

بازسازی خطوط ساحلی خلیج فارس

از زمان آخرین مرحله پیشینه یخچالی

لامبک کورت^۱

مرکز تحقیقات علوم زمین، دانشگاه ملی استرالیا

ترجمه: دکتر رسول صمدزاده

چکیده

تغییرات سطح دریا در خلیج فارس از زمان آخرین مرحله پیشینه یخچالی^۲ در حدود ۱۸۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر به منظور نمایش تغییرپذیری گسترده به علت واکنش زمین به برداشت فشارهای یخچالی، یخسارهای مناطق دوردست و فشار بار آب ذوبان یخچال‌ها به خود خلیج و اقیانوس‌های مجاور پیش‌بینی شده است. مدل‌های تأثیرات گلاسیو-هیدرو-ایزوستاتیک با مشاهدات تغییرات سطح دریا و بازسازی‌های خطوط ساحلی خلیج فارس مقایسه شده است. از زمان اوج گسترش یخچال‌ها تا حدود ۱۴۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر خلیج فارس تا حاشیه دشتاب بیابان (گوشه خاوری کشور عمان) به دور از تأثیرات دریا بوده است. تقریباً از ۱۴۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر تنگه هرمز به‌عنوان یک آبراهه باریک باز شده و پیش از ۱۲۵۰۰ سال پیش از عصر سرازیری دریا به حوضه مرکزی آغاز شده است. حوضه باختری در حدود ۱۰۰۰ سال بعد زیر آب رفته است. احتمالاً وقفه‌های بسیار کوتاه مدتی در طول مرحله پرآبی خلیج در حدود ۱۱۳۰۰ و ۱۰۵۰۰ سال پیش از عصر حاضر اتفاق افتاده است. خطوط ساحلی کنونی اندکی پیش از ۶۰۰۰ سال پیش شکل گرفته و در نتیجه فرارفت نسبی سطح دریا ۱-۲ متر بالاتر از سطح امروزی تثبیت یافته و مناطق پست پایین دست جلگه میان‌رودان را دربر می‌گیرد. این بازسازی‌ها می‌توانسته در مدل‌های فرگشت دلتاهای رودخانه‌های دجله، فرات، کارون و همچنین جابه‌جایی‌های مردمان نخستین و زمان سکونتگاه‌های اولیه در پایین دست میان‌رودان کاربرد داشته باشد. برای مثال بستر اولیه خلیج فارس از زمان پارینه‌سنگی پسین تا میانه‌سنگی پیشین یک مسیر طبیعی برای جابه‌جایی مردمان نواحی خاوری ایران به سمت باختر بوده است.

کلیدواژه‌ها: خلیج فارس، جغرافیای دیرینه، خطوط ساحلی، آخرین مرحله پیشینه یخچالی پارینه‌سنگی بالایی، نوسنگی

۱. مقدمه

باختری آن به سمت میان‌رودان، به‌عنوان یک پهنه فرونشستی، عمدتاً در طول کوتاه‌تر شکل گرفته است. رودخانه‌های دجله و فرات در امتداد طولی خط‌القدر توپوگرافیک سرزمین‌های پست میان‌رودان جریان دارند و با پیوستن رود کارون به آن‌ها، خلیج دهانه‌ای شط‌العرب، مناطق مردابی و سیستم دلتایی رأس خلیج فارس را

خلیج فارس دریای تقریباً بسته، کم‌عمق و درازی است که از جنوب و باختر به سکوی عربی و از شمال و خاور به کوهستان‌های فعال ساختمانی زاگرس محدود می‌گردد (شکل ۱). این کوهستان‌ها، به‌عنوان پهنه همگرایی بین صفحه عربی و اوراسیا، یک پهنه فرارفتی و ساختمانی فعال است، در صورتی که خلیج فارس و امتداد شمال

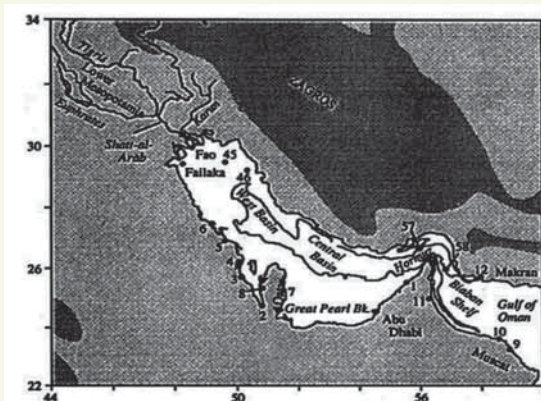
$$\Delta\zeta(\phi, \tau) = \Delta\zeta_e(\tau) + \Delta\zeta_i(\phi, \tau) + \Delta\zeta_{\text{gl}}(\phi, \tau) + \Delta\zeta_{\text{hy}}(\phi, \tau) = \quad (1a)$$

$$\Delta\zeta_e(\tau) + \Delta\zeta_i(\tau) + \Delta\zeta_{\text{gl}}(\phi, \tau) + \Delta\zeta_{\text{hy}}(\phi, \tau) \quad (1a)$$

نخستین عبارت سمت راست معادله (1a) تغییرات ائوستاتیک سطح دریاهاست که به صورت زیر بیان می شود:

$$\Delta\zeta_e(\tau) = \text{مساحت سطح اقیانوس ها / تغییرات در حجم اقیانوس ها} \quad (1C)$$

آخرین عبارت، تغییرات حاصل از فرایندهای زمین ساختی دیگر است. سه عبارت سازنده $\Delta\zeta_i(\phi, \tau)$ که به وسیله معادله (1b) تعریف گردیده، عبارت است از انحرافات گلاسیو-هیدرو-ایزوستازی سطح دریا از برآورد ائوستاتیک. نخستین عبارت، $\Delta\zeta_1$ عبارت است از تغییرات حاصله از کشش گرانشی بین یخسارها، آب اقیانوس ها و خشکی که در مرحله نخست به شرط صلب بودن زمین محاسبه می گردد. این کشش تابعی است از زمان و موقعیت و تأثیر آن که فراتر از محدوده یخسارها اعمال می گردد. عبارت دوم، $\Delta\zeta_2$ ، تأثیر گلاسیو-ایزوستاتیک یا تغییرات پدید آمده در سطح دریاهای بر اثر واکنش گرانشی و الاستیک پوسته به فشارهای وارده یا برداشتی یخسارها را توصیف می کند. این تأثیر شامل خمیدگی شعاعی پوسته و تأثیر گرانشی باز پراکنش جرم داخلی زمین است. این عبارت همچنین می تواند برای مناطق واقع در مسافت های دور دست فراتر از گستره های یخچالی شده پیشین معنی دار باشد. ارزیابی این تأثیر که تابعی از موقعیت و زمان می باشد، مستلزم شناخت یخسارهای در حال تغییر و واکنش جریان شناختی سیاره زمین است.



شکل ۱: موقعیت خلیج فارس، مناطق تیره تر نشانگر طبقات ارتفاعی بیش از ۱۰۰۰ متر است. عمق منحنی های خلیج فارس و دریای عمان ۵۰ و ۱۰۰ متر می باشد. موقعیت برخی محل های مورد اشاره در متن از ۱۲-۱ شماره گذاری شده که عبارتند از: ۱. ام القوین ۲. سالوه ۳. قیریه ۴. طهران ۵. الجبیل ۶. لودهام ۷. الوصل و خور ۸. بیرذکریت ۹. خورمیل ۱۰. ابوابالی ۱۱. شناس ۱۲. رود چهر. موقعیت های ۴۵، ۴۶، ۵۷، ۵۸ اشاره به چهار محل گمانه کشتی آتلاتیس II دارد. دیگر موقعیت های مکانی مربوط به میان رودان در شکل ۸ آمده است.

تشکیل می دهند. عمق خلیج فارس از ۱۰۰ متر تجاوز نمی کند و عمق متوسط آن نیز تنها به ۳۵ متر می رسد. بنابراین به عنوان یک ویژگی شناخته شده همگانی، بخش عمده ای از سطح خلیج فارس در طول دوره های یخچالی، بالاتر از سطح دریاهای بوده است. با این حال تاکنون زمان و گسترش مراحل پیرایی خلیج فارس از آخرین مرحله پیشینه یخچالی دقیقاً مشخص نشده است. تا حدودی به علت شناخت ناقص آثار تغییرات ائوستاتیک سطح دریا، عدم بررسی های پیشین پیامدهای ایزوستاتیک حاصل از فشار یخچال ها و یا حذف آن ها و در نهایت به علت اینکه نقش فرارفت و فرونشست زمین ساختی در نوسان سطح دریاهای در طول دوره یاد شده مستقل از نوسانات سطح دریا مورد بررسی کامل قرار نگرفته است، لذا ردیف رویدادهای سیلابی و خشکیدگی پیش از دوره یاد شده نیز، دقیقاً به همان کاملاً مشابه، مشخص نشده است.

