فصل اول

مبانی طبقه بندی مناطق ساحلی

۱- مبانی طبقه بندی مناطق ساحلی:

امروزه با استفاده از روش های مختلف و با معیارهای گوناگون سواحل را مورد طبقه بندی قرار می دهند. اشکال مختلفی به صورت لندفرم های ساحلی بر اساس میزان تاثیر پذیری ساختار هندسی سواحل از عملکرد نیروهای محیطی و ژئودینامیکی در حوضه های دریایی و اقیانوس ها ایجاد می شود. برای طبقه بندی سواحل نیاز به دانش کافی در مورد معیارهای مهمی به شرح زیر می باشد.

ساختار زمین شناختی: نحوه ایجاد سواحل تحت تاثیر نیروهای درونی و فرایندهای بیرونی کره زمین مانند: کوهزایی ها که طی چند میلیون سال موجب شکل گیری سواحل صخره ای می شوند و یا تحت تاثیر حرکات متنوع تکتونیک صفحه ای، انواع سواحل مختلف بوجود می آید و یا عملکرد نیروهای دینامیکی بزرگ مقیاس، چون: دوره های یخچالی و بین یخچالی و فرسایش حاصل از عوامل اقلیمی در این راستا قابل اشاره است.

فراوانی و جنس مواد تشکیل دهنده سواحل: نوع مواد رسوبی (نرم یا سخت) و میزان فراوانی و نحوه توزیع آنها در مناطق ساحلی بسیار اهمیت دارد. مواد رسوبی نرم مانند: رس، سیلت، ماسه، قلوه سنگ و گراول های درشت دانه که معمولا در سواحل دلتایی، گلی، ماسه ای، و گراولی یافت می شوند زیستگاه مناسبی برای گیاهان ساحلی در تپه های ماسه ای ، جنگل های مانگرو و سالت مارش ها است. سنگ های صخره ای هم در سواحل واجد ساختارهای مورفولوژیکی متنوعی می باشند.

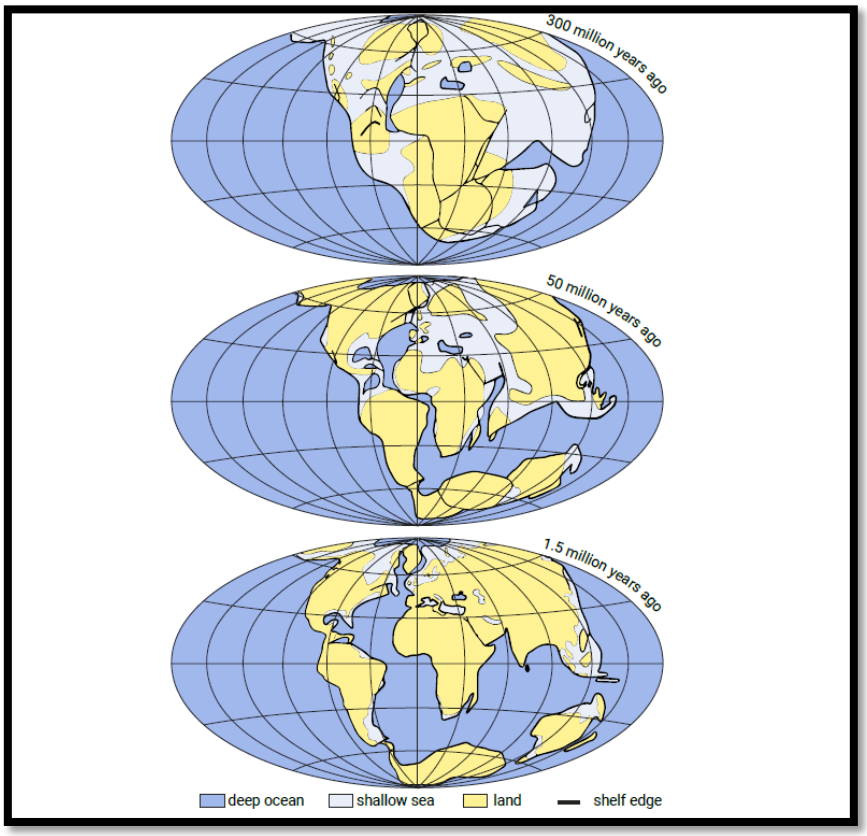
نوسانات سطح تراز آب دریاها و اقیانوس ها: پیشروی و پسروی گسترده دریا در دوره های زمانی دراز مدت موجب تغییر فراوری رسوبی و شکل گیری سواحل گوناگون مانند: دلتاها و یا دره های مغروق شده می گردد. علی رغم تغییرات جهانی، مناطق ساحلی دارای دگرشکلی مکانی نیز می باشند که فرونشست یا بالازدگی ساحل در این میان قابل اشاره است.

فرایندهای ساحلی موثر در رسوبگذاری و فرسایش: باد، نیروهای هیدرودینامیکی دریا (امواج، جزرومد، جریان های ساحلی)، عوامل شیمیایی و بیولوژیکی می توانند سبب تغییر شکل مناطق ساحلی شوند. امواج و جزرومد موجب تغییر شکل بستر دریا و فرایند نهشت مواد رسوبی می شود و از نظر موقعیت جهانی، توسعه این فرایندهای طبیعی به عرض های جغرافیایی و شرایط اقلیمی بستگی دارد و در ابعاد مکانی وابسته به وضعیت توپوگرافی بستر دریا می باشد.

در هر حال طبقه بندی مناطق ساحلی در مقیاس های گوناگون، بر اساس یک یا تلفیق چند معیار مختلف که در بالا ذکر شد، انجام می گیرد. برای مثال اگر هدف طبقه بندی سواحل مستقر در سطح یک قاره باشد از معیار زمین شناسی و تکتونیکی که با تغییر شکل سواحل در دوره های یخچالی و بین یخچالی همراه است و یا معیار نحوه حرکات صفحات تکتونیکی استفاده می شود. اما در سطوح کوچک تر مانند یک کشور یا یک استان ساحلی از معیار ارزیابی نیروهای هیدرودینامیکی استفاده می گردد. در این کتاب، لندفرم های ساحلی بر اساس معیار عوامل موثر در شکل گیری یا خاستگاه تقسیم بندی شده اند.

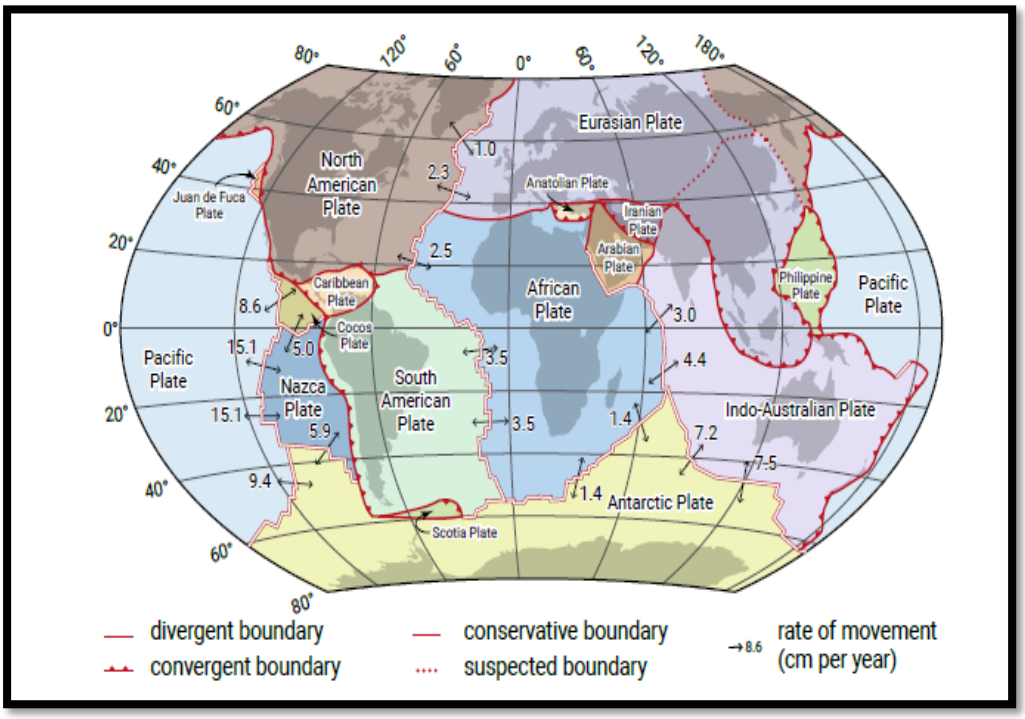
۱-۱- تغییرات جغرافیایی بلند مدت سواحل کره زمین:

امروزه در مشاهدات میدانی بر روی سواحل، به آثار و شواهد فرایندهای طبیعی کنونی و تاریخی بر می خوریم. مورفولوژی ساحلی بخش مهمی از میراث گذشته عملکرد نیروهای محیطی و طبیعی تلقی می گردد. بازه زمانی در علم زمین شناسی از زمان تشکیل کره زمین در ۴.۷ میلیارد سال قبل تاکنون است که به دوران ها و دوره های مختلف زمین شناسی تقسیم بندی شده است. در آخرین دوره زمانی تاریخچه زمین شناسی یعنی عصر کواترنری که از ۱.۸ میلیون سال قبل آغاز شده است. سطح تراز آب دریاها تحت تاثیر عوامل اقلیمی و دوره های یخچالی و بین یخچالی حدود ۱۰۰ متر تغییر داشته است و موقعیت جغرافیایی قاره های کره زمین طی دوره کواترنری حدود ۱۰۰ کیلومتر به طور نسبی تغییر مکان نموده است. دو معیار طبیعی در مطالعات زمین شناسی ساحلی بسیار اهمیت دارند. اول: تنوع دینامیکی حرکات صفحات تکتونیکی که از ۲۰۰ میلیون سال قبل آغاز شده است و تاکنون ادامه دارد (شکل ۱) و دوم: انبساط و انقباض صفحات یخی در مناطق قطبی تحت تاثیر عوامل اقلیمی که منجر به تغییرات گسترده سطح تراز آب دریاهای زمین شده است.



شکل ۱- اشتقاق قاره ها و حرکت صفحات قاره ای (نظریه آلفرد وگنر، ۱۹۲۹)

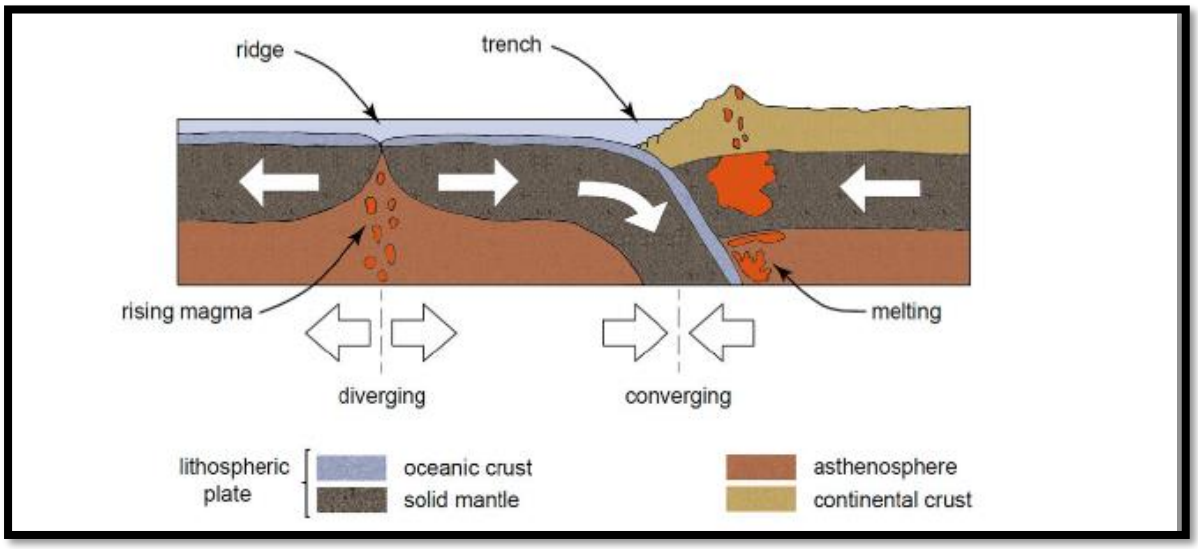
حرکات تکتونیکی که شامل: حرکت صفحات واگرا، هم گرا و امتداد لغز می باشد، تاثیر بسیار بزرگی بر روی ساختار خطوط ساحلی دنیا و اشکال مورفولوژی آنها گذاشته است(شکل ۲). برای مثال می توان به شیب و تغییرات پهنای فلات قاره و جنس رسوبات و سنگ ها در مناطق ساحلی اشاره کرد. تغییرات اقلیمی گسترده ای در زمان پلیستوسن (عصر یخبندان) بوقوع پیوسته است که موجب بروز حداقل هشت دوره یخچالی و بین یخچالی شده است. در زمان وقوع یخبندان ها، سطح زمین بسیار سرد شده و بیشتر مناطق شمالگان و جنوبگان تا عرض های جغرافیایی پایین تر از یخ پوشیده شده است. نزدیک به ۳۰ درصد از سطح زمین را یخ با ضخامت بین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر پوشش داده است. با آغاز دوره های بین یخچالی، سطح تراز آب دریاها در اثر ذوب یخ ها افزایش می یافت و هلوسن که از ۱۱۰۰۰ سال قبل آغاز شده است، زمان شروع آخرین فاز بین یخچالی در انتهای دوره کواترنری می باشد. شواهد مورفولوژی به جای مانده از یخبندان های دوره پلیستوسن، رسوبات و سنگ های فرسایش یافته می باشد که در مناطق ساحلی به جای مانده است. بارگذاری یخ ها در پلیستوسن بر روی رسوبات ساحلی سبب متراکم شدن آنها شده و فرونشست برخی مناطق ساحلی را به همراه داشته است و عوامل اقلیمی و ذوب یخ ها در هلوسن موجب ایجاد رسوبات آبرفتی و انتقال مواد رسوبی به سواحل گشته است و دلتاهای رودخانه ای، زبانه های ماسه ای و جزایر سدی در سطح گسترده ای در طول سواحل کره زمین شکل گرفته است.



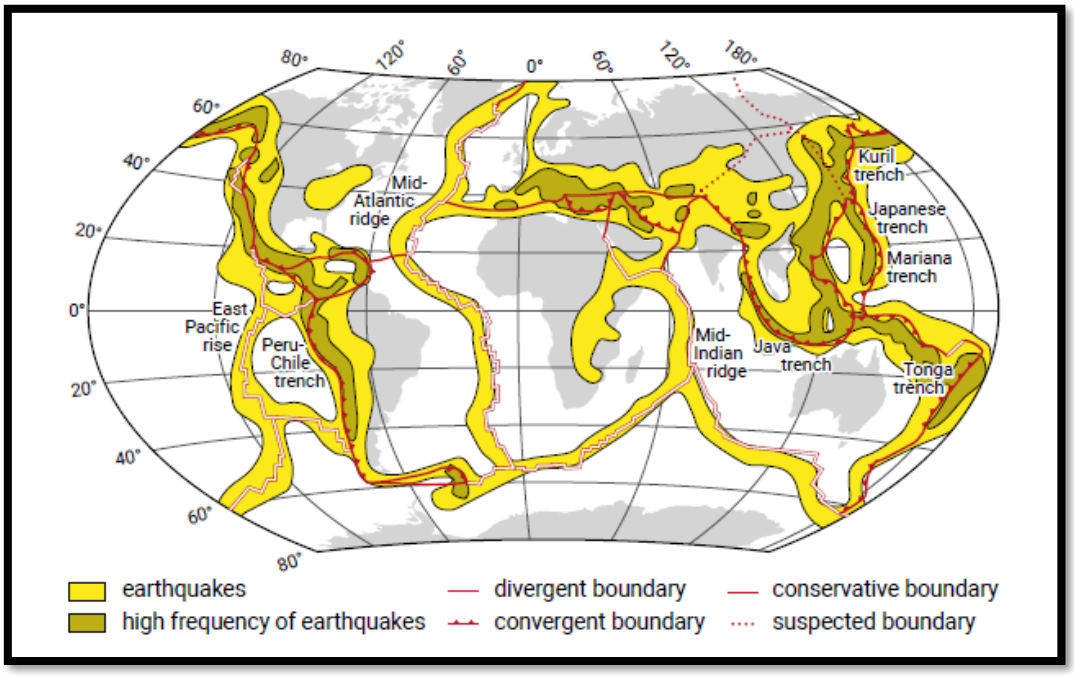
شکل ۲- حرکات صفحات تکتونیکی و انواع حالات مختلف مرزهای زمین ساختی واگرا، همگرا و امتداد لغز

۱-۲- تاثیر فرایندهای تکتونیکی بر روی سواحل کره زمین:

قاره های زمین بخشی از سنگ کره یا لیتوسفر هستند که قسمت فوقانی آن را پوسته تشکیل می دهد. سنگ کره شامل: ۱۲ صفحه تکتونیکی است که ۶ صفحه اقیانوسی و ۶ صفحه قاره ای را در بر می گیرد. این صفحات تکتونیکی بر روی استنوسفر یا جبه که از جنس مواد نیمه جامد است، شناورند و دارای حرکات دائمی می باشند. وقتی صفحات تکتونیکی از یکدیگر فاصله می گیرند مانند: بخش مرکزی شمال اقیانوس اطلس، مواد مذاب جبه به سطح بستر اقیانوس می رسد و پوسته اقیانوسی ایجاد می شود(شکل ۳). پشته های میان اقیانوسی در این نواحی ایجاد می شود و سن بستر اقیانوس با افزایش فاصله از محل گسترش صفحه اقیانوسی بیشتر می گردد. سرعت حرکات تکتونیکی صفحات واگرا بین ۱ تا ۳.۵ سانتی متر در سال در اقیانوس اطلس و ۹ تا ۱۵ سانتی متر در سال در بخش شرقی اقیانوس آرام می باشد. سرعت حرکات صفحات تکتونیکی با کمک شبکه های دقیق ژئودزی و از طریق ماهواره اندازه گیری می شود. برخورد صفحات تکتونیکی در مکان های دیگر کره زمین موجب فرورانش پوسته اقیانوسی به زیر پوسته قاره ای شده و نیروهای حاصل از آن سبب شکل گیری کوه ها و گودال های اقیانوسی می گردد که همراه با وقوع زمین لرزه های مخرب و آتشفشان های گسترده می باشند(شکل های ۳ و ۴).



