بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد پنجم، شماره اول، بهار ۱۳۹۵
http://japu.gau.ac.ir

ضرورت بررسی اثرات کاهش سطح آب دریای کاسپی بر وضعیت خلیج گرگان و ارایه راه‌کار جهت برون رفت از بحران در سال‌های آتی

*سعید شربتی
مربی گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/٤/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/٤/۵

چکیده

حوضه دریایی استان گلستان به‌دلیل قرار گرفتن در منطقه کم‌عمق فلات قاره از جمله نواحی در معرض خطر افت و خیز سطح دریای کاسپی می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده احتمال ادامه کاهش سطح آب به‌عنوان دور جدیدی از ویژگی‌های نوسانی سطح دریای کاسپیدور از انتظار نیست. با عنایت به روند کاهش تراز دریای کاسپی در خلال ۲۰ سال اخیر به میزان ۱۲۰ سانتی‌متر، قطع ارتباط دایمی خلیج گرگان با دریای کاسپی در سال‌های آتی امکان‌پذیر می‌باشد. بر اساس آمایش سرزمینی خلیج گرگان بالقوه استطاعت توسعه بنادر و کشتیرانی، صنعت گردشگری و آبزی‌پروری را دارا می‌باشد. ولی در اثر جدایی خلیج گرگان از دریای کاسپی به‌تبع بسیاری از مخاطرات جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی و اقتصادی متوجه مدیریت خرد و کلان در ابعاد منطقه‌ایی و فرا منطقه‌ایی خواهد. با دانستن روند رو به کاهش سطح آب و میزان رژیم رسوب‌گذاری می‌توان اثرات رفتار کاهش سطح دریای کاسپی را بر حوضه‌های تحت امر آن شبیه‌سازی نمود. نتایج چنین مدل‌سازی‌هایی می‌تواند به‌عنوان راه‌کاری مدیران را در اتخاذ تدابیر مناسب و برنامه‌ریزی جهت توسعه پایدار، استفاده بهینه از حوضه دریایی استان گلستان بر اساس آمایش سرزمینی، جانمایی بوم‌سازگان‌های جدید، کاهش بلایای زیست‌محیطی و جلوگیری از زیان‌های اقتصادی وارده به منطقه تحت شرایط بحرانی آینده یاری

*مسئول مکاتبه: s_sharbaty@yahoo.com

نماید. در این پژوهش ضرورت بررسی موضوع خطرات کاهش سطح دریای کاسپی بر وضعیت آتیه خلیج گرگان مدنظر قرار گرفته است و نسبت به ارایه برخی موضوعات پیشنهای و راه‌کارهای علمی و عملی جهت بیرون رفت از بحران در سال‌های آتی با استفاده از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ایی می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: خلیج گرگان، دریای کاسپی، کاهش سطح دریا، شبیه‌سازی رایانه‌ای

مقدمه

دریای کاسپی که در ایران به اشتباه آن را به نام خزر می‌شناسند (موحد، ۱۹۸۲ و رضا، ۲۰۰۹)، در طبقه‌بندی دریاها جزو دریاهای بسته به‌شمار رفته و به جا مانده از دریای قدیم تتیس می‌باشد (اوژیواس و خان، ۲۰۱۲). عدم ارتباط این دریا با دریاهای آزاد سبب گردیده است تا تراز سطح آب در این دریا در دوره‌های مختلف دچار افت و خیز متعدد گردد. در نتیجه این فرآیند بخش‌های اعظمی از سواحل پست و کم عمق در حاشیه این دریا همچون خلیج‌ها و تالاب‌ها دچار تغییرات مورفولوژیکی می‌گردد (کاکرودی و همکاران، ۲۰۱٤).