امروزه مدل های گلاسیو-هیدرو-ایزوستاتیک^۲ به ویژه برای نواحی به دور از گستره های یخچالی شده پیشین کاملاً بسط داده شده است و تفکیک مکانی مناسب مدل های واقعی، می تواند خطوط ساحلی دیرینه و اعماق آب را در دوره های زمانی بیشترین حجم یخسارها تعیین نماید. چنین مدلی برای درک رسوب شناسی بستر خلیج کارآمد بوده و ممکن است برای مدل های جابه جایی خطوط ساحلی شمالی در رأس خلیج فارس از طریق پیشروی دلتاهای رودخانه های دجله و فرات در اواخر پلیستوسن و هولوسن محدودیت هایی را به دنبال داشته باشد. به علاوه در مواردی که می توان آهنگ جنبش های شاغولی زمین ساختی را برآورد نمود، به ویژه در مناطقی که بزرگی این جنبش ها قابل مقایسه با آهنگ های تغییرات سطح دریا می باشد، این مدل ها یک مرجع محسوب می گردند. در عین حال مشاهدات نگاشت های رسوبی، یا تغییرات سطح دریا بر هر دو تابع ائوستاتیک سطح دریا و مدل های گلاسیو-هیدرو-ایزوستاتیک، محدودیت های بیشتری را به وجود می آورد. در نهایت آن ها بازسازی خطوط ساحلی مناطقی را که برای تعیین موقعیت احتمالی سکونتگاه های انسانی و مسیرهای مهاجرت از دوره پارینه سنگی به نوسنگی جالب توجه می باشد، امکان پذیر می سازد.

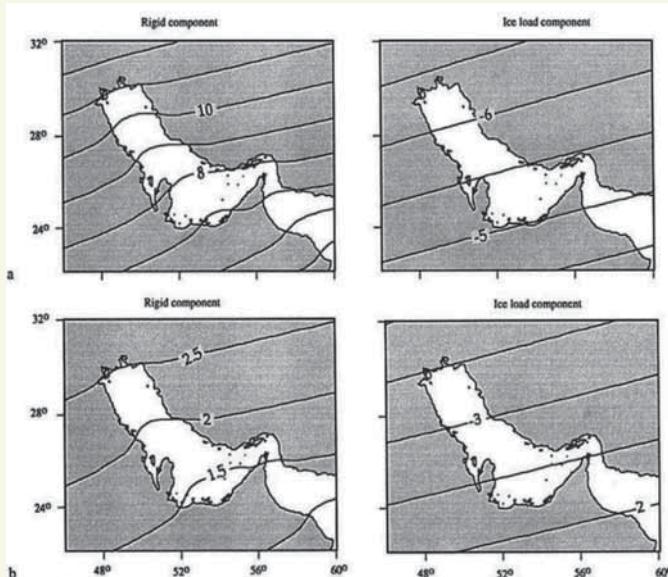
۲. مدل گلاسیو-هیدرو-ایزوستازی

عناصر مدل گلاسیو-هیدرو-ایزوستازی در مناطق مختلف بحث شده و براساس داده های مشاهداتی نیز در موقعیت های متعدد دیگر مورد آزمون قرار گرفته است. یکی از جنبه های اساسی مدل این است که تغییرات حاصله در سطح دریاهای بر اثر ذوب یخسارهای پلیستوسن پسین از لحاظ مکانی یکسان نیست، و دیگر اینکه آن اساساً از منحنی ائوستاتیک سطح دریاهای متفاوت می باشد. به طور کلی، این تغییرپذیری $\Delta\zeta(\phi, \tau)$ سطوح گذشته دریاهای در زمان τ و موقعیت ϕ را که نسبت به سطح امروزی دریاهای بیان می گردد، می توان به صورت زیر نوشت:

سهم ایزوستازی برای خلیج فارس براساس مدل های یخ و زمین است که تغییر سطح دریا را در نواحی دیگری که تصور می رود عوامل زمین ساختی ناچیز باشد به خوبی توصیف می کند. مدل های یخ و تمامی سن های طرح شده در این قسمت و قسمت های بعدی، به استثنای آخرین مورد، از لحاظ مشاهداتی به مقیاس های زمانی کربن پرتوزا محدود می گردند. منحنی ائوستاتیک سطح دریا که مورد استفاده در این مدل هاست (شکل ۴) با منحنی رشد مرجانی باربادوس، در صورتی که این منحنی برای نقش های ایزوستاتیک عمدتاً ناشی از یخسار لورنتید و همچنین تغییرات جهانی در حوضه های اقیانوسی تصحیح گردد، منطبق باشد.

در فرارفت ائوستاتیک سطح دریا، پوشش یخسارهای پیشین آمریکای شمالی و همچنین کاهش حجم یخچال های جنوبگان در طول ۱۸۰۰۰ سال گذشته، بیشترین نقش را ایفا نموده اند. شکل ۲ مؤلفه ها را برای مدل یخسار شمالگان نشان می دهد که براساس آن سهم ائوستاتیک در زمان آخرین مرحله یخسینه یخچالی ۹۰ متر می باشد. سهم ائوستاتیک جنوبگان نیز تقریباً ۳۷ متر است که از زمان آخرین مرحله یخسینه یخچالی مجموعاً به تغییرات ائوستاتیک ۱۲۷ متری منجر گردیده است. عبارت شمالگان صلب در ناحیه خلیج فارس که به دور از نزدیک ترین منطقه یخچالی شده، تقریباً به فاصله ۴۰ درجه ای از اسکاندیناوی، واقع گردیده است، کم اهمیت به نظر نمی رسد. فشار گلاسیو-ایزوستاتیک یخچال نسبت به عبارت صلب دارای طول موج کوتاه تری است و سهم شمالگان این فشار در تغییر سطح دریا در سرتاسر خلیج فارس به بخش صلب کمتر است اما بی اهمیت نبوده و دارای نشانه های مخالفی است. روی هم رفته این دو مؤلفه در مجموع یک آشفتگی حدود ۵ متری را در کل ناحیه منجر شده اند. سهم جنوبگان در $\Delta\zeta$ و $\Delta\zeta_1$ مقدار اندکی به انحراف

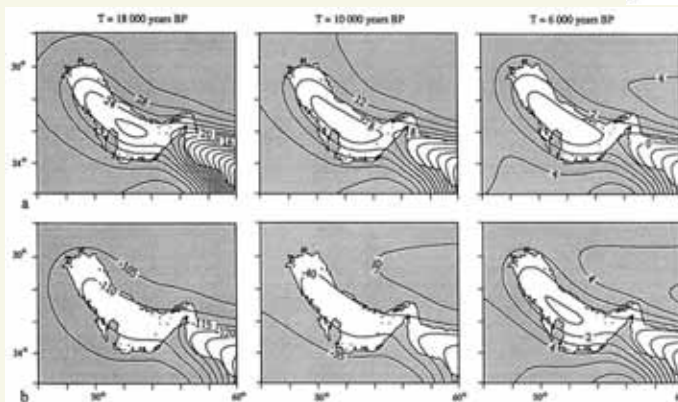
عبارت سوم، $\Delta\zeta_w$ ، تشکیل دهنده $\Delta\zeta$ ، تأثیر هیدرو-ایزوستاتیک فشار اعمال شده بر پوسته توسط آب ذوبان اضافه شده به اقیانوس ها (یا برداشتی از آن ها) همگام با متلاشی شدن یخسارها (و یا رشد آن ها) را تعریف می کند. این عبارت تابعی است از جریان شناسی زمین، زمان اضافه شده آب ذوبان، مقدار آب اضافه شده و ویژگی های هندسی حوضه های اقیانوسی که آب ذوبان به آن ها اضافه می شود. مورد اخیر خود تابع زمان و تغییر سطح دریاها خواهد بود و عبارت $\Delta\zeta_w$ با یک روش تکراری ارزیابی می گردد. فرمول بندی و راه حل واقعی معادله (۱a) پیچیده است، زیرا همان طوری که در بالا ذکر شد در تغییر سطح دریا $\Delta\zeta(\phi, \tau)$ عبارت هیدروایزوستاتیک $\Delta\zeta_w$ در سمت راست معادله لحاظ شده است.



شکل ۲: $\Delta\zeta_1$ صلب (سمت چپ) و $\Delta\zeta$ گلاسیو-ایزوستاتیک (سمت راست) دخیل در تغییر سطح دریا (بر حسب متر) از یخسارهای شمالگان در (a) ۱۸۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر و (b) ۱۰۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر برای یخسارها.

