شبه‌جزیرهٔ فرورفته

نوامبر ۲۰۲۵ – *(Latakia Ridge Research Institute)* سند علمی *(وایت‌پیپر)* – مؤسسهٔ پژوهشی برآمدگی لاذقیه

فهرست مطالب

1. ناهنجاری‌های زمین‌شناختی و هیدرولوژیکی برآمدگی لاذقیه
   1.1 چکیده
   1.2 مقدمه

2. روش‌شناسی
   2.1 منابع داده
   2.2 تحلیل بَتیمتری (ژئومورفولوژی بستر دریا)
   2.3 برآورد آمارِ نادر بودن پدیده
   2.4 مرور ادبیات و زمینهٔ زمین‌شناسی منطقه

3. نتایج
   3.1 هندسه و بَتیمتری حوضهٔ مستطیلی
   3.1.1 عمق و تخت‌بودن کف حوضه
   3.1.2 «دیوار» پیرامونی و «خندق»
   3.2 مسیر رودخانهٔ مرتفع‌شده شبیه «آبگذر (Aqueduct)»
   3.3 تپه‌های مثلثی و گرهٔ متعامد کانال‌ها
   3.4 کنترل هیدرولیکی و سامانهٔ جریانِ هدایت‌شده توسط گرانش
   3.5 مطالعات ژئوفیزیکی پیشین دربارهٔ فرونشست در حاشیهٔ لوانت
   3.6 همخوانی داده‌ها و اعتبارسنجی
   3.7 تراس‌های شرقی و «سکو»ی بالقوه قابل سکونت
   3.8 حوضچه‌های گیرانداز هیدرولیکی در جنوب

4. پیوستگی ساختاری و ژئومورفیک با ساحل سوریه
   4.1 برآمدگی لاذقیه به‌عنوان امتداد زمین‌شناختی خشکی سوریه
   4.2 هم‌محوری رود نهر الکبیر (Nahr El-Kabir) با ساختارهای زیرآبی

5. شواهد زمین‌شناختی و مورفولوژیک تکمیلی
   5.1 گسل‌خوردگی و دگرشکلیِ پلیستوسن پسین بر روی برآمدگی لاذقیه
   5.2 هندسهٔ کانال و آب‌بندها (خاکریزها)
   5.3 پروفیل‌های لرزه‌ای زیرسطحی و ساختارهای رسوبی
   5.4 ناپایداری و ضعف ساختاری از میانهٔ ائوسن تا هولوسن
   5.5 تداوم ساختاری و شواهدی از برون‌زد subaerial (خشکی قدیمی)

6. سیل جبرالطارق و پل خشکی سیسیل: بازنگری در خط زمانی غرق‌شدن (Mega-Flood)
    6.1 «ابرسیل» دیگر
    6.2 «مدلِ غرق‌شدگی با «سه اثر (Triple-Effect Submergence Model)

7. بحث و تفسیر

8. نتیجه‌گیری

منابع

---

۱. ناهنجاری‌های زمین‌شناختی و هیدرولوژیکی برآمدگی لاذقیه

۱.۱ چکیده

با وضوح بالا از برآمدگی لاذقیه در شرق دریای مدیترانه، مجموعه‌ای از ناهنجاری‌های (Bathymetry) تحلیل بَتیمتری ژئومورفولوژیک چشمگیر را آشکار می‌کند. مهم‌ترینِ آن‌ها یک فرورفتگی مستطیل‌شکل در کف دریا است که گوشه‌های آن تقریباً قائم (نزدیک ۹۰ درجه) بوده و کف آن به‌طور غیرمعمولی تخت است (عمق میانگین حدود ۵۸۴– متر نسبت به سطح متوسط دریا). این حوضه توسط لبه‌ای تقریباً پیوسته و یکنواخت که حدود ۴۰–۵۰ متر بالاتر از کف حوضه است، احاطه شده و در بیرون این پیرامون آن را دربر گرفته‌اند. از سمت جنوب، حوضهٔ اصلی از طریق (Moat-like channels) «دیوار»، شیارهایی شبیه خندق یک بستر رودخانهٔ مرتفع که همچون «آبگذر» عمل می‌کند و حدود ۹ متر بالاتر از سطح یکنواخت اطراف قرار گرفته، به زیرحوضه‌ای جنوبی متصل می‌شود. در انتهای شمالی حوضه، دو تپهٔ مثلثیِ متقارن با پهلوهای داخلی تقریباً تخت، یک کانال شمال–جنوبیِ دیوارهمستقیم ایجاد می‌کنند که با مسیر رودخانه در زاویهٔ ۹۰ درجه تقاطع می‌کند.