عامل مهم در نوسانات سطح آب دریای کاسپی را می‌توان تغییر در رژیم هیدروکلیماتولوژی حاکم بر این دریا همچون تغییر در میزان نزولات جوی در حوزه آبخیز دریای کاسپی متاثر از تغییرات آب و هوایی بزرگ مقیاس کره زمین، تبخیر آب از سطح خلیج قره‌بغاز گل و احداث سدهای متعدد در مسیر رودهای ورودی به دریای کاسپی به‌منظور استفاده بهینه از آب‌های سطحی و از جمله عوامل دیگر حرکت صفحات زمین در اثر فعالیت‌های زمین‌ساختی و تغییر در میزان نهشت رسوبات در بستر دریا نام برد (قانقرمه، ۲۰۱۳)

استان گلستان با داشتن ۱۰۰ کیلومتر مرز ساحلی و قرار گرفتن در منطقه کم‌عمق فلات قاره از جمله نواحی در معرض خطر افت و خیز سطح آب در دریای کاسپی می‌باشد (شکل ۱). حوضه دریایی استان گلستان شامل حوضه جنوب شرقی دریای کاسپی، تالاب‌های بین‌المللی خلیج گرگان، گمیشان، میانکاله و ناحیه کم عمق چاپقلی می‌باشد (عادلی، ۲۰۱۲). تالاب‌های گمیشان، خلیج گرگان و میانکاله در کنوانسیون رامسر به ثبت رسیده و نگاه بین‌المللی به حفاظت از این ذخایر زیست‌کره وجود دارد.

شکل ۱- تصویر حوضه جنوب شرق دریای کاسپی (گوگل ارث، ۲۰۱۵).

موقعیت استراتژیک سواحل جنوب شرقی دریای کاسپی سبب گردیده است تا تصمیم‌سازان در سطوح مدیریتی بالا جهت ارتباط و دسترسی کشورهای آسیای میانه با آب‌های آزاد خلیج فارس و دریای عمان نسبت به ساخت دو بندر مهم گز و ترکمن در سال ۱۳٦۹ و بندر خوجه‌نفس در سال ۱۳۸۵ اقدام نمایند. علاوه‌بر آن نتایج تحقیقات در خصوص بررسی عوامل فیزیکوشیمیایی آب نشان داده است که خلیج گرگان محیط بسیار مناسبی جهت پرورش ماهیان گرم آبی، سرد آبی و فیل ماهی در محیط محصور می‌باشد (محمدخانی و همکاران، ۲۰۱٤). کم عمق بودن و نزدیکی شهرهای بهشهر، گلوگاه، نوکنده، بندرگز و بندرترکمن به خلیج گرگان سبب گردیده است تا از جاذبه‌های طبیعی سواحل این خلیج بی‌بدیل جهت توسعه صنعت گردشگری و رونق اقتصاد مردم منطقه استفاده گردد.

از سال ۱۹۷۷ تا سال ۱۹۹۵ میلادی سطح آب دریای کاسپی به میزان ۲/۵ متر افزایش یافت (اوژیواس و همکاران، ۲۰۱۰). این امر سبب گردید تا توجه مسولین بیشتر به خطرات ناشی از افزایش سطح آب دریای کاسپی معطوف گردیده و نتیجه آن تعیین حریم سواحل دریای کاسپی و الگوپیشنهادی برای تعیین حدحریم و حد بستراین پهنه آبی بر اساس تراز منفی ۲٤/۷ متر از سوی وزارت نیرو در سال ۱۳۸٦ گردید. (راهنمای مطالعات تعیین حریم سواحل دریاها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها و خورها، ۲۰۰۰).

متأسفانه تحقیقات پیشین در خصوص تعین اهداف سند چشم‌انداز فعالیت‌های دریایی در حوضه دریایی استان گلستان بر اساس توسعه پایدار نبوده و معضلات ناشی از کاهش سطح آب دریای کاسپی را در نظر نگرفته است. در نتیجه این امر در سال‌های اخیر به‌همراه کاهش سطح آب دریای کاسپی مشکلات بسیار زیادی سد راه توسعه پایدار در حوضه دریایی استان گلستان گردیده است که از آن جمله می‌توان به نابودی تدریجی تالاب بین‌المللی میانکاله در منتهی الیه بخش غربی خلیج گرگان، خطر از کار افتادگی بخش مهمی از پتانسیل‌های بنادر خوجه‌نفس، ترکمن و گز، هدر رفت سرمایه در بخش صنعت گردشگری و مشکلات فرآروی صنعت آبزی‌پروری در محیط محصور در حوضه دریایی استان گلستان اشاره نمود.