در گستره های آرام زمین ساختی مشاهدات تغییرات سطح دریا اجازه می دهد تا تابع ائوستاتیک سطح دریا و فراسنج های مدل زمین و یخ تعریف کننده $\Delta\zeta$ برآورد گردد. در گستره های فعال زمین ساختی $\Delta\zeta$ و $\Delta\zeta_1$ ممکن است از لحاظ بزرگی قابل مقایسه باشند، همانند منطقه اژه، و عدم توجه به $\Delta\zeta_1$ می توان در مورد آهنگ های جنبش های زمین ساختی به برآوردهای گمراه کننده ای منجر گردد. در این مورد احتمالاً بهتر است $\Delta\zeta$ و $\Delta\zeta_1$ را معلوم فرض نماییم، براساس تحلیل هایی از مناطق پایدار و با ارزیابی داده های تصحیح شده سطح نسبی دریا بر حسب فرایندهای زمین ساختی.

ارزیابی واژه ایزوستاتیک علاوه بر چارچوب های فیزیکی، ریاضی و تابع ائوستاتیک سطح دریا، مستلزم شناخت جریان شناسی زمین و پیکربندی یخسارها در طول زمان است. اشکال ۲ و ۳ نشانگر سه



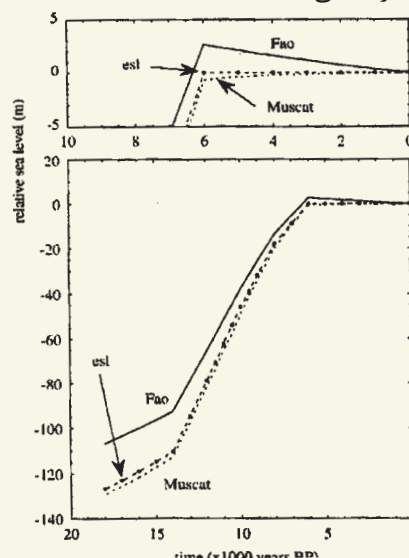
شکل ۳: (a) سهم هیدرو-ایزوستازی در تغییر سطح دریا و (b) مجموع تغییر سطح دریا در خلیج فارس در ۱۸۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر

کل از ائوستازی اضافه می کند و ابهام در مورد تغییرات در حجم یخ های این یخسار بعید است. پیامدهای مهمی در پیش بینی های مدل داشته باشد.

شکل ۲ همچنین نشانگر نتایج مشابه در ۱۰۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر است، یعنی زمانی که سهم مدل ائوستاتیک تقریباً ۲۹ متر بود. هر دو عبارت اصلاحی، کوچک هستند و هرگونه محدودیت در مدل‌های یخچالی به شرط آن که آهنگ‌های یکپارچه ترکیبی ذوب‌شدگی با تابع ائوستاتیک سطح دریا هماهنگ باشد، بعید است که در تغییرپذیری فضایی پیش‌بینی‌شده سطح دریا در سرتاسر ناحیه نتایج مهمی به‌دنبال داشته باشد.

مفهوم هیدرو-ایزوستازی حاصل از فشار وارده بر پوسته اقیانوس هند و خود خلیج با میانگین فشار آب ۱۲۷ متری حائز اهمیت بسیار است (شکل ۳). این پیش‌بینی‌ها مبتنی بر تکرار سوم معادله سطح دریاست که در آن امکان جابه‌جایی خط ساحلی در طول زمان در نظر گرفته شده است. شکل ۳ نتایج Δw را چندین عصر (بالا) را به همراه تغییر کل سطح دریا Δd (پایین) نشان می‌دهد. در ۱۸۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر جریان هیدروایزوستاتیک تا حدود ۱۵ متر در سرتاسر ناحیه خلیج فارس و در دشتاب بیابان تغییر می‌کند و تغییر کل سطح دریا از حدود ۱۰۶- متر در قسمت شمالی خلیج تا حدود ۱۲۰- متر در دشتاب بیابان متغیر می‌باشد. این میزان با مقدار ائوستاتیک فرضی ۱۲۷- متر برای دوره یادشده قابل مقایسه است. در ۱۰۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر سطح دریا به ترتیب ۴۰- متر برای منطقه با مقدار ائوستاتیک ۴۶- متر قابل مقایسه است.

برای هر دو عصر، تغییرات پیش‌بینی شده برابر است با تغییرات ائوستاتیک به استثنای فراتر از دشتاب قاره‌ای خلیج عمان. در حدود ۶۰۰۰ سال پیش، سطح پیش‌بینی شده دریا ۲-۳ متر بالاتر از عصر حاضر بوده است. الگوی تغییرات سطح دریا در این زمان تقریباً به‌طور کامل حاصل مؤلفه فشار آب می‌باشد.



شکل ۴: تغییرات پیش‌بینی شده سطح دریا در دو منطقه فاو و مسقط (منتهی الیه شمال باختری و جنوب خاوری خلیج فارس و تطبیق تابع ائوستاتیک سطح دریا قسمت بالایی شکل نشانگر تغییرات پیش‌بینی شده در هولوسن است (به مقیاس‌های متفاوت توجه کنید).

فراسنج‌های مدل زمین انتخابی برای ناحیه مشابه با نمونه‌های یافت شده برای نواحی دیگری است که در آن داده‌های سطح دریا برای محدود ساختن چنین فراسنج‌هایی کافی بوده و همچنین مناطقی که به‌نظر می‌رسد جابه‌جایی‌های زمین‌ساختی نسبتاً آرام می‌باشد. این مناطق شامل کناره‌های استرالیا، جزایر بریتانیا و شمال باختری اروپاست. تمامی این مناطق نشانگر لیتوسفر با سبزی مؤثر، H_1 ، ۸۰-۶۰ کیلومتری؛ گرانیوی گوشته بالایی، n_{um} (بالاتر از عمق ۶۷۰ کیلومتری ناپیوستگی لرزه‌ای) 10^{20} pa s (۵-۲) و گرانیوی گوشته پایینی، n_{tm} ، حدود 10^{22} pa s است. برخی تناسب‌هایی بین این فراسنج‌ها اتفاق می‌افتد به‌طوری که سبزی لیتوسفری مؤثر پایین و گرانیوی پایین‌تر گوشته بالایی به پیش‌بینی‌های مشابه سطح دریا منجر می‌گردد، همچنان که تناسبی بین ترکیبات لیتوسفر ضخیم‌تر و گرانیوی بیشتر گوشته بالایی در جایی که گزینۀ فراسنج‌های گوشته بالایی در پیش‌بینی دامنه‌های بالاتر در حدود ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر پیامدهای بزرگی را به‌دنبال دارد، اتفاق می‌افتد.

به هر حال در نبود داده‌های مطلوب سطح دریا برای ناحیه، مقادیر عددی $H_1 = 64 \text{ km}$ ، $n_{um} = 10^{22} \text{ pa s}$ ، $n_{tm} = 10^{20} \text{ pa s}$ ، $= 4 \times 10^{20}$ در نظر گرفته شده است.

سری‌های زمانی سطوح دریای پیش‌بینی شده در دو موقعیت براساس مدل یادشده با تغییرات ائوستاتیک در شکل ۴ مقایسه شده است. سطح پیش‌بینی شده دریا در فاو، واقع در شمال باختری خلیج فارس، در سرتاسر ۱۸۰۰۰ سال اخیر بالاتر از تغییرات ائوستاتیک بوده و یک دامنه محدودی از نقطه اوج^۴ در ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر اتفاق افتاده است. در مقابل پیش‌بینی برای محلی در نزدیکی مسقط در خلیج عمان نزدیک به منحنی ائوستاتیک دریا در کل طول دوره بوده و نقطه اوج کوچک‌تری در هولوسن میانی اتفاق افتاده است.

این محاسبات براساس مدل ساده شده یخ صورت گرفته که براساس آن در یک دوره زمانی طولانی مدت وسعت یخسارها پیش از آغاز ذوب‌شدگی‌شان در حد بیشینه بوده است. در واقع به‌نظر می‌رسد که یخسارها فقط برای یک دوره نسبتاً کوتاه دارای بیشترین حجم بوده‌اند و این وضعیت بر کاهش تغییرات پیش‌بینی شده سطح دریا در ۱۸۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر و متعاقباً کاهش بیشتر انحراف از ائوستازی تأثیر گذاشته است.

