

## بررسی ژئومورفولوژیکی کواستای تکتونیکي نگور (کوه تولگی) و نقش آن بر گسترش سکونت‌گاه‌های شهری و روستایی

مسعود سیستانی بدوئی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.  
صمد فتوحی\* - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.  
حسین نگارش - استاد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.  
محمد حسین رامشت - استاد ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان.  
مه‌آسا روستایی - استادیار ژئوفیزیک-زلزله شناسی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷ تأیید نهایی: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸

### چکیده

نظریه‌های مختلفی در رابطه با عارضه کواستا در ایران وجود دارد. برخی مخالفان با ذکر دلایل زمین‌شناختی معتقدند کواستا وجود نداشته و برخی دیگر عوارض موجود را شبه‌کواستا می‌نامند. اما نویسندگان بر این باورند که هر دو عارضه کواستا و شبه کواستا وجود داشته و عوارض ژئومورفولوژی به فرم وابسته‌اند. بنابراین با استفاده از RS و GIS اقدام به تأیید علمی این نظریه شده و ژئومورفولوژی بزرگترین کواستای جنوب‌شرق کشور به نام کواستای نگور که عامل اصلی تأمین منابع آبی و گسترش سکونتگاه‌های شهری و روستایی بوده تحلیل گردیده است. نتایج حاصل از تداخل‌سنجی راداری ماهواره سنتینل ۱ در دو سری پردازش بین سال‌های ۲۰۱۸، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ در نرم‌افزار SNAP نشان داد که این عارضه قسمتی از سواحل بالآمده بوده و تشکیل آن حاصل دو نوع حرکت بالآمدگی حاصل از فرورائش پوسته دریای عمان به زیر ایران و عملکرد گسل عرضی در بالآمدن پیشانی کواستا است. بنابراین در این دوره زمانی، حداکثر بالآمدگی کواستا در قسمت پیشانی آن ۲/۸ سانتی‌متر و حداقل بالآمدگی آن در محل لولای کواستا ۴ میلی‌متر محاسبه شده است که نویسندگان برای اولین بار نوع جدیدی از فرآیند تشکیل کواستا را در ایران و جهان ارائه داده‌اند. از آنجایی که ارتفاع پیشانی کواستا از سطح جلگه ساحلی ۵۴۵ متر بوده و هیدروژئومورفولوژی و اقلیم منطقه را تحت تأثیر خود قرار داده، طبق محاسبه شاخص پوشش گیاهی SAVI با تصاویر ماهواره سنتینل ۲، بیشترین میزان پوشش گیاهی در پایین دست مسیر جریان آبراهه کاتاکلینال بوده که رواناب حاصل از بارندگی در آبگیرهایی انسان‌ساخت به نام هوتک ذخیره شده و نیازهای آبی و کشاورزی منطقه را تأمین می‌نمایند.

واژگان کلیدی: کواستا، ژئومورفولوژی، زون مکران، نگور، تداخل‌سنجی راداری.

## مقدمه

پدیده‌های ژئومورفولوژیکی یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در گسترش سکونتگاه‌های شهری و روستایی می‌باشند، چرا که مستقیماً وضعیت اقلیمی و منابع آب را در عرض‌های جغرافیایی متفاوت بخصوص در مناطق خشک تحت کنترل خود در آورده و به طور محسوس مناطق زیادی را با مقیاس مختلف در شرایط مناسب گسترش سکونتگاه‌های انسانی و بهره برداری‌های اقتصادی قرار می‌دهد. این عوارض ژئومورفولوژیکی که بیشتر تحت تأثیر تکتونیک قرار داشته و از تنوع بسیاری برخوردار هستند، در مکان‌های مختلف نقش‌های متفاوتی را ایفا کرده و چشم انداز منطقه را دچار تحول می‌نمایند. یکی از این عوارض ژئومورفولوژیکی، کواستا<sup>۱</sup> می‌باشد که واژه‌ای اسپانیولی به معنای شیب یا سربالایی بوده و در فرانسه کُت<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. این عارضه از یک ساختمان تک شیب<sup>۳</sup> موافق مایل با طبقه بالایی سخت با شیب کمتر از ۱۵ درصد تشکیل شده که سمت دیگر آن با دره‌های نامتقارن با شیب زیاد در جهت عمود بر طبقات سنگ‌های رسوبی سست گسترش یافته است (نگارش، ۱۳۹۱: ۶۴). بیلان مورفوژنز-پدوژنز در این عارضه با توجه به عوامل درونی (تکتونیک)، عوامل بیرونی (فرسایش) و خصوصیات زمین‌شناختی (مقاومت سازندها در برابر فرسایش و ضخامت طبقات سخت و سست) متفاوت بوده و اشکال مختلفی را در هر منطقه به جای گذاشته است. مخالفان وجود پدیده کواستا در ایران معتقد هستند وسعت، سن و جنس سازندهای آن نقش مهمی در تشکیل این عارضه داشته و باید مربوط به دوره ژوراسیک باشد (زمردیان، ۱۳۹۳: ۴۷). اما نویسندگان این تحقیق بر وجود این پدیده در کشور تأکید داشته و شکل و اجزاء آن را مهمتر از سن آن می‌دانند چرا که پدیده‌های ژئومورفولوژیکی بیشتر به شکل آن عارضه استوار بوده که می‌توانند مطابق شرایط تشکیل کواستا در هر نوع سازند رسوبی، با هر سنی و با توجه به شرایط منطقه تشکیل گردند. بنابراین با صرف نظر از سن این عارضه و با اهمیت بخشیدن به شکل آن، کواستا در کشور و در وسعت متفاوت وجود دارد. در پیدایش کواستا عواملی همچون بالا آمدگی نامتقارن لایه‌های رسوبی توسط نیروهای درونی، گسل خوردگی در تاقدیس‌ها و گسترش فرسایش در دره تاقدیسی (زمردیان، ۱۳۹۳: ۵۲-۵۱) نقش داشته‌اند و بنابر ماهیت ساختمان سنگ‌شناسی و رسوب‌شناسی منطقه، اشکال مختلفی از کواستا را با ضخامت متفاوت در لایه‌های سخت و سست بوجود آورده‌اند که نمونه‌های مختلف آن را محمودی (۱۳۸۵) و (۱۳۸۶) با مثالی از کواستای عظیم مون دوشامپونی با لایه ضخیم سخت، کواستای کشیده ایل دوفرانس با لایه کم ضخامت سخت، کواستای مضاعف شاتیونه با تختانک‌های فراوان و کواستای تقسیم شده موز با فرسایش پایین دست کواستای نوف‌شاتو بیان نموده است.

در ایران برخی پژوهشگران وجود عارضه کواستا را تایید و موقعیت آن را مشخص نموده‌اند. زمردیان (۱۳۹۳) در تحقیقی، وجود پدیده کواستا را در ایران اثبات نمود. وی با اقتباس از نتایج تحقیقات محققینی همچون آدابی و موسوی‌حرمی (۱۳۷۷) در جنوب شرق کپه‌داغ و ابرلندر<sup>۴</sup> (۱۹۶۵) در ارتفاعات زاگرس، ضمن تایید نظر آن‌ها، وجود این عارضه را در چاله طیس تبیین نمود. در دیگر مناطق جهان نیز تحقیقات گسترده‌ای در زمینه مطالعه جنبه‌های مختلف کواستا و نیز وضعیت ژئومورفولوژیکی آن‌ها انجام گرفته که به چند نمونه از آن‌ها اشاره می‌شود. پین هیرو<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۷) به مقایسه ژئومورفولوژیکی و فرسایش پذیری کواستای فلات مرکزی کلرادو در جنوب غرب ایالات متحده و کواستای حوضه پارانا در جنوب شرق برزیل پرداختند. آن‌ها ضمن بیان وضعیت زمین‌شناختی و شرایط اقلیمی در این دو منطقه، فرسایش پذیری متفاوتی را در قسمت‌های مختلف کواستا ذکر کرده و هوازدگی فیزیکی را در کواستای کلرادو به دلیل عاری بودن از پوشش گیاهی و نیز هوازدگی شیمیایی را در کواستای حوضه پارانا به دلیل وجود پوشش گیاهی فراوان تبیین نمودند. تحقیقات آن‌ها نشان داد وضعیت فرسایش پذیری در پیشانی دو کواستا متفاوت بوده و عقب نشینی کواستا در کلرادو بیشتر بوده است.

<sup>1</sup> - Cuesta

<sup>2</sup> - Cote

<sup>3</sup> - Monoclinial

<sup>4</sup> - Oberlander

<sup>5</sup> - Pinheiro

دوزینسکی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی جامع به تحلیل وضعیت ژئومورفولوژیکی کواستا و فرآیندهای موثر در فرسایش و تغییرات آن‌ها با ذکر نمونه‌های مختلف در جهان پرداختند. آن‌ها ضمن اشاره به تحقیقات گذشته و معرفی ۲۷ نمونه کواستای شاخص در قاره‌های مختلف و نشان دادن موقعیت جغرافیایی آن‌ها با شرایط متفاوت زمین‌شناختی و اقلیمی و با ضخامت متفاوت لایه‌های سخت و سست، ساز و کار تغییرات ژئومورفولوژیکی ناشی از انواع مختلف فرسایش و همچنین اثرات نیروهای درونی زمین در انواع مختلف کواستا را در شرایط مختلف تحلیل و پیش‌بینی کردند. نتایج به دست آمده نقش عوامل فرسایشی را در تغییرات کواستا همچون اثر مستقیم بارندگی و جریان آب‌های سطحی در فرسایش سطح و پیشانی کواستا و همچنین عمل انحلال ناشی از آب‌های زیرزمینی در لایه زیرین کواستا و فرسایش شیمیایی حاصل از شرایط اقلیمی مرطوب به همراه پوشش گیاهی انبوه را در فرسایش و عقب نشینی کواستا نشان داد. تحقیقات مختلف دیگری نیز همچون پژوهش‌های هابسچر<sup>۲</sup> و بروسکی<sup>۳</sup> (۲۰۰۶) در نروژ، سانتونجا<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۴)، دومینگز-رودریگو<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۵)، آرنولد<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۶)، دووال<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۶) و بلاین<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۱۷) در اسپانیا و مبروک<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۱۷) در افریقا در زمینه‌های مختلف کواستا انجام گرفته است. اما در زمینه بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی کواستا با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی تفاضلی راداری<sup>۱۰</sup> (DInSAR) کاری انجام نشده است و برای اولین بار تحول ژئومورفولوژیکی کواستا در ایران و جهان در این پژوهش با استفاده از داده‌های رادار انجام گرفته است. اما در زمینه‌های دیگری همچون بررسی اثر تکتونیک و تغییرات ارتفاعات حاصل از نیروهای درونی و بیرونی زمین، پژوهش‌های زیادی در زمینه تکنیک تداخل‌سنجی راداری توسط پژوهشگران انجام گرفته که هر یک به بررسی جابجایی ناشی از اثرات زلزله، Uplift، فرسایش و دیگر تغییرات ژئومورفولوژیکی پرداخته شده است.

یکی از مشکلات اصلی مناطق گرم و خشک، تأمین منابع آب و ایجاد محیط مناسب برای سکونت، کشاورزی و دامداری است که بسته به شرایط اقلیمی، هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی متفاوت می‌باشد. زون مکران به دلیل قراگیری در عرض‌های پایین جغرافیایی، بارش اندک و لحظه‌ای، گرمی بسیار، نبود آب زیر زمینی و منابع آبی اندک که ناشی از نوع سازندهای زمین‌شناختی و وضعیت رسوبی آن است، مشکلات بسیاری را در زمینه تأمین نیاز آبی دارد. بنابراین از قدیم‌الایام، مردم جلگه ساحلی دریای عمان اقدام به تعبیه برکه‌هایی با نام محلی هوتک می‌کردند که برای اسارت و ذخیره جریان آب‌های سطحی حاصل از رگبارهای تابستانه و زمستانه ساخته شده بود. این برکه‌ها که به صورت متوالی و در پایین دست رودخانه‌ها توسط بومیان منطقه در شیب کم و عمود بر جهت جریان‌ات سطحی همانند بندهای خاکی ساخته می‌شوند، جریان‌ات وارده را در خود ذخیره و به دلیل تبخیر کم ناشی از رطوبت هوای ساحلی و نفوذپذیری کم منبع قابل توجهی از آب را برای تأمین نیازهای کشاورزی، دامداری و دیگر مصارف فراهم می‌نمایند. همچنین از آنجایی که نوع خاک در زون مکران بیشتر از نوع مارن (ترکیبی از رس و آهک) می‌باشد و تخلخل بسیار کمی دارد، بنابراین شاهد پوشش گیاهی قابل توجهی نخواهیم بود و گیاهان در مناطقی که شرایط مناسب خاکی و آبی وجود داشته باشد رشد می‌نمایند. کواستای نگور (کوه تولکی) به دلیل ماهیت ژئومورفولوژیکی خود و قرارگیری در منطقه ساحلی دریای عمان، منابع آبی سطحی مورد نیاز پایین دست خود را تأمین کرده و باعث ایجاد و گسترش سکونتگاه‌های شهری و روستایی بخصوص در جهت جریان آبراهه‌های کاتاکلینال (کونسکانت) خود شده است. در این تحقیق به تحلیل این عارضه ژئومورفولوژیکی در منطقه و نقش آن در گسترش و رونق زندگی در شهرستان نگور و روستاهای اطراف آن پرداخته شده که این شهرستان را با ارتفاع تقریبی ۴۰ متر از سطح دریا، به مرتفع‌ترین شهر در جلگه ساحلی دریای عمان تبدیل کرده است.

1 - Duszynski

2 - Hubscher

3 - Borowski

4 - Santonja

5 - Dominguez-Rodrigo

6 - Arnold

7 - Duval

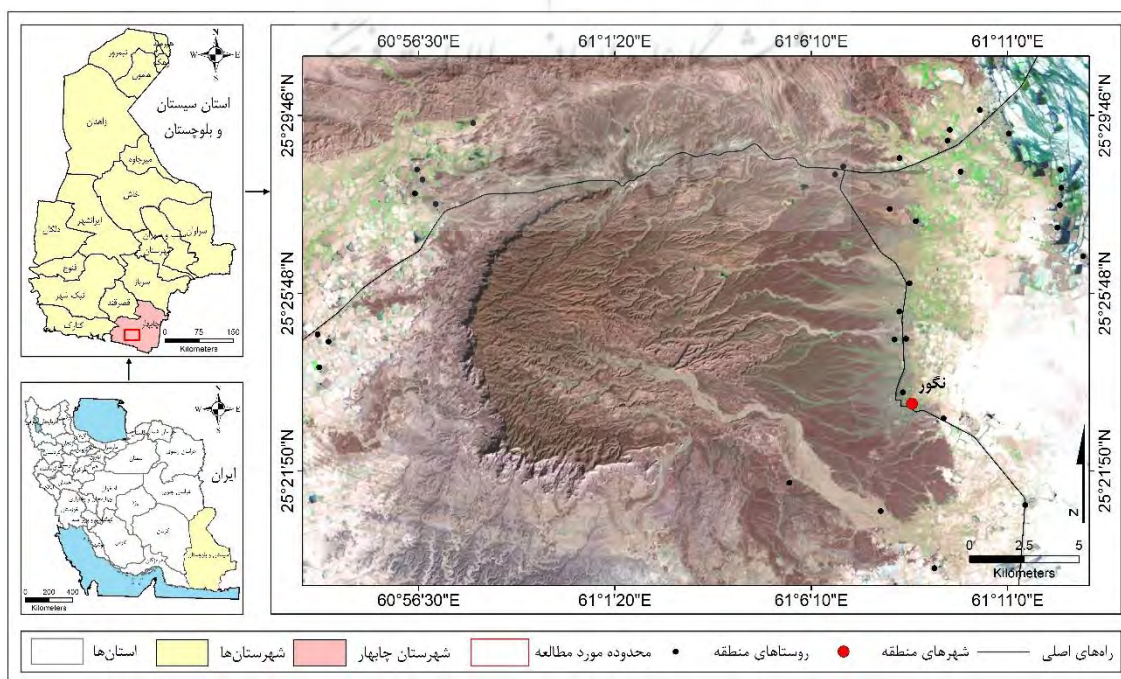
8 - Blain

9 - Mabrouk

10 - Differential SAR Interferometry

## معرفی منطقه مورد مطالعه

کواستای نگور (کوه تولکی) با مساحت ۲۲۱/۶۶ کیلومتر مربع و محیط ۹۲/۶۹ کیلومتر، بین  $25^{\circ} 19' 05''$  تا  $25^{\circ} 28' 55''$  درجه عرض شمالی و  $60^{\circ} 57' 42''$  تا  $61^{\circ} 09' 47''$  درجه طول شرقی، در حاشیه جلگه ساحلی دریای عمان واقع شده است. این عارضه در جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان و جنوب شهرستان چابهار و ۳۰ کیلومتری شرقی شهر چابهار قرار دارد که فاصله آن تا دریای عمان ۱۷ کیلومتر است. راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه از طریق سه راهی نگور واقع در کیلومتر ۴۵ جاده چابهار- بریس و همچنین کیلومتر ۳۵ تا ۵۰ جاده چابهار- ایرانشهر می‌باشد (شکل ۱). منطقه پژوهش واقع در زون مکران متعلق به دوران سوم زمین‌شناسی بوده که از رخساره‌های فلیش و مولاس تشکیل شده است (میریدی فریمانی، ۱۳۸۷: ۶۱۰). از ویژگی‌های مهم این منطقه وجود گسل‌های متراکم و بی‌نظمی است که در پیدایش ناهمواری‌های آن نقش داشته‌اند (علایی طالقانی، ۱۳۹۰: ۲۰۹). روند این گسل‌ها متناسب با فرورانش پوسته دریای عمان به زیر ایران مرکزی شرقی- غربی بوده (زارع، ۱۳۸۸: ۳۹) اما گسل‌های عرضی نقش بیشتری را در ایجاد کواستا ایفا نموده‌اند. به همین دلیل برهم‌زدگی شدیدی در ارتفاعات آن دیده می‌شود. علاوه بر نیروهای درونی، عوامل اقلیمی نیز نقش بسیار مهمی در زمینه نوع و میزان فرسایش ایفا کرده است. به دلیل عرض پایین جغرافیایی، مجاورت با دریای عمان و رطوبت زیاد و همچنین وزش بادهای گرم جنوبی، اقلیمی بسیار گرم، کم بارش و بسیار مرطوب داشته و سیستم‌های بارشی این منطقه را سامانه‌های بارشی غربی و کم فشار سودانی در فصول سرد سال و سامانه مونسون هند و کم فشار گنگ را در تابستان تشکیل می‌دهد. اقلیم این منطقه طبق روش کوپن اقلیم گرم و خشک بیابانی، بر اساس روش دمارتن اقلیم خشک و همچنین با استفاده از روش ایوانف در اقلیم صحرایی قرار گرفته است (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۲۱۷-۸۸). این محدوده به دلیل شرایط خاص اقلیمی و خاک‌شناسی، در مناطق رویشی نیمه بیابانی و استپی ناحیه ایران و توران قرار داشته و پوشش گیاهی ضعیفی دارد. متراکم‌ترین اراضی دارای پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه در حاشیه رودخانه‌های فصلی منتهی به دریای عمان و همچنین چاله‌ها یا برکه‌های ساخته بومیان محل به نام هوتک است که در زمان بارندگی، رواناب حاصله به داخل آن هدایت شده و ذخیره می‌شود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

## روش تحقیق

روش انجام این پژوهش به صورت میدانی، تجزیه و تحلیل آماری و سنجش از دور می‌باشد. به منظور تحلیل خصوصیات ژئومورفولوژیکی کواستای نگور از داده‌ها، آمار و روش‌های مختلفی استفاده شده است که در زیر به آن‌ها اشاره می‌گردد. جهت تولید لایه رقومی گسل‌ها و زمین‌شناسی، از نقشه زمین‌شناسی چاپ‌ها با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور استفاده شده است. به منظور تحلیل خصوصیات توپوگرافی و تهیه نقشه ژئومورفولوژی نیز از نقشه‌های توپوگرافی پوشش سراسری ایران با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ که توسط سازمان نقشه‌برداری کشور تولید شده، استفاده گردیده است. جهت تهیه نقشه‌های شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی و شبکه آبراه‌های کواستای نگور از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ۱۲ متر ماهواره ALOS PALSAR استفاده شده است. در تهیه لایه شبکه آبراه‌های این عارضه ژئومورفولوژیکی نیز، ابزار Hydrology و اکستنشن ArcHydro در نرم افزار GIS به کار گرفته شده است. به منظور تهیه نقشه منطقه مورد مطالعه از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ با تاریخ تصویر برداری 2020-03-03 استفاده شده است. همچنین از تصویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ با تاریخ تصویر برداری 2020-03-13 جهت تهیه نقشه سه بعدی عارضه کواستا در محیط نرم‌افزار ArcScene و همچنین تهیه نقشه پوشش گیاهی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی تفاضل تعدیل شده خاک (SAVI) (میرعلیزاده فرد و منصور، ۱۳۹۸: ۶۹) استفاده شده است (رابطه ۱).

$$\text{SAVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED} + L} \times (1 + L)$$

رابطه ۱- شاخص پوشش گیاهی تفاضل تعدیل شده خاک:

در این رابطه، NIR باند مادون قرمز نزدیک (باند ۸) و RED باند قرمز (باند ۴) در ماهواره سنتینل ۲ و L عددی ثابت بین صفر تا یک می‌باشد که با توجه به شرایط منطقه تعیین می‌گردد.

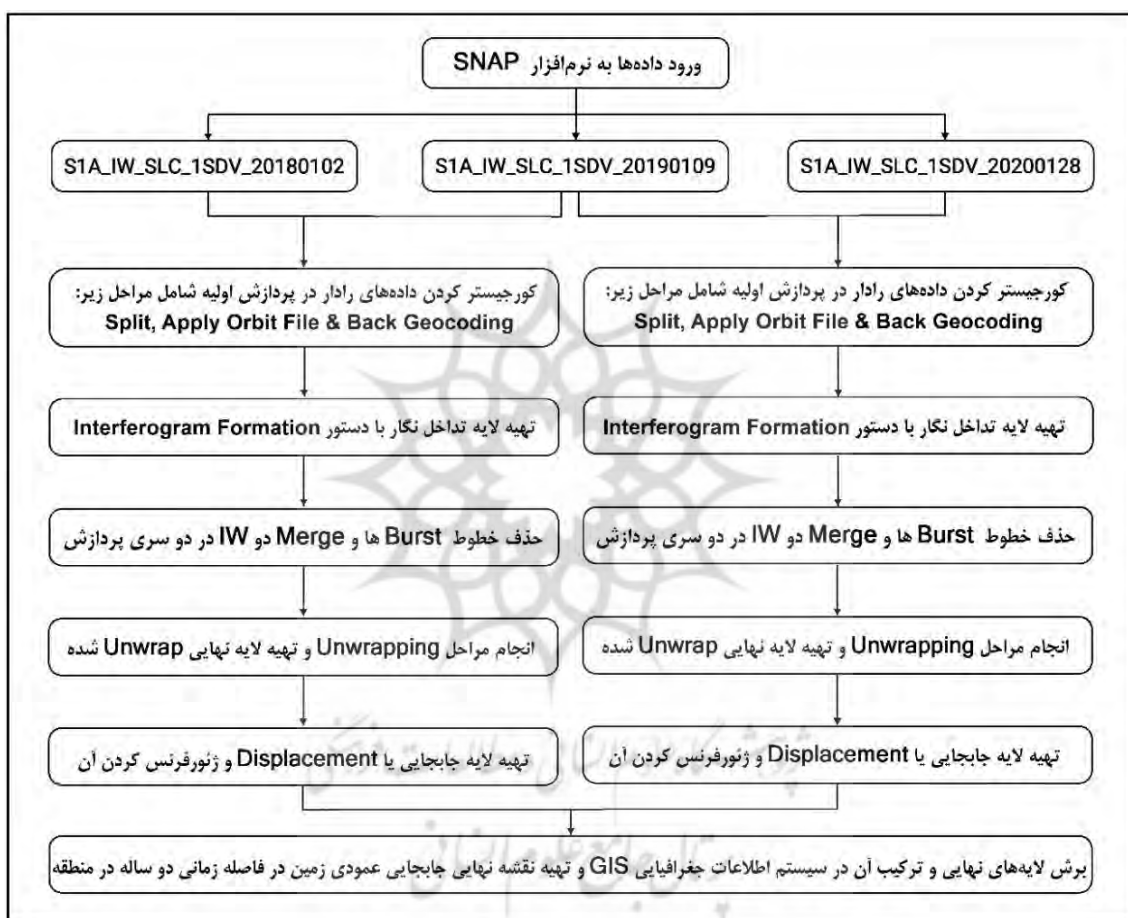
جهت تعیین علل پیدایش و تحول کواستای نگور و تحول آن نیز از داده‌های رادار ماهواره سنتینل ۱ و مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر دقیق ماهواره ASTER برای پردازش‌های نرم‌افزاری بهره برده شده است. فناوری و تکنولوژی رادار که به لطف توسعه سریع تکنولوژی فضایی فراهم آمده (فرتی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۷) با روش تداخل سنجی تفاضلی راداری (DInSAR) انجام گرفته که این کار با استفاده از اختلاف سیگنال‌های برگشتی دو داده (آخوندزاده، ۱۳۸۴) در دو زمان متفاوت توسط ماهواره‌ای که با فاصله مشخص از سطح زمین در حال گردش است و قابلیت کار در تمامی شرایط جوی را دارد (یاراحمدی و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۶) محاسبه شده است. در این کار با در نظر گرفتن میزان بالآمدگی سواحل، برای تحلیل علل پیدایش کواستا از اختلاف زمانی تقریباً دو ساله این داده‌ها استفاده شده است، به گونه‌ای که ۳ سری داده با اختلاف تقریباً یک ساله با جهت پرواز ماهواره به صورت DESCENDING در مسیر ۱۲۲، چارچوب ۵۰۶ و در مد IW با سطح پردازش SLC، پولاریزیشن VV و Baseline زمانی و مکانی قابل قبول دانلود شده است. پردازش این داده‌ها نیز در نرم افزار SNAP انجام گرفته و محدوده مورد نظر در دو قسمت داده شامل (IW2: Bursts 5 to 8) و (IW3: Bursts 5 to 8) جداسازی و پردازش گردیده است. در (جدول ۱) اطلاعات تکمیلی داده‌های رادار و در (نمودار ۱) روش کار و انجام مراحل تداخل سنجی راداری منطقه مورد مطالعه برای تحلیل علل پیدایش و وضعیت تکتونیکی و تکامل کواستای نگور نشان داده شده است. لازم به ذکر است در انتخاب داده‌های رادار Master و Slave جهت انجام پردازش مراحل تداخل سنجی راداری، کم‌خطرترین داده‌ها از امکانات Baseline Tools وبسایت ESA انتخاب و دانلود شده است.

<sup>۱</sup> - Soil Adjusted Vegetation Index

<sup>۲</sup> - Ferretti

جدول ۱- اطلاعات داده‌های رادار ماهواره Sentinel 1A در یافتی از سایت (Alaska) جهت تداخل‌سنجی راداری

تاریخ اخذ داده	بیس لاین زمانی نسبت به داده بعد	بیس لاین مکانی نسبت به داده بعد	مدل کوهرنسی نسبت به داده بعد
2018-01-02	-	-	-
2019-01-09	۳۷۲ روز	۹ متر	۰/۶۴
2020-01-28	۳۸۴ روز	۱۹ متر	۰/۶۵



نمودار ۱- مراحل انجام تداخل‌سنجی راداری در منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار SNAP

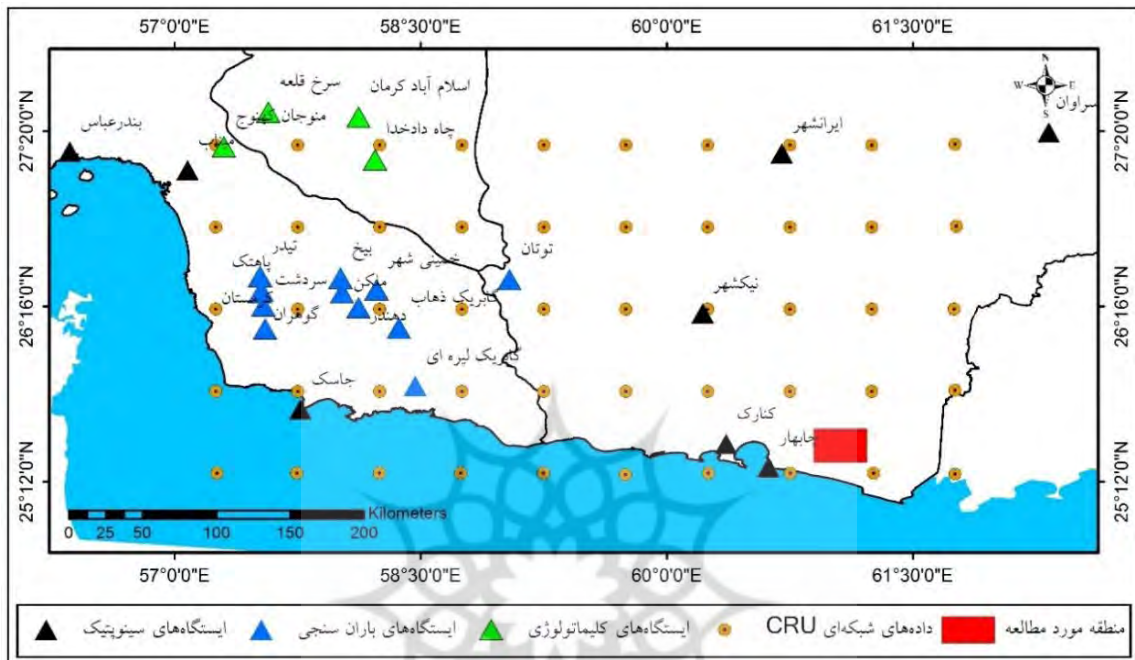
جهت محاسبه دما و بارش سالیانه منطقه، از آمار بلند مدت ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان و کرمان که از سازمان هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای دریافت گردیده استفاده شده است. به منظور افزایش دقت نقشه‌های درون‌یابی از داده‌های شبکه‌ای<sup>۱</sup> CRU به نام واحد تحقیقات اقلیمی استفاده شده است. واحد تحقیقات اقلیمی CRU وابسته به دانشگاه انگلیا<sup>۲</sup> است که در شرق کشور انگلستان قرار داشته (حسینی موعاری و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۸۹) و پایگاه داده آن از آمار ایستگاه‌های هواشناسی کلیه کشورها تهیه شده است (هریس<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۴: ۶۲۳). این پایگاه داده‌های اقلیمی، نقاطی به صورت شبکه بندی مربعی شکل با قدرت تفکیک مکانی ۰/۵ درجه

<sup>۱</sup> - Climatic Research Unit:  
([crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg](http://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg))

<sup>۲</sup> - Anglia

<sup>۳</sup> - Harris

در ۰/۵ درجه در اختیار محققین قرار می‌دهد (میشل و جونز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵: ۶۹۳) که شامل پارامترهای اقلیمی مورد نیاز با دقت قابل قبول (میری و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۹) بوده و دوره آماری آن از سال ۱۹۸۱ تاکنون می‌باشد (حاجی حسینی و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۹) (شکل ۲).



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های ثبت پارامترهای اقلیمی و داده‌های CRU برای درون‌یابی دما و بارش سالیانه

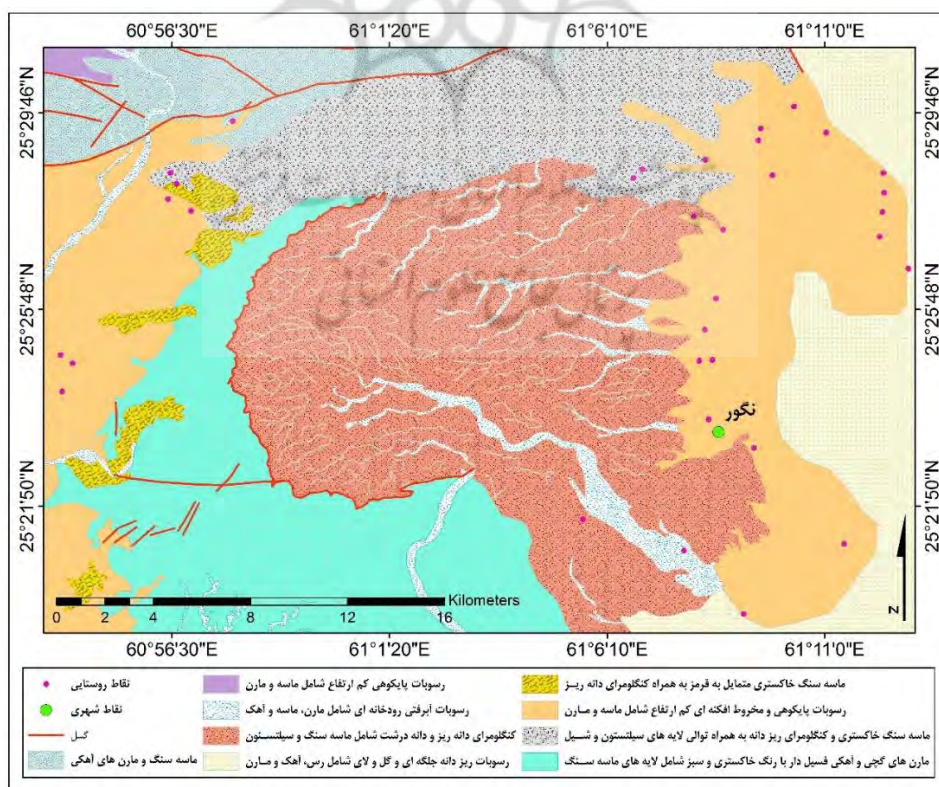
در انجام این کار از روش‌های مختلف زمین‌آمار و ابزار Geostatistical Analyst در نرم افزار Arc GIS 10.4 استفاده شده است. جهت دقت در تهیه این نقشه‌ها، از ایستگاه‌های بیشتری در اطراف محدوده مورد نظر متناسب با شرایط یکسان اقلیمی منطقه استفاده شده است. درون‌یابی در این پژوهش پس از بررسی نرمال بودن یا عدم نرمال بودن داده‌های بارش و دما و لحاظ کردن پارامترهای ارتفاع و جهت شیب به عنوان پارامترهای ثانویه با استفاده از روش Simple Cokriging انجام گرفته است. کریجینگ، یک میانگین متحرک وزن‌دار و یک تخمین‌گر نارایب با کمترین واریانس تخمین است و خطای آن تابع مشخصات واریوگرام می‌باشد که با تغییرات همسانگردی و ناهمسانگردی کاهش می‌یابد (حسنی‌پاک، ۱۳۸۹: ۱۸۲). بنابراین به منظور افزایش میزان دقت و کاهش خطای نقشه‌های درون‌یابی شده، از روش‌های مختلفی همچون فنون زمین‌آمار و نرم افزار GS+<sup>۲</sup> در این زمینه برای انتخاب بهترین نوع گشتاور و محاسبات تغییرات همسانگردی و ناهمسانگردی جهت درون‌یابی پارامترهای دما و بارش استفاده شده است. پس از ورود داده‌های دما و بارش به نرم افزار GS+ بهترین نوع گشتاور در انجام درون‌یابی برای پارامتر دما (Spherical) و برای پارامتر بارش (Gaussian) مشخص گردیده و سپس در دستور Geostatistical Wizard لحاظ شده است. در پایان نیز نقشه‌های درون‌یابی شده صحت‌سنجی و دقت آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است.

<sup>۱</sup> - Mitchell and Jones

<sup>۲</sup> - Geostatistics for the Environmental Science

### بحث و یافته‌ها

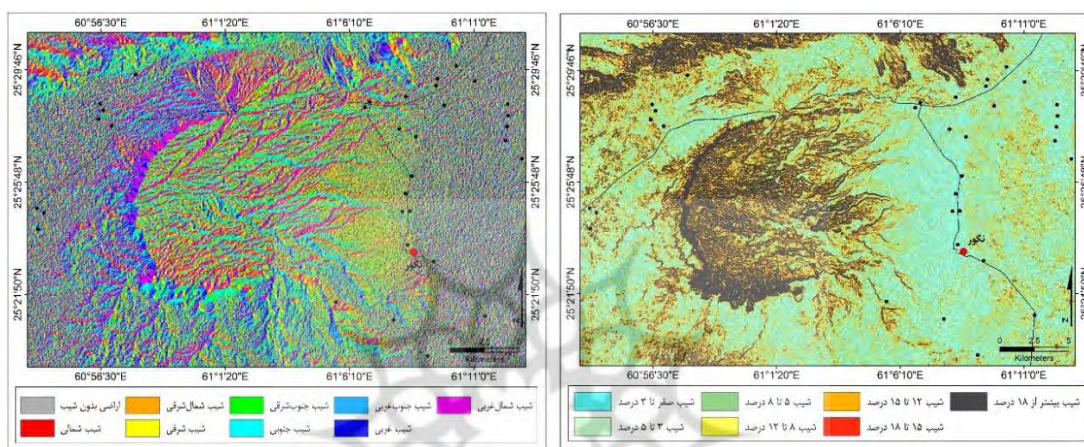
از آنجایی که رشته کوه‌های مکران و بیشتر گسل‌های آن با روند شرقی- غربی خود، حاصل فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر حاشیه جنوبی ایران بوده و آثار آن به صورت رسوبات فلیش در جنوب منطقه (درویش زاده، ۱۳۸۹: ۶۱-۶۰) و همچنین رسوبات نئوژن شامل ماسه سنگ، شیل و مارن در روی این رسوبات، مجموعاً به ضخامت حدود ۱۰۰۰۰ متر دیده می‌شود (محمدی و درویش زاده، ۱۳۸۶: ۶۴)، اما عملکرد و فعالیت گسل‌های عرضی نیز در شکستگی و تغییر در روند ارتفاعات قابل توجه است و تشکیل و تکامل کواستای نگور حاصل عملکرد این گسل‌های عرضی در منطقه است. از سوی دیگر با تداوم فرورانش پوسته دریای عمان به زیر ایران، تکتونیک منطقه همچنان فعال بوده و در رسوبات چهره خشنی به جای گذاشته و فرآیند بالآمدگی این کواستا حول محور لولای گسل عرضی آن همچنان ادامه دارد (شکل ۳). لایه سخت سطحی کواستا با ضخامت کم از جنس کنگلومرا و ماسه سنگ متعلق به پلیستوسن و لایه سست زیرین آن از مارن‌های گچی و آهکی فسیل‌دار و رگه ژیبس با ضخامت زیاد متعلق به اواخر میوسن تشکیل شده است. سازندهای اطراف کواستا نشان می‌دهد تنها این لایه در محدوده فوق وجود داشته و یا دچار فرسایش شده که در اثر تکتونیک فعال و بالآمدگی از خطر فرسایش شدید حفظ شده است. اما روند فرسایشی آن ادامه داشته و به دو صورت ریزش و لغزش در قسمت پیشانی کواستا و هوازگی ترمو کلاستی، هوازگی هیدرو کلاستی ناشی از رطوبت هوا و بارندگی و در نتیجه فرسایش رودخانه‌ای و فرسایش زیر جلدی ناشی از آن در سطح ساختمان کواستا دیده می‌شود که آثار این فرسایش به صورت باقی مانده ماسه سنگ‌ها و کنگلومراهای خورد شده در سطح بدنه‌های مارنی در منطقه نیز دیده می‌شود.



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

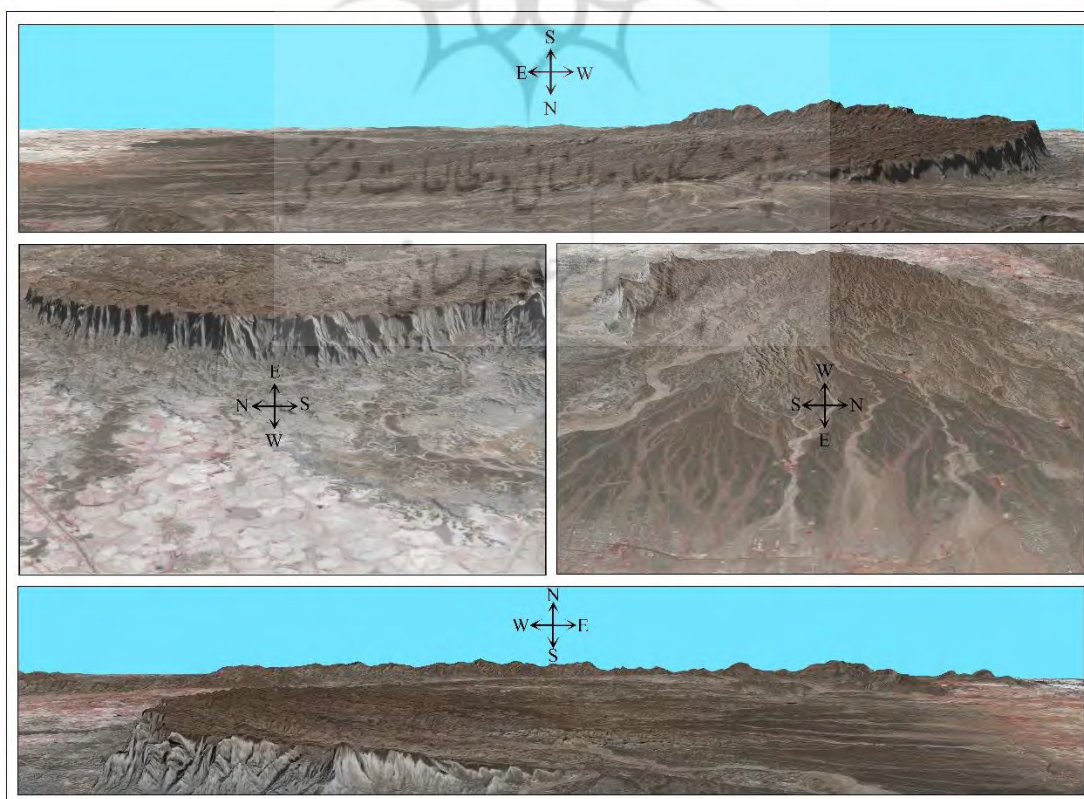


روند و جهت کواستا شرقی - غربی بوده به گونه‌ای که پیشانی آن در غرب و شیب آرام سطح کواستا به سمت شرق تا رسیدن به کف جلگه ساحلی دریای عمان ادامه دارد. شیب کواستا در راستای طول آن از پیشانی تا جلگه ساحلی برابر با  $2/7$  درجه و یا  $2/99$  درصد و شیب کلی محدوده آن با در نظر گرفتن دره‌های رودخانه‌ای داخل کواستا با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی با اندازه پیکسل  $10$  متر برابر با  $7/23$  درجه و یا  $13/36$  درصد می‌باشد. این اختلاف شیب نشان از تخریب شدید لایه رویی و پیشروی دره‌های رودخانه‌ای به سمت لایه سست کواستا است. همچنین فرسایش زیرجلدی شدید رودخانه‌ای در لایه زیرین و فرونشینی لایه سخت باعث ایجاد شیب مقعر در سطح کواستا شده است (شکل ۴ و ۵ و ۶).



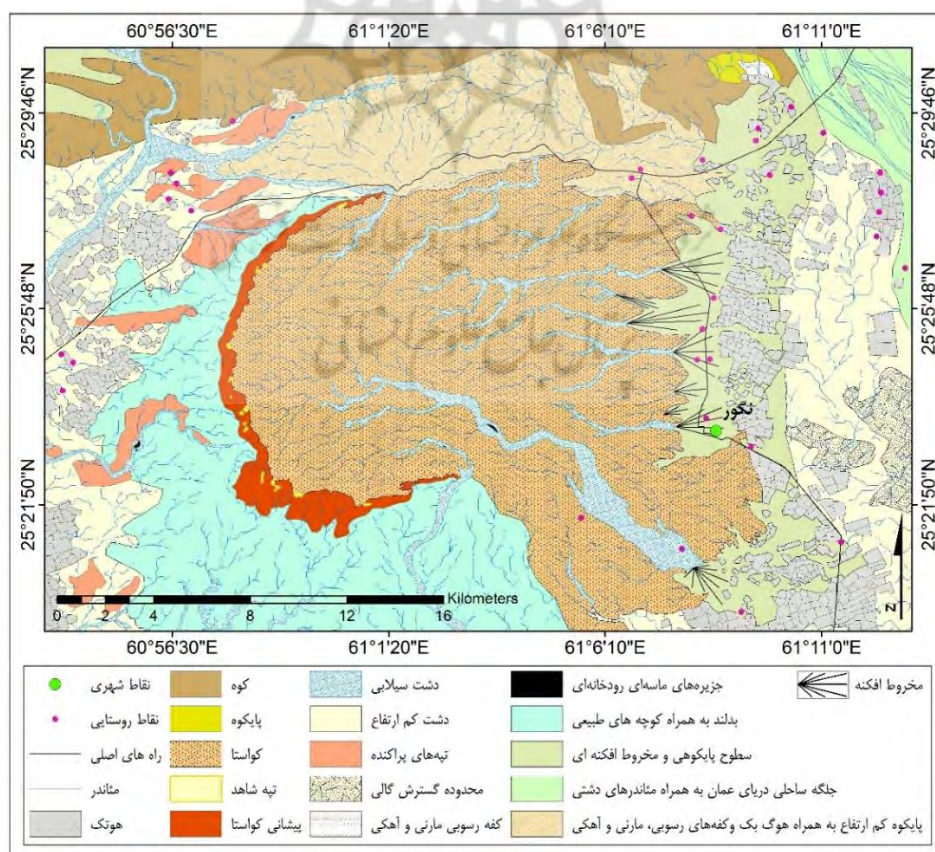
شکل ۵- نقشه جهت شیب محدوده کواستا

شکل ۴- نقشه شیب محدوده کواستا



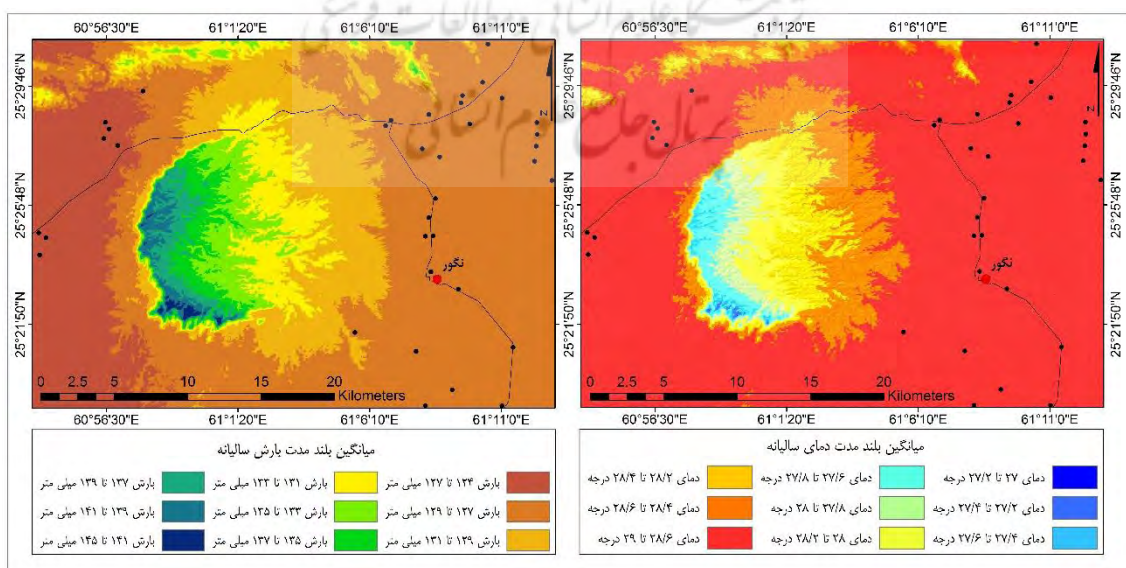
شکل ۶- نقشه سه بعدی اغراق شده کواستا (تصویر ماهواره‌ای Sentinel2 و DEM30m در محیط ArcScene)

ژئومورفولوژی منطقه تحت تأثیر عوامل زمین‌شناسی، تکتونیک و اقلیم چهره خشنی را به خود گرفته و ناهمواری‌های بوجود آمده بسیار متنوع می‌باشد که مهمترین نقش را در این زمینه تکتونیک فعال و بالا آمدگی سواحل با میزان ۱ تا ۳ میلیمتر در سال (نگارش، ۱۳۸۳: ۹۰) ایفا کرده است. بنابراین در منطقه مورد مطالعه شاهد عوارض متنوع ژئومورفولوژیکی خواهیم بود، به گونه‌ای که لایه سطحی کواستا توسط جریانات سطحی از هم گسسته شده و علاوه بر فرسایش زیرجلدی لایه سطحی، قیف‌های فرسایش نزولی در اکثر آن دیده می‌شود که با گسترش آن‌ها شاهد بوجود آمدن دشت‌های سیلابی فراوانی در سطح کواستا هستیم. در قسمت پیشانی کواستا با فرسایش و جدایی برخی قسمت‌های سطحی، تپه شاهد‌های زیادی بوجود آمده است. در چاله کواستا و قسمت‌های جنوبی آن نیز تعداد زیادی تپه دیده می‌شود که تپه‌بندترین بدلندهای ایران را شامل می‌گردد. در انتهای جریانات آبراهه‌ای کاتاکلینال با کاهش شیب و ورود به جلگه ساحلی دریای عمان تعدادی مخروط افکنه به صورت ردیفی متناسب با شیب کواستا وجود داشته و در قسمت‌های شمالی کواستا نیز ارتفاعات و پایکوه‌های گسل‌خورده و شکسته به همراه عوارضی مانند هوگ بک و فرسایش و حفر رودخانه‌ای با دشت سیلابی و پایکوه‌های کم ارتفاع به همراه کفه‌های مارنی و آهکی وجود دارد. در جنوب شرق کواستا گالی‌های زیادی دیده می‌شود که عامل اصلی آن Uplift می‌باشد. همچنین عوامل انسانی نیز تغییراتی را در فرسایش و رسوبگذاری پایکوه‌ها و اطراف رودخانه‌های منطقه ایجاد نموده است، به گونه‌ای که با احداث آب‌گیرهایی تحت عنوان هوتک برای مصارف کشاورزی و دامداری و غیره، جریانات آبراهه‌های منتهی به جلگه ساحلی را مهار کرده و باعث ذخیره آب شده است (شکل ۷).



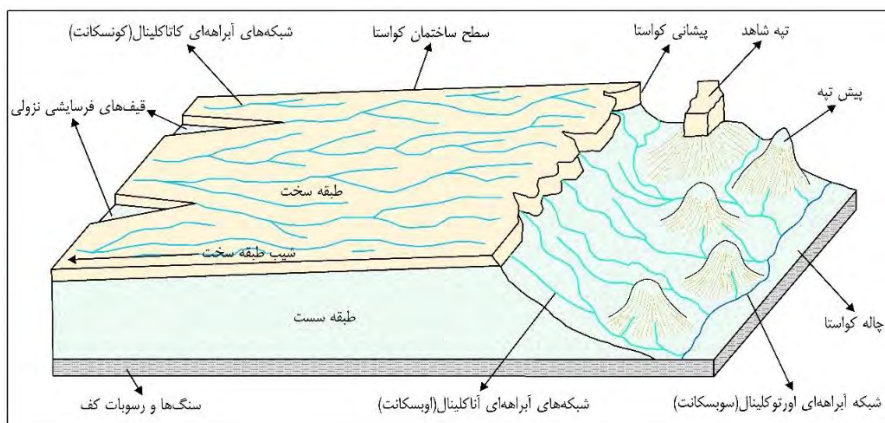
شکل ۷- نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

حداکثر ارتفاع در پیشانی کواستا برابر با ۵۴۵ متر و حداقل ارتفاع آن در پایین ترین قسمت کواستا ۳۰ متر و میانگین ارتفاع این کواستا ۱۵۳ متر از سطح دریای عمان است که این اختلاف ارتفاع باعث ایجاد تغییرات آب و هوایی در مقیاس محلی گردیده است. با توجه به آمار ایستگاه سینوپتیک چابهار با ارتفاع ۸ متر از سطح دریا که نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه است، میانگین بلند مدت دما، بارش، تبخیر و رطوبت در بازه زمانی ۳۰ ساله این ایستگاه به ترتیب ۲۸ درجه سلسیوس، ۱۱۳/۹ میلی متر، ۲۳۸۰ میلی متر و ۷۵ درصد به ثبت رسیده است. اما با توجه به افزایش ارتفاع کواستا و ارتفاعات مجاور و همچنین شرایط ویژه ژئومورفولوژیکی که دارد، با استفاده از ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی، باران سنجی و داده‌های شبکه‌ای CRU و فنون زمین آمار و استفاده از پارامترهای ثانویه ارتفاع و جهت شیب، میانگین دما و بارش منطقه به ترتیب ۲۷/۸ درجه سلسیوس و ۱۳۰ میلی متر پس از درونیابی و خروجی گرفتن با رزولوشن ۱۰ متر محاسبه شده است. لازم به ذکر است که خطای عددی لایه‌های درونیابی شده و مقایسه آن با ایستگاه‌های زمینی کمتر از ۵ درصد بوده که عدد قابل قبولی است. با توجه به نقشه‌هایی که توسط درونیابی تولید و به دست آمده است (شکل ۸)، حداقل دمای منطقه ۲۷ درجه می‌باشد که در ارتفاعات بالای کواستا و در قسمت پیشانی و اطراف آن قرار دارد و حداکثر دمای منطقه نیز ۲۹ درجه بوده که در ارتفاعات پایین و جلگه ساحلی گسترده شده است. همچنین کمترین میزان بارش ۱۲۴ میلی متر در قسمت‌های کم ارتفاع و بیشترین میزان آن نیز با ۱۴۵ میلی متر مربوط به مناطق مرتفع می‌باشد. بنابراین با افزایش ارتفاع، دما کم شده و بارندگی بیشتر می‌گردد و به دلیل بارندگی‌های لحظه‌ای منطقه و همچنین بارش‌های همرفتی بسیار شدید، ریزدانه بودن رسوبات غالباً مارنی در منطقه (شامل آهک و رس) و همچنین میزان رطوبت بالا و تبخیر کم، این افزایش بارش در ارتفاعات اثرات زیادی در میزان رواناب داشته و منبع قابل توجهی برای بهره‌برداری از این منابع آبی در پایین دست رودخانه‌ها بخصوص پایین دست جریانات انتهایی کاتاکلینال کواستا گردیده است.



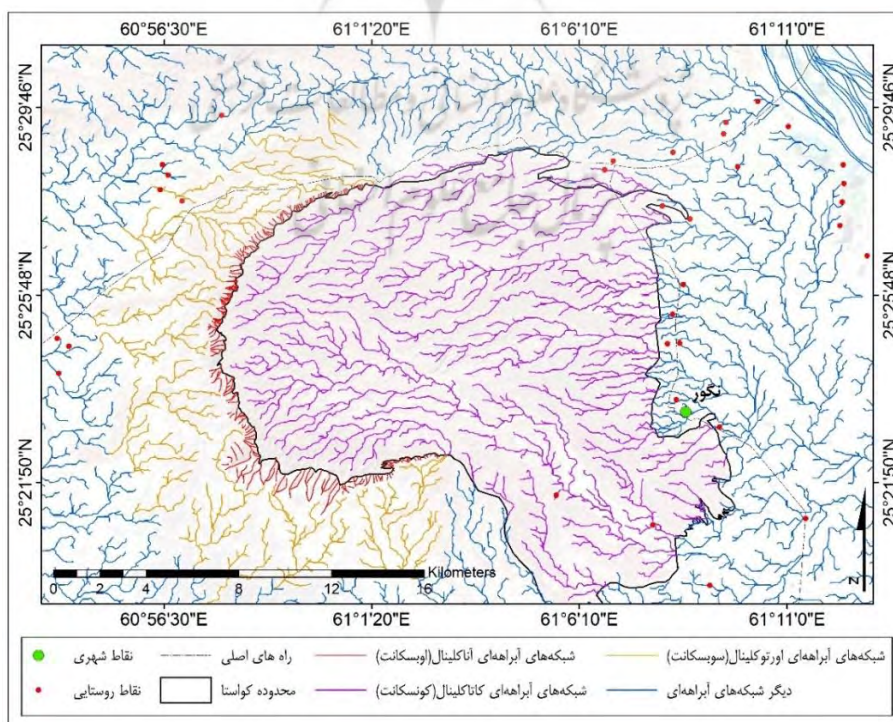
شکل ۸- نقشه دما و بارش منطقه مورد مطالعه با استفاده از فنون زمین آمار

به طور کلی شبکه‌های آبراهه‌ای کواستا با توجه به ویژگی‌های آن به سه قسمت اصلی تقسیم می‌شود. در (شکل ۹) قسمت‌های مختلف کواستا و شبکه‌های آبراهه‌ای کواستا نشان داده شده است.



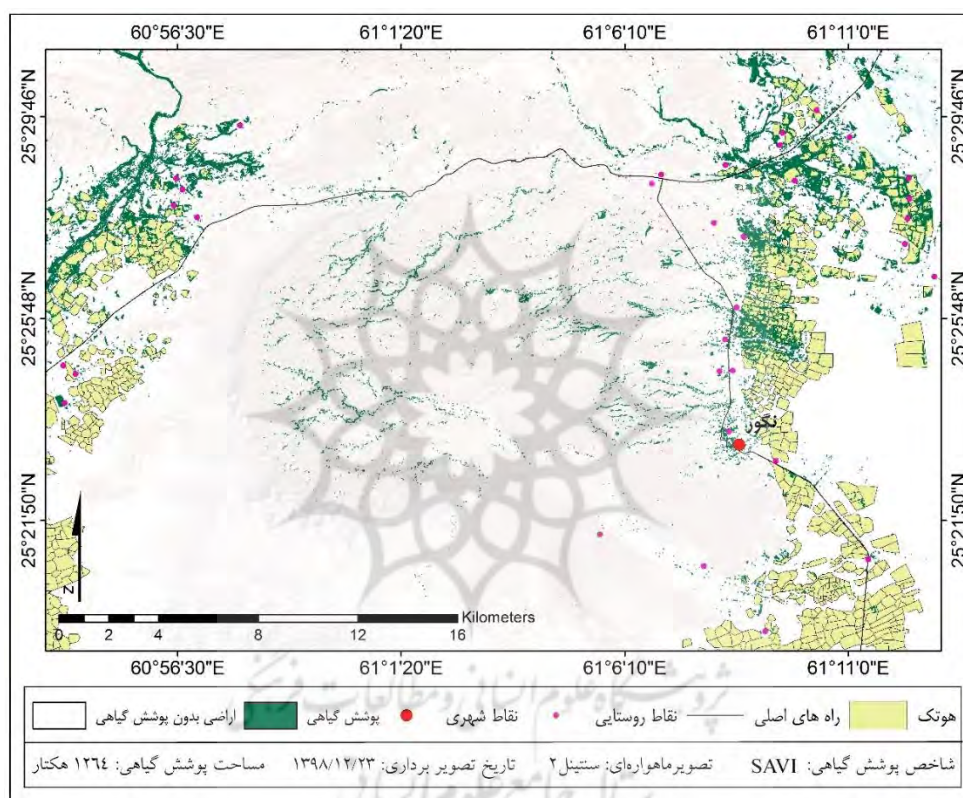
شکل ۹- کواستا (مونوکلینال) و قسمت‌های مختلف آن (اقتباس از محمودی، ۱۳۸۵)

متناسب با شرایط ژئومورفولوژیکی کواستا، شبکه‌های آبراهه‌ای در سه شکل شامل جریانات کاتاکلینال یا کونسکانت در سطح ساختمان کواستا، جریانات آناکلینال یا اوبسکانت از پیشانی به سمت چاله کواستا و جریانات اورتوکلینال یا سوسکانت در پایین دست چاله کواستا در جریان هستند که به دلیل ژئومورفولوژی کواستا و بدلندهای منطقه در اطراف چاله کواستا و همچنین فعالیت گسل‌های طولی و عرضی منطقه، نظم تیپیک الگوی شبکه زهکشی خود را از دست داده‌اند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- نقشه شبکه آبراهه‌ای کواستا

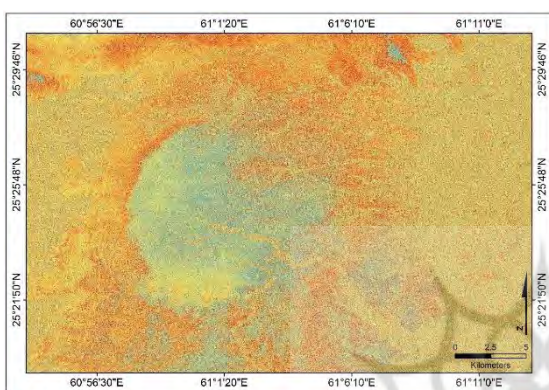
پوشش گیاهی منطقه نیز با مساحت ۱۲۶۴ هکتار به دلیل ریزدانه بودن اندازه ذرات خاک تنها در پایکوه‌ها و مناطقی که تخلخل و منابع آبی و معدنی مناسب در آن وجود دارد رشد و گسترش یافته است. یکی از ویژگی‌های مهم این منطقه، ذخیره آب حاصل از بارندگی در هوتک‌ها است که اکثراً در مناطقی که شرایط مناسب کشاورزی وجود دارد ساخته شده است. بنابراین بیشترین میزان پوشش گیاهی در سطح این هوتک‌ها وجود دارد و سهم گیاهان خود روی در منطقه اندک است علاوه بر آن در مسیر جریان رودخانه ای نیز شرایط مناسب برای رشد گیاهان خود روی به صورت پراکنده در اطراف دشت سیلابی رودخانه‌های منطقه فراهم آمده است (شکل ۱۱).



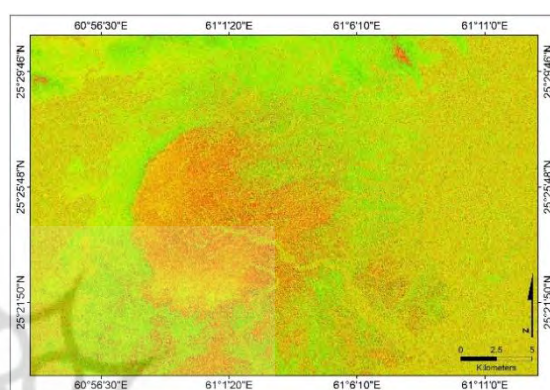
شکل ۱۱- نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه

به منظور مشخص شدن علت پیدایش و تحول کواستا از روش تداخل سنجی راداری استفاده شده است. از آنجایی که فرورانش پوسته اقیانوسی دریای عمان به زیر ایران همچنان ادامه داشته و در سواحل دریای عمان با پدیده سواحل بالاآمده یا تراس‌های تکتونیکی روبرو هستیم، نقش اثرات عمودی بالاآمدگی در نظر گرفته شده و بنابراین از پولاریزیشن VV بهره برده شده است. همچنین به دلیل اینکه در منطقه مورد مطالعه پوشش گیاهی متراکمی وجود ندارد و سطح زمین در اکثر مناطق عاری از پوشش گیاهی است، از داده‌های رادار ماهواره سنتینل ۱ که از نوع C-Band بوده و دارای نفوذ امواج راداری با طول موجی برابر با فرکانس ۵/۴۰۵ گیگاهرتز بوده استفاده شده است. در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ فاز Deburst شده و Merge شده حاصل از خروجی تداخل نگار یا Interferogram در دو سری داده نشان داده شده است. همچنین در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ نیز فاز فیلتر شده با روش Goldstein در داده‌های مورد نظر نشان داده شده است. همانگونه که

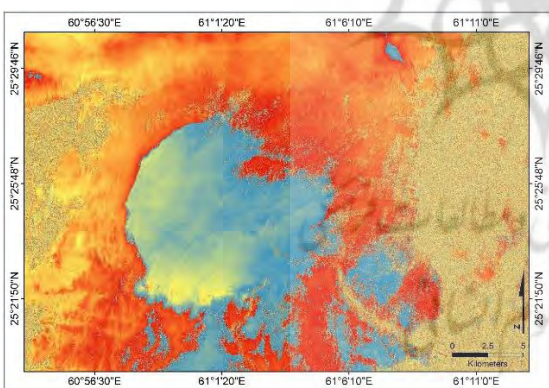
در تصاویر فوق مشخص است اختلاف فاز بین دو داده در سطح کواستا کاملاً محسوس می‌باشد که در این میان خط الراس ارتفاعی و یا پرتگاه یا پیشانی کواستا بیشترین میزان تغییرات فاز را از خود نشان می‌دهد. اما بیشترین میزان اختلاف فاز در محدوده ارتفاعات جنوبی کواستا بوده که دلیل آن را می‌توان در فرورانش پوسته دریای عمان از جنوب به شمال منطقه تحلیل نمود. سایر تغییرات فاز نیز حاصل از عملکرد فرایندهای هیدروژئومورفولوژیکی بوده که فرسایش و رسوبگذاری رودخانه ای را نشان می‌دهد.



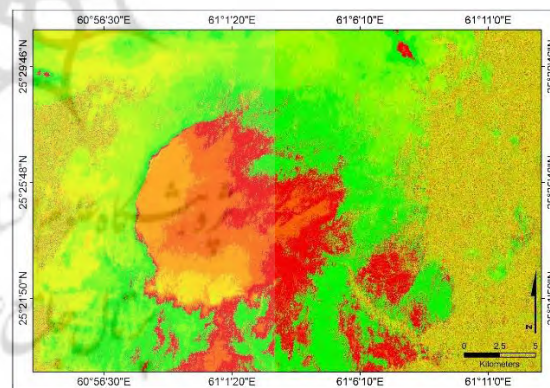
شکل ۱۳- لایه تداخل نما در بازه زمانی ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹



شکل ۱۲- لایه تداخل نما در بازه زمانی ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰



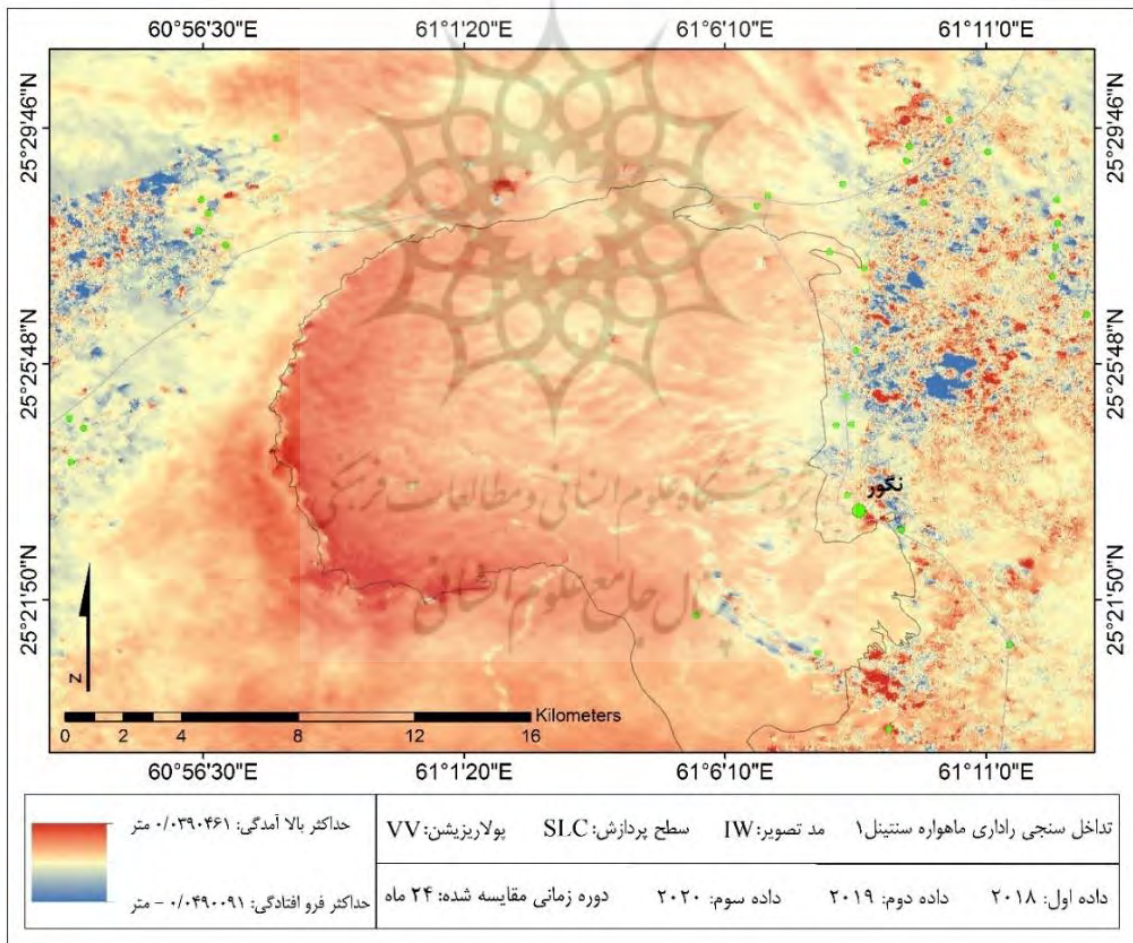
شکل ۱۵- فاز فیلتر شده Goldstein بین ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹



شکل ۱۴- فاز فیلتر شده Goldstein بین ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰

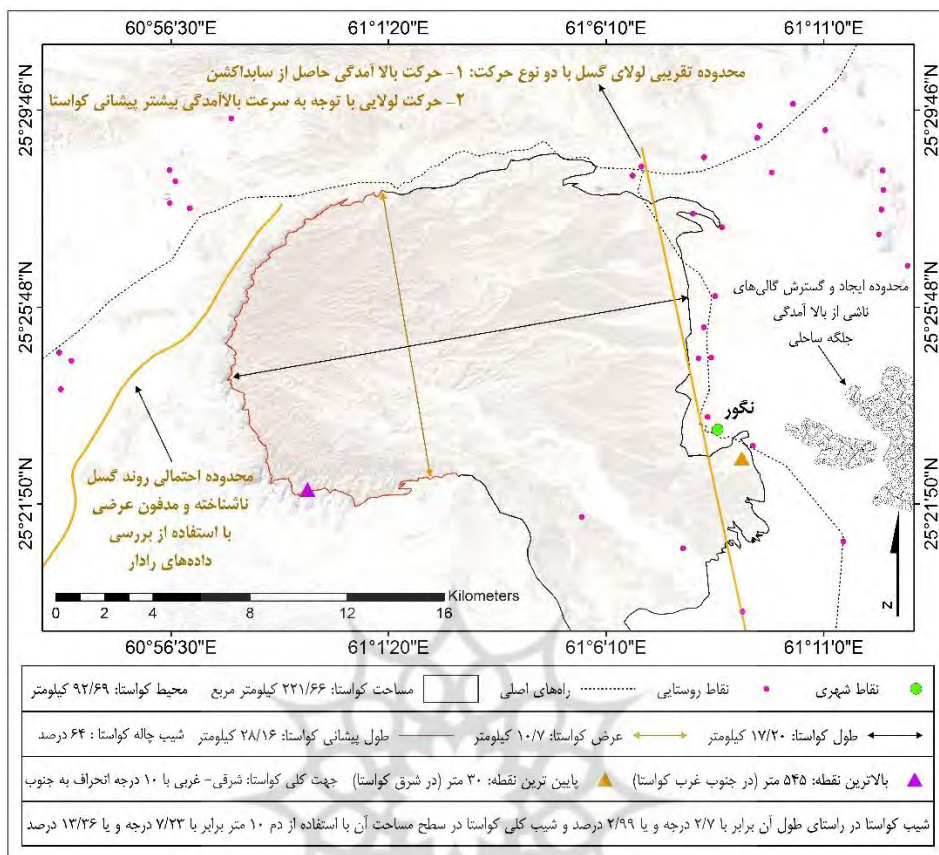
پس از انجام پردازش‌های نهایی و ترکیب دو لایه فاز، نقشه نهایی حاصل از تداخل سنجی راداری به دست آمده است (شکل ۱۶). با توجه به نقشه نهایی حداکثر بالآمدگی حدود ۴ سانتی‌متر و حداکثر پایین رفتگی حدود ۵ سانتی‌متر در منطقه محاسبه شده است که این ارقام حداکثری مربوط به رسوبگذاری و فرسایش مناطقی است که در آن جریانات رودخانه‌ای در سطوح دامنه‌ای و جلگه ساحلی و بخصوص هوتک‌ها قرار دارد که با فرسایش و رسوبگذاری زیادی همراه است. بنابراین نقش انسان در تغییرات ژئومورفولوژیکی به خوبی دیده می‌شود. لازم به ذکر است که در منطقه فوق هیچ گونه فرونشستی رخ نداده و تنها فرسایش قشر خاکی سطحی زمین باعث تغییرات ارتفاعی منفی شده است. اما آنچه که به وضوح در سطح وسیع قابل مشاهده است، بالآمدگی حاصل از سابداکشن و تکتونیک فعال در منطقه می‌باشد. در

محدوده کواستا حداکثر بالآمدگی ناشی از تکتونیک برابر با ۲/۸ سانتی‌متر در جنوب‌غرب پیشانی کواستا و حداقل آن به میزان ۴ میلی‌متر در محل لولای کواستا محاسبه شده است. حداکثر پایین رفتگی نیز ناشی از فرسایش رودخانه‌ای در دشت سیلابی برابر با ۲/۵ سانتی‌متر در جنوب‌شرق کواستا رخ داده است. همچنین در قسمتهای مختلف پیشانی کواستا ریزش‌ها و لغزش‌های گسترده‌ای بوقوع پیوسته که باعث بی‌نظمی بیشتری در این قسمت شده است. بنابر شواهد فوق کواستای نگور از نوع تکتونیکی بوده اما نه از نوع کواستای با فرضیه باسکوله شدن، چرا که هیچگونه سوبسیدانسی در آن روی نداده است. بلکه تشکیل این کواستا حاصل دو نوع حرکت بالآمدگی سواحل حاصل از فرورانش پوسته دریای عمان به زیر ایران و همچنین عملکرد تکتونیکی گسل عرضی در بالآمدن پیشانی کواستا بوده که برای اولین بار در ایران و جهان توسط نویسندگان ارائه شده است. بنابراین نقش گسل عرضی در تشکیل کواستای نگور نقشی بسیار مهم بوده چرا که بالآمدگی پیشانی کواستا و تشکیل وضعیت ژئومورفولوژیکی فعلی آن تحت تاثیر فعالیت این گسل می‌باشد.



شکل ۱۶- نقشه میزان Uplift کواستا و دیگر اثرات تکتونیکی و فرسایشی در منطقه مورد مطالعه

در (شکل‌های ۱۷ و ۱۸) فیزیوگرافی و ویژگی‌های کواستا و لندفرم‌های اطراف آن که حاصل عملکردهای تکتونیکی و فرسایشی بوده نشان داده شده است.



شکل ۱۷- فیزیوگرافی و عملکرد گسلش کواستای نگور



شکل ۱۸- تصاویری از پدیده‌های ژئومورفولوژیکی منطقه شامل قسمت‌هایی از کواستا و عوارض فرسایشی اطراف آن



در منطقه مورد مطالعه یک شهر و ۴۵ روستا و آبادی وجود دارد که در این میان، ۲۵ روستا و تنها شهر منطقه یعنی شهر نگور در شرق ارتفاعات یعنی در پایین دست جریانات آبراهه‌های کاتاکلینال کواستا قرار گرفته‌اند. بنابراین موقعیت و قرارگیری این روستاها تحت تاثیر وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه و دسترسی به منابع آب قرار دارد. به دلیل شرایط محیطی و انسانی نیز علاوه بر داشتن الگوی پراکنده‌ای که در روستاها وجود دارد، اما این پراکندگی نیز با توجه به شبکه‌های ارتباطی و جاده‌ای، در بیشتر موارد الگویی خطی به خورد گرفته است. طبق آمار سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، جمعیت تنها شهر منطقه یعنی شهر نگور که با ارتفاع تقریباً ۴۰ متر از سطح دریا مرتفع‌ترین شهر در جلگه ساحلی دریای عمان است، برابر با ۵۶۷۰ نفر در قالب ۱۳۲۰ خانوار به ثبت رسیده است. همچنین ۴۵ روستا و آبادی کوچک و بزرگ دیگر نیز با جمعیت ۱۷۱۱۸ نفر در قالب ۳۸۹۶ خانوار و در مجموع تعداد ۲۲۷۸۸ نفر در این محدوده زندگی می‌کنند که با هدف استفاده از منابع آب‌های سطحی جریانات سطح ساختمان کواستا اقدام به ایجاد چاله‌های وسیعی به نام هوتک کرده‌اند. تعداد هوتک‌هایی که با هدف کشاورزی و دامداری و سایر استفاده‌ها در این قسمت برای مهار آب ساخته شده برابر با ۵۵۸ عدد بوده که پوشش گیاهی موجود در آن‌ها بسیار قابل توجه می‌باشد. از مجموع کل پوشش گیاهی منطقه با مساحت ۱۲۶۴ هکتار، ۶۲۷ هکتار آن در محدوده هوتک‌های پایین دست سطح ساختمان کواستا وجود دارد که نشان از میزان رواناب قابل توجه این منطقه و شرایط مناسب رویشی می‌باشد. اما متأسفانه به دلیل نبود منابع آب بهداشتی و نبود زیرساخت‌های انتقال آب سالم چه در این منطقه و چه در دیگر قسمت‌های جلگه ساحلی دریای عمان و حتی زون مکران، در اکثر مناطق اقدام به مصرف این آب‌ها جهت شرب می‌گردد که برای مردم و مسولین جای تامل دارد. با افزایش جمعیت و توسعه تکنولوژی در کشور، متأسفانه علی‌رغم محروم ماندن این مناطق از نیازهای اساسی همچون آب سالم، به ناچار مجبور به استفاده از آب هوتک‌ها هستند که علاوه بر بهداشتی نبودن این آب و سختی و PH نامناسب آن، شاهد حمله حیوانات اطراف این هوتک‌ها به مردمی که برای برداشت آب به اطراف هوتک‌ها می‌روند هستیم. در شکل زیر چند نمونه از هوتک‌های جلگه ساحلی دریای عمان نشان داده شده است.



شکل ۱۹- هوتک‌های جلگه ساحلی دریای عمان و وضعیت آن‌ها

## بحث و نتیجه‌گیری

آنچه که در این تحقیق مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته، بررسی ژئومورفولوژیکی کواستای نگور (کوه تولکی) واقع در ۳۰ کیلومتری شرق شهر چابهار می‌باشد. تشکیل و تکوین این پدیده با مساحت ۲۲۱/۶۶ کیلومتر مربع و محیط ۹۲/۶۹ کیلومتر که مستقیماً تحت تأثیر تکتونیک فعال منطقه است، حاصل سابداکشن پوسته اقیانوسی دریای عمان به زیر ایران مرکزی بوده که روند آن همچنان ادامه داشته و چشم انداز ژئومورفولوژیکی منطقه را متحول کرده است. بنابراین با استفاده از فنون سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و همچنین بازدید میدانی، اقدام به تحلیل ژئومورفولوژیکی، مورفومتری، هیدرولوژی، اقلیم، پوشش گیاهی و سکونتگاه‌های شهری و روستایی این کواستا شده است. با بررسی داده‌های رادار ماهواره سنتینل ۱ بین سال‌های ۲۰۱۸، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰، نوع کواستا تکتونیکی بوده که دارای دو نوع حرکت بالا آمدگی عمودی با روند بالا آمدگی سواحل به میزان ۴ میلی‌متر و حرکت لولایی در جهت پیشانی کواستا به میزان ۲/۸ سانتی‌متر می‌باشد. از آنجایی که بیشترین سونتگاه‌های شهری و روستایی با توجه به ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی کواستا با هدف تامین منابع آبی در پایین‌ترین قسمت سطح کواستا و در جهت جریانات آبراهه‌ای کاتاکلینال یا کونسکانت قرار گرفته است، بنابراین بیشترین میزان جمعیت در این قسمت از کواستا قرار دارد. طبق آمار سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، جمعیت شهر نگور که با ارتفاع تقریباً ۴۰ متر از سطح دریا مرتفع‌ترین شهر در جلگه ساحلی دریای عمان است، برابر با ۵۶۷۰ نفر در قالب ۱۳۲۰ خانوار و تعداد ۴۵ روستا و آبادی کوچک و بزرگ نیز با جمعیت ۱۷۱۱۸ در قالب ۳۸۹۶ خانوار و در مجموع تعداد ۲۲۷۸۸ نفر در این محدوده زندگی می‌کنند که با هدف استفاده از منابع آب‌های سطحی جریانات سطح ساختمان کواستا اقدام به ایجاد چاله‌های وسیعی به نام هوتک کرده‌اند. تعداد هوتک‌هایی که با هدف کشاورزی و دامداری و سایر استفاده‌ها در این قسمت برای مهار آب ساخته شده برابر با ۵۵۸ عدد بوده که پوشش گیاهی موجود در آن‌ها بسیار قابل توجه می‌باشد. از مجموع کل پوشش گیاهی منطقه با مساحت ۱۲۶۴ هکتار، ۶۲۷ هکتار آن در محدوده هوتک‌های پایین دست سطح ساختمان کواستا وجود دارد که نشان از میزان رواناب قابل توجه این منطقه می‌باشد چرا که ارتفاع ۵۴۵ متری این کواستا باعث پایین آمدن دما و افزایش بارندگی شده و با توجه به رطوبت بالای منطقه ساحلی دریای عمان و نفوذپذیری بسیار کم لایه سست زیرین کواستا یعنی رسوبات ماری، دبی رودخانه‌ها بیشتر خواهد بود و به همین جهت قبل از رسیدن به دریای عمان توسط هوتک‌های ساخته شده مهار و مورد استفاده قرار می‌گیرد. از لحاظ ژئومورفولوژیکی نیز این کواستا در منطقه‌ای بسیار فعال قرار دارد که هم از لحاظ تکتونیک و هم از لحاظ عوامل فرسایشی سرعت تحول زیادی را طی نموده و در آینده دچار تغییرات ژئومورفولوژیکی گسترده‌ای خواهد شد. با توجه به شواهد ژئومورفولوژیکی بدست آمده، کواستا در کشور وجود داشته و طبق نظرات زمردیان (۱۳۹۳)، آدابی و موسوی‌حرمی (۱۳۷۷) ابرلندر (۱۹۶۵) و با اندازه‌های مختلف گسترده شده است. اما پژوهش حاضر اولین پژوهشی بوده که بدین گونه در کشور به صورت دقیق کار شده است.

## سپاس‌گزاری

نویسندگان این تحقیق از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، اداره کل هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان و دیگر استان‌ها جهت ارائه داده‌ها و اطلاعات و همچنین سایر سازمان‌هایی که دسترسی به داده‌ها و اطلاعات این پژوهش را در سایت‌های مربوطه فراهم کرده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

## منابع

- آخوندزاده، م.، ۱۳۸۴، نمایش نشست زمین در اثر استخراج مواد نفتی با استفاده از روش SAR اینترفرومتری در سنجش از دور، همایش ژئوماتیک، تهران، سازمان نقشه برداری کشور.
- آدابی، م.ح.؛ موسوی حرمی، ر.، ۱۳۷۷. نقش لیتولوژی (سنگ شناسی) در رانش زمین در شمال شرق ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۱، صص ۷۵-۸۹.
- حاجی حسینی، ح.؛ حاجی حسینی، م.؛ نجفی، ع.؛ مرید، س.؛ دلاور، م.، ۱۳۹۳. ارزیابی تغییرات متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی در بالادست حوضه هیرمند طی سده گذشته با استفاده از داده‌های اقلیمی CRU و مدل SWAT، تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱۰، شماره ۳، صص ۳۸-۵۲.
- حسینی موغاری، س. م.؛ عراقی نژاد، ش.، ابراهیمی. ک.، ۱۳۹۶. بررسی دقت اطلاعات بارش شبکه‌بندی شده جهانی در حوضه دریاچه ارومیه، تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۸، شماره ۳، صص ۵۸۷-۵۹۸.
- درویش زاده، ع.، ۱۳۸۹، زمین شناسی ایران: چینه شناسی، تکتونیک، دگرگونی و ماگماتیسیم، تهران، شرکت چاپ و نشر بین‌الملل.
- زارع، م.، ۱۳۸۸، مبانی تحلیل خطر زمین لرزه، تهران، انتشارات پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- زمردیان، م. ج.، ۱۳۹۳. نگرش علمی - تحلیلی ویژه در راستای استدلال و اثبات وجود کواستا (کُت) در ایران (با تأکید بر وجود کواستا در چاله طبس)، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، دوره ۱۲، شماره ۲۳، صص ۴۷-۶۲.
- علایی طالقانی، م.، ۱۳۹۰، ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس، تهران.
- محمدی، م.؛ درویش زاده، ع.، ۱۳۸۶، زمین شناسی ایران (جغرافیا)، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- محمودی، ف.ا.، ۱۳۸۵، ژئومورفولوژی ساختمانی، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.
- محمودی، ف.ا.، ۱۳۸۶، ژئومورفولوژی (دینامیک درونی و دینامیک بیرونی)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۵۵ ص.
- مریدی فریمانی، ع. ا.، ۱۳۷۸. بررسی آشفتگی‌های راستای تنش‌های محلی در زون مکران، سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، شیراز، صص ۶۱۰-۶۱۲.
- مسعودیان، س. ا.، ۱۳۹۰. آب و هوای ایران، انتشارات شریعه توس، مشهد.
- میری، م.؛ عزیز، ق.؛ خوش اخلاق، ف.؛ رحیمی، م.، ۱۳۹۵. ارزیابی آماری داده‌های شبکه‌ای بارش و دما با داده‌های مشاهده‌ای در ایران، مجله علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، دوره ۱۰، شماره ۳۵، صص ۳۹-۵۰.
- نگارش، ح.، ۱۳۸۳. ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی سواحل بالا آمده جنوب شرق ایران، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۱، صص ۹۰-۱۰۱.
- نگارش، ح.، ۱۳۹۱، ژئومورفولوژی ساختمانی و دینامیک، انتشارات مرنديز، مشهد.
- یار احمدی، ج.؛ روستائی، ش.؛ شریفی کیا، م.؛ روستائی، م.، ۱۳۹۷. شناسایی و پایش ناپایداری دامنه‌ای به روش پردازش اینترفرومتری تفاضلی مطالعه موردی: حوضه آبریز گرمی‌چای میانه. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، دوره ۳، شماره ۴، صص ۵۹-۴۴.

- Arnold, L.J., Duval, M., Demuro, M., Spooner, N., Santonja, M., Pérez-González, A., 2016. OSL dating of individual quartz 'supergrains' from the Ancient Middle Palaeolithic site of Cuesta de la Bajada, Spain. *Quaternary Geochronology*, Vol 36, pp. 78-101.
- Blain, H.A., Zapata, M., Gil-García, M., Sesé, M., Santonja, M., Pérez-González, M., 2017. New palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstructions for the Middle Palaeolithic site of Cuesta de la Bajada (Teruel, eastern Spain) inferred from the amphibian and squamate reptile assemblages. *Quaternary Science Reviews*, Vol 173, pp. 78-91.
- Dominguez-Rodrigo, M., Barba, R., Soto, E., Sese, C., Santonja, M., Perez-Gonzalez, A., Yravedra, J., Galan, A.B., 2015. Another window to the subsistence of Middle Pleistocene hominins in Europe: A taphonomic study of Cuesta de la Bajada (Teruel, Spain). *Quaternary Science Reviews*. Vol 126, pp. 67-95.
- Duval, M., Arnold, L., Guilarte, V., Demuro, M., Santonja, M., Pérez-Gonzalez, A., 2016. Electron spin resonance dating of optically bleached quartz grains from the Middle Palaeolithic site of Cuesta de la Bajada (Spain) using the multiple centres approach. *Quaternary Geochronology*, Vol 37, pp. 82-96.
- Duszyński, F., Migoń, P., Strzelecki, M., 2019. Escarpment retreat in sedimentary tablelands and cuesta landscapes – Landforms, mechanisms and patterns. *Earth-Science Reviews*, Vol 196, pp. 1-42.
- Ferretti, A., Savio, G., Barzaghi, R., Borghi, A., Musazzi, S., Novali, F., Prati, C. and Rocca, F., 2007. Submillimeter Accuracy of InSAR Time Series: Experimental Validation. *Geoscience and Remote Sensing*, vol. 45, pp. 1142-1153.
- Harris, I., Jones, Ph., Osborn, T., Lister, D., 2014. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*, Vol 34, pp. 623-642.
- Hubscher, Ch., Borowski Ch., 2006. Seismic evidence for fluid escape from Mesozoic cuesta type topography in the Skagerrak, *Marine and Petroleum Geology* Vol 23, pp. 17-28.
- Mabrouk, K., Mohamed, O., Zargouni, F., 2017. Upper Albian to Lower Turonian deposits and associated breccias along the Dahar cuestas (southeastern Tunisia): Origin and depositional environments. *Journal of African Earth Sciences*, Vol 135, pp. 140-151.
- Mitchell, T.D., Jones, P.D., 2005. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high resolution grids, *International Journal of Climatology*, Vol 25, pp. 693-712
- Oberlander, T.D., 1965a *The Zagros stream* Syracuse University Press, New York
- Pinheiro, M., de Queiroz Neto, J., 2017. From the semiarid landscapes of southwestern USA to the wet tropical zone of southeastern Brazil: Reflections on the development of cuestas, pediments, and talus, *Earth-Science Reviews*, Vol 172, pp. 27-42p
- Santonja, M., Pérez-González, A., Dominguez-Rodrigo, M., Panera, J., Rubio-Jara, S., Sesé, C., Soto, E., Arnold, L., Duval, M., Demuro, M., Ortiz, J., Torres, T., Mercier, N., Barba, R., Yravedra, J., 2014. The Middle Paleolithic site of Cuesta de la Bajada (Teruel, Spain): A perspective on the Acheulean and Middle Paleolithic technocomplexes in Europe. *Journal of Archaeological Science*, Vol 49, pp. 556-571.