بیم آن می‌رود که در نتیجه ادامه روند کاهش سطح آب در دریای کاسپی تنها راه ارتباطی خلیج با دریای کاسپی در ناحیه چاپاقلی دچار خشکی‌زدگی گردد (شربتی و قانقرمه، ۲۰۱٦). شبیه‌سازی‌های رایانه‌ایی یکی از بهترین شیوه‌ها جهت به تصویر کشیدن آینده در مقیاس‌های زمانی و مکانی بزرگ می‌باشد (کمپ، ۲۰۰۹). شبیه‌سازی‌های رایانه‌ایی در ابعاد یک، دو و سه بعدی قابلیت تجزیه و تحلیل وقایع آینده در بخش‌های اکولوژیکی و مهندسی سازه و سواحل را دارا می‌باشند (فاشچوک، ۲۰۱۱). با استفاده از این ابزار به راحتی می‌توان اثرات افزایش و یا کاهش سطح آب دریای کاسپی را بر وضعیت آتیه حوضه دریایی خلیج گرگان از لحاظ برنامه‌های توسعه‌ایی و زیست‌محیطی شبیه‌سازی نمود. در این مقاله ضرورت بررسی موضوع خطرات کاهش سطح آب دریای کاسپی بر وضعیت آتیه خلیج گرگان مدنظر قرار گرفته و نسبت به ارایه برخی موضوعات پیشنهادی راه‌کارهای علمی جهت بیرون رفت از بحران در سال‌های آتی با استفاده از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ایی می‌پردازد.

مواد و روش

موقعیت جغرافیایی خلیج گرگان: خلیج گرگان با طول تقریبی ٦۰ کیلومتر و حداکثر عرض ۱۲ کیلومتر در بخش جنوبی خود با استان‌های مازندران و گلستان و در بخش شمالی نیز توسط زبانه ماسه‌ایی شبه‌جزیره میانکاله احاطه گردیده است (شکل ۱). خلیج گرگان تنها خلیج ایران در آب‌های سواحل جنوبی دریای کاسپی می‌باشد. مساحت خلیج در سال ۱۳۹۰ و در تراز منفی ۲٦/۵ متر بر اساس سطح خلیج فارس بالغ بر ٤٦۰ کیلومترمربع و حداکثر عمق آن ۳/٦ متر بوده است (شربتی، ۲۰۱۵). تا پیش از سال ۱۳۹۰ خلیج گرگان از طریق دهانه آشورآده- بندرترکمن و کانال خزینی با دریای کاسپی در ارتباط بوده است (شربتی، ۲۰۱۲). اما در حال حاضر تنها از طریق دهانه آشورآده-

بندرترکمن به عرض تقریبی ۲/۲ کیلومتر با دریای کاسپی در ارتباط دایمی می‌باشد. کانال خزینی در سال‌های اخیر با کاهش سطح آب دریا و افزایش رژیم رسوب‌گذاری مسدود گردیده و در چند سال گذشته تنها ترازهای بالای لحظه‌ایی سطح آب دریای کاسپی در مواقع پر آبی و یا برکشند توفان سبب بازگشایی موقت آن گردیده است (شربتی و شعبانی، ۲۰۱۵). دهانه آشوراده- بندرترکمن نیز از طریق ناحیه کم عمقی موسوم به چاپقلی (به زبان ترکمنی یعنی مکانی که دارای ماهی است) واقع در منتهی الیه جنوب شرقی دریای کاسپی با دریای مادری در ارتباط می‌باشد (شکل ۱).