همچنین مدل مورد استفاده در اینجا بر این فرض استوار است که کل فرایند ذوب‌شدگی در ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر متوقف شده است، در صورتی که برخی مطالعات نشان داده است که بعد از حدود ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر افزایش اندکی در حجم اقیانوس‌ها اتفاق افتاده است که احتمالاً برای فرارفت ائوستاتیک سطح دریا تا حدود ۲ متر کافی بوده است. این وضعیت بر کاهش نقطه اوج هولوسن میانی نشان داده شده در شکل ۳ و در

تأخیر رویداد نقطهٔ اوج بیشینه حدود ۵۰۰ سال پیش از عصر حاضر تأثیرگذار بوده است. به غیر از این تغییرات جزئی، تغییرپذیری مشخصهٔ تغییر سطح دریا که در اشکال ۳ و ۴ نشان داده شده، حفظ شده است.

۳. شواهد مشاهداتی تغییرات نسبی سطح دریا در خلیج فارس

شواهد تغییرات سطح دریا در پلیستوسن واپسین^۵ و هولوسن نسبت به ساحل یا بستر خلیج فارس براساس سه اصل استوار

می باشد: خطوط ساحلی یا نهشته‌های ساحلی بازمانده عمدتاً جوان‌تر از ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر که هم‌اکنون بالاتر از سطح توسعهٔ امروزی چنین اشکالی قرار دارند: رسوب‌های خشکی‌زادی^۶ یا خیلی کم‌عمق که در حال حاضر زیر سطح دریا قرار دارند: و شواهدی از جابه‌جایی‌های افقی خطوط ساحلی در طول زمان. این شواهد براساس روابط ارتفاع- سن نمودهای ساحلی بالا آمده نسبت به نمونه‌های جدید تعیین شده است (جدول ۱).

نتایج قطر با مشاهدات پیشین تایلر و ایلینگ^۷ منطبق می‌باشد که در آن تغییرات سطح دریا در ۳۰۰۰-۴۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر تقریباً به ۲ متر می‌رسیده است.

روی هم رفته مشاهدات یاد شده حاکی از این است که سطح دریا در این بخش از ساحل بین ۳۵۰۰ و ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر ۱-۳ متر بالاتر از سطح امروزی بوده است. ارزیابی میزان دقت نقاط اوج خطوط ساحلی مشکل است، زیرا نهشته‌های ساحلی بالا آمده نسبت به ارتفاع متوسط سطح دریا در زمان تشکیل‌شان دارای روابط دقیقاً تعریف‌شده‌ای نبوده و در سطوح فراکشنندی امروزی قرار داشته‌اند. متوسط دامنهٔ کشندی در خلیج فارس امروزی کوچک است، در حدود ۱-۲ متر، اما ممکن است تأثیر باده‌ها و طوفان‌ها در تشکیل نهشته‌های ساحلی مرتفع به‌ویژه در محل‌هایی که در معرض بادهای فصلی از قبیل ساحل مالاس قرار دارند، فوق‌العاده حائز اهمیت باشد. همچنین برخی نهشته‌ها ممکن است در محیط‌های تالابی در سطوح بالاتری از نهشته‌های ساحلی کاملاً باز تشکیل شده باشند. به دلیل نبود اطلاعات قابل دسترس برای ارزیابی این عوامل، برآورد دقیق عددی ± 1 متری برای تمامی نقاط انتخاب شده است، اگرچه با توجه به دلایل اشاره شده، مشاهدات گزارش شده ممکن است به‌طور سیستماتیک برآوردهایی بیش از دامنهٔ

متوسط سطح دریا ارائه نماید.

داده‌های مربوط به گوشهٔ باختری شبه‌جزیرهٔ مسندم که از محل‌های متفاوت اما نزدیک به هم انتخاب شده‌اند، نشان می‌دهد که سطح دریا در حدود ۲ متر بالاتر از سطح امروزی بوده است. این داده‌ها بر حسب افت تدریجی سطح دریا برای ۶۰۰۰ سال گذشته تفسیر شده که با دامنهٔ بزرگ نوسانات (تقریباً ± 1 متر) تلفیق گردیده است. چنین نوساناتی در اینجا به عوامل محلی از قبیل حرکت زبانه‌های ساحلی به‌وسیلهٔ جریان‌های دریایی بادی نسبت داده شده و به‌جای روند متوسط انتخاب شده است. نکتهٔ حائز اهمیت این است

جدول ۱: خلاصه‌ای از شواهد مشاهداتی تغییرات سطح دریا در خلیج فارس و مناطق پیرامونی

محل	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	سن	ارتفاع (متر)
خاور عربستان سعودی				
سالوه	۵۳	۲۴	۴۳	4585 ± 60
قبریه (۱)	۵۳	۲۵	۷	3695 ± 50
قبریه (۲)	۱	۲۶	۵۹	4460 ± 60
ظهران	۱۳	۲۶	۷	6020 ± 80
لودهام	۳۲	۲۷	۱۲	4205 ± 70
الجلیل	۱۰	۲۷	۳۰	3810 ± 140
قطر				
خور	۲۴	۲۵	۳۲	4280 ± 160
الوصیل	۳۰	۲۵	۳۰	5420 ± 40
بیرذکریث	۲۶	۲۵	۵۰	4950 ± 160
شبه جزیره مسندم				
ام القوین	۳۵	۲۵	۳۵	۷۰۰۰
				۶۰۰۰
				۵۰۰۰
				۴۰۰۰
				۳۰۰۰
				۲۰۰۰
				۱۰۰۰
عمان				
خورمیه	۱۴	۲۳	۵۷	4715 ± 160
ابوابالی	۴۷	۲۳	۴۸	4555 ± 170
سیناص (۱)	۴۴	۲۴	۲۸	4015 ± 160
سیناص (۲)	۴۱	۲۴	۲۸	5390 ± 160
باختر مکران				
رود چاهرو	۴۲	۲۵	۵۷	4570 ± 200
شمال خلیج فارس				
فیلکه	۱۶	۲۹	۱۶	۴۰۰۰
				۳۰۰۰
				۲۰۰۰
				۱۰۰۰
فاو	۵۹	۲۹	۲۷	9910 ± 220
بستر خلیج فارس				
۴۵	۲۰	۲۹	۴۵	9840 ± 160
۴۶	۴	۲۹	۱۶	10430 ± 82
۵۷	۲۷	۲۶	۵۰	11000 ± 80
۵۸	۵۹	۲۵	۴۷	14380 ± 100

سن‌ها بر حسب کربن پرتوزا به پیش از عصر حاضر می‌باشد. ارتفاع یا اعماق خطوط ساحلی نسبت به متوسط سطح دریاست.

که سطح دریا برای نخستین بار در ۷۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر به سطح کنونی رسیده، این سطح تقریباً در ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر ۲/۵ متر بالا رفته و سپس با آهنگ متوسط حدود ۰/۴ متری در هر ۱۰۰۰ سال تا عصر حاضر پایین افتاده است.

نزدیک رأس خلیج فارس در جزیره فیلکه رفتار نوسانی مشابه سطح دریا در ۴۵۰۰ سال پیش از عصر حاضر با سطح ۲ متر بالاتر از سطح امروزی پیشنهاد شده است. همچنان که در اینجا برای داده‌های مسندام، تنها روند متوسط بررسی شده و برآوردهای دقیق ± 1 متری برای کل خلیج انتخاب شده است.

به سمت باختر تنگه هرمز نهشته‌های ساحلی هولوسن پسین با ارتفاع نزدیک به ۳۰ متر گزارش شده و به سمت خاور، در امتداد قسمت باختری سواحل مکران، ارتفاع این نهشته‌ها به بیش از ۶ متر می‌رسد. در سرتاسر امتداد طولی این سواحل، منطبق با انتهای خاوری رشته کوه‌های زاگرس، سطوح ارتفاعی یاد شده از هرگونه پیش‌بینی قابل پذیرش مبتنی بر مدل‌های گلاسیو-هیدرو-ایزوستاتیک و ائوستاتیک و فرافرت زمین ساختی که به‌نظر می‌رسد نقش عمده‌ای در کنترل سطح نسبی دریا و خشکی ایفا نموده است، بیشتر می‌باشد. در قسمت‌های جنوبی خلیج عمان، بین مسندام و مسقط، شواهد مربوط به خطوط ساحلی بالا آمده خیلی اندک بوده و برخی نتایج نشان می‌دهد که در طول ۵۰۰۰ سال اخیر این سطوح احتمالاً کمتر از ۱ متر بالاتر از سطح امروزی بوده است.

شواهد مربوط به پایین بودن سطح دریا در هولوسن پیشین نسبت به سطح امروزی عمدتاً از گمانه‌های رسوبی جمع‌آوری شده توسط کشتی آتلانتیس II (۱۹۷۷) استنتاج شده است. عموماً نهشته‌های ترسیب یافته در خلیج فارس از زمان آخرین پیشروی تنها لایه نسبتاً نازکی، به سبب کمتر از ۲ متر، بر روی رسوب‌های پلیستوسن پسین تشکیل داده است. سه واحد متمایز شناسایی شده است: بالاترین واحد (I) با نهشته‌هایی متعلق به ۶۰۰۰ - ۵۰۰۰ سال اخیر، زمانی که سطح دریا نزدیک به سطح امروزی بوده است، منطبق می‌باشد. واحد دوم در آب‌های کم‌عمق و در زمان فرافرت سطح آب ترسیب یافته و واحد سوم نیز با نهشته‌هایی متعلق به زمان بالاتر بودن بستر خلیج از سطح دریا، منطبق می‌باشد. بنابراین قاعده واحد دوم محدوده پایینی زمان پیشروی را تشکیل می‌دهد. برای برخی نمونه‌های گمانه سن‌های کربن پرتوزا تعیین شده است، اگرچه اعتبار این سن‌ها به دلیل احتمال آلودگی نمونه‌ها به‌وسیله مواد کربناته قدیمی‌تر مورد تردید بوده است.

در جدول ۱ خلاصه‌ای از نتایج مربوط به ۴ گمانه که موقعیت آن‌ها در شکل ۱ نشان داده شده، ارائه گردیده است. روی هم رفته این نتایج حاکی از یک فرافرت سریع سطح دریا، از کمتر از ۱۰۵ متر تا کمتر از ۳۰ متر پایین‌تر از سطح امروزی، حدود ۱۴۵۰۰ سال و ۱۰۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر، است. به هر حال گمانه‌های اول و دوم (۴۵ و ۴۶) که از قسمت شمال باختری خلیج، و گمانه ۵۷ از

تنگه هرمز و گمانه ۵۸ نیز از حاشیه دشتاب خلیج عمان نمونه‌برداری شده است، تأثیرات ایزوستاتیک متفاوتی را نشان می‌دهند. مشاهدات کارآمد دیگری که به‌وسیله گودوین و همکاران^۸ گزارش شده شامل تورب‌های آب شیرین در عمق حدود ۳۲ متری با سنی نزدیک به ۱۰۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر است. این نشان می‌دهد که سطح دریا در فلو، نزدیک رأس خلیج، در ۱۰۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر تقریباً زیر ۳۲ متر بوده است.

۴. مقایسه مشاهدات با پیش‌بینی‌ها

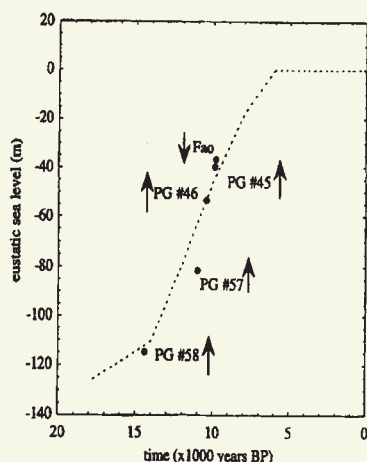
نتایج مدل در اشکال ۴-۲ نشان می‌دهد که تصحیحات ایزوستاتیک چشم‌گیر بوده و انحرافات تغییرات سطح دریا از مقادیر ائوستاتیک می‌تواند حائز اهمیت باشد. در جدول ۲ این تصحیحات برای مشاهدات پلیستوسن واپسین و هولوسن پیشین خلاصه شده است. اساس این پیش‌بینی‌ها بر مدل مشابه یاد شده در بالا استوار است، به استثنای تاریخ فشار حاصل از یخ قبل از ۱۸۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر که با استفاده از مدل توصیف شده قبلی، براساس استنباط‌های صورت گرفته از نشانه‌های ایزوتوپ‌های اکسیژن بستر دریا، بررسی شده است.

سطوح مشاهده شده دریا برای تابع ایزوستاتیک، $\Delta\zeta(\phi, t)$ خلاصه شده است. برای چهار گمانه خلیج فارس نمونه‌های رسوب‌های آب‌های کم‌عمق، این برآوردها در صورت تصحیح سن‌های استنباطی، نشانگر محدوده‌های پایینی است. در مقابل مشاهده نهشته‌های سطحی از فلو نشانگر محدوده بالایی بوده و، به علاوه داده‌های نقطه‌ای گمانه ۴۵، محدودیت نسبتاً زیادی در ائوستاتیک سطح دریا اندکی بعد از ۱۰۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر به‌وجود می‌آورد. شکل ۵ برآوردهای ائوستاتیک سطح دریا و به‌علاوه منحنی جهانی انتخاب شده برای مدل پیش‌بینی را نشان می‌دهد.

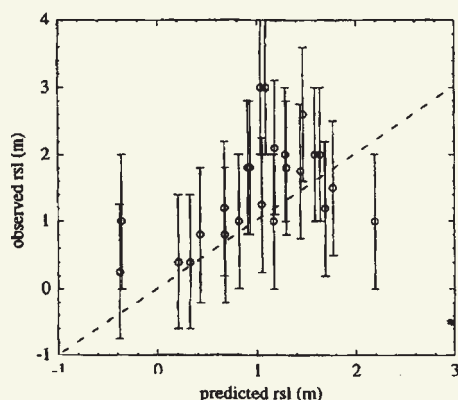
از چهار محل گمانه‌برداری شده، سه محل (۵۸، ۵۷، ۴۶) زیر منحنی عددی ائوستاتیک سطح دریاست، و با توجه به نوع رسوب‌ها، در آب‌های کم‌عمق ترسیب یافته‌اند. به هر حال محل گمانه ۴۵، که چند متر بالاتر از منحنی قرار دارد، نشان می‌دهد که یا فرافرت ائوستاتیک سطح دریا بعد از ۱۰۰۰۰ سال پیش نسبت به فرافرت فرض شده در مدل سریع‌تر بوده و یا اینکه سن رسوبات به‌دلیل آغشتگی با مواد کربناته قدیمی‌تر مخدوش می‌باشد.

در مورد اخیر سن قاعده رسوب‌های واحد II تقریباً ۹۶۰۰ سال پیش از عصر حاضر یا جوان‌تر خواهد بود. نتایج فلو نشان می‌دهد که تورب‌ها احتمالاً در زمان تشکیل‌شان بیش از ۷ متر بالاتر از سطح متوسط دریا بوده‌اند. عموماً هماهنگی کلی بین مشاهدات و پیش‌بینی‌ها، هنگامی که با ابهامات مشاهداتی و مدل ائوستاتیک سطح دریای مورد استفاده برای برآورد عبارت تصحیح ایزوستاتیک منطبق با شواهد مشاهداتی برای ناحیه مقایسه می‌گردد، رضایت‌بخش می‌باشد. سطوح پیش‌بینی شده برای ۶۰۰۰ سال گذشته حاکی از افزایش

غیر از ضلع شمالی تنگه هرمز، و نقاط اوج کوچک تر سرتاسر سواحل عمان، که هنگام مقایسه با نتایج خلیج فارس ذکر شد، مستلزم جنبش های زمین ساختی افتراقی نمی باشد.



شکل ۵: نمایه های تصحیح شده سطح دریا برای تأثیرات گلاسیو-هیدرو-ایزوستاتیک و مقایسه آن با مدل تابع ائوستاتیک سطح دریا (خط نقطه چین). جهت رو به بالای فلش ها نشان می دهد که برآوردها در محدوده های پایین تر قرار دارند و جهت رو به پایین فلش ها نیز برعکس



شکل ۶: مقایسه سطح نسبی و پیش بینی شده دریا (با میله های خطا) بعد از ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر در منطقه خلیج فارس براساس مدل های استاندارد زمین و یخچال که در آن هیچ گونه افزایشی در حجم اقیانوس ها در این فاصله زمانی اتفاق نمی افتد.

