مفاهیم بنیادینی همچون رخساره، فرایند، محیط، توالی، چرخه و مدل رسوبی معرفی شوند و درباره عوامل مؤثر در تولید رسوبات گوناگون و نحوه طبقه‌بندی محیط‌های مختلف بحث شود.

۱-۱ مفاهیم بنیادی

۱-۱-۱ محیط رسوبی

محیط رسوبی، بخشی محدود از سطح زمین است که از نظر خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی با محیط‌های پیرامون خود متفاوت است (Selley, 1996). با این تعریف، هر یک از واحدهای جغرافیایی سطح زمین مثل دریا، دلتا، رودخانه، کوهستان، یخچال و دریاچه حکم یک محیط را دارد. در تعاریف کرومبین و اسلاس (Krumbein and Sloss, 1963) و رینیک و سینگ (Reineck and Singh, 1980) محیط رسوبی به‌عنوان یک واحد زمین‌ریختی مطرح شده که فرایند غالب در آن رسوب‌گذاری است. در یک نگاه گسترده‌تر، می‌توان سطح زمین و ضخامت اندکی از پوسته (تا عمق حداکثر ۶-۷ کیلومتر) را که متأثر از عملکرد فرسایش، رسوب‌گذاری و دیاژنز است، به‌عنوان محیط رسوبی در

نظر گرفت. هر محیط رسوبی متشکل از بخش‌ها و تقسیمات کوچک‌تری است که به نام زیرمحیط شناخته می‌شوند. به‌طور خلاصه می‌توان گفت محیط‌های رسوبی ماهیت زایشی دارند و درواقع ظروفی هستند که در آن‌ها رسوبات و سنگ‌های رسوبی گوناگون پدید آمده و می‌آیند. شناخت محیط‌های رسوبی گذشته به شناخت آب و هوا، جغرافیا و تکتونیک دیرینه می‌انجامد. آب و هوا و تکتونیک، تغییرات نسبی سطح دریاها را در مقیاس جهانی کنترل می‌کنند و این خود سبب‌ساز تغییرهای رخساره‌ای و پیدایش سکانس‌های گوناگون می‌شود (لاسمی، ۱۳۷۹). حوضه رسوبی نوعی محیط رسوبی است. حوضه رسوبی بخشی از سطح کره زمین است که رسوبات در آن انباشته می‌شوند و توالی‌های رسوبی را تشکیل می‌دهند و برای مدت زمان زیادی باقی می‌مانند (Einsele, 2000; Miall, 2000). مهم‌ترین ویژگی حوضه‌های رسوبی فرونشینی درازمدت آن‌هاست که معمولاً ارتباط تنگاتنگی با جابه‌جایی صفحات پوسته و حرکات تکتونیکی در مقیاس بزرگ دارد. حوضه رسوبی ممکن است از یک یا چند محیط رسوبی تشکیل شده‌باشد. در حقیقت، حوضه‌های رسوبی گودال‌های بزرگی هستند که رسوبات در آن‌ها نهشته می‌شوند و تجمع می‌کنند (Allen and Allen, 2005).

۱-۲-۱ توالی رسوبی و ناپوستگی

وجود و مشاهده رسوبات و سنگ‌های رسوبی گوناگون، بیانگر فراهم‌بودن شرایط مناسب برای رسوب‌گذاری در بازه‌های زمانی مختلف در سطح زمین است. این مواد محصول تجمع و انباشت ذرات یا دانه‌هایی هستند که توسط عوامل متعدد فیزیکی، شیمیایی و زیستی در سطح زمین یا اعماق کم پوسته پدید آمده‌اند. مجموعه‌های رسوبی حدود ۷۰ درصد از سطح زمین را پوشانده‌اند و بخش عمده‌ای از پیشینه و بایگانی زمین‌شناسی را به خود اختصاص داده‌اند (Stow, 2005). به منظور سهولت مطالعه مجموعه‌های رسوبی، این مواد را در قالب بسته‌هایی تحت عنوان **واحد رسوبی**^۱ تعریف و از هم تفکیک می‌کنند. واحد رسوبی معادل **چینه**^۲ در چینه‌نگاری استفاده می‌شود و بیانگر ثبات نسبی شرایط محیطی در دوره زمانی معین است. به دیگر سخن، هر واحد رسوبی معرف شرایط فیزیکو- شیمیایی و زیست‌شناختی خاصی است که بر بخشی از سطح زمین حاکم بوده و با تغییر آن شرایط زمینه تشکیل واحد رسوبی

1. Sedimentary Unit

2. Strata

دیگری فراهم شده است. به عبارت دیگر، هر واحد رسوبی محصول تداوم رسوب‌گذاری (فزونی رسوب‌گذاری بر فرسایش) در یک زمان خاص است. با توجه به گسترش مکانی محیط تشکیل و مدت زمان پایداری شرایط حاکم بر آن، پراکندگی جغرافیایی (گسترش جانبی) و تداوم عمودی (ضخامت) واحدهای رسوبی متفاوت است. ضخامت واحدهای رسوبی تابع نرخ یا آهنگ رسوب‌گذاری^۱ است و از لامینه‌های بسیار نازک (کمتر از یک میلی‌متر) تا لایه‌های بسیار ضخیم و توده‌ای (بیشتر از یک متر) متغیر است. نرخ رسوب‌گذاری نشان‌دهنده مقدار رسوبی است که در واحد زمانی معینی نهشته و بر مبنای واحدهایی مثل سانتی‌متر بر هزار سال (cm/ka) بیان می‌شود. آهنگ رسوب‌گذاری به نوبه خود متأثر از مؤلفه‌های دیگری است که در بخش‌های بعدی به تفصیل بررسی خواهند شد.

تغییر در شرایط محیطی گاهی سبب می‌شود که رسوب‌گذاری برای مدتی متوقف شود. با وقفه در روند رسوب‌گذاری، یک سطح ناپیوستگی^۲ در انتهای واحد رسوبی پدید می‌آید. سطوح ناپیوستگی، واحدهای رسوبی را از هم تفکیک می‌کنند و نشان می‌دهند که در یک مدت زمان معین، فرسایش بر رسوب‌گذاری غلبه کرده یا محیط در حال تعادل بوده است. در حالت اخیر، رسوب‌گذاری تقریباً با فرسایش برابر است و رسوب‌گذاری چشمگیری در محیط صورت نمی‌گیرد. از متداول‌ترین سطوح ناپیوستگی یا سطوح بدون رسوب‌گذاری باید به مرز لامینه‌ها و لایه‌های مختلف اشاره کرد که معرف وقفه‌های بسیار کوتاه (در مقیاس زمین‌شناسی) در رسوب‌گذاری هستند. یکی از دغدغه‌های اصلی چینه‌نگاران، شناخت ناپیوستگی‌های عمده و تعیین گسترش زمانی و مکانی آن‌هاست. ناپیوستگی‌های عمده معرف بازه‌های زمانی طولانی گم‌شده (هیاتوس^۳) در توالی‌های رسوبی هستند و حداکثر پایین‌افتادن سطح آب دریا را نشان می‌دهند (امینی، ۱۳۸۸). قاعدتاً ویژگی‌های زمین‌شناسی واحدهای دو طرف این ناپیوستگی‌ها یا سطوح فرسایشی تفاوت‌های اساسی دارند که در رخساره‌ها نمود پیدا می‌کنند. شناخت ناپیوستگی‌ها در سطح یا زیر زمین نیازمند بررسی‌های دقیق از جمله سنگ‌شناسی، داده‌های لرزه‌ای، الگوی چیدمان رخساره‌ها و ژئوشیمی ایزوتوپ‌های پایدار است (Budd et al., 1995). با این اوصاف مجموعه رسوبات و سنگ‌های

1. Sedimentary Rate
2. Unconformity
3. Hiatus

رسوبی هر بخش از سطح زمین در قالب **توالی‌های رسوبی**^۱ معرفی می‌شود. توالی رسوبی تمام یا بخشی از ستون چینه‌نگاری یک ناحیه یا منطقه است که مجموعه‌ای از واحدهای رسوبی و سطوح ناپیوستگی را شامل می‌شود (شکل ۱-۱).