شکل ۳- حرکات پوسته زمین در مرزهای تکتونیکی همگرا و واگرا



شکل ۴- توزیع جهانی فراوانی زمین لرزه ها و ارتباط آنها با مرزهای زمین ساختی صفحات تکتونیکی

۱-۳- طبقه بندی سواحل بر اساس ماهیت تکتونیکی آنها:

اولین بار دانشمندانی به نام اینمن و نوراشتورم (Inman & Nordstorm, 1971) بر اساس معیارهای طبیعی: پهنای فلات قاره و شیب توپوگرافی ساحلی که متاثر از حرکات صفحات تکتونیکی می باشند، سواحل کره زمین را تقسیم بندی نمودند. آنها به این نکته پی بردند که فاصله مناطق ساحلی تا مرز صفحات تکتونیکی و نوع حرکات (واگرا، هم گرا و امتداد لغز) تاثیر به سزایی بر روی ساختار مورفولوژی مناطق ساحلی دارد. بر این اساس آنها سواحل کره زمین را به انواعی به شرح زیر طبقه بندی کردند.

۱- سواحل همگرا یا برخوردی (Leading- edge coasts)

این نوع از سواحل در مناطق برخورد صفحات تکتونیکی شکل می گیرند و معمولا دارای توپوگرافی ناهموار، صخره ای، دارای فلات قاره باریک و فعالیت های تکتونیکی به صورت بالازدگی (Uplifting) یا پایین روی (Subsidance) می باشند. سواحل بخش غربی آمریکای شمالی و جنوبی از نوع مناطق ساحلی هم گرا است(شکل ۵ و ۶).

۲- سواحل واگرا یا اشتقاقی (Trailing- edge coasts)

سواحل واگرا در فاصله نسبتا دوری از مرز صفحات تکتونیکی قرار دارند و به لحاظ زمین شناختی به عنوان سواحل پایدار محسوب می شوند. معمولا قاره و اقیانوس متصل به آن بر روی یک صفحه تکتونیکی واحد قرار می گیرد و دارای فلات قاره پهن و شیب بسیار ملایم در بستر مناطق ساحلی هستند. سواحل شرقی آمریکای شمالی و سواحل دو سوی اقیانوس اطلس در اروپا، آفریقا و آمریکا از نوع سواحل واگرا می باشند. ریفت ها یا شکاف های اقیانوسی در بستر اقیانوس در صفحات تکتونیکی واگرا توسعه می یابد و مثال کنونی آن: ریفت آفریقا و دریای سرخ است. تداوم گسترش ریفت های اقیانوسی منجر به گسترش صفحه اقیانوسی و افزایش پهنای فلات قاره می گردد(شکل ۵ و ۶).

۳- سواحل دریاهای حاشیه ای (Marginal Sea)

این نوع سواحل به لحاظ زمین ساختی پایدارند و توسط جزایر قوسی که منشاء آتشفشانی دارند در مکان برخورد صفحات اقیانوسی مانند: مجموعه جزایر ژاپن، فیلیپین، کارائیب، سوماترا و گینه نو محافظت می شوند (شکل ۷). سواحل پایدار دریاهای حاشیه ای در بخش شرقی استرالیا و شرق آسیا و خلیج مکزیک هم گسترش دارد. پهنای ناحیه فلات قاره عامل بسیار مهمی در کنترل فراوانی و ساختار رسوبی ، رسوبات ساحلی محسوب می شود. همانطور که قبلا توضیح داده شد، ارتباط مستقیم بین پهنای فلات قاره و نوع صفحات تکتونیکی وجود دارد. برای مثال فلات قاره باریک و پر شیب در غرب قاره آمریکا و فلات قاره پهن در شرق آمریکا قابل ذکر است. فلات قاره پهن محیط مناسبی برای رسوبگذاری مواد رسوبی است و شیب کم بستر دریا موجب افزایش حجم رسوبات در مناطق ساحلی می گردد. بر همین اساس دلتاهای بزرگ در سواحل واگرا با فلات قاره عریض ایجاد می شود. پهنای فلات قاره بر روی عملکرد نیروهای هیدرودینامیکی دریا نیز تاثیر دارد. برای مثال پدیده مد طوفان که تحت تاثیر کاهش فشار هوا و وزش باد ایجاد می شود در مناطق کم شیب و عریض ساحلی بیشتر موجب افزایش سطح تراز آب دریا می گردد و دامنه جزرومد در فلات قاره پهن بیشتر از مناطق ساحلی باریک است. کاهش انرژی امواج سبب تجمع مواد رسوبی و شکل گیری ساختارهای رسوبی گسترده در مناطق فلات قاره ای می شود و زیستگاه های مناسبی برای رویش مانگروها و سالت مارش ها ایجاد می گردد. دریاهای بسته مانند دریای خزر و سواحل حاشیه ای دارای انرژی امواج کم توسعه یافته تری نسبت به دریاهای آزاد و اقیانوس ها هستند و از حجم رسوبکذاری بالایی برخوردارند. در عوض انرژی بالای امواج در سواحل همگرا و ناپایدار تکتونیکی سبب گسترش دره های زیر دریایی و انتقال رسوبات ساحلی به درون آنها می شود و این نوع از سواحل دارای حجم کمی از رسوبات می باشند.

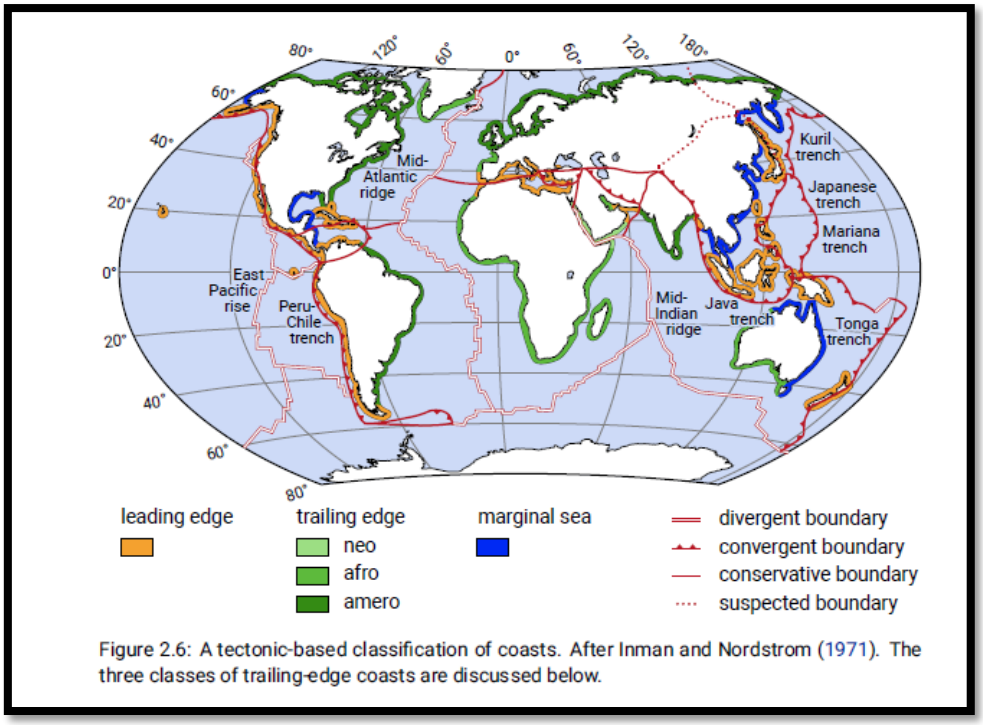


Figure 2.6: A tectonic-based classification of coasts. After Inman and Nordstrom (1971). The three classes of trailing-edge coasts are discussed below.

شکل ۵- طبقه بندی سواحل بر اساس ساختار تکتونیکی (**Inman and Nordstorm 1971**)

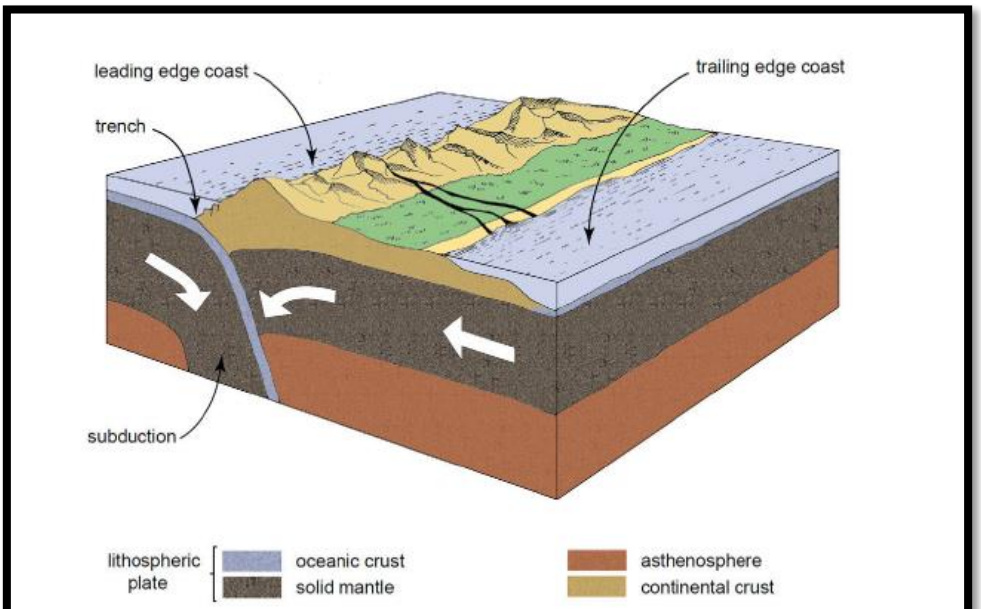
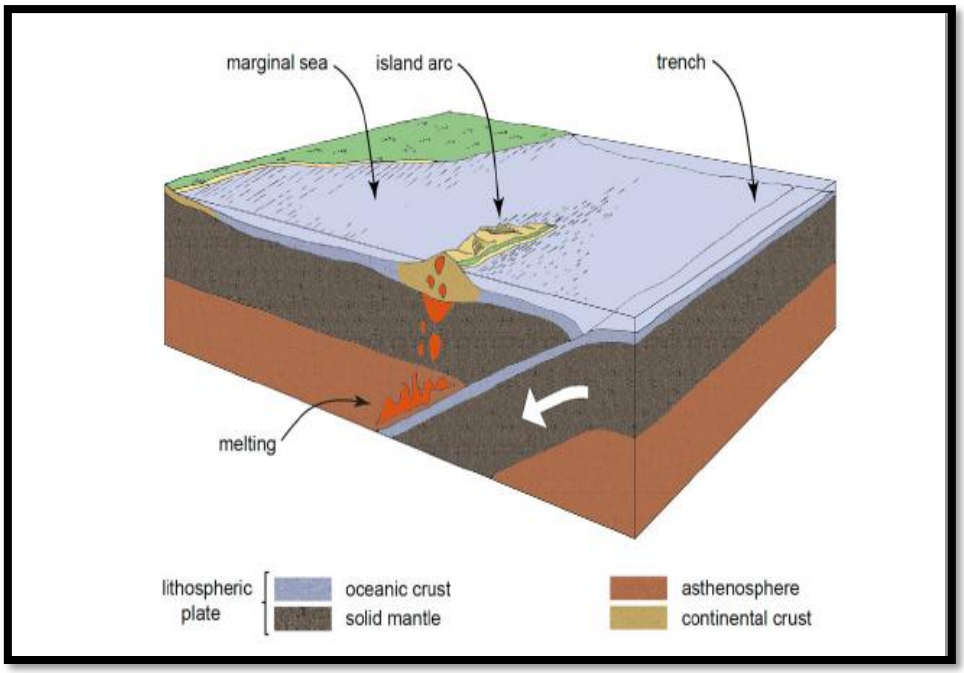


Figure 2.7: Formation of leading-edge and trailing-edge coasts. This figure can be seen as a cross-section of the American continent with the west coasts dominated by rocky coasts and a narrow and steep continental shelf and the east coasts dominated by extensive sediment deposits on a wide and flat continental shelf.

شکل ۶- نحوه تشکیل سواحل واگرا و همگرا در مناطق متاثر از حرکات تکتونیکی



شکل ۷- برخورد صفحات قاره ای و اقیانوسی و تشکیل آتشفشان های دریایی که منجر به ایجاد جزایر قوسی و دریاهای حاشیه ای می گردد

حجم زیادی از مواد رسوبی در بستر سواحل پایدار تکتونیکی، طی چند میلیون سال تحت تاثیر فرایند طبیعی رسوبگذاری می کند و با گذشت زمان تپه ماهورهای صخره ای کنار ساحل تحت تاثیر فرسایش به جلگه ساحلی تغییر ساختار می یابد. این رسوبات تحت تاثیر نیروهای هیدرودینامیکی دریا و باد، جزایر سدی، زبانه های ماسه ای، دلتاها، تالاب ها و سایر اشکال رسوبی دیگر را ایجاد می کند. برای مثال می توان به دلتای سافرانسیسکو در برزیل و دلتای سنگال در آفریقا، پهنه های جزرومدی، مارش ها، سواحل ماسه ای و تپه های ماسه ای در سواحل حاشیه ای و دریاهای بسته اشاره کرد. سواحل ناپایدار زمین ساختی همگرا ، دارای جریانات رودخانه ای سریع و رودهای کوچک که بسترشان تحت تاثیر حوزه آبریز مرتفع و پر شیب به شدت فرسایش یافته می باشند. رودخانه ها دارای کانالی باریک و کوتاه هستند و معمولا مستقیما وارد دریا می شوند. میزان فراوری رسوبی در مناطق ساحلی بخاطر انتقال رسوبات به مناطق پر شیب بستر دریا و دره های زیر دریایی کم است و این نوع از سواحل فاقد دلتای توسعه یافته می باشند.

۱-۴- تغییر شکل مورفولوژی سواحل صخره ای در پلیستوسن:

حدود ۷۵ درصد از قاره های جهان و جزایر حاشیه ای دارای سواحل صخره ای است. این نوع ساحل سخت در مناطق هم گرا و ناپایدار تکتونیکی توسعه دارند، مانند: سواحل غربی آمریکای شمالی و جنوبی که دارای سواحل صخره ای در سطح گسترده ای می باشد(شکل ۸).

شکل ۸- سواحل صخره ای ناپایدار واگرا (leading- edge coast) در غرب آمریکال شمالی (کالیفورنیا)

البته سواحل صخره ای در مناطق ساحلی واگرا که دارای فلات قاره پهن و کم شیب است نیز در برخی نقاط مشاهده می گردد. عامل ایجاد سواحل صخره ای در این مناطق عملکرد یخچال های پلیستوسن است که با حرکت توده یخ و انتقال رسوبات فرسایش یافته (Till sediments) دره های پر شیب منتهی به ساحل پر شده و ذوب مجدد یخ ها سبب غرقاب شدن و فرسایش رسوبات متراکم شده می شود و در نهایت برجستگی های ساحلی را در دره های ساحلی (Fjords) ایجاد می کند. این نوع اشکال مورفولوژی در سواحل آلاسکا، اسکاندیناوی و اسکاتلند توسعه دارند(شکل ۹). سواحل تخته سنگی مرجانی که از کربنات کلسیم تشکیل شده است در مناطق پایدار تکتونیکی تحت تاثیر فرایندهای زیستی ایجاد می شوند. بادهای غالب طی پلیستوسن موجب فرسایش آبسنگ های مرجانی و تولید ماسه های کربناته گشته است و به مرور زمان با انباشت و سیمانی شدن ماسه ها، تپه های صخره ای ماسه ای در کنار ساحل شکل گرفته است و تپه هایی را به نام ائولینایت (Eolinaite) بوجود آورده است. سواحل شمالی آفریقا مثال خوبی برای این نوع از عوارض

ساحلی است. میزان فرسایش سواحل صخره ای به جنس سنگ شناسی و ساختار هندسی لایه های رسوبی بستگی دارد. میزان فرسایش از ۱۰۰ سانتی متر در سال برای سنگ های سست مارنی تا یک میلی متر در سال برای سنگ های سخت گرانیتی متغیر است. انرژی بالای امواج در سواحل صخره ای پر شیب موجب فرسایش و شکل گیری لندفرم های فرسایشی مانند: پهنه فرسایشی امواج (Wave cut platform)، ستون ها (Stacks)، طاق های قوس دار (Arcs) و غارهای فرسایشی (Caves) می گردد(شکل ۱۰).

شکل ۹- سواحل واجد دره های فرسایشی حاصل عملکرد یخچالی (Fjord) در نروژ

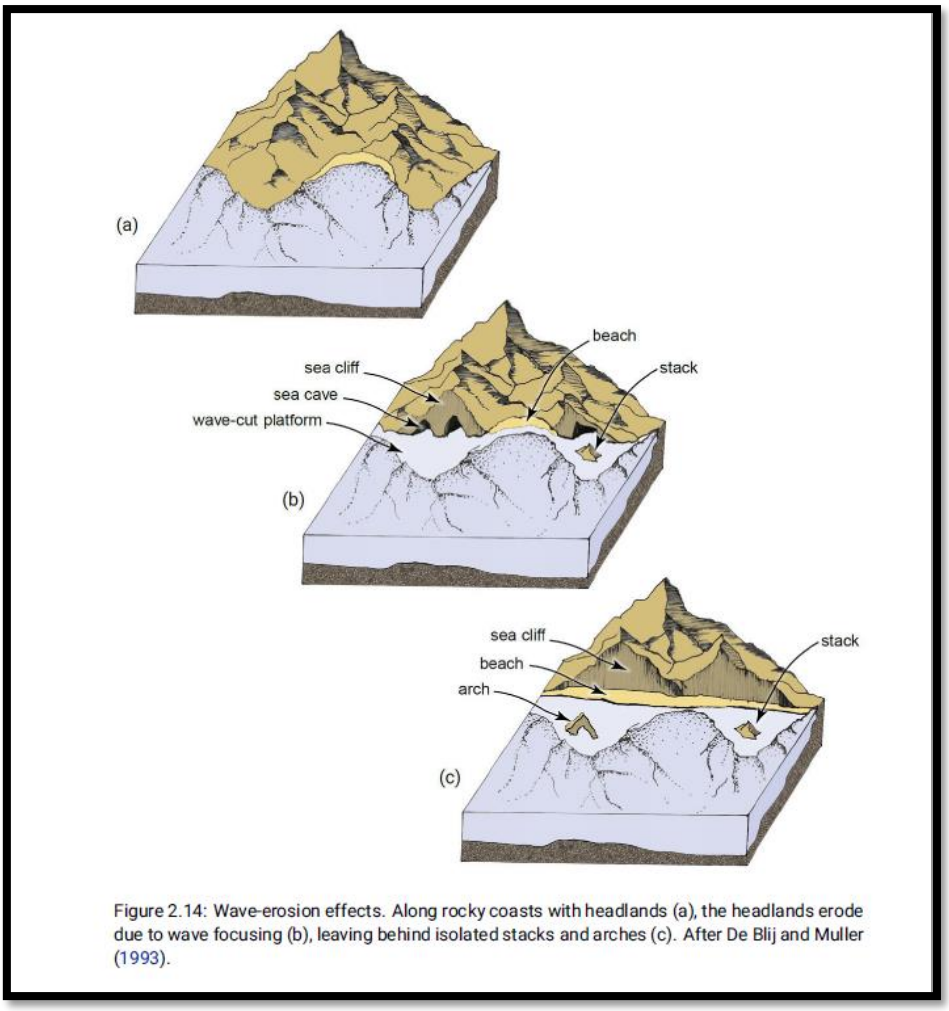


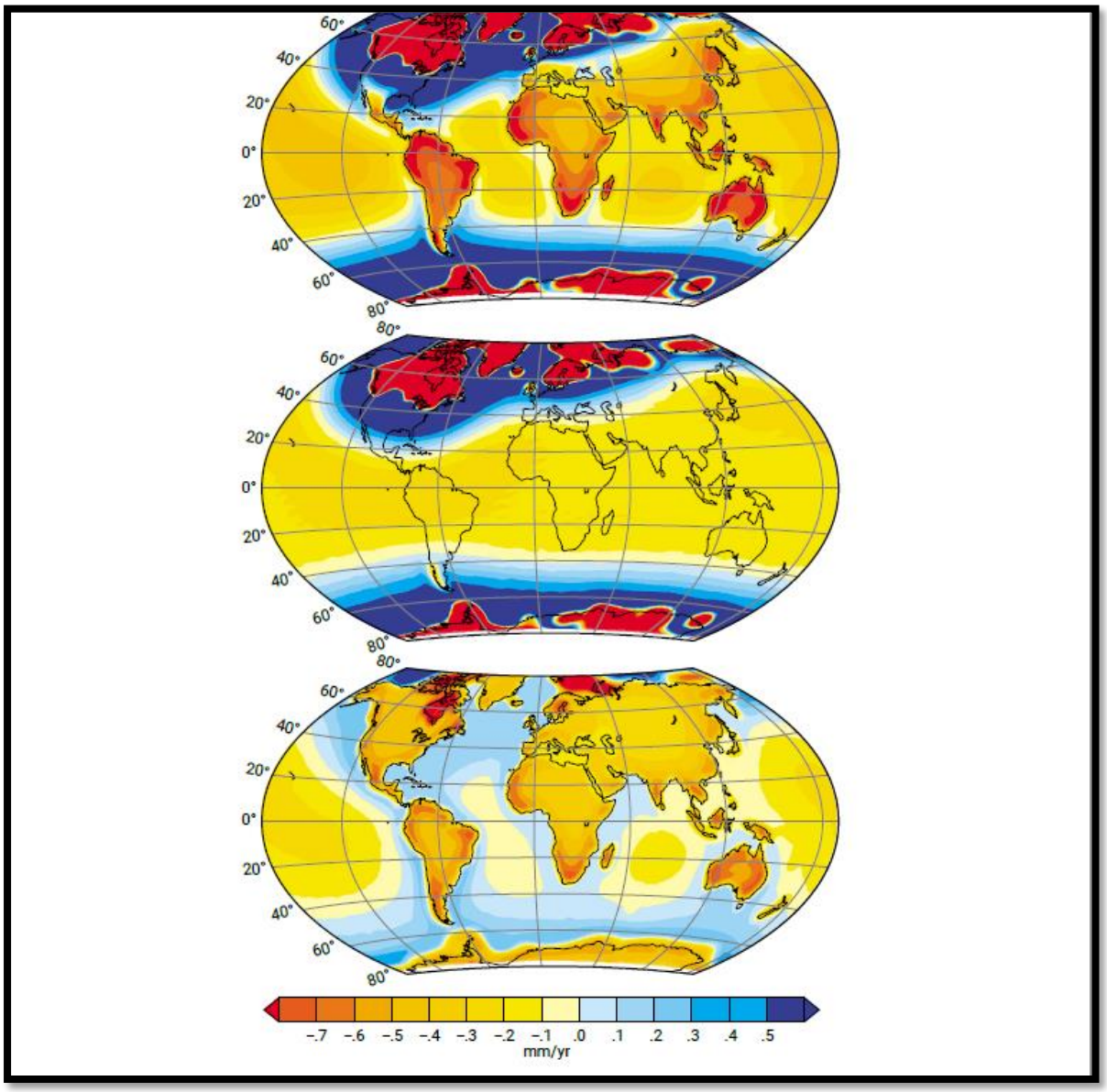
Figure 2.14: Wave-erosion effects. Along rocky coasts with headlands (a), the headlands erode due to wave focusing (b), leaving behind isolated stacks and arches (c). After De Blij and Muller (1993).

شکل ۱۰- تاثیر فرساینده امواج دریا بر روی سواحل صخره ای و تشکیل لندفرم های فرسایشی (Stacks, Arches and Cave)

۱-۵- پیشروی آب دریاها در دوره هلوسن:

تغییرات مطلق سطح تراز آب دریاها و اقیانوس ها را به نام تغییرات ائوستازی اطلاق می کنند. این نوع تغییرات در راستای قائم و در صفحه فرضی ژئوئید اقیانوسی صورت می گیرد. تغییرات ائوستازی در اثر تغییر حجم آب اقیانوس ها تحت تاثیر فرایندهای یخچالی و انبساط حرارتی آب دریا، تغییر حجم حوزه اقیانوسی از طریق حرکات آهسته تکتونیکی در سواحل واگرا (Tectono –Eustasy)، و تغییر در میزان توزیع آب در اثر اختلاف در شدت جاذبه زمین (Geoidal Eustasy)، ایجاد می شود. مهم ترین عامل تغییر سطح تراز آب اقیانوس ها در کواترنری، عملکرد فازهای یخچالی و بین یخچالی تحت تاثیر گرمایش کره زمین است. تغییرات ائوستازی که تحت تاثیر بالاروی و پایین روی پوسته زمین ایجاد می شود را تغییرات ایزوستازی گویند. این نوع حرکات شامل ایزوستازی حاصل از یخچال ها که با بارگذاری توده یخ و برداشت آن بر روی پوسته زمین صورت می گیرد. ذوب یخ ها موجب سبک شدن پوسته بر روی جبه شده و موجب بالا آمدن آن می شود و

فرونشست زمین های دور از مناطق یخچالی را در بر خواهد داشت و ایزوستازی حاصل از جریان آب که با ورود و خروج آب اقیانوس ها تحت تاثیر فرایندهای یخچالی انجام می گیرد. نیروی آب حاصل از ذوب یخ های قطبی سبب فشار بر بستر اقیانوس و فرونشست سواحل می گردد و بالا آمدگی بستر اقیانوس در مناطقی که ذوب یخ بوقوع پیوسته است، قابل اشاره می باشد(شکل ۱۱).



شکل ۱۱- پیش بینی عددی نرخ تغییرات سطح تراز آب دریاها تحت تاثیر تنظیمات ایزوستازی حاصل از فرونشست و بالازدگی پوسته زمین در اثر ذوب یخچالها

بنابراین تغییرات ایزوستازی نه تنها روی نوسانات مطلق سطح تراز آب اقیانوس های تاثیر دارد بلکه موجب تغییرات نسبی سطح تراز آب دریاها نیز می گردد. ذوب یخ ها در ۵۰۰۰ سال قبل در بخش میانی دوره هلوسن به پایان رسید و کامل شد و از آن زمان تاکنون حرکات ایزوستازی حاصل از ذوب یخ ها حالت یکنواخت و پایدار یافته است. البته طی قرن بیستم و دهه نخست قرن حاضر افزایش گرمای کره زمین و وقوع پدیده تغییرات اقلیمی گسترده، شدت ذوب شدن یخ های قطبی را افزایش داده است و هم اکنون سطح تراز آب دریاها به میزان ۳.۱ میلی متر در سال در حال افزایش است. بنابراین انتروپوسن که از سال ۱۹۴۵ آغاز می شود، زمان مهمی در تغییرات سطح تراز آب اقیانوس ها تحت تاثیر فرایندهای اقلیمی و ذوب یخچال ها محسوب می گردد. تغییرات سطح تراز آب دریاها به طور مشخصی بر روی مناطق ساحلی تاثیر می گذارد.

۱-۶- تاثیر تغییر سطح تراز دریاها بر ناحیه کم عمق ساحلی (Shoreface)

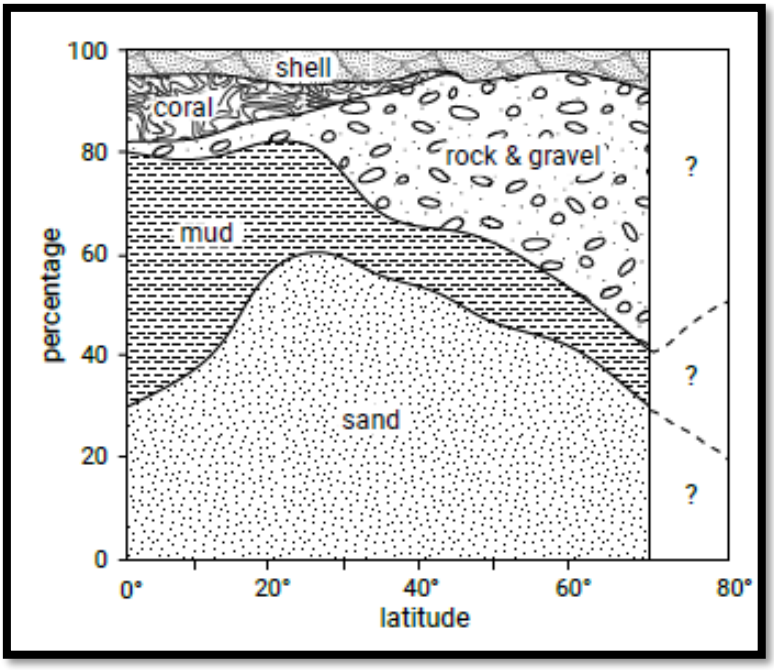
ناحیه چهره ساحل (Shoreface) مکان تاثیر فزاینده و موازنه نیروهای هیدرودینامیکی بر روی بستر مناطق ساحلی است. نیمرخ های ساحلی در این قسمت تحت تاثیر امواج فرساینده به لحاظ زمانی و مکانی تغییر می کند و افزایش سطح تراز آب دریاها، فضای بیشتری را برای تاثیر پذیری بستر ساحل از نیروهای هیدرودینامیکی فراهم می سازد. ساحل یا Coast تحت تاثیر دو فرایند هیدرودینامیکی به نام پیشروی یا Transgression و پسروی یا Regression قرار می گیرد. اگر موقعیت مکانی خط ساحل که محل تلاقی آب دریا با خشکی است، تحت تاثیر نوسانات سطح تراز آب دریا تغییر یابد، نیمرخ توپوگرافی ساحلی نیز به تبع آن تغییر خواهد کرد. آب گرفتگی اراضی خشک ساحلی (Inundation) تحت تاثیر فرایند پیشروی آب دریا و عقب نشینی خط ساحل در اثر پسروی آب دریا را خشک زایی یا (Retreat) گویند. خورها و تالاب های ساحلی در سواحلی که همراه با پیشروی آب دریا هستند شکل می گیرند. Rias and Fjord خورهایی هستند که با نفوذ سیلاب های دریایی در مناطق کم شیب ساحلی ایجاد می شوند. Rias در دره های رودخانه ای غرق شده مانند بندر سیدنی در استرالیا و Fjord در دره های غرق شده یخچالی نظیر اسکاتلند شکل گرفته است. در هنگام پسروی دریا، آب دریا عقب نشینی کرده و رسوبگذاری در محیط تالاب و خورها سبب پر شدن و ناپدید شدن آنها می گردد. نوسانات نسبی سطح تراز آب دریاها در مناطق مختلف کره زمین متفاوت است. این موضوع سبب تغییر رفتار مناطق ساحلی نسبت به یکدیگر می شود. سواحل تحت تاثیر پیشروی آب دریا در اثر فرونشست بستر در مناطق میانی و جنوبی آمریکای شمالی، بخش میانی تا جنوبی اروپا و مدیترانه گسترش دارند. در این مناطق ساحلی از ۷۰۰۰ سال قبل تاکنون سطح تراز آب دریا معادل یک میلی متر در سال افزایش داشته است. بر عکس، سواحل پسرونده که در مناطق دور از فعالیت های یخچالی قرار دارند بیشتر در مناطق ساحلی آسیا، اقیانوسیه، بخش مرکزی تا جنوبی آفریقا و آفریقای جنوبی مشاهده می شوند. در آغاز دوره هلوسن این مناطق در ابتدا یک افزایش نسبی در سطح تراز آب دریا را تجربه کردند ولی با گذشت زمان دچار کاهش سطح تراز آب دریا شدند. فرآوری رسوبی عامل بسیار مهمی در تغییر شکل سواحل

دارای پیشروی و پسروی محسوب می شود. فراوری رسوبی بر روی عقب نشینی خط ساحل تاثیر دارد. اگر نرخ رسوبگذاری در ساحل با میزان افزایش سطح تراز آب دریا هم تراز باشد، نیمرخ ساحلی بدون تغییر می ماند. معمولا رسوبات ساحلی از طریق رودخانه ها و سواحل صخره ای کناری تامین می شوند. بنابراین میزان و نوع نوسانات سطح تراز آب دریاها و فراوری رسوبی نقش بسیار مهمی در جابجایی خط ساحلی دارد. اگر میزان فرسایش حاصل از افزایش سطح تراز آب دریاها کمتر از حجم رسوبگذاری باشد، خط ساحل به سمت دریا تغییر مکان می دهد مانند: دلتای می سی سی پی در آمریکا و سواحل مرکزی کشور هلند که وسعت بخش خشک ساحلی بعلت رسوبگذاری مواد رسوبی افزایش یافته است. سواحل ماسه ای و پهنه های جزرومدی در این شرایط به خوبی توسعه می یابند. بنابراین در مطالعات ژئومورفولوژی سواحل شرایط و مشخصات طبیعی مناطق ساحلی در دوره های زمانی مختلف شناسایی می شود. برای مثال در کشور استرالیا، در طی زمان هلوسن، علی رغم کاهش سطح تراز آب دریا، تعداد زیادی تالاب و خور شکل گرفته است. این موضوع به شرایط آب و هوای گرم و حجم رسوبگذاری کم مواد رسوبی ارتباط دارد. مطالعات Bird در سال ۱۹۸۵ نشان داده است که ۷۰ درصد سواحل ماسه ای دنیا، حالت پیشرونده به سوی دریا دارند (retreat Beach). کمتر از ۱۰ درصد دارای شرایط رسوبگذاری یا (Progradation) هستند. سایر مناطق ساحلی دارای حالت پایدار و بدون تغییر می باشند. نتایج مطالعات سنجش از دور طی سال های ۱۹۸۴- ۲۰۱۶ میلادی نشان داده است که سالانه ۲۴ درصد سواحل ماسه ای کره زمین، به میزان ۵۰ سانتی متر فرسایش می یابند و ۲۸ درصد سواحل ماسه ای دارای فرایند رسوبگذاری و ۴۸ درصد حالت پایدار و بدون تغییر دارند.

۱-۷- ماهیت طبیعی و فراوانی رسوبات ساحلی:

رسوبات ساحلی شامل: ماسه های کربناته که از اجزای اسکلتی صدف بی مهره گان دریایی نشات می گیرد و ماسه های قاره ای که حاوی کانی های کوارتز، فلدسپات و کانی های سنگین است. این رسوبات توسط فرایندهای هوازدگی و فرسایش ایجاد شده اند و از طریق رودخانه ها به مناطق ساحلی انتقال یافته اند. اندازه دانه های رسوبی در مناطق مختلف ساحلی و در زمان های گوناگون متفاوت است. بر اساس اندازه دانه های رسوبی، سواحل کره زمین به انواع سواحل رسی، ماسه ای، قلوه سنگی، تخته سنگی و مگا گراول طبقه بندی شده است. توزیع دانه بندی مواد رسوبی در عرض های جغرافیایی کره زمین متفاوت است (Hayes, 1967) (شکل ۱۱). رسوبات گلی در مناطق جغرافیایی دارای آب و هوای بسیار گرم با بارندگی زیاد مانند: استوا به فراوانی یافت می شوند. برای مثال می توان به سواحل گلی در جنوب آمریکا در ناحیه گویانا به طول ۱۶۰۰ کیلومتر می توان اشاره کرد که با رسوبات بسیار ریز دانه رودخانه های آمازون و وارینوکو پوشیده شده است. ماسه ها در اکثر مناطق ساحلی به خصوص در سواحل فراحاره ای و عرض های جغرافیایی میانی و پایینی (۲۰ تا ۴۰ درجه) فراوان است. بیشتر سواحل گراولی در مناطق جغرافیایی با درجه حرارت پایین و سرد، مانند: حاشیه مناطق قطبی واقع شده اند. تخته سنگ های مرجانی کربناته در آب های گرم استوایی فراوان

اند. موقعیت مکانی گسترش سنگ ها و صخره های ساحلی تابع فعالیت های تکتونیکی و کوهزایی هستند و بیشتر در مناطق سرد شمالگان و جنوبگان توسعه دارند.



شکل ۱۱- توزیع و فراوانی نسبی رسوبات منطقه فلات قاره در عرض های جغرافیایی مختلف

فراوانی و میزان دسترسی رسوبات ساحلی (Sediments availibility) به معیارهای مهمی به شرح زیر بستگی دارد.

۱- برآمدگی ها و ناهمواری های زمین: میزان بارندگی در سطح کره زمین، حضور یا عدم وجود رودخانه ها، نقش بسیار مهمی در تامین مواد رسوبی در مناطق ساحلی دارد. بیشترین رسوبات ماسه ای در عرض های جغرافیایی ۴۰ درجه شمالی و جنوبی مشاهده می شود. رسوبات گلی در مناطق استوایی بخاطر بارندگی بسیار زیاد توسعه می یابند.

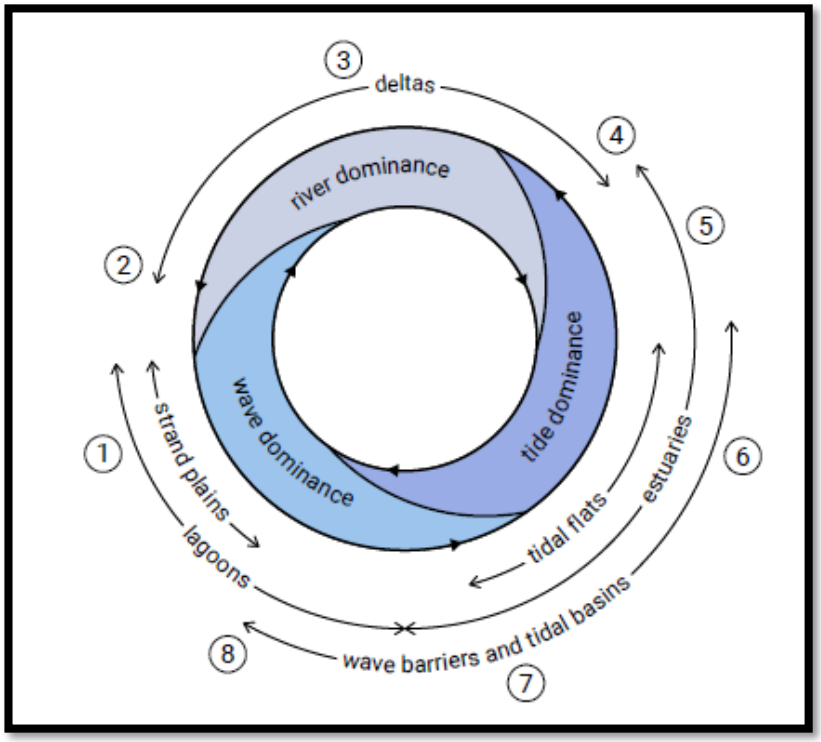
۲- تنوع فرایندهای هوازدگی (مکانیکی و شیمیایی و یا بیولوژیکی)

۳- فازهای یخچالی پلیستوسن

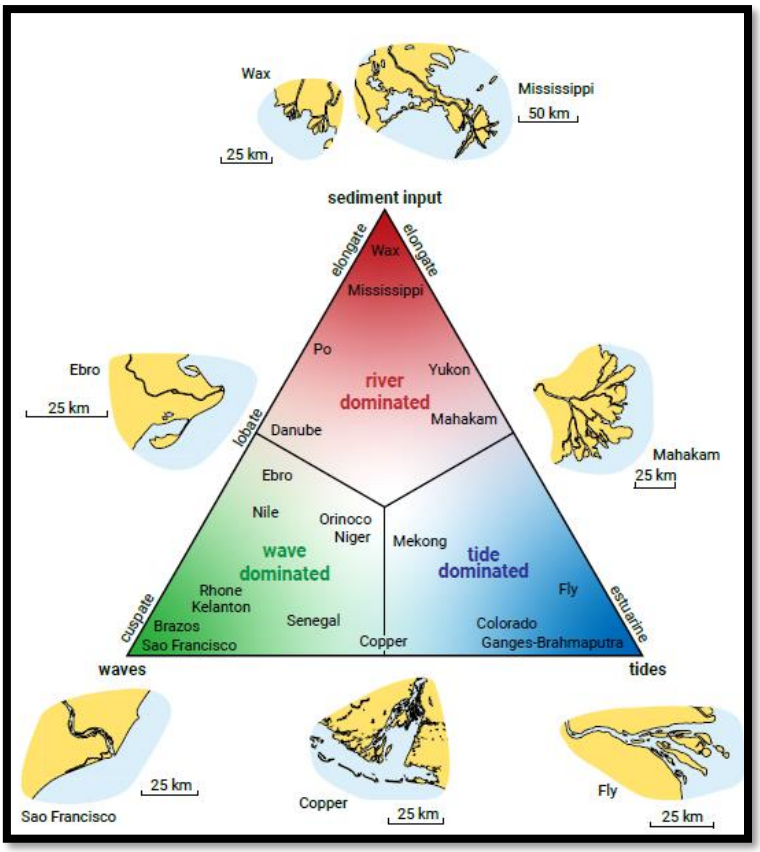
۴- درجه حرارت بالای آب های اقیانوسی، عامل مهمی برای ایجاد و توسعه آبسنگ های مرجانی است. بخش های غربی اقیانوس بعلت وزش بادهای تجاری غربی از حرارت بیشتری نسبت به نواحی شرقی برخوردارند و رشد مرجان های آهکی در سواحل غربی اقیانوس ها بیشتر است.

۱-۸- تقسیم بندی سواحل بر اساس فرایندهای ساحلی:

فرایندهای ساحلی نقش بسیار مهمی در تنوع و ماهیت طبیعی رسوبات ساحلی دارند. در اثر فرسایش حاصل از نیروهای هیدرودینامیکی دریا و جزرومد، صخره ها فرسایش یافته و رسوبات گراولی ایجاد می شود. تولید و حذف مواد رسوبی بسیار ریز دانه گلی توسط نیروی حاصل از امواج و جریان های ساحلی صورت می گیرد. این رسوبات توسط جریان های ساحلی به محیط های تالابی وارد شده و در آنجا رسوبگذاری می کنند. جریان های رودخانه ای و سیلابی، جزرومد و امواج نقش بسیار مهمی در شکل گیری انواع مختلف عوارض مورفولوژیکی در مناطق ساحلی ایفا می کند. سواحل بر اساس مکانیسم فرایندهای ساحلی غالب به انواع تحت تسلط امواج (Wave dominate)، جزرومد (Tide dominate) و رودخانه (River dominate) طبقه بندی می شوند(شکل های ۱۲ و ۱۳).



شکل ۱۲- تاثیر نسبی جریان های آبرفتی رودخانه ای، امواج و جزرومد در ساختار مورفولوژی مناطق ساحلی



شکل ۱۳- طبقه بندی ساختار مورفولوژی دلتاهای ساحلی بر اساس ماهیت تاثیر نیروهای هیدرولیکی رودخانه ای، جزرومد و امواج (Galloway, 1975)

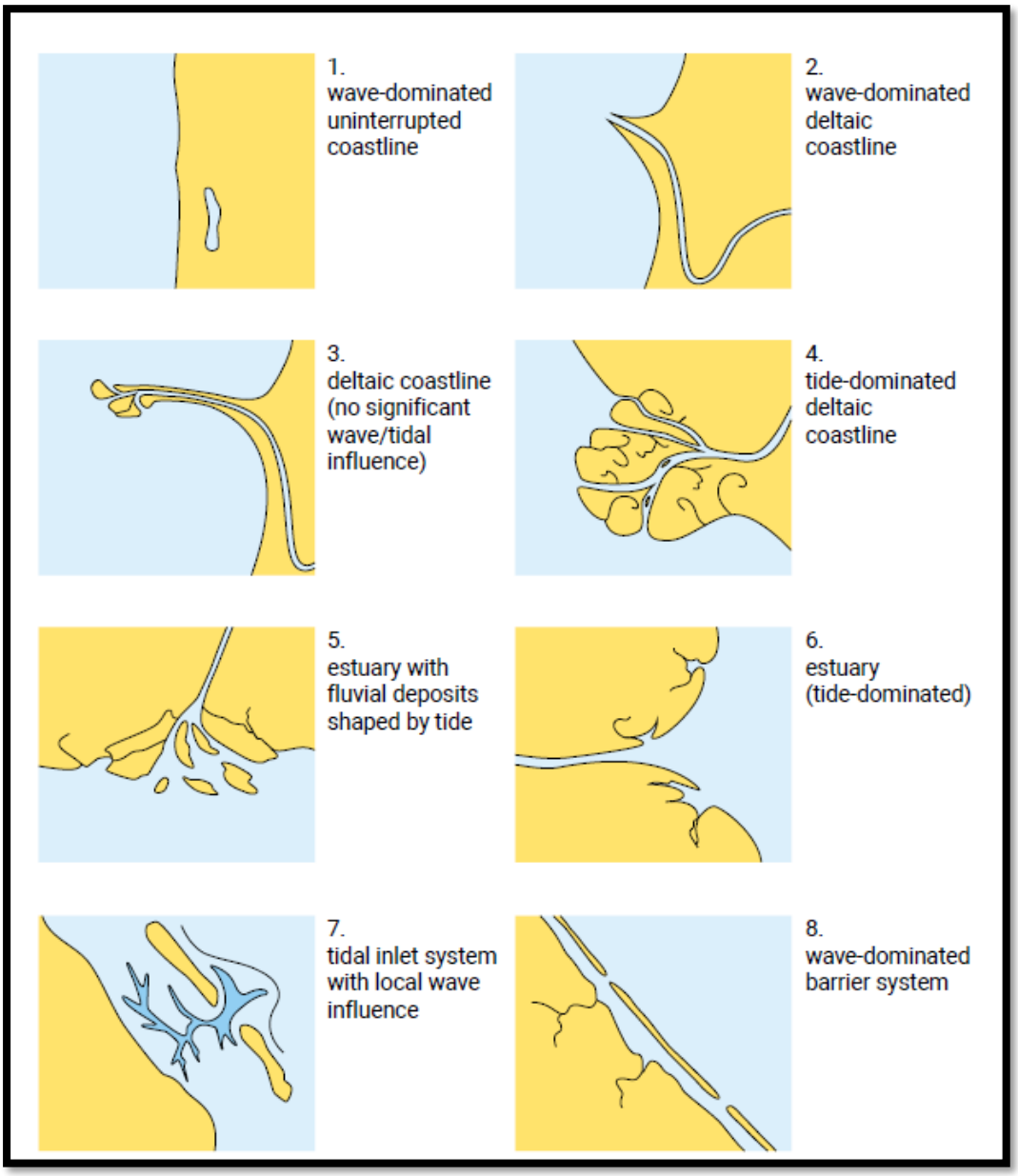
البته حالات حدواسط برای هر یک از آنها نیز وجود دارد و یا ممکن است سواحل ترکیبی با تلفیق هر سه حالت وجود داشته باشد. رسوبات آبرفتی منبع بسیار مهمی برای تامین مواد رسوبی مناطق ساحلی محسوب می شود و امواج و جزرومد نقش بسیار سازنده ای در حمل و رسوبگذاری این مواد در مناطق مختلف سواحل دارند.

سواحل دلتایی، دهانه ای و خورها بر اساس تاثیر گوناگون فرایندهای ساحلی به انواع زیر طبقه بندی می شوند(شکل ۱۴).

۱- سواحل تحت تسلط امواج بدون آشفتگی خط ساحلی
۲- خطوط ساحلی تحت تسلط امواج مانند: گرگان رود و سفید رود
۳- سواحل دلتایی بدون جزرومد و امواج: مانند: دلتای رودخانه اورال
۴- سواحل دلتایی جزرومدی مانند: اروند رود
۵- خورهای تحت تاثیر جریان های رودخانه ای: مانند: رودخانه مند در بوشهر
۶- خورهای جزرومدی: مانند: خورهای بندر خمیر در خلیج فارس

۷- دهانه های جزرو مدی با تاثیر امواج محلی

۸- سواحل سدی تحت تسلط امواج: مانند ساحل میانکاله



شکل ۱۴- مثال هایی از سیستم های ساحلی مختلف و توسعه عوارض مورفولوژی ساحلی متاثر از فراوری رسوبات آبرفتی رودخانه ای، جزرومدی و امواج

۲-۸- تیپ های ساحلی (Beach states):

تیپ های ساحلی که در بردارنده حالات مختلف مورفودینامیکی مناطق ساحلی است، توسط رایت و شورت در سال ۱۹۸۴ به شش گروه ساحلی مختلف تقسیم بندی شده است. اساس طبقه بندی سواحل توسط آنها در نظر گرفتن چند معیار مهم هیدرودینامیکی، مشخصات فیزیکی آب دریا و رسوبات ساحلی بود. ارتفاع و پریود امواج و سرعت سقوط دانه های رسوبی که به شکل و اندازه ذرات، وزن مخصوص آنها، چگالی آب و ویسکوزیته سیال بستگی دارد. در حقیقت میزان کمی نسبت بین ارتفاع امواج به حاصل ضرب سرعت سقوط ذرات رسوبی در پریود امواج معرف نوع ساحل از لحاظ مورفودینامیکی می باشد. اگر این نسبت کمتر از۱ باشد ساحل را انعکاسی یا Refelective می نامند. در صورتی که مقدار کمی این نسبت بیشتر از ۶ باشد، ساحل را میرا یا Dissipative اطلاق می کنند و ارزش کمی نسبت مذکور اگر بین ۱ تا ۶ باشد ساحل را حدواسط یا Intermediate می دانند.

۱- سواحل انعکاسی یا Reflective Beach: دارای شیبی تند در ناحیه چهره ساحل (Shoreface) با عرض کم می باشد و واجد خاکریز باریک و ناحیه شکست امواج محدود است و بدون بار رسوبی در ناحیه شکست است(شکل ۱۵). شیب ساحل در بخش کم ژرفای دریایی حدود ۰.۱ تا ۰.۲ است. رسوبات ماسه ای درشت دانه و نوع شکست امواج (Surging و Collapsing) است. نسبت ارتفاع امواج به طول موج، کم (Steepness) است و انواع امواج با دامنه کوتاه و بلند در این نوع از سواحل دیده می شود. سواحل انعکاسی دارای امواج غالب ملایم بوده و نقش آنها در انتقال مواد رسوبی از ناحیه کم ژرفای ساحلی به سمت بخش خاکریز ساحلی می باشد. امواج Swell و Monsoon در این نوع از سواحل عمومیت دارند.

۲- سواحل میرا یا Dissipative Beach: دارای ساحلی پهن و مسطح با چندین بار رسوبی خطی در ناحیه شکست امواج و خاکریز ماسه ای و تپه های ماسه ای می باشد(شکل ۱۶). شیب ساحل در بخش کم ژرفای دریایی حدود ۰.۰۳ است. رسوبات دانه ریز بوده و نوع شکست امواج Spiling است. سطح انرژی امواج در این نوع از ساحل بالاست و پهنای ناحیه شکست گاهی تا ۵۰۰ متر می رسد. در این ساحل پر انرژی امواج کوتاه یا (Short waves) توسعه دارد و معمولا تحت تاثیر اقلیم طوفانی قرار دارند. نیمرخ ساحلی در آن پویا و فعال است و معمولا طی فصول گرم و سرد سال با تغییرات مشخصی می باشد.

۳- سواحل حدواسط یا Intermediate: این نوع سواحل در چهار گروه عمده قرار می گیرد. ریپ کارنت ها یا جریان های برگشتی در این نوع از سواحل عمومیت دارد(شکل ۱۷). شکست امواج در آنها از نوع Plunging است. بارهای رسوبی در بستر ساحل به طور کاملا توسعه یافته مشاهده می شود.

شکل ۱۵- سیمای مورفولوژی ساحل انعکاسی (reflective Beach) با خاکریز پر شیب و باریک و رسوبات درشت دانه ماسه ای

شکل ۱۶- سیمای مورفولوژی ساحل پر انرژی (Dissipative Beach) با پهنای زیاد باند شکست امواج، شیب کم و رسوبات ریز دانه ماسه ای

شکل ۱۷- سیمای مورفولوژی ساحل حدواسط (Intermediate) با بارهای رسوبی متعدد در ناحیه چهره ساحل (Shoreface).