

بررسی علل نوسانات آب دریای خزر با تأکید بر مخاطرات محیطی

دکتر سید جمال الدین دریاباری

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۱۱

چکیده

دریای خزر با توجه به موقعیت استراتژیک و جغرافیایی به عنوان یک منطقه بسیار مهم محسوب می‌شود. یکی از مخاطرات طبیعی و محیطی موجود نوسانات آب این دریاچه بزرگ می‌باشد. که از دیر باز تاکنون سبب خسارت‌های فراوان در این منطقه گردیده است. از عواملی که باعث نوسان آب دریای خزر می‌شود می‌توان به عوامل اقلیمی، زمین‌شناسی و انسانی اشاره داشت. تراز آب دریای خزر یک پدیده پویا است بدین معنا که جدایی این دریا از اقیانوس منجر به این شده است که تراز آن در یک دوره اقلیمی و در مدت زمانی طولانی به آرامی افزایش یافته و وقتی به حداکثر مقدار خود رسیده با همین آهنگ و با تغییر دوره اقلیمی رو به کاهش نهد. نوسانات تراز آب دریای خزر تابع تغییرات ورودی رودخانه‌های منتهی به دریا و شدت تبخیر دریا است.

کلمات کلیدی: دریای خزر، نوسانات، مخاطرات، تغییرات اقلیمی، زمین‌شناسی

مقدمه

تغییر سطح آب‌ها یکی از پدیده‌های است که در آب‌های آزاد و دریاچه‌ها اتفاق می‌افتد. عوامل مختلفی در وقوع این پدیده نقش دارند برخی از عوامل مربوط به تحولات زمین‌ساختی و برخی نیز به تغییرات اقلیمی از ادوار گذشته تاکنون ارتباط دارند. اما برخی دیگر نیز با دخالت نابخردانه انسان به وجود می‌آیند. از لحاظ زمانی نیز به دو گروه تقسیم می‌شوند. برخی از آن‌ها در زمان‌های گذشته اتفاق افتاده‌اند و کند می‌باشند که در زمان کوتا قابل لمس نیستند، که تغییرات ناشی از حرکت یخچال‌ها را می‌توان از این گروه به حساب آورد. اما برخی دیگر هستند که می‌توان آن را مشاهده کرد، بالا آمدن آب‌ها ناشی از وقوع تسونامی‌ها از این قبیل می‌باشند. امروزه این پدیده، به عنوان یکی از مخاطرات محیطی (environmental hazard) تلقی می‌شود. بالا یا پایین رفتن آب‌ها اثرات مثبت و منفی را در سواحل می‌گذارند. اما آنچه در نظر مردم عادی مورد توجه قرار می‌گیرد، اثرات منفی آن می‌باشد، زیرا در برخی اوقات موجب خسارات مالی و جانی می‌شود. امروزه بخش عظیمی از مردم دنیا در سواحل زندگی می‌کنند و تأسیسات و بناهای مختلفی در این مناطق وجود دارد. حمل و نقل ارزان دریایی سبب شده است که تقریباً همه کشورهای که دارای سواحل هستند بیشترین تجارت خود را از طریق دریا انجام دهند. در دوره‌های زمانی متفاوت سطح آب دریا کاهش و افزایش دارد. آخرین سیکل این تغییرات از سال ۱۳۵۶ شمسی آغاز شده و تاکنون دریای مازندران به روند بالا آمدن آب خود ادامه داده است. قبل از این دوره از سال ۱۳۰۸ تا ۱۳۵۶ سیکل کاهش ارتفاع آب جریان داشت که به دلیل عمق کم در سواحل شمالی و شرقی در فاصله این دوره یک جابه‌جایی ۱۸۰ کیلومتری در خط ساحلی پدید آمد. سطح آب دریا در طی دوران‌های مختلف نوسان داشته است. در دوره‌هایی این سطح بسیار پایین بوده و در دوره‌هایی دیگر بالا آمده است. این فرآیند که همواره زمانبر بوده، سبب بروز تغییرات زیست محیطی و دگرگونی در فعالیت‌های اقتصادی این دریا شده است. یکی از ادوار بلند کاهش سطح آب دریای خزر که پس از دهه ۱۹۳۰ آغاز شد، مصادف با زمانی است که طرح‌های صنعتی و کشاورزی شوروری به اجرا در آمدند. همچنین تغییر بستر برخی از رودخانه‌ها، ایجاد دریاچه‌های مصنوعی، سدها، آب بندها و افزایش فعالیت انسان‌ها در این مناطق موجب کاهش سطح آب دریای خزر به پایین‌ترین میزان (۱۹ متر پایین‌تر از سطح دریاهای آزاد) تا سال ۱۹۷۷ شد. اما از سال ۱۹۷۸ برخلاف پیش‌بینی‌های قبلی مبنی بر ادامه روند کاهش سطح آب، تا سال ۲۰۰۰ تراز آب دریا روند افزایش خود را آغاز کرد و به‌طور متوسط سالانه ۱۵ سانتی متر به سطح آب اضافه شد. چنین وضعی تا سال ۱۹۹۵ ادامه داشت و از این سال پس روی آب خزر مشاهده شده است (قانقرمه، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر. ۲۰۰۸).

موقعیت دریای خزر

دریای خزر فرورفتگی عمیقی را در محل تقاطع جنوب شرقی اروپا با قاره آسیا بین عرض جغرافیایی، ۴۷ درجه و ۱۳ دقیقه شمال، ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه شمال و طول ۴۶ درجه و ۳۸ دقیقه شرق و ۵۴ درجه و ۴۴ دقیقه شرق را اشغال می‌کند. طول آن تقریباً ۱۲۰۰ کیلومتر است و عرض آن بین بیشینه ۴۶۶ کیلومتر و کمینه ۲۰۴ کیلومتر است و هیچ ارتباطی با اقیانوس‌های دنیا ندارد. در حال حاضر سطح آن ۲۷ متر پایین‌تر از سطح دریا‌های آزاد است. در این سطح، کل طول خط ساحلی آن حدود ۷۰۰۰ کیلومتر با حجم آبی حدود ۷۸۷۰۰ کیلومتر مکعب است. دریا از لحاظ ریخت‌شناسی به سه قسمت تقسیم می‌شود، قسمت کم عمق شمالی (عمق متوسط: ۵ متر) قسمت میانی با عمق متوسط ۱۹۰ متر (عمق بیشینه: ۷۸۸ متر) و خزر جنوبی با عمق بیشینه ۱/۰۲۵ متر. حدود ۲۵٪ از مساحت سطحی را قسمت شمالی می‌پوشاند، در حالی که قسمت میانی و جنوبی هر کدام حدود ۳۷٪ را پوشش می‌دهد، اما حجم آب در قسمت شمالی با توجه به ساختار کم عمقش فقط ۰/۵٪ است، در حالی که حجم در قسمت میانی ۳۳/۹٪ و قسمت جنوبی ۶۵/۶٪ از آب دریای خزر را تشکیل می‌دهد. حدود ۱۳۰ رود کوچک و بزرگ به خزر می‌ریزند که تقریباً تمام آن‌ها در سواحل شمال و غرب قرار دارند. بزرگ‌ترین آن‌ها رودخانه ولگا است که حوزه آبریز آن در مساحت ۱۳۶۰۰۰۰ کیلومتر مربع گسترده است و در قسمت شمالی خزر به دریا می‌ریزد.

علل تغییر سطح آب‌ها

تغییر سطح آب‌ها از زمان شکل‌گیری آب‌ها در زمین وجود داشته است. دانشمندان با تحقیقات گسترده‌ای انجام دادند این موضوع را به اثبات رسانیده‌اند که عوامل طبیعی و انسانی در نوسان آب‌ها در دوره‌های مختلف مؤثر بوده‌اند. آب‌ها دارای بار جامد بوده و در هر بار تغییر با برخورد ساحل موجب شکل‌گیری اشکال کاوشی و تراکمی در سواحل می‌شوند. صرف‌نظر از پدیده جزر و مد میانگین آب دریاها برای ساکنان نزدیک اقیانوس‌ها اهمیت دارد. ارتفاع موج ناشی از طوفان سطح آب دریاها را به صورت موقت بالا می‌برد و ارتفاع موج‌ها برخی از موارد به بیش از چندین متر می‌رسد. یکی از عوامل اصلی آن وقوع زلزله‌ها می‌باشند و به‌دنبال خود تسونامی‌های شدیدی را به‌وجود می‌آورند. با توجه به شواهد می‌توان علل تغییر سطح آب‌ها را در دوره‌های مختلف و به‌ویژه در دوره کواترنر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱- اثرات گلخانه‌ای

این پدیده می‌تواند با گرم کردن تدریجی زمین میزان ذوب یخچال‌ها را افزایش دهد و سطح آب‌ها را بالا ببرد. چنانچه گاز گلخانه‌ای به همین منوال وجود داشته باشد در آینده بایستی شاهد به زیر آب رفتن تدریجی شهرهای ساحلی زیادی باشیم.

۲- تغییرات اقلیمی

با گرم شدن آب هوای زمین یخچال های قطب جنوب و گرینلند و کوه های یخی قطب شمال به آرامی ذوب شده و سطح آب اقیانوس ها را بالا می برد. طی چند هزار سال گذشته در هر قرن ۳/۰ متر سطح آب دریاها بالا آمده و در صد سال آینده به ۱ تا ۲ متر در هر صد سال می رسد. در دوره بین یخچالی با افزایش گرما یخ ها ذوب و روانه دریاها می شوند و سطح آب ها را بالا می آورد ولی بر اثر تبخیر سطح آب دریاچه ها ی بسته پایین می آمد به همین علت سطح دریاچه خزر از یخبندان ورم در حال پایین رفتن و سطح خلیج فارس در حال بالا آمدن است. با وقوع پدیده ائوستاتیک مقدار نمک دریا به خصوص در حاشیه دریاها ی قطبی کم و در مرحله یخبندان زیاد می شده است. (مجله علمی و فنی سازمان هواشناسی کشور، شماره ۴۰، زمستان ۱۳۷۷)

۳- مراحل یخبندان و بین یخبندان

اگرچه در دوره های طولانی زمین شناسی موقعیت دریاها و خشکی ها تغییر می کرده ولی در دوره کوتاه تر تقریباً ثابت مانده است و تغییرات فقط در بزرگی و گستردگی آب ها در زمین در کل نسبت سطح آب ها به خشکی ها، ارتفاع سطح آب ها و به طور کلی در ایجاد ارتباط بیشتر با تالاب ها یا قطع این ارتباط ها در دوره های از یخبندان روی داده است. با توجه به تمرکز گسترده اقیانوس ها در نزدیکی استوا در دوره یخبندان مقدار تبخیر در کل سطح دریاها چندان تغییر نکرده است. این تبخیر به ارتفاعات و عرض های بالا به صورت برف و فرو می ریزد و در نتیجه بیشترین بارش به صورت برف بوده است و به علت سرمای شدید از ذوب برف و جریان به سمت دریا جلوگیری می شده است. بنابر این سطح آب ها در این زمان پایین می آید.

در دوره بین یخبندان با ذوب برف ها سطح آب ها بالا می آید که در دریاچه های بسته این وضعیت بر عکس می باشد. سطح آب دریای خزر نیز به همین صورت بوده است منتها در سال های اخیر با حفر کانال های آبرسانی در ارتفاعات شمال روسیه سالیانه ۵۶ کیلومتر مکعب در مدت ۲۰ سال به آب دریای خزر افزوده شده و سطح آب دریاچه را بالا آورد. بررسی ها نشان می دهد که سطح آب اقیانوس ها در دوران چهارم سه بار نسبت به سطح امروزی بالا آمده و چهار بار نیز پایین تر از سطح فعلی بوده است. که به دوره های یخچالی و بین یخچالی ارتباط داشته است و نظمی در پایین یا بالا رفتن آب ها وجود نداشته است. سطح اقیانوس ها به موازات نوسانات از اواخر پلیوسن تا عهد حاضر به تدریج پایین آمده و با بالا آمدن قاره ها و نشست تدریجی کف اقیانوس ها همراه بوده است. در پلیوستوسن علاوه بر پدیده گلاسیو استاتیک عامل ترمو استاتیک نیز مؤثر بوده است. دوره های یخچالی از لحاظ شدت و زمان نیز یکسان نبوده است. در برخی دوره ها از قطب ها به عرض های پایین کشیده می شد که در افزایش آب و بالا آمدن آب ها مؤثر بوده است. در صفحه بعد عوامل مؤثر بر تغییر

سطح آب‌ها به اختصار آورده شده است. یکی از عوامل تغییر دهنده سواحل تغییراتی است که در پی زلزله‌ها ایجاد می‌شود که بارزترین خطر ثانویه زلزله، موجهای زلزله و پیدایش تسونامی‌ها می‌باشد. اکثر تسونامی‌ها ناشی از جابه‌جایی بستر دریاهاست. با انفجار آتشفشانی جزایر آتشفشانی و سنگ‌های بزرگ و سواحل فرستاده می‌شود (کیت، اسمیت مخاطرات محیطی، ص ۲۱۹). هوک معتقد است که بالا آمدن حوضه‌های پست منجر به پنخس آب در سطح خشکی‌ها و در نتیجه پیشرفت دریا در قاره‌ها می‌شود که آن را تالاسو کراتیک نامید و در مرحله فرونشینی هم‌زمان با تمرکز رسوب‌ها در حوضه‌ها خشکی‌های اطراف برخاسته و پس روی در خشکی را سبب می‌شوند که آن را ژئوکراتیک نامید (معمدم، احمد کواترنر (زمین‌شناسی دوران چهارم) ص - ۱۵).

نوسانات آب دریای خزر نظیر آنچه که در هر مخزن بسته‌ای اتفاق می‌افتد، به بیلان ورودی و خروجی آن بستگی دارد (طلوعی - علل نوسانات آب دریای خزر - ۶۸). از عواملی که سبب نوسان آب دریاها و به ویژه دریای خزر می‌گردد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

عوامل زمین‌شناسی

دلیل زمین‌شناسی آن به علت حرکات زمین‌ساختی و تکتونیک ناحیه است که با توجه به موقعیت مکانی و قرارگیری آن در کمربند آلپ - هیمالیا و چاله‌های موجود در اطراف آن می‌باشد (نادر صفت، حسین، جغرافیای کواترنر، انتشارات پیام نور، ۱۳۷۹).

پیدایش ارتفاعات زیر دریایی

- آتشفشان‌ها: چشمه‌های آتشفشانی زیر دریایی

- برخاستن اعماق

- فعالیت‌های داخلی زمین

- کوهزایی: فروریختن اعماق

- تعادل بین رسوبگذاری - فرونشینی کف

- ایزوستازی: یخبندان و بین یخبندان

پدیده‌های استاتیک و اپی روزنیک

- گلاسیو استاتیک

- ترمو استاتیک

- ژئوکراتیک

- تالاسو کراتیک

- انحنایپذیری و تغییرات سواحل

- افزایش یا کاهش واردات جوی به‌طور طبیعی: افزایش یا کاهش سطح آب و یا اثر متناوب سالانه

- تغییرات شوری

- عوامل اقلیمی و کیهانی

از میان عوامل طبیعی دخیل در نوسانات سطح آب خزر می‌توان از تغییرات اقلیمی در اعصار مختلف نام برد. با توجه به موقعیت جغرافیایی دریای خزر و همچنین آسیب‌پذیری لایه ازن و پی‌آمد آن تغییرات اقلیمی، ذوب کلاهک‌های یخی و برف‌های بخش علیایی حوضه در خاک شوروی و به‌طور کلی افزایش مقدار بارندگی در دریای خزر نسبت به تبخیر از سطح آن یکی دیگر از عوامل مؤثر در نوسانات سطح آب باشد.

- تغییر در بیلان آب (واردات - تبخیر): تغییر محدود ارتفاعی و زمانی تغییرات شوری افزایش سطح دریای آزاد پایین آمدن سطح دریای بسته

- عوامل انسانی: سدسازی در مسیر جریان‌ها - انحراف مسیر جریانی تنظیم یا بستن کانال‌های خروجی - هدایت آب‌ها به حوضه

- عوامل کیهانی غیر عادی: تغییرات یازده، سی و صد ساله و غیره - جز و مدهای غیر عادی با ایجاد منطقه کم فشار بالا و پایین رفتن سطح دریا به‌طور غیر معمول (معتد، احمد کوآتر نر (زمین‌شناسی دوران چهارم) ص - ۱۹۳)

بهترین روش مطالعه تغییر سطح آب‌ها استفاده از شواهد ژئو مرفولوژیک می‌باشند ولی گاهی اوقات شواهد قدیمی تحت تأثیر تحولات زمین‌ساختی بعدی تغییر شکل می‌یابند و لازم است از شواهد غیر ژئو مرفولوژیک نیز استفاده کرد. فسیل جانداران نقش مهمی در برطرف کردن این مشکل دارد. البته بایستی یادآور شد که ارتفاع حقیقی سطح دریاها کنونی با توجه به سنگواره‌ها حد واقعی را نشان نمی‌دهد زیرا ارتفاع بسیاری از سنگواره‌ها در تحولات زمین‌ساختی تغییر یافته‌اند. اثرات ناشی از دوره‌های یخچالی و بین یخچالی نشان می‌دهد که جانورن دوره‌های سرد و گرم بایکدیگر متفاوت می‌باشند. امروزه با تهیه نقشه‌های توپوگرافی، نقشه نمودارهای ژرفای آب، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای در جهت ردیابی تغییرات خط ساحلی از لحاظ تاریخی و زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد (آریو. کوک و جی. سی. دورکمپ، ژئو مرفولوژی و مدیریت محیط ص - ۱۵۰) از سال ۱۳۵۷ تا ۱۳۷۵ سطح آب دریای خزر دو و نیم متر بالا آمد و بر اساس شواهد موجود پیش روی دریای خزر از این سال آغاز شده است. نباید این موضوع را از نظر دور داشت که دخالت‌های انسانی مانند برداشت منابع زیر سطحی چون نفت و گاز که سبب نشست زمین می‌شود در تشدید فعالیت‌های زمین‌شناسی بسیار تأثیر گذارند.

این موضوع سبب تغییرات کلی سطح آب دریای خزر نخواهد بود بلکه با تغییر شکل کاسه خزر، سبب اختلافات محلی در پیشروی و پسروی خواهد شد. عامل دخالت‌های انسانی معمولاً از طریق ورودی رودخانه صورت می‌گیرد به طوری که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به احداث

سدهای مختلف بر روی رودخانه ولگا نام برد که از سال‌های ۱۹۳۷ تاکنون ۱۱ سد استراتژیک روی این رودخانه احداث شده است. بالاترین آبدهی رودخانه ولگا در سال ۱۹۹۴ معادل ۳۳۳/۱۸ کیلومتر مکعب بوده است به طوری که در این سال بالاترین تراز آب در طی ۱۰۰ سال گذشته مشاهده شده است.

پایین‌ترین آبدهی این رودخانه نیز در سال ۱۹۷۵ معادل ۱۶۶/۰۶ کیلومتر مکعب دیده شده است که این سال تقریباً معادل پایین‌ترین تراز آب در دوره ۱۰۰ ساله است. بر این اساس نوسانات سطح آب دریای خزر به میزان قابل توجهی وابسته به آبدهی رودخانه ولگا است که ضریب همبستگی این دو در حدود ۶۹/۰ است. از اندازه‌گیری‌های به‌عمل آمده از نوسانات تراز آب دریای خزر در ۱۷۰ سال اخیر مشخص می‌شود که بالاترین تراز در حدود ۸۰/۲۴- (منفی بیست و چهار / سانتی‌متر) و کم‌ترین آن ۵۵/۲۸- (منفی بیست و هشت / سانتی‌متر) بوده است. پس از بالا آمدگی شدید سطح آب خزر که معادل ۲/۴ متر (دو / چهاردهم متر) طی سال‌های ۱۹۷۸ تا ۱۹۹۵ و برابر ۱۳ سانتی‌متر رشد سالانه بود از سال ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۸ سیر پسروری دوباره شروع شد به طوری که در حدود ۵۰ سانتی‌متر کاهش داشت. اما از سال ۱۹۹۹ به بعد سطح آب دریای خزر با روند بسیار ضعیفی در حال افزایش است. (قانقرمه، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۲۰۰۸).

نتیجه‌گیری

تغییرات سواحل در مناطق مختلف در دوره‌های زمانی متفاوت بوده است، اما آنچه مسلم است در دوره‌ای اولیه زمین‌شناسی این تغییرات زیاد بوده است و لی در دوره کوتاه‌تر وضعیت سواحل تقریباً ثابت بوده است. به طوری که تحت تأثیر عوامل مختلف، در دوره یخچالی سطح آب‌ها پایین رفته و بر عکس در دوره بین یخچالی افزایش یافته است. این وضعیت در دریا‌های بسته متفاوت بوده است. امروزه جهت شناخت سواحل در گذشته از شواهدی مانند سنگواره‌ها و تحولات تکتونیک و رسوبات حاشیه سواحل مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کلی عوامل نوسان آب‌ها از گذشته تاکنون فعالیت‌های داخلی زمین، حرکات کوهزایی، پدیده‌های استاتیک و اپی روژنیک، واردات جوی تغییر در بیلان آب عوامل جوی کیهانی غیر عادی و در حال حاضر نیز انسان نقش مهمی را در تغییر سواحل ایفاء کرده است. سطح آب دریای خزر به طور قابل ملاحظه‌ای در نوسان است. تغییراتی در حدود ۳ متر در طول ۱۰۰ سال گذشته و حتی بیشتر در دوران زمین‌شناسی ثبت شده است. این نوسانات به طور عمده توسط عوامل طبیعی به وجود می‌آیند، مهم‌ترین نوسانات در محل جریان رودخانه‌های ولگا و اورال به دریا به وجود می‌آیند و به همین علت شرایط آب و هوایی در نواحی آبخیز تغییر می‌کند.

نوسانات سطح آب دریا تأثیر منفی بر تسهیلات و بناهای ساحلی دارد زیرا زمانی که سطح آب پایین می‌آید، تأسیسات ساحلی همانند اسکله‌ها و بار اندازها دیگر قابل استفاده نخواهند بود و بالعکس زمانی که سطح آب بالا بیاید، نواحی خشک قبلی با آب پوشانده می‌شود و زیربناها خسارت می‌بینند. به علاوه امواجی که به واسطه باد یا طوفان به وجود می‌آیند، در پیدایش آبگرفتنی در مناطق ساحلی به خصوص در منطقه شمالی خزر، منطقه‌ای که جریان باد مناسب است و منطقه ساحلی سطح پایینی دارد، نقش مهمی ایفا می‌کنند. بی‌توجهی به نوسانات سطح آب در توسعه ساحلی پیامدهای منفی جدی در پی خواهد داشت. یک عامل موثر دیگر در نوسانات سطح آب دریا، تبخیر است که به طور کلی بیش از یک متر در هر سال است. فعالیت‌های انسان‌ها نیز از طریق سدسازی، ایجاد خلیج‌های کوچک و انحراف مسیر رودخانه‌ها بر میزان نوسانات سطح دریا اثر گذاشته‌اند. نوسانات سطح آب دریا سبب تأثیرات غیرمستقیم مانند ورود آلاینده‌ها به دریا در زمین‌هایی که آب گرفتگی دارند، دگرگونی زیستگاه‌های ساحلی و زیر ساختارها و نابودی نیزارهای وسیع ساحلی می‌گردد.

منابع

- کوک، آریو، دورکمپ، جی سی، ژئومرفولوژی و مدیریت محیط ترجمه گودرزی نژاد، شاهپور، چاپ اول، ۱۳۷۸، جلد دوم
- معتمد، احمد، کواتر نر (زمین شناسی دوران چهارم)، چاپ اول، دانشگاه تهران، ۱۳۷۶
- هوک، ج. ام، ژئومرفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی، ترجمه زمریدیان جعفر، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران ۱۳۷۲
- خالدی، شهریار، بلایای طبیعی، انتشارات جهاد دانشگاهی ۱۳۷۹.
- هاگت، پیتر، جغرافیا ترکیبی نو، ترجمه گودرزی نژاد، شاهپور، جلد دوم، انتشارات سمت، ۱۳۷۹.
- نادرصفت، حسین، جغرافیای کواتر نر، انتشارات پیام نور، ۱۳۷۹.
- فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره‌های ۶۴-۶۳، زمستان ۱۳۸۰ و بهار ۱۳۸۱.
- مجله علمی و فنی سازمان هواشناسی کشور، شماره ۴۰، زمستان ۱۳۷۷.
- کیت، اسمیت مخاطرات محیطی.
- معتمد، احمد کواتر نر (زمین شناسی دوران چهارم).
- تجمع رسوب باعث کف دریاچه‌ها و بالا آمدن ساحل می‌شود. - Epeirogenic.
- معتمد، احمد کواتر نر (زمین شناسی دوران چهارم).
- آریو. کوک و جی. سی. دورکمپ، ژئو مرفولوژی و مدیریت محیط.
- آریو. کوک و جی. سی. دورکمپ، ژئو مرفولوژی و مدیریت محیط.