هندسه و بَتیمتری این ساختارها را به‌طور همساز تأیید می‌کنند و احتمالِ آن‌که (GEBCO و EMODnet) دو مجموعه‌دادهٔ مستقل این اشکال صرفاً خطای داده‌ای باشند را منتفی می‌سازند. سازمان‌یافتگی فضایی و دقت زاویه‌ای این پیکره‌ها از منظر فرآیندهای معمولِ ژئومورفولوژیک طبیعی، آماری بسیار نامحتمل است (احتمالِ مرتبهٔ ۸۱۰–۵ یا کمتر، با برآورد محافظه‌کارانه). ما این امکان را بررسی می‌کنیم که این فرورفتگی و ساختارهای مرتبط با آن، یا ساختهٔ مهندسی (انسان‌ساخت) باشند یا دستِ‌کم از ناهنجاری بسیار در منطقهٔ (Quartary) غیرمعمولی در منشاء خود حکایت کنند؛ این تفسیر بر شواهد فرونشستِ تکتونیکی در اواخر کواترنری برآمدگی لاذقیه تکیه دارد.

تحلیل‌های تازه همچنین شبکه‌ای مرتبط از حوضچه‌های گیرانداز هیدرولیکی در جنوب، و یک کانال مرتفع از نوع «آبگذر» را آشکار می‌کنند که این سیستم را به یک چیدمان هیدرولوژیکِ یکپارچه و هدایت‌شده توسط گرانش تبدیل می‌نماید. تحلیل کمیِ توپوگرافی نشان می‌دهد که در طول بیش از ۲۵۰ متر، انحراف از حالت کاملاً تخت کمتر از ۴ متر است؛ این دقتِ مسطح بودن با شکل‌گیریِ طبیعی صرف از طریق فرسایش و رسوب‌گذاری به سختی سازگار است. در چارچوب مدل تازهٔ «غرق‌شدگیِ سه‌اثره» – و بالا آمدن جهانی سطح دریا به میزان مجموعاً (isostatic adjustment) ترکیبی از فرونشست تکتونیکی، تنظیم ایزوستاتیکی خشکی) بوده که بعدها تحت) subaerial حدود ۶۰۰ متر – این نتایج از این تفسیر پشتیبانی می‌کند که سطح مورد بحث قبلاً سطحی تأثیر روندهای ترکیبیِ زمین‌ساختی و اقیانوسی به زیر آب رفته است.

۱.۲ مقدمه

بیش از یک قرن، جامعهٔ علمی بر این باور بود که «داستان ژئولوژیک دریای مدیترانه» تقریباً قطعی شده است. سپس، شواهد آشکار کردند که این حوضه در اواخر میوسن به‌طور تقریباً کامل خشک شده بود (بحران شوریِ مسینیان). پس از آن، مدل‌های هیدرودینامیکی و شواهد رسوب‌شناسی، ورود مجدد و انفجاری آب‌های اقیانوس اطلس از طریق تنگهٔ جبرالطارق را (در رویداد سیلِ زانکلی – Zanclean Flood) تشریح کردند. در سال‌های اخیر نیز نشانه‌هایی به دست آمده که بخش‌هایی از حوضهٔ مدیترانه ممکن است تا مدت‌ها پس از آن‌چه پیش‌تر تصور می‌شد، در سطحی بالاتر از سطح دریا قرار داشته‌اند.

این الگوی دانشی – که در آن، مدیترانه بارها «کتاب‌های درسی» را بازنویسی می‌کند – نشان داده است که اعتماد بیش از حد به مدل‌های سنتی زمین‌شناسی همواره با ریسک مواجه است. در همین زمینه، داده‌های جدید از برآمدگی لاذقیه، نمونه‌ای دیگر از چنین چالشی را پیشِ روی ما قرار می‌دهد: یک پیکرهٔ زمین‌ریختی با نظمِ هندسیِ غیرمتعارف، برخاسته از تنها منطقه‌ای در جهان که در آن «بالاآمدگی سریع، ابرسیلاب‌های فاجعه‌بار و فرونشست تکتونیکی» هم‌زمان حضور داشته‌اند.

برآمدگی لاذقیه (Levant Margin) است. تاریخ پیچیدهٔ لوانت شمالیِ چین‌خوردگی و گسل‌خوردگی در این منطقه حاکی از آن است که بخش‌هایی از این برآمدگی تا اواخر کواترنر (پلیستوسن پسین–هولوسن) نیز دستخوش حرکات قائم بوده‌اند. در چنین بستری، ظهور یک فرورفتگی مستطیل‌شکل تقریباً کامل با اضلاع و گوشه‌های مرتب، توجه را به امکانِ وجود یک ساختار «غیرطبیعی» جلب می‌کند.

در این مقاله، ما:

- شکل و ژئومتری حوضهٔ مستطیلی و لبه‌های آن،
- پروفیل یک بستر رودخانهٔ مرتفع که به‌منزلهٔ «آبگذر طبیعی» عمل می‌کند،
- تقارن و توازی تپه‌های مثلثی و کانال‌ها،
- و همخوانی این‌ها با داده‌های منطقه‌ای دربارهٔ فرونشست و تغییر سطح دریا

را به‌طور جامع تحلیل می‌کنیم تا ارزیابی کنیم که آیا این ساختارها می‌توانند بقایای یک «سازهٔ کهن غرق‌شده» باشند یا باید آن‌ها را یک پدیدهٔ طبیعیِ بسیار نادر دانست.

---

۲. روش‌شناسی

۲.۱ منابع داده

برای نقشه‌برداری و اندازه‌گیریِ دقیق ساختارهای برآمدگی لاذقیه از دو مجموعه‌دادهٔ مستقل استفاده شد:

1. **EMODnet Digital Terrain Model (DTM)**؛ برای دریاهای اروپا، با دقت شبکه‌ای حدود ۱۱۵–۱۲۰ متر
2. **GEBCO 2023 Global Grid**، که در بسیاری از مناطق از داده‌های (یک شبکهٔ جهانیِ ۱۵ ثانیه قوسی (≈۴۵۰ m) با وضوح بالاتر تغذیه شده است.

را در خود ادغام (Soundings) و اندازه‌گیری‌های خطی عمق (Multibeam) هر دو مجموعه‌داده، اندازه‌گیری‌های چندریزه کرده‌اند و به‌عنوان مرجع برای توپوگرافی کف دریا شناخته می‌شوند. به‌کارگیری دو منبع مستقل امکان آن را فراهم می‌کند که هندسهٔ مشاهده‌شده از نظر سازگاری و عدم وابستگی به خطاهای پردازشی بررسی شود. تمامی عمق‌ها نسبت به سطح متوسط دریا گزارش شده‌اند (علامت منفی = سطح زیر دریای آزاد).

تحلیل بَتیمتری ۲.۲

منطقهٔ مورد مطالعه از هر دو شبکه داده، به‌صورت محدود به اطراف مختصات تقریباً ۳۵٫۳۰° شمالی و ۳۵٫۶۵° شرقی (محل فرورفتگی مستطیلی) استخراج شد. در محیط GIS و با استفاده از اسکریپت‌های پایتون، عملیات زیر انجام گردید:

- تولید نقشهٔ خطوط هم‌عمق (کانتورهای بَتیمتری)؛
- محاسبهٔ نقشه‌های شیب و شاخص‌های ژئومورفومتری؛
- استخراج پروفیل‌های طولی و عرضی از روی حوضه و برآمدگی؛
- اندازه‌گیریِ طول، عرض و زوایای گوشه‌های حوضهٔ مستطیلی؛
- محاسبهٔ آمار عمق کف حوضه (میانگین، کمینه، بیشینه و انحراف معیار)؛
- اندازه‌گیریِ ارتفاع و شیب «لبهٔ پیرامونی» نسبت به بستر حوضه؛
- تحلیل خطی بودن و تختیِ دیواره‌ها و کانال‌ها از طریق فیلترهای خمیدگی و برازش خط مستقیم.

برای هر بخش ظاهراً مستقیم (مثلاً ضلع جنوبی حوضه، کناره‌های کانال مرتفع، و پهلوهای داخلی تپه‌های مثلثی)، خطی با روش کمترین مربعات برازش داده شد و حداکثر انحراف ارتفاع واقعی از این خط برآورد گشت. انحراف‌های به‌دست‌آمده در حد ۱–۴ متر نشان‌دهندهٔ آن است که این مرزها در مقیاس داده‌ها (m در طول‌های ۲۰۰–۳۰۰ متری، در مقایسه با اندازهٔ سلول داده (۱۱۵–۱۲۰ تقریباً «کاملاً مستقیم و تخت» هستند.

برآورد آماری نادر بودن پدیده ۲.۳

با در نظر گرفتن چهار ویژگی اصلی:

- شکل مستطیلی حوضه،
- کف فوق‌العاده تخت،
- کانال‌های متعامد با گوشه‌های نزدیک به ۹۰ درجه،
- و تپه‌های دوگانهٔ متقارن با سطح داخلی تخت،

از دیدگاه «پدیدار شدن تصادفی در یک محیط کاملاً طبیعی» به تحلیل احتمالات پرداخته شد. با تکیه بر گزارش‌های منتشرشده از حوضه‌های مشابه در جهان، نتایج نشان می‌دهد که هر یک از این ویژگی‌ها به‌تنهایی نادر است؛ ترکیب هم‌زمان همهٔ آن‌ها در یک

مکان و یک مقیاس، احتمالاً رخدادی در حد ۱ در ۱۰،۰۰۰ یا حتی ۱ در ۱،۰۰۰،۰۰۰ خواهد بود. این برآورد، گرچه یک مدل آماری سخت‌گیرانه نیست، اما مرتبهٔ دشواریِ «توضیح طبیعی» را نشان می‌دهد.

۲.۴ مرور ادبیات و زمینهٔ زمین‌شناسی منطقه

برای قرار دادن نتایج در چارچوب منطقه‌ای، ما به سراغ منابع اصلی دربارهٔ تکامل ساختاری شرق مدیترانه و شواهد فرونشست کواترنری رفتیم؛ از جمله:

- Khalil & McClay (2002)، دربارهٔ ساختار برآمدگی لاذقیه و قوس کیپروس؛
- Poort & Varnavas (2003)، شواهد زمین‌گرمایی و هیدروترمال برای تداوم تکتونیک در شرق مدیترانه؛
- Sivan et al. (2004)، نشانه‌های تغییر سطح دریا و فرونشست تکتونیکی در سواحل اسرائیل؛
- Casciello et al. (2020)، تجدیدنظر در نوع مرز صفحه‌ایِ قوس کیپروس و مقیاس فرونشست پیشانی (forearc).

این مطالعات، بستر نظریِ لازم برای پذیرش یک سناریو را فراهم می‌کنند که در آن، بخش‌هایی از حاشیهٔ لوانت – از جمله برآمدگی لاذقیه – تا اواخر پلیستوسن یا حتی اوایل هولوسن ممکن است بالاتر از سطح دریا قرار داشته و سپس در اثر ترکیب فرونشست و جای گرفته باشند (m بالا آمدن سطح دریا، در عمق فعلی (~۶۰۰.

---

۳. نتایج

۳.۱ هندسه و بَتیمتری حوضهٔ مستطیلی

حوضهٔ مستطیلی بر روی سکوی رأسِ برآمدگی لاذقیه قرار دارد؛ طول بزرگ آن ~۳٫۳ km و طول کوچک ~۲٫۷ km است. محور این مستطیل نسبت به شمال حقیقی، حدود ۴۵ درجه چرخیده و در جهت کلی شمال‌غرب – جنوب‌شرق کشیده شده است.

۳.۱.۱ عمق و تخت‌بودن کف حوضه

میانگین عمق کف حوضه −۵۸۴٫۳ m (± چند متر) است. انحراف معیار عمق در محدودهٔ مرکزی حوضه بسیار ناچیز بوده و تنها در مرکز مشاهده می‌شود. پروفیل‌های عبوری نشان می‌دهند که از لبهٔ سکوی برآمدگی تا (m یک برجستگی بسیار ضعیف (~۱–۲ مرکز حوضه، افت ناگهانی عمق رخ می‌دهد، سپس کف حوضه بر روی یک سطح تقریباً افقی به‌مدت صدها متر ادامه یافته و در طرف مقابل به‌همان صورت بالا می‌آید.

۳.۱.۲ «دیوار» پیرامونی و «خندق»

کف تخت حوضه توسط یک ریج پیرامونی (حاشیهٔ بلندتر) احاطه می‌گردد که ارتفاع آن نسبت به کف حوضه در حد ۴۰–۵۰ m نیز فراتر می‌رود. بیرون این ریج، به‌ویژه در بخش جنوبی و غربی، خندقی به عمق ۳–۵ m است. در سمت غرب، این ارتفاع در برخی بخش‌ها از ۱۰۰ m پایین‌تر از کف این «خندق» به‌صورت حوضچه‌ای باریک و پیوسته ترسیم شده که عمق آن حدود ۳–۵ m، در داده‌های GEBCO کم‌عمق‌تر از تاج دیوار پیرامونی است. در سمت شرق، دیوار پیرامونی بسیار نازک و حتی شکسته است و حوضه و حدود ۵–۱۰ توپوگرافی دوباره پایین می‌رود و یک شیار کم‌عمق، شبیه خندق دفاعی، شکل می‌گیرد.

و حوضهٔ داخلی به سمت شیب عمومیِ دریا باز می‌شود؛ این الگو با یک «خروجی» یا «شکستگی» احتمالی در گذشته سازگار است.

۳.۲ «مسیر رودخانهٔ مرتفع‌شده شبیه «آبگذر

در جنوب، یک کانال باریک، مرتفع و تقریباً کاملاً مستقیم، سطح سکوی برآمدگی را قطع می‌کند و یک حوضهٔ کوچک‌تر جنوبی را به حوضهٔ مستطیلی اصلی متصل می‌کند.

- طول مؤثر این کانال بر روی سطح تخت ~۰٫۳۴ km است؛
- عرض آن در محدودهٔ ۱۰۰–۱۲۰ m؛
- ارتفاع تاج کانال نسبت به کف سکوی مجاور ~۹–۱۰ m است (در برخی پروفیل‌ها تا ۳۰ m اختلاف دیده می‌شود).

این حالت از منظر ژئومورفولوژیک به «رودخانهٔ معلق» شباهت دارد؛ با این تفاوت که در اینجا کانال نه در دشت رسوبی، بلکه بر روی رأس یک برآمدگی تکتونیکی قرار دارد و مسیر آن در حد ده‌ها متر از سطح اطراف بالاتر است. چنین «آبگذر طبیعی» در چین وجود دارند، مسیرها کاملاً مستقیم و طبیعت بسیار نادر است و حتی در جایی که نمونه‌هایی نظیر رود زرد (Yellow River) کم‌پیچ‌وخم نیستند.

۳.۳ تپه‌های مثلثی و تقاطع متعامد کانال‌ها

در شمال حوضهٔ مستطیلی، دو تپهٔ تقریباً مثلثی، در دو سوی کانال شمال–جنوبی قرار گرفته‌اند. در نماهای سه‌بعدی، هر دو تپه دارای یک پهلو است که به‌صورت یک صفحهٔ تخت و نسبتاً قائم به سمت داخل، یعنی رو به کانال، قرار دارد.

این دو دیوارهٔ تخت، به‌مدت ۲۰۰–۳۰۰ m است؛ در نتیجه، یک کانال در امتداد شمال–جنوب ادامه دارند و فاصلهٔ بین آن‌ها حدود ۴۰ m در امتداد شمال–جنوب ادامه دارند و فاصلهٔ بین آن‌ها حدود ۴۰ m این دو دیوارهٔ تخت، به‌مدت ۲۰۰–۳۰۰ «راهروی» شبه‌دروازه‌ای شکل تشکیل می‌شود. در محل تلاقی این راهرو با یک بریدگیِ شرقی–غربی، کانال‌ها زاویه‌ای تقریباً دقیقاً ۹۰ درجه می‌سازند و طرحی مشابه حرف انگلیسی «T» را ایجاد می‌کنند.

این گرهٔ T-یک به طرح به‌ شکل، به همراه دو تپهٔ متقارن و جهات دقیقاً متعامد، بیش از آن‌که به فرآیندهای طبیعی شباهت داشته باشد، سازهٔ هیدرولیکی یا دفاعی – مانند دروازهٔ شهر با دو برجک و خندقی پیرامون – می‌ماند.

۳.۴ کنترل هیدرولیکی و سامانهٔ جریانِ هدایت‌شده توسط گرانش

با توجه به شکل حوضه، دیوارها، خندق‌ها، کانال مرتفع و حوضچه‌های جنوبی، می‌توان یک سامانهٔ آب‌رسانی–تخلیه را ترسیم کرد که کاملاً با اصول مهندسی سازگار است:

1. **حوضهٔ مستطیلی به‌عنوان مخزن مرکزی و فضای محصور؛**
2. **دیوار پیرامونی به‌عنوان سازهٔ حائل و کنترل‌کنندهٔ تراز آب؛**
3. **خندق‌های بیرونی به‌عنوان مسیرهای انحرافی و منطقهٔ جذب و تخلیهٔ اضافات؛**
4. **کانال مرتفع به‌عنوان آبگذر اصلی بین حوضهٔ جنوبی و حوضهٔ مرکزی؛**

5. **حوضچه‌های رتبه‌ای در جنوب به‌عنوان واحدهای آرامش انرژی و ته‌نشینی رسوبات؛**

6. **گرادیان‌های شیب (۱–۳ درجه) به‌عنوان شیب‌های مهندسی‌شده برای توازن بین سرعت جریان و حمل رسوب.**

این سطح از هماهنگی هندسی و عملکردی، با شبکه‌ای از آبراهه‌های طبیعی – که معمولاً منحنی، چندشاخه و متغیر هستند – تفاوت بارز دارد و بیشتر به شبکهٔ طراحی‌شده در سازه‌های آبی (قنوات، کانال‌های آبیاری، خندق‌های دفاعی) شباهت دارد.

---

۴. پیوستگی ساختاری و ژئومورفیک با ساحل سوریه

۴.۱ برآمدگی لاذقیه به‌عنوان امتداد زمین‌شناختی خشکی سوریه

نقشه‌های زمین‌شناسی و داده‌های لرزه‌ای نشان می‌دهند که برآمدگی لاذقیه در امتداد همان کمربند ساختاری قرار دارد که رشته‌کوه‌های ساحلی سوریه (از جمله زون گسلی نهر الکبیر) را شکل داده است.

در نتیجه، بسیاری از پژوهشگران آن را «پیش‌آمدگی فرورفتهٔ سواحل سوریه» تلقی می‌کنند؛ یعنی بخشی از خشکی که در نتیجهٔ فرونشست و بالا آمدن سطح دریا زیر آب رفته است.

۴.۲ هم‌محوری رود نهر الکبیر با ساختار زیرآبی

رود نهر الکبیر از کوهستان‌های شرق لاذقیه سرچشمه گرفته و پس از عبور از یک درهٔ نسبتاً مستقیم، در شمال شهر لاذقیه به دریای مدیترانه می‌ریزد. امتداد این دره به سمت دریا، با جهت عمومیِ کانال مرتفع بر روی برآمدگی لاذقیه تقریباً هم‌محور است.

این هم‌محوری، همراه با تداوم ساختاریِ گسل نهر الکبیر به زیر دریا در داده‌های لرزه‌ای، این احتمال را مطرح می‌کند که کانالِ مرتفع فعلی، بخش زیرآبیِ یک سامانهٔ رودخانه‌ایِ قدیمی باشد که تا زمانی که سطح دریا پایین‌تر بوده، به‌صورت رودخانه‌ای سطحی عمل می‌کرده است.

---

۵. شواهد زمین‌شناختی و مورفولوژیک تکمیلی

۵.۱ گسل‌خوردگی و دگرشکلیِ پلیستوسن پسین

مطالعات زمین‌شناختی (کامل نقل نشده در این خلاصه) نشان می‌دهد که برآمدگی لاذقیه در پلیوسن–پلیستوسن توسط گسل‌های در ردهٔ (syn-tectonic) امتدادلغز (در غرب) و گسل‌های نرمال (در شرق) دوباره فعال شده است. رسوبات هم‌زمان با تکتونیک کواترنری نیز دیده می‌شوند که تأیید می‌کند تغییرشکل تا زمان‌های بسیار جدید ادامه داشته است.

۵.۲ هندسهٔ کانال و آب‌بندها

تحلیل دقیقِ هندسهٔ کانال‌ها نشان داده است که لبهٔ جنوبی کانال، در طول ~۲۹۰ m، با انحرافی کمتر از ۴ m از خط مستقیم امتداد می‌یابد؛ این دقت در طبیعی‌ترین شرایط نیز بسیار غیرعادی است. تقاطع کانال و لبهٔ حوضه در برخی نقاط تقریباً ۹۰° است و آثار معمول میاندریگ (پیچان‌راهی) دیده نمی‌شود.

۵.۳ پروفیل‌های لرزه‌ای زیرسطحی و ساختارهای رسوبی

پروفیل‌های لرزه‌ای فراسوی برآمدگی لاذقیه نشان می‌دهد که:

- حداکثر ضخامت رسوبات در حوضهٔ مجاور به ~۳ km می‌رسد؛
- مجموعه‌ای از ساختارهای دگرشکلی در رسوبات نرم (انعطاف‌های همزمان، لغزش‌ها، شکست‌های رسوبی) وجود دارد که نشان‌دهندهٔ تداوم فعالیت تکتونیکی در طول و پس از رسوب‌گذاری است؛
- این دگرشکلی‌ها حاکی از آن است که پس از ساخت احتمالیِ هرگونه سازهٔ سطحی، منطقه با رویدادهای فرونشستی و تغییر شکل تداومی مواجه بوده است.

۵.۴ ناپایداری از میانهٔ ائوسن تا هولوسن

سطوح فرسایشی تخت، لغزش‌های توده‌ای، و الگوهای (Al-Kornish) در برش‌های ساحلی سوریه (به‌ویژه در رخنمون‌های سنگ‌آهک‌های میانهٔ ائوسن مشاهده می‌شود، که نشان‌دهندهٔ عدم‌ثبات بلندمدت در این منطقه است (load casts) بارگذاری در.

را بر روی گسل‌های (positive flower structures) «پروفیل‌های لرزه‌ای در قوس کیپروس نیز ساختارهای «گل‌مانند مثبت امتدادلغز و لایه‌های پلیوسنِ جابه‌جاشده ثبت کرده‌اند، که امضای کلاسیک تکتونیک فشاری با جابه‌جایی عمودی تا کواترنری است. در مجموع، این شواهد نشان می‌دهد که سکوی برآمدگی لاذقیه تا پس از میوسن نیز از نظر تکتونیکی و ژئومورفیک پویا باقی مانده است.

۵.۵ تداوم ساختاری و شواهد برون‌زد subaerial

نشان می‌دهد که برآمدگی لاذقیه نه یک «آنومالی» مجزا، بلکه امتداد تغییریافتهٔ حاشیهٔ قاره‌ای (Babbo, 2020) نقشه‌برداری جدید سوریه است.

ساختار «آبگذر» فراسوی برآمدگی، با کناره‌های تیز و پروفیل مرتفع، به‌طور دقیق با جهت رود نهر الکبیر تطابق دارد و احتمالاً ادامهٔ «رودخانهٔ قدیمی» بر سطح خشکی بوده است. علاوه بر آن، ساختارهای دگرشکلیِ نرم‌رسوبی، کانال‌های توربیدیتی، و لایه‌های آهکیِ قیری، هم در روی‌خشکی و هم در زیر دریا، حاکی از فعالیت تکتونیکی اخیر و رسوب‌گذاری کند هستند که شرایط را برای حفظ جزئیات هندسیِ اشکال فراهم می‌کنند.

نبودِ شواهد معمول فرسایش دریایی (دره‌های فرسایشی، لغزش‌های شیب، دلتای پرکننده) درون این حوضه و کانال‌ها، به حداقل بودنِ بازمهندسی ژئومورفیک پس از زیر آب رفتن اشاره دارد و نشان می‌دهد که غرق‌شدن باید در گذشتهٔ زمین‌شناختی نسبتاً نزدیک و احتمالاً با آهنگی سریع رخ داده باشد.

---

۶. سیل جبرالطارق و پل خشکی سیسیل: بازنگری در خط زمانی غرق‌شدن

۶.۱ «ابرسیل» دیگر

علاوه بر فرونشست تدریجی تکتونیکی، باید امکان بروز رویدادهای سیلابیِ ناگهانی در گذشتهٔ مدیترانه را نیز جدی گرفت؛ رویدادهایی که می‌توانستند بخش‌هایی از خشکی را در زمانی کوتاه غرق کنند.
ایدهٔ آن‌که برآمدگی لاذقیه در اثر یک «یورش دریایی ناگهانی» غرق شده باشد، زمانی قوت می‌گیرد که به چارچوب‌های پالئوهیدرولوژیک وسیع‌تر نگریسته شود، به‌ویژه:

- فرضیهٔ سیل زانکلی (Zanclean Flood) و
- نقش احتمالیِ پل خشکی سیسیل در تنظیم مجدد سطح آب در شرق مدیترانه.

۶.۲ «مدلِ غرق‌شدگی «سه‌اثره»

با در نظر گرفتن شواهد موجود، می‌توان عمق کنونی برآمدگی لاذقیه را از طریق ترکیب سه فرآیند توضیح داد:

1. فرونشست تکتونیکی موضعی در پیشانی قوس کیپروس و بلوک لاذقیه (~۲۵۰–۳۵۰ m)؛
2. تنظیم ایزوستاتیک ناشی از بارگذاری رسوبی و تغییرات همسایگی (~۱۵۰–۲۰۰ m)؛
3. بالا آمدن eustatic (~۱۲۰ m جهانی) سطح دریا از زمان آخرین حداکثر یخبندان.

به‌خوبی مطابقت (~۵۸۴ m) این سه جزء، در مجموع به ۵۲۰–۶۷۰ m –جابه‌جایی عمودی می‌انجامند که با عمق فعلی حوضه دارد. حفظ مرزهای ژئومورفیکِ تیز و شبکهٔ هندسیِ منظم، با وجود این میزان غرق‌شدگی، نشانگر آن است که غرق‌شدن در بازهٔ زمانی نسبتاً کوتاه (در مقیاس تعادلیِ فرسایش) رخ داده است؛ این امر با رویدادی در پلیستوسن پسین یا هولوسن آغازین سازگار است.

---

۷. بحث

از منظر توصیف، برآمدگی لاذقیه مجموعه‌ای از ویژگی‌ها را به‌صورت هم‌زمان نشان می‌دهد که هر یک به‌تنهایی در ژئولوژی دریایی نادر هستند:

- حوضهٔ مستطیلیِ کف‌تخت با گوشه‌های ~۹۰ درجه؛
- دیوار پیرامونیِ نسبتاً یکنواخت با خندق بیرونی؛
- کانال مرتفعِ خطی و تقریباً بدون خمیدگی؛
- تقاطع‌های دقیقاً متعامدِ کانال‌ها؛
- تپه‌های مثلثیِ متقارن با وجوه داخلیِ تخت؛

- تراس‌های شرقیِ چندسطحی با شیب‌های ضعیف؛
- حوضچه‌های پله‌ایِ جنوبی که به‌صورت زنجیره‌ای عمل می‌کنند.

این ترکیب، احتمال «اتفاقی بودن» را شدیداً کاهش می‌دهد و مدل‌های طبیعیِ متعارف را به چالش می‌کشد. در مقابل، اگر این مجموعه را به‌عنوان یک «منظرِ مهندسی‌شده (Engineered Landscape) در نظر بگیریم – مانند سازه‌ای دفاعی–آبی در رأس شبه‌جزیره‌ای در دوران پیشاتاریخ – بسیاری از ویژگی‌ها به سادگی قابل فهم می‌شوند.

مقاطع حفاری، شواهد مستقیم ROV، با این حال، چنین ادعایی بسیار جدی است و نیازمند شواهد مستقل و قانع‌کننده است (تصاویر مصالح ساختمانی، و غیره). تا زمانی که این شواهد به‌دست نیامده‌اند، بهترین کاری که می‌توان کرد، ارائهٔ این فرضیه به‌عنوان یک سناریوی علمیِ قابل آزمون (Testable Hypothesis) است، نه یک نتیجهٔ قطعی.

---

۸. نتیجه‌گیری

برآمدگی لاذقیه در شرق مدیترانه، حاوی یک حوضهٔ مستطیلیِ کف‌تخت، یک سیستم دیوار–خندق پیرامونی، یک کانال مرتفع تقریباً کاملاً مستقیم، تپه‌های مثلثی و حوضچه‌های هیدرولیکیِ زنجیره‌ای است؛ این مجموعه از منظر آماری و ژئومورفولوژیک، پدیده‌ای استثنایی در ژئولوژی دریایی محسوب می‌شود.

شواهد موجود، از جمله:

- سازگاری چندمنبعی داده‌های بَتیمتری،
- چارچوب تکتونیکیِ فرونشست و تنظیم ایزوستاتیک،
- شکل‌گیری تراس‌ها و حوضچه‌های جنوبی،

همگی با این تفسیر سازگارند که:

> این ساختارها می‌توانند بازماندهٔ یک سازهٔ عظیم در سطح خشکی (احتمالاً با کارکرد هیدرولیکی/دفاعی)، بر روی یک شبه‌جزیرهٔ برآمده در لبهٔ مدیترانه باشند که در طول پلیستوسن پسین–هولوسن تحت اثر ترکیبیِ فرونشستِ تکتونیکی و بالا آمدن سطح دریا، به وضعیت کنونیِ فرورفته درآمده‌اند.

برای آزمودن این فرضیه، لازم است:

- نقشه‌برداری بَتیمتری با رزولوشن بسیار بالا (سانتی‌متر تا متر)؛
- تصویربرداری مستقیمِ زیرآبی به کمک ROV/AUV؛
- حفاری و برداشت مغزه در نقاط کلیدی؛

- تحلیل چندرشته‌ای (زمین‌شناسی، ژئوفیزیک، باستان‌شناسی زیرآبی).

فارغ از آن‌که نتیجهٔ نهایی چه باشد – تأیید ساختار مصنوعی یا کشف یک «نظام طبیعی ناشناخته» – مطالعهٔ شبه‌جزیرهٔ فرورفتهٔ لاذقیه، درک ما از تاریخ زمین‌شناختی مدیترانه و شاید از گسترش و آسیب‌پذیری تمدن‌های نخستین در برابر تغییر سطح دریا را دگرگون خواهد ساخت.

نویسنده: Behzad Sarmast
وبسایت: www.SunkenPeninsula.com