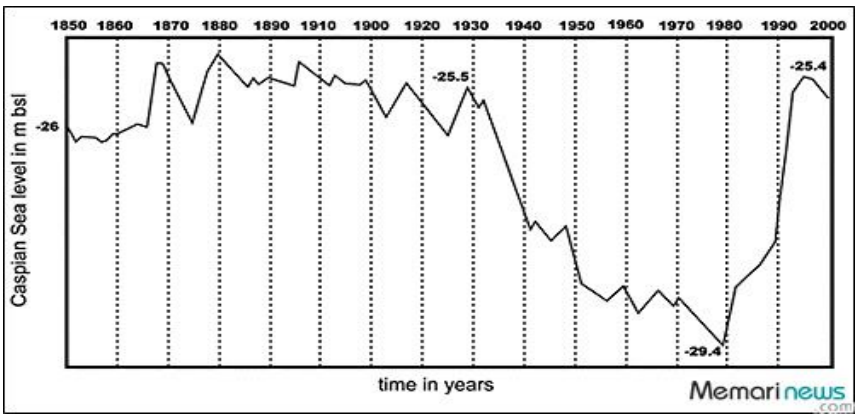
ناحیه آبی چاپقلی از طریق دو آبراهه باریک و نه چندان عمیق (در مقایسه با نواحی مجاور آن)، خلیج گرگان را با دریای کاسپی مرتبط می‌سازد (شربتی و همکاران، ۲۰۱۰). تمامی بخش‌های ناحیه چاپقلی به غیر از دو آبراهه اصلی آن دارای عمق کمتر از ۰/۵ متر می‌باشد. مسیر آبراهه شرقی در منتهی‌الیه شرقی دهانه خلیج گرگان واقع گردیده و طول آن از دریا تا بندرترکمن ۸/۵ کیلومتر، حداقل عرض آن ۵۰ متر و حداکثر عمق ۱/۱ متر می‌رسد. بر اساس بازدید و اندازه‌گیری‌های میدانی (جی‌پی‌اس ثبت موقعیت و اکوساندر ثبت عمق) در زمستان سال ۱۳۹۳ مسیر آبراهه میانی که در بخش میانی محدوده دهانه ورودی خلیج گرگان واقع گردیده است، دارای طول ۳ کیلومتر، حداکثر عرض ۱۵۰ متر و حداکثر عمق ۳/٤ متر می‌باشد (شکل ۲).

شکل ۲- موقعیت دو کانال شرقی و میانی در ناحیه چاپقلی.

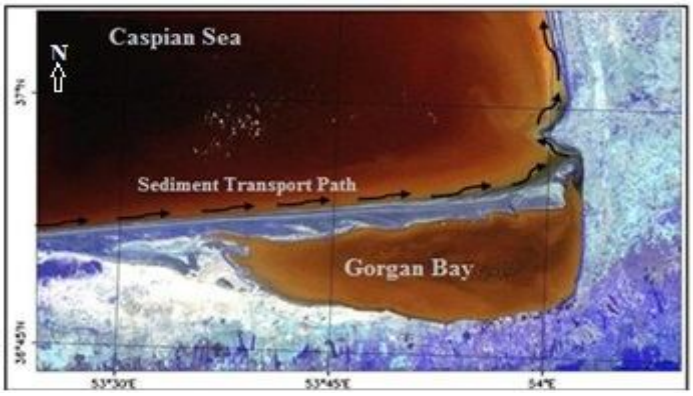
بررسی اثرات کاهش سطح آب بر مورفولوژی سواحل خلیج گرگان: خلیج گرگان تماماً در منطقه فلات قاره واقع گردیده و از این حیث دارای شیب بسیار ملایمی می‌باشد به گونه‌ای که کم‌ترین تغییر

در تراز آب دریای کاسپی سبب به‌وجود آمدن بیشترین تغییرات مورفولوژیکی در سواحل این پیکره آبی از طریق غرقاب شدن و یا خشک شدن سواحل و جابجایی صدها متر از خط ساحلی آن می‌گردد (عموزاده و کنعانی، ۲۰۰۸). بررسی تصاویر ماهواره‌ایی لندست در ۸ سال غیر متوالی (سال‌های ۱۹۵۵، ۱۹۷۵، ۱۹۸۷، ۱۹۹۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱) و بررسی لایه‌های مختلف گوگل ارث از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ در خلیج گرگان بیان‌گر آن است که نواحی کم عمق کرانه‌های ساحلی خلیج گرگان در طی سال‌های گذشته متأثر از افت و خیز سطح آب دریای کاسپی دائماً از آب پر و خالی شده است (شایان و همکاران، ۱۳۹۱). ولیکن روند رو به کاهش این نوسانات در سال‌های اخیر منجر به خشک شدن بخش قابل توجه‌ایی از نواحی کم عمق ساحلی گردیده است. در حال حاضر بخش اعظمی از تالاب بین‌المللی میانکاله که در بخش غربی خلیج گرگان واقع گردیده است به‌دلیل خشکی‌زدگی متأثر از کاهش سطح آب دریا دچار توالی بوم‌شناختی و نواحی کم عمق تالابی در این منطقه به خشکی مبدل گردیده است (شربتی و قانقرمه، ۲۰۱۶) (شکل ۱).

تحلیل تغییرات دراز مدت تراز آب دریای کاسپی نشان می‌دهد که سطح تراز آب دریا در دوره مشاهدات ثبت ابزاری تا به امروز در محدوده ارتفاع منفی ۲۵ تا منفی ۲۹ متر در حال نوسان بوده است (ممدوف و خوش‌روان، ۲۰۱۲). دامنه این نوسانات در خلال این دوران تقریباً ٤ متر بوده است (شکل ۳). با کاهش تراز سطح آب در سال ۱۹۷۷ به میزان منفی ۲۹ متر تمامی سواحل دریای کاسپی از جمله خلیج گرگان دچار تغییرات مورفولوژیکی بسیار شدید گردیده است به‌طوری که مساحت خلیج گرگان در این سال به ۳۳۰ کیلومتر مربع کاهش یافت (شکل ٤).

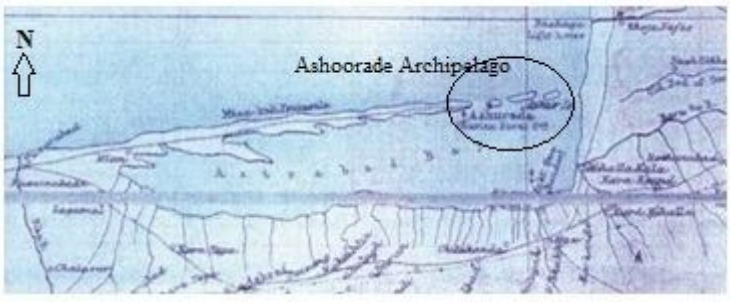


شکل ۳- نوسانات تراز آب دریای کاسپی از سال ۱۸۵۰ تا ۲۰۰۰ میلادی، ارتفاع براساس سطح دریای بالتیک.



شکل ٤- تصویر ماهواره‌ایی لندست در سال ۱۹۷۷ و اثر کاهش سطح آب بر مساحت خلیج گرگان.

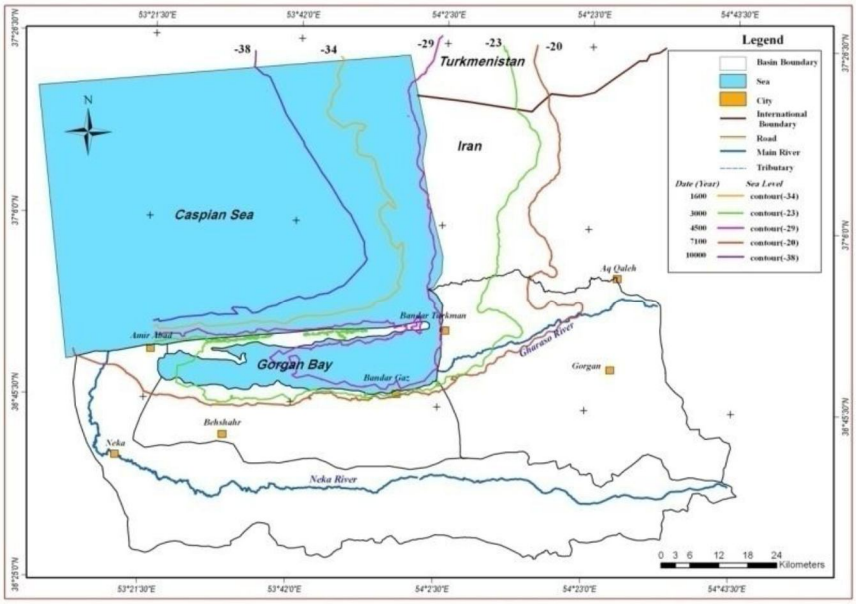
بررسی نقشه قدیمی برداشت شده در سال ۱۸۹۰ از سواحل جنوب شرقی دریای کاسپی و خلیج گرگان نشان می‌دهد که زمانی آشورآده امروزی مرکب از سه جزیره کوچک‌تر بوده است (عمادالدین، ۲۰۱۲) (شکل ۵). این جزایر به‌دلیل شیب ملایم و ارتفاع کم در برابر نوسان سطح آب دریای کاسپیبه سرعت واکنش نشان داده و جزایر مذکور به تدریج در پاسخ به کاهش سطح آب دریای کاسپی رفته رفته به یکدیگرمتصل می‌گردند (عرفان و حامدی، ۲۰۱۵) (شکل ٦). افزایش و کاهش سطح آب در دریای کاسپی بارها و بارها سبب تشکیل و یا نابودی اکوسیستم‌های کوچک در مجاورت سواحل کم عمق خلیج گرگان و شبه‌جزیره میانکاله گردیده است. پس از سال ۱۹۷۷ و با بالا آمدن سطح آب دریا، تالاب میانکاله در بخش غربی خلیج گرگان پس از خشک شدن مجدداً شکل می‌گیرد (عمادالدین و همکاران، ۲۰۱٤) (شکل ۱). با این حال این تالاب بین‌المللی در سال‌های اخیر در ادامه دور جدید کاهش سطح آب در دریای کاسپی رفته رفته رو به اضمحلال و خشک شدن می‌باشد (شربتی و قانقرمه، ۲۰۱٦) (شکل ۱۰).