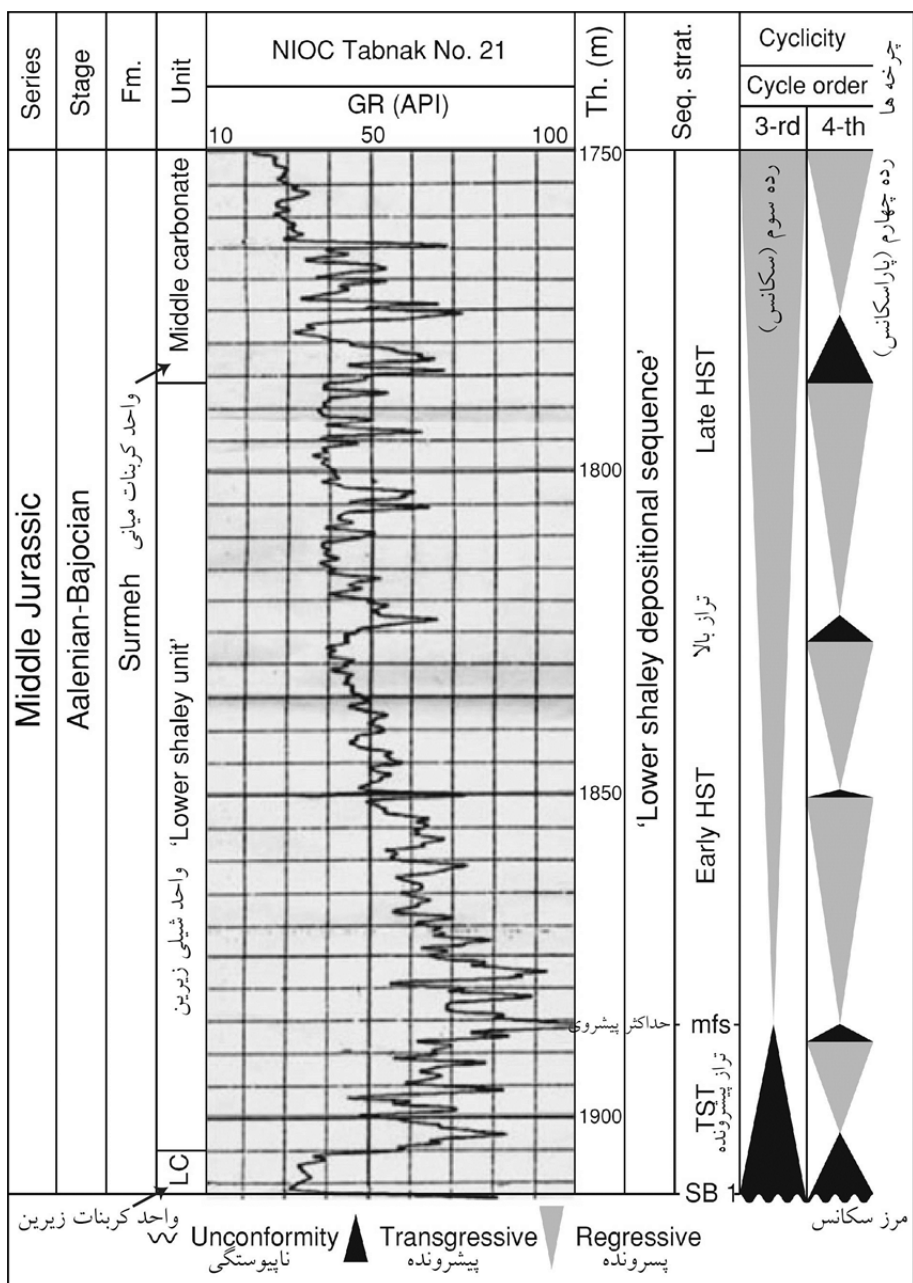


شکل ۱-۱. تصویر صحرایی و نمودار رسوبی بخشی از توالی رسوبی بُرش الگوی سازند سورمه (ژوراسیک زاگرس)؛ علامت پیکان ناپیوستگی موازی را نشان می‌دهد که بیانگر یک وقفه نسبتاً طولانی مدت در روند رسوب گذاری است.

در بسیاری از منابع **توالی**، **سکانس**^۲ و **چرخه**^۳ به صورت مترادف استفاده شده‌اند (برای نمونه Maybesoone and Neumann, 2005). با این حال، با توجه به مفهوم خاص هر یک از این عناوین لازم است به درستی به کار گرفته شوند. مفهوم کلی سکانس بیانگر ترتیب زمانی رویدادها یا سنگ‌های مختلف در مقیاس زمین‌شناسی است اما در سال‌های اخیر سکانس را به عنوان واحد اصلی در مطالعات چینه‌نگاری سکانسی به کار می‌برند.

1. Sedimentary Successions
2. Sequence
3. Cycle

سکانس رسوبی شامل مجموعه‌ای از واحدهای (چینه‌های) رسوبی پیوسته است که از نظر زایشی به هم مرتبطاند و در پایین و بالا توسط ناپیوستگی‌ها یا پیوستگی هم ارز آن‌ها محدود شده‌اند (Mitchum et al., 1977). هر سکانس رسوبی هم‌زمان با یک چرخهٔ بالا و پایین‌شدن سطح آب دریا (بخش ۱-۳-۵) ایجاد می‌شود. تشکیل یک سکانس رسوبی یا یک چرخهٔ کامل نوسان سطح آب دریا در بازه‌های زمانی مختلف اتفاق می‌افتد. این زمان از چند ده میلیون سال (چرخهٔ ردهٔ اول) تا چند ده هزار سال (چرخهٔ ردهٔ پنجم) متغیر است (Miall, 2000). زمان تشکیل سکانس‌های ردهٔ چهارم و پنجم آن قدر کوتاه است که تعیین سن آن‌ها با استفاده از روش‌های معمولی مثل استفاده از فسیل‌ها امکان‌پذیر نیست. در مقابل، سکانس‌های ردهٔ اول از گسترش مکانی در مقیاس کرهٔ زمین و بازهٔ زمانی بسیار بزرگ برخوردار هستند و تشخیص آن‌ها نیازمند مطالعهٔ ضخامت زیادی از رسوبات است (Vail et al., 1977). گسترش سکانس‌های ردهٔ دوم مدیون فعالیت‌های تکتونیکی در مقیاس منطقه‌ای و تغییر حجم حوضه‌ها در امتداد پشته‌های میان‌اقیانوسی است. سکانس‌های ردهٔ سوم که نقطهٔ تمرکز اغلب مطالعات رسوب‌شناسی و چینه‌نگاری سکانسی به شمار می‌آیند، به تغییرات محلی و ناحیه‌ای نسبت داده شده‌اند (Catuneanu, 2006). این سکانس‌ها صدها متر ضخامت دارند و در مدت زمان ۵/۵-۵ میلیون سال تشکیل می‌شوند (Tucker, 2003). هر سکانس ردهٔ سوم به نوبهٔ خود از تعدادی چرخهٔ کوچک‌تر به نام **پاراسکانس** تشکیل می‌شود (Emery and Myers, 1996). به عبارت دیگر، پاراسکانس‌ها کوچک‌ترین واحد سازندهٔ سکانس محسوب می‌شوند (شکل‌های ۱-۲ و ۱-۳). ضخامت پاراسکانس در حد متر است و توسط فرایندهای رسوبی و تغییرات ردهٔ چهارم و پنجم سطح آب دریاها به وجود می‌آید (Tucker, 2001). سکانس‌های با مقیاس زمانی بزرگ‌تر را سوپرسکانس (۵ تا ۵۰ میلیون سال) و مگاسکانس (بیش از ۵۰ میلیون سال) معرفی کرده‌اند (Sharland et al., 2001). در دهه‌های گذشته زمین‌شناسان زیادی تلاش کرده‌اند تا مجموعه‌های رسوبی دوره‌های مختلف را در قالب سکانس‌های گوناگون دسته‌بندی کنند و از این طریق مقایسهٔ آن‌ها در مناطق مختلف امکان‌پذیر شود. نخستین بار اسلاس (Sloss, 1963) نهشتهٔ سنگ‌های مناطق میانی آمریکا را به شش سکانس رسوبی بزرگ بخش‌بندی کرد و با نام قبایل مختلف سرخ‌پوستان آن کشور معرفی کرد که هم‌اکنون در سایر کشورها نیز مورد استناد قرار می‌گیرد. هر سکانس اسلاس با یک سوپرسکانس یا یک چرخهٔ ردهٔ دوم نوسان آب دریا معادل است (لاسمی، ۱۳۷۹).



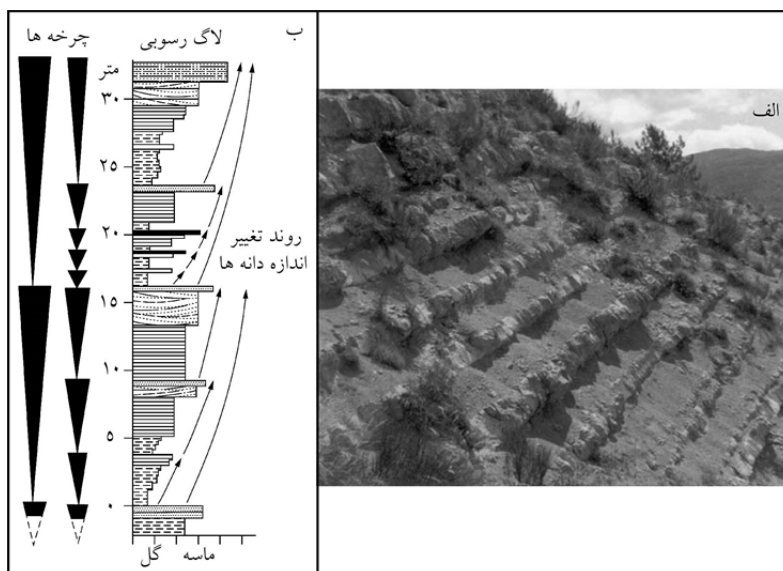
شکل ۱-۲. سکانس رسوبی واحد شیلی زیرین سازند سورمه که براساس تغییرات نمودار گامای چاه ۲۱ میدان نفتی تابناک در شمال خلیج فارس تعیین شده‌است. سکانس مذکور حدود ۱۷۰ متر ضخامت دارد و از ۵ پاراسکانس تشکیل شده است. این بُرش زیرزمینی با توالی شکل ۱-۱ هم‌ارز است (Lasemi and Jalilian, 2010).

سکانس‌های اسلاس تحت عناوین ساک^۱ (پرکامبرین - کامبرین)، تپه کنو^۲ (اردوئین - سیلورین)، کاس کاس کیا^۳ (دونین - کربونیفر پیشین)، آساروکا^۴ (کربونیفر پسین - ژوراسیک پیشین)، زونی^۵ (ژوراسیک میانی - کرتاسه) و تجاس^۶ (سنوزوئیک) معرفی شده‌اند. شارلند و همکاران (Sharland et al., 2001) و زیگلر (Ziegler, 2001) نیز در مطالعات مشابهی رسوبات دوره‌های مختلف شبه‌جزیره عربستان را در قالب مگاسکانس‌هایی با شماره ۱ تا ۱۱ تفکیک و نام‌گذاری کردند. علاوه بر موارد یادشده، حیدری (Heydari, 2008) مجموعه رسوبی پرکامبرین پسین تا عهد حاضر رشته‌کوه زاگرس را به ۱۲ سوپرسکانس تحت عنوان هخامنش (پرکامبرین پسین - کامبرین)، کوروش (اردوئین)، کمبوجیه (سیلورین)، داریوش (دونین)، خشایار (کربونیفر)، اشک (پرمین - تریاس)، فرهاد (ژوراسیک)، مهرداد (کرتاسه پیشین)، اردوان (کرتاسه پسین)، ساسان (پالئوسن - الیگوسن)، اردشیر (الیگوسن - میوسن) و شاپور (میوسن - پلیستوسن) بخش‌بندی کرد که با تغییرات رده دوم سطح جهانی آب دریاها به‌خوبی مطابقت دارند.

یکی از ویژگی‌های مهم سنگ‌های رسوبی تکرار برخی واحدها در توالی رسوبی است که از آن به نام **چرخه** (سیکل) یاد می‌کنند. در حقیقت، چرخه بیانگر تکرار یک فرایند یا رویداد معین در دوره‌های زمانی مشخص است (Schwarzacher, 1993). چرخه‌های نسبتاً کوچک در مقیاس ۱-۱۰ متر را چرخه‌ها یا سیکل‌های رسوبی نامیده‌اند که معادل پاراسکانس است (Tucker, 2003). از متداول‌ترین چرخه‌های رسوبی باید به چرخه‌های مادستون-آهک مناطق عمیق دریا، تبخیری-آهک و آهک-دولومیت محیط‌های کربناته و مادستون-ماسه سنگ در رودخانه‌ها و فلات قاره‌های آواری اشاره کرد. در یک چرخه، تغییرات مشخصی در ضخامت لایه‌ها به وجود می‌آید که از نوع به سمت بالا ضخیم‌شونده یا به سمت بالا نازک‌شونده است (شکل ۱-۳). در اغلب موارد می‌توان با بررسی دقیق واحدهای رسوبی در صحرا به وجود چرخه‌ها پی برد. در برخی موارد، وجود چرخه‌ها با فرسایش متفاوت واحدهای سنگی و پلکانی‌شدن توپوگرافی رخنمون‌ها نیز همراه است که می‌تواند به تفکیک آن‌ها کمک

1. Sauk
2. Tippecanoe
3. Kaskaskia
4. Absaroka
5. Zuni
6. Tejas

کند. در صورتی که میزان تغییرات چندان زیاد نباشد، لازم است از داده‌های تکمیلی از جمله مطالعات میکروسکوپی و تجزیه‌های ژئوشیمیایی استفاده کرد. یکی از نکات مهم مربوط به بررسی چرخه‌های رسوبی توجه به مرز بین چرخه‌های متوالی است. معمولاً مرز زیرین چرخه‌ها با وجود کنگلومرای نازک، رسوبات جامانده^۱ و آثار کنده‌شدن و پرشدن مشخص می‌شود که معرف سطح پیشروی یا طغیان^۲ است. سطوح پیشروی، افزایش ناگهانی عمق آب و هجوم دریا را به سمت خشکی نشان می‌دهند؛ بنابراین با افزایش مقطعی فضای رسوب‌گذاری نسبت به نرخ تأمین رسوب همراه هستند. مرز بالایی ممکن است با شواهد خروج از آب نظیر آثار ریشه گیاهان، کارستی‌شدن و ترک‌های گلی همراه باشد. گاهی اوقات نیز، کاهش عمق محیط رسوبی و توقف رسوب‌گذاری با وجود آثار فراوان موجودات حفار و آشفستگی زیستی شدید در رسوبات خود را نشان می‌دهد (Van Wagoner et al., 1990).



شکل ۱-۳. (الف) تناوب آهک‌ها و مادستون‌های پلاژیک (منطقه عمیق دریا) در رسوبات کرتاسه فرانسه، به تغییرات منظم ضخامت لایه‌ها به سمت بالای توالی رسوبی توجه کنید؛ (ب) نمونه‌ای از تکرار چرخه‌های رسوبی در مقیاس متر (پاراسکانس) در قالب یک توالی به سمت بالا درشت‌شونده (Tucker, 2003).