۵. بازسازی خطوط ساحلی

پیش بینی های سطوح گذشته دریا هماهنگ با مشاهدات محدوده ابهام مشاهداتی داده ها و برآوردهای جابه جایی های عمودی زمین ساختی ناچیز می باشد، به استثنای محل هایی در امتداد ساحل شمالی تنگه هرمز و ساحل مکران. لذا، این مدل برای پیش بینی خطوط ساحلی دیرینه از زمان مرحله پیشینه یخچالی پسین مناسب به نظر می رسد، اگر چه داده های مشاهداتی اضافی به ویژه در بازه زمانی عمده حدود ۸۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر نسبتاً مطلوب است. داده های اثبات شده در مورد تغییر پذیری مکانی نقاط اوج هولوسن میانی جهت برآورد فراسنج های گوشته به ویژه برای این ناحیه کاملاً

محل	تصحیح ایزوستاتیک (متر)	سطح ائوستاتیک دریا	سن	تفسیر
۴۵	۶/۴	-۳۶/۹	9840 ± 160	حد پایین
۴۶	۷/۷	-۵۳/۷	10430 ± 82	حد پایین
۵۷	۸	-۸۲	11000 ± 80	حد پایین
۵۸	۱۰/۷	-۱۱۵/۷	± 100	حد پایین
فاو	۸/۱	-۳۹/۸	۱۴۳۸۰	حد بالا
			9910 ± 220	

جدول ۲: خلاصه ای از تصحیحات ایزوستاتیک و سطح برآورده شده ائوستاتیک دریا در چهار محل و فاو

۲-۳ متری سطح دریا در هولوسن میانی پیرامون حاشیه خلیج فارس برای مدل است و برای ۶۰۰۰ سال اخیر سطح ائوستاتیک دریا در مقادیر امروزی باقی مانده است (شکل ۳ c). بالاترین سطوح پیش بینی شده در طول ساحل جنوبی، بین قطر و ابوظبی، قرار دارد که دامنه اش به ۳/۵ متر می رسد، و در طول ساحل شمالی تنگه هرمز نیز بزرگی های مشابهی پیش بینی شده است.

پایین ترین مقادیر اطراف خلیج عمان اتفاق افتاده که دامنه های پیش بینی شده در ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر از ۱- تا ۱+ متر در امتداد ساحل مسقط متغیر می باشد. در انتهای شمالی خلیج فارس دامنه های پیش بینی شده تقریباً به ۲/۵ متر می رسد، و به سمت داخل، بین بصره، عماره و ناصریه، تقریباً به ۳/۵-۳/۲ متر می رسد. در شکل ۶ مشاهدات و پیش بینی های ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر مقایسه شده است. هنگامی که ابهامات نسبتاً بزرگ بسیاری از نقاط داده ای بررسی می گردد، هماهنگی ها عموماً رضایت بخش است. به هر حال مطالعات صورت گرفته در مناطق دیگر نشان می دهد که در ۶۰۰۰ سال اخیر حجم اقیانوس ها احتمالاً تا حدود ۲-۱/۵ متر افزایش داشته است. از این رو بیشینه تصحیح پیش بینی شده سطح دریا در داخل خلیج در حدود ۱/۵-۰/۵ متر می باشد که پایین تر از مقادیر مشاهداتی گزارش شده است، هر چند که در داخل محدوده های خطاست. به هر حال همچنان که پیش تر نیز اشاره شد، در اینجا مشاهدات بیش از برآوردهای دامنه های بیشینه می باشند. این اختلاف می تواند نشان دهد که تصحیح تابع ائوستاتیک سطح دریا همیشه صحیح نمی باشد، حتی اگر تحلیل های سطوح دریا از نواحی دیگری چنین تغییری را حمایت کنند. به عبارت دیگر آن ممکن است نشانگر نامتناسب بودن انتخاب فراسنج های مدل زمین باشد: برای مثال، مدل های با مقادیر تقریباً بالاتر برای گرانروی گوشته بالایی، به دامنه های بالاتر برای این نقاط اوج منجر می گردد (مقدار A برابر با 6×10^4 pas برای بیشینه افزایش پیش بینی شده ۲-۱/۵ متری کافی باشد).

متأسفانه داده های موجود فعلی برای استفاده تغییرات مکانی در دامنه سطوح بیشینه جهت برآورد فراسنج های جریان شناسی مخصوصاً برای این ناحیه به اندازه کافی قابل اطمینان نمی باشند. آنچه که مقایسه ها نشان می دهد این است که در طول هولوسن فرونشست زمین ساختی عمده ای در ناحیه وجود نداشته است، به

مناسب می‌باشد.

اگر عمق آب کنونی، $D(\phi, t)$ ، در موقعیت ϕ معلوم باشد و تغییر سطح دریا، $\Delta\zeta(\phi, t)$ ، از زمان t محاسبه گردیده باشد، در این صورت اعماق آب دیرینه در زمان t ، با فرض بر اینکه هیچ گونه رسوب‌گذاری یا فرسایشی اتفاق افتاده است، به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$D(\phi, t) = D(\phi, t_0) - \Delta\zeta(\phi, t)$$

و مکان هندسی $D(\phi, t) = 0$ خط ساحلی را در زمان t به دست می‌دهد. از آن جایی که مقادیر بیشینه رسوبات بعد یخچالی شناسایی شده در گمانه‌های دریایی آتلاتیس II عموماً کمتر از ۱-۲ متر می‌باشد، لذا به نظر می‌رسد که رسوب‌گذاری کمینه برای بیشتر مناطق خلیج فارس معتبر باشد. نتایج مبتنی بر مدل گلاسیو-هیدرو-ایزوستاتیک یادشده و داده‌های توپوگرافیک و عمق‌سنجی راقومی شده و شبکه‌بندی شده خلیج فارس برای معدودی عصرهای منتخب در شکل ۷ نشان داده شده است.

در اوج مرحله یخچالی پسین، خلیج فارس تا محدوده خارج از حاشیه دشتاب بیابان به دور از تأثیرات دریا می‌باشد. شرایط احتمالی برای توسعه دریاچه‌ها یا فرونشست‌های کم‌عمق در چندین محل، مشابه با نمونه‌های اصلی که امروزه در حوضه‌های خاوری، مرکزی و باختری و یک حوضه نسبتاً عمیق و باریک در تنگه هرمز وجود دارد، فراهم بود. اینکه حوضه‌های یادشده تحت تأثیر آستانه مخصوص‌شان تا سطوح بیشینه با آب‌های شیرین پر شده باشند به شرایط آب و هوایی در منطقه خلیج و حوضه‌های رودخانه‌ای بزرگ بستگی خواهد داشت، اما همیشه امکان ترسیب رسوبات آب‌های کم‌عمق در مناطق متعدد مثل مسیر دیرینه شط‌العرب که به سمت مصب خود در خلیج عمان تغییر مسیر می‌دهد، وجود دارد.

نبود یک دلتای رودخانه‌ای کاملاً تکامل یافته بر روی دشتاب بیابان و حجم‌های عموماً اندک رسوب‌های رودخانه‌ای در خلیج عمان نشان می‌دهد که رودخانه‌ها احتمالاً رسوبات خود را مدتی پیش از رسیدن به دریا ترسیب داده‌اند و دیگر اینکه سیلاب‌های فصلی حدی حمل‌کننده حجم عظیمی از رسوبات احتمالاً به‌ندرت اتفاق افتاده است. به سمت جنوب، بستر رودخانه‌های منطقه به همراه چاله‌ها و فرورفتگی‌های کم‌عمق که در صورت وجود شرایط مناسب آب و هوایی می‌توانستند تحت شرایط مردابی و باتلاقی تکامل یابند، از شیب ملایمی برخوردار بوده‌اند. به هر حال مرحله یخچالی پسین و بیشینه یخچالی، زمانی پدید آمده‌اند که شرایط آب و هوایی عموماً سردتر و خشک‌تر از امروز بوده است، و احتمالاً برای توسعه رسوبات آب‌های شیرین در این چاله‌های توپوگرافیک، فضای اندکی در اختیار بوده است.

این موقعیت با اندک تغییراتی برای چند هزار سال بعدی مرحله یخچالی پسین حفظ می‌گردد، و فرارفت تدریجی سطح دریا تنها برای پیشروی بر روی دشتاب بیابان و همچنین به سمت حوضه

کوچک تنگه هرمز کفایت می‌کند. قبل از ۱۴۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر تنگه هرمز به‌عنوان یک آبراهه باریک باز شده و سیلابی شدن سرزمین‌های پست به سمت باختر آغاز می‌گردد، نخست با سیلابی شدن حوضه خاوری توسط آب دریا بلافاصله بعد از ۱۳۰۰۰ هزار سال پیش از عصر حاضر. تقریباً قبل از ۱۲۵۰۰ سال پیش از عصر حاضر سرازیری دریا به حوضه مرکزی آغاز شده است. بنابراین انتظار می‌رود که قدیمی‌ترین رسوبات دریایی بیشینه بعد یخچالی در این حوضه تقریباً متعلق به ۱۲۵۰۰ سال یا جوان‌تر از آن باشند. دریاچه حوضه باختری تا حدود ۱۱۵۰۰ سال پیش از عصر حاضر به دور از تأثیرات دریا باقی می‌ماند (شکل ۷b).

در این زمان قسمت شمالی خلیج خشک بود، همچنان که گستره وسیع جنوب خلیج دیرینه در این وضعیت قرار داشت، اگرچه قبلاً در سطح این جلگه فرورفتگی‌های توپوگرافیک کم‌عمق متعددی وجود داشت. تا حدود ۱۱۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر قسمت شمالی بستر خلیج فارس نسبتاً هموار بوده است، اما جلگه محصور بین خلیج دیرینه و تپه ماهورهای جنوبی کوهستان‌های زاگرس، خط ساحل کنونی را تشکیل می‌دهد.

همچنان که سطح ائوستاتیک دریا بالا می‌آید، توسعه خلیج ادامه یافته و تأثیر دریا به سمت ناحیه شمالی گسترش می‌یابد. تقریباً از ۱۰۰۰۰ سال پیش کناره شمال خاوری خلیج در چندین محل نزدیک موقعیت کنونی‌اش بوده است، به‌ویژه در خاور نصف‌النهار ۵۲ درجه خاوری (شکل ۷c). تقریباً قبل از ۸۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر بیشتر قسمت جنوبی خلیج بیرون از آب باقی می‌ماند و مناطقی همچون ساحل مرواریدی بزرگ تا اندکی بعد از این زمان همچنان بیرون از آب بوده است (شکل ۷d).

در طول هولوسن پیشین فرورفتگی‌های توپوگرافیک واقع در قسمت جنوبی خلیج به‌طور پیشرونده سیلابی می‌شوند (اشکال d و ۷c) و برخی از این فرورفتگی‌های عمیق‌تر احتمالاً برای بررسی‌های دقیق‌تر تغییرات آب و هوایی و سطح دریا در سرتاسر این دوره محل‌های مناسب و توانمندی خواهند بود.

یکی از فرض‌های طرح شده در مدل مورد بحث این است که فرارفت سطح دریا تا حدود ۶۰۰۰ سال پیش بدون پایداری و یا پسروی، پیوسته بوده است. داده‌های سطح دریا از محل‌های مختلف نشان داده است که این فرارفت ممکن است یکنواختی کمتری داشته باشد، اما هنوز تصویر جهانی یکدستی به‌دست نیامده است و منحنی انتخاب شده بیانگر تابعی است که حجم مناسب داده‌ها را نشان می‌دهد. رویداد دو (و احتمالاً سه) پایداری در طول مراحل سیلابی به ترتیب در دامنه اعماق ۶۱-۶۴ متری و ۴۰-۵۳ متری فرض شده است.

نهشته‌های عمیق‌تر در داخل حوضه باختری واقع شده‌اند و تغییرپذیری مکانی پیش‌بینی شده سطح دریا زمانی که ۷۰-۶۰ متر پایین از سطح امروزی بوده، برای محل‌هایی که این نمودها شناسایی

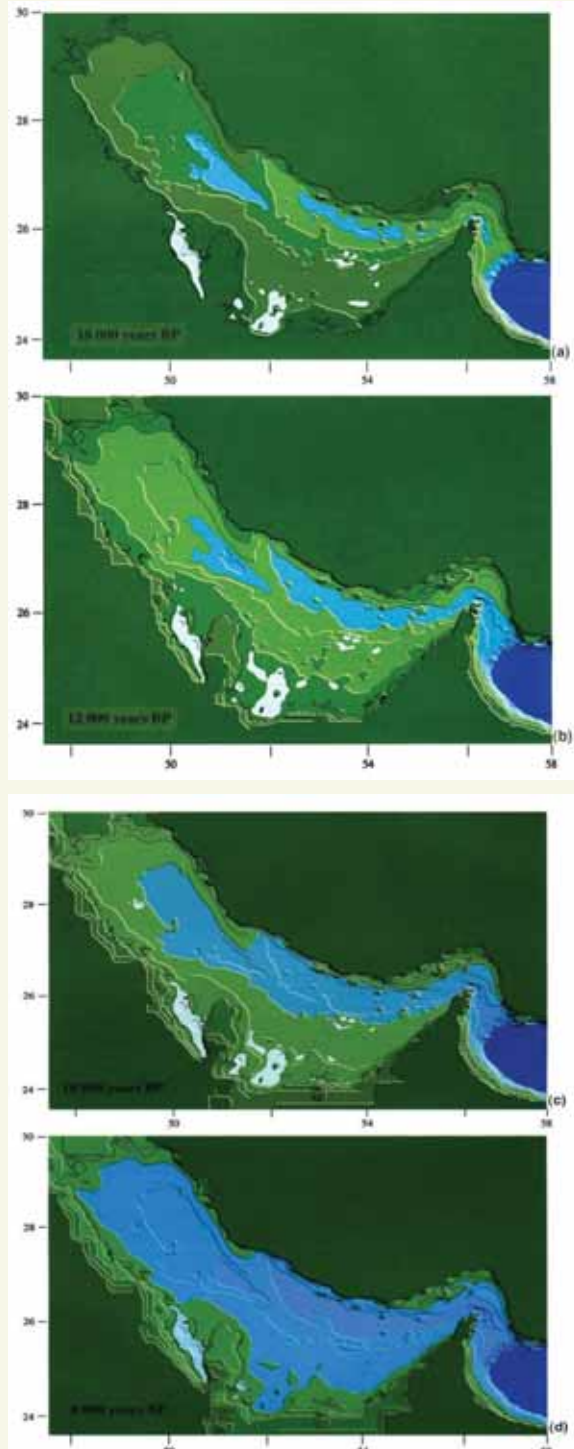
شده‌اند تقریباً ۲-۱ متر است. بنابراین اگر این خط ساحلی یک رویداد همزمان و کوتاه‌مدتی باشد، در این صورت به علت تعدیلات گلاسیو-هیدرو-ایزوستازی بعدی، در حال حاضر در عمق ثابتی قرار نمی‌گرفت. مدل‌های پیش‌بینی برای موقعیت این خط ساحلی سن تشکیل آن‌ها را ۱۱۵۰۰-۱۱۲۰۰ سال پیش از عصر حاضر نشان می‌دهد. پایداری دوم واقع در قسمت شمالی خلیج، حوضه‌های باختری و مرکزی و در تنگه‌هرمز گستردگی بیشتری داشت. تغییرپذیری مکانی پیش‌بینی شده برای این موقعیت‌ها همانند بیشترین اعماق پیش‌بینی شده برای منطقه مرکزی (نزدیک ۲۶ درجه عرض شمالی و ۵۳ درجه طول خاوری) در حدود ۵-۴ متر است.

مقایسه اعماق مشاهده شده با پیش‌بینی شده نشانگر تشکیل آن‌ها در بازه زمانی ۱۰۹۰۰-۱۰۱۰۰ سال پیش از عصر حاضر می‌باشد. پایداری سوم چندان مستند نمی‌باشد. این سطح در عمق حدود ۳۰ متری واقع گردیده و زمان تشکیل آن حدود ۹۲۰۰-۹۱۰۰ سال پیش از عصر حاضر پیش‌بینی شده است.

خط ساحل امروزی اندکی پیش از ۶۰۰۰ سال پیش شکل گرفته و همچنان که سطح دریا احتمالاً ۲-۱ متر بالاتر از سطح امروزی قرار می‌گیرد، گسترش می‌یابد. داده‌های توپوگرافیک موجود و همین‌طور شناخت نگاشت‌های رسوبی سطحی عصر حاضر مناسب برای بازسازی فرگشت سامانه‌های دلتایی در طول هولوسن برای تعیین ابعاد این سرازیرشدگی به داخل مناطق پست جلگه میان‌رودان، به اندازه کافی دقیق نیستند. به هر حال بیشتر مناطق بین خاور ساحل فعلی بصره، ناصریه و عماره (شکل ۸)، از جمله دریاچه و مرداب‌های حمار به‌نظر می‌رسد تنها چند متر بالاتر از سطح متوسط دریای امروزی بوده‌اند. بنابراین در فصل خشک تابستان سطح فرات در ناصریه، مسیر فرادست دریاچه حمار، تنها ۲/۵ متر بالاتر از سطح متوسط دریای امروزی بوده است. امروزه خود دریاچه حمار جدا از آب‌های دریاست، اما تحت‌تأثیر نوسان‌های نیمروزی است که به‌طور غیرمستقیم توسط کشندهای خلیج فارس پدید می‌آید. این تأثیرات کشندی امروزه تا فاصله ۱۵۰ کیلومتری از ساحل به سمت خشکی دیده می‌شود، و با توجه به اینکه دامنه کشندی امروزی در رأس خلیج عموماً کمتر از یک متر است، نشانگر ارتفاع خیلی پایین زمین می‌باشد. بنابراین بیشتر این منطقه در هولوسن میانی، حتی در صورت نبود رسوب‌گذاری بعدی که ممکن است سطح ارتفاع را تا ارتفاع امروزی‌شان بالا آورده باشد، احتمالاً یک محیط دریایی کولابی کم‌عمقی بوده است.

۶. تأملاتی بر برخی مفاهیم ضمنی باستان‌شناختی

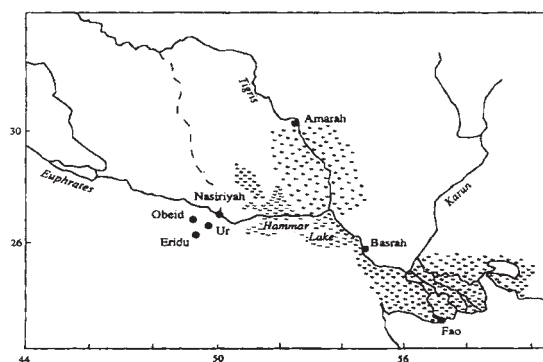
سومریان باستان در طول هزاره چهارم پیش از میلاد در ناحیه واقع در انتهای شمالی خلیج فارس و در پیوستگاه رودخانه‌های دجله و فرات استقرار یافته بودند. پش‌توانه این مدنیت^۹ باستانی عناصر زیربنایی متعددی- هنر، مذهب، قانون، ریاضیات و ستاره‌شناسی- است که زمینه‌ساز مدنیت بعدی میان‌رودان می‌گردد. به‌دلیل ناقص بودن



شکل ۷: بازسازی خطوط ساحلی دیرینه خلیج فارس از ۱۸۰۰۰ تا ۸۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر. مناطق آبی بسته نشانگر محدوده پیشینه دریاچه‌هایی است که در صورت پر شدن سطوح آستانه‌شان می‌توانستند شکل بگیرند. مناطق آبی-خاکستری به سمت جنوب محور خلیج فارس نیز نشانگر فرورفتگی‌های توپوگرافیک کم‌عمقی است که در صورت مناسب بودن ویژگی‌های آب‌وهوایی می‌توانستند در شرایط مردابی توسعه یابند. طبقات ارتفاعی بالاتر از سطح دریا عبارت‌اند از: ۵۰، ۱۰۰، ۲۰ و ۱۵۰ متر. منحنی‌های عمق آب نیز عبارت‌اند از: ۲۰-، ۵۰-، ۷۵-، ۱۰۰- و ۱۵۰-متر (لامبک، ۵۳، ۵۲، ۱۹۹۶).

همان‌طور که در خطوط میخی سومریان ثبت شده است. پسروی بعدی خط ساحلی منعکس‌کنندهٔ تکامل عمده سامانهٔ دلتایی نیست، بلکه به زبان ساده‌تر پیامد تغییر نسبی سطح دریا در هولوسن پسین و یک تغییر تنها در بالاترین لایهٔ سامانهٔ دلتایی قدیمی‌تر است. این پیامد با انتشار بخش عمده‌ای از بار رسوبی رودخانه‌های دجله و فرات پیش از اینکه به دریا برسند هماهنگ می‌باشد، مگر برای زمان‌های با سیلاب‌های شدید.

پیش از بازسازی‌های دقیق خطوط ساحلی که در اینجا می‌تواند صورت گیرد، داده‌های توپوگرافیک مناسب و محدودیت‌های رسوب‌گذاری هولوسن پسین لازم است، اما عمدتاً، مدل‌ها با شواهد باستان‌شناختی همسو می‌باشد، شواهدی که نشان می‌دهد مدنیت سومریان و تبارشان، یعنی فرهنگ‌های عبید و اریدو، قبل از هزارهٔ چهارم پیش از میلاد بدون اینکه نیازی به تکامل دلتایی اصلی بعدی باشد، در یک محیط کم‌عمق ساحلی، توسعه یافته‌اند.



شکل ۸: نقشهٔ موقعیت مکان‌های پایین دست میان‌رودان

پی‌نوشت‌ها

1. Kurt Lambeck
2. last maximum glaciations
3. glacio- hydro-isostatic model
4. highstand
5. latest Pleistocene
6. terrigenous
7. Taylor and Illing
8. Godwin et al
9. civilization
10. Ubaid
11. Eridu
12. Roux
13. Enki
14. Oannes
15. During- Casper

مرجع

Lambeck Kurt, (1996). Shoreline reconstructions for the Persian Gulf since the last glacial Maximum. Earth and Planetary Science Letters 142. 43- 57.

نگاشت‌های پیشین، سؤالات متعددی طرح شده است. سومریان چه کسانی بودند؟ از کجا آمده‌اند؟ چه زمانی به این منطقه رسیده‌اند؟ آیا از ناحیهٔ کوهستانی آن سوی ایران یا از طریق دریا وارد شده‌اند؟ آیا بازماندگان قدیمی‌ترین ساکنین نوسنگی در ناحیه بودند، از فرهنگ عبید^{۱۰} در ۳۵۰۰-۴۵۰۰ سال پیش از عصر حاضر، یا حتی از فرهنگ قدیمی‌تر اریدو^{۱۱} در حدود ۵۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر؟ هرگونه مسیرهای پژوهشی احتمالی را که برای پاسخ‌گویی به این سؤالات دنبال کنیم، مهم‌ترین عامل در این معما بایستی تکامل محیط طبیعی خود خلیج باشد؛ به‌ویژه در طول آخرین دورهٔ پراپی و سیلابی بعدی نواحی دلتایی پست، زمانی که سطح دریا بین حدود ۳۰۰۰ و ۶۰۰۰ سال پیش از عصر حاضر احتمالاً چند متر بالاتر از سطح امروزی بود. (سن‌های باستان‌شناختی اشاره به مقیاس زمانی تقویمی دارند ولی سن‌های قدیمی‌تر از ۲۶۰۰ سال پیش از میلاد دقیقاً مشخص نیستند. اختلاف بین این دو و مقیاس زمانی کربن پرتوزا از لحاظ ابهام در سن‌های باستان‌شناختی احتمالاً چندان اهمیتی ندارد). در طول دوره‌های پارینه‌سنگی (تقریباً پیش از ۸۰۰۰ سال قبل از میلاد)، میانه‌سنگی و نوسنگی پیشین (از ۸۰۰۰ تا حدود ۶۰۰۰ سال پیش از میلاد) بخش عمده‌ای از بستر خلیج فارس بیرون از آب بوده است (شکل ۷) و دره‌های رودخانه‌ای وسیعی به همراه دریاچه‌ها و مرداب‌ها در نواحی پست‌تر، یک مسیر طبیعی را برای جابه‌جایی مردمان از خاور به سمت باختر ایران تشکیل می‌داده است.

آیا پیشینیان سومریان از طریق این مسیر جابه‌جا شده‌اند؟ راکس^{۱۲} (۱۹۹۲) این گمان را، و به علاوه این احتمال را پذیرفته است که راه‌حل یاد شده چارچوبی منطقی برای برخی از افسانه‌های پدید آمده با پیش‌زمینه‌های رودخانه‌ها و مرداب‌ها: از قبیل انکی^{۱۳} خدای آب، که قبل از آن موقع در شهر اریدو مورد پرستش بوده، یا اوآنس^{۱۴} انسان ماهی‌نما (با سری شبیه ماهی و پاهایی شبیه مرد) از اریدو که مظهر مردمانی بود که از فرارفت دریا پس نشسته‌اند، فراهم می‌آورد. راکس همچنین پذیرفته است که با پوشیده شدن شواهد بر اثر فرارفت دریا آزمون این فرضیه مشکل می‌گردد، اگرچه دورینگ و گاسپر^{۱۵} (۱۹۷۱) به شواهدی از مدنیت باستانی در کف قسمت شمالی خلیج فارس اشاره نموده‌اند. اکتشافات اور و جاهای دیگر که به شناسایی یک رویداد سیلابی در حدود ۳۰۰۰-۴۰۰۰ پیش از میلاد منجر گردیده است، تداعی‌کنندهٔ ارتباط افسانهٔ سیلاب سومریان با اوج پیشروی هولوسن می‌باشد. احتمالاً بازسازی‌های از نوع نشان داده شده در شکل ۷ به همراه مدل‌های آب و هواشناختی، چارچوب بهبودیافته‌ای برای کشف سامانه‌های دره‌های قدیمی و تأثیرات ضمنی آن بر ساکنین اولیهٔ ناحیه فراهم خواهد آورد.

در طول هولوسن پیشین کناره‌های خلیج فارس تا فاصلهٔ زیادتری به داخل خشکی به‌عنوان یک محیط کشندی خیلی کم‌عمق احتمالاً توسعه داشته است، به‌طوری که شهرهای سومری عبید، اور و اریدو، بین ناصریه و دریاچهٔ حمار، احتمالاً کنار ساحل واقع شده بودند،