شکل ۵- نقشه تاریخی خلیج گرگان و شبه‌جزیره میانکاله در سال ۱۸۹۰ میلادی.

شکل ٦- بیرون آمدن بستر دریا از زیر آب در ناحیه چاپاقلی و اتصال جزایر قدیمی آشورآده به یکدیگر (گوگل ارث ۲۰۱٤).

با نگاهی گذرا بر حرکت خط ساحلی در اواخر دوران هولوسن (۱۰۰۰۰ سال گذشته) می‌توان دریافت که خط ساحلی استان گلستان بارها و بارها دچار افت و خیز متعدد شده و این امر سبب به وجود آمدن و یا اضمحلال بوم‌سازگان‌های خشکی- دریا گردیده است (شکل ۷).



شکل ۷- تغییرات سطح دریا در دوره هولوسن و اثرات آن بر خطوط سواحل خلیج گرگان (امینی و همکاران، ۲۰۱۲).

بررسی فرایند انتقال رسوب و اثرات آن بر توپوگرافی و منحنی سواحل خلیج گرگان: نه تنها عامل نوسان سطح آب در تغییرات عمق خلیج و نواحی ارتباطی آن با دریای کاسپی در ناحیه چاپقلی مؤثر می‌باشد بلکه فرآیند انتقال رسوب نیز نقش مهم دیگری را در کاهش عمق خلیج بازی می‌نماید (شربتی و قانقرمه، ۲۰۱٦). بررسی‌های صورت گرفته به‌خوبی نشان داده است که خلیج گرگان به عنوان یک حوضه رسوبی نیمه بسته از ظرفیت بسیار بالای برای به‌دام انداختن رسوبات برخوردار بوده و غالب رسوبات ورودی به این حوضه به‌صورت لایه‌های رسوبی در بخش‌های مرکزی و غربی آن نهشته شده است (غریب‌رضا و همکاران، ۲۰۰٦).

تاکنون تحقیقات مختلفی در خصوص میزان رسوب‌گذاری در خلیج گرگان صورت پذیرفته است و نقطه نظرات محققین در این خصوص نیز متفاوت می‌باشد. بررسی میزان رسوب‌گذاری در ناحیه درون خلیج گرگان با استفاده از رادیو ایزوتوپ صرب ۲۱۰ معادل ۱/٤ میلی‌متر در سال و سزیم ۱۳۷ معادل ۲/٤٥ میلی‌متر در سال می‌باشد (کرباسی و امیرنژاد، ۲۰۰٤). ولیکن مطالعات انجام شده در حالت دست بالا بیان‌گر کاهش عمق ناشی از فرآیند رسوب‌گذاری در دهانه ورودی خلیج گرگان معادل ۱۰ سانتی‌متر در سال و در حوضه درون خلیج معادل ۱۷/۷ سانتی‌متر در سال و در ناحیه چاپقلی ۲۰ سانتی‌متر در سال می‌باشد (رحیمی‌پور، ۲۰۰۵).

چنین رژیم انتقال رسوبی در دراز مدت می‌تواند سبب انباشت رسوبات و متعاقب آن کاهش عمق در خلیج گرگان گردد. در شکل ٤ نحوه انتقال رسوب غالب از سمت غرب به شرق در سواحل شمالی شبه جزیره میانکاله در اثر جریان‌های موازی با ساحل با پیکان‌های ممتد نشان داده شده است. ادامه این روند در سال‌های کاهش سطح آب می‌تواند سبب انسداد دهانه ورودی خلیج گرگان در ناحیه چاپقلی گردد. با انسداد دهانه چاپقلی عملاً خلیج گرگان از دریای مادری جدا گردیده و هیچ‌گونه ارتباط هیدرودینامیکی و زیستی با دریای کاسپی نخواهد داشت.

عدم توجه محققین و مسولین در خصوص مطالعه بر روی میزان رسوب‌گذاری در سواحل جنوبی خلیج گرگان منجربه از بین رفتن بخش قابل توجه‌ایی از پتانسیل‌های بنادر ترکمن و گز در طی ۲۰ سال گذشته متأثر از اثر توامان رژیم رسوب‌گذاری و کاهش سطح آب در حوضچه‌های آرامش این بنادر گردیده است (کتابداری و همکاران، ۲۰۱٤). با نگاهی اجمالی به اشکال ۸ و ۹ می‌توان دریافت

که میزان رسوب‌گذاری در حوضچه‌های آرامش بنادر ترکمن و گز توانسته است استفاده از بنادر مذکور را با مشکلات متعدد مواجهه نماید.

شکل ۸- نواحی هاشور زده منطقه رسوب‌گذاری شده را در حوضچه بندرترکمن نشان می‌دهد (گوگل ارث، ۲۰۱۵).

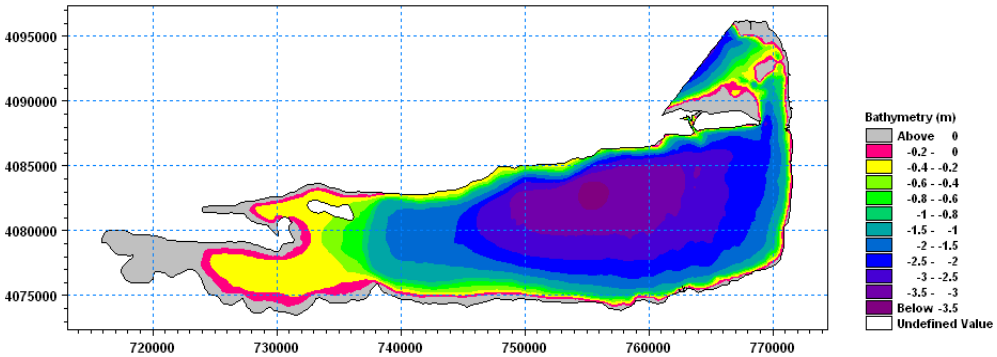
شکل ۹- نواحی هاشور زده منطقه رسوب‌گذاری شده را در حوضچه بندرگز نشان می‌دهد (گوگل ارث، ۲۰۱۵).

بررسی کاهش سطح آب در دریای کاسپی و شروع مراحل توالی بوم‌شناختی در خلیج گرگان: از جمله عوامل مهمی که ماهیت وجودی حوضه دریایی استان گلستان را تهدید نموده و موجب تسهیل در روند توالی بوم‌شناختی در آن می‌گردد کاهش حجم آب در خلیج به‌واسطه کاهش تراز سطح آب در دریای کاسپی و هم‌چنین وجود نرخ بالای رسوب‌گذاری در آن می‌باشد که در صورت عدم توجه به این عوامل در سال‌های نه‌چندان دور شاهد اضمحلال بوم‌سازگان‌های منحصربه‌فرد این استان و تبدیل آن‌ها به بوم‌سازگان دیگری خواهیم بود. توالی بوم‌شناختی به معنای تبدیل یک بوم‌سازگان به بوم‌سازگان دیگر در اثر برخی از عوامل محیطی می‌باشد (قربانی، ۲۰۰۹).

در مدلی که توسط ایستربروک در خصوص مراحل توالی مناطق پست و مغروق شده ارائه گردیده است، خلیج‌هایی با خصوصیات خلیج‌گرگان در مرحله پایان جوانی تا ابتدای بلوغ قرار می‌گیرند (ایستربروک، ۱۹۹۹). در چنین مراحلی با کاهش سطح آب و رسوب‌گذاری در خلیج‌ها، به‌ویژه در کرانه‌های کم عمق ساحلی آن‌ها، ابتدا سواحل خلیج تبدیل به مرداب و سپس با پر شدن مرداب از رسوبات آلی و معدنی به باتلاق مبدل گردیده و رفته رفته باتلاق‌ها خشک می‌شوند. با پیشرفت مرحله بلوغ، سواحل صاف و خشکی‌های جدید با گونه‌های جانوری و گیاهی خشکی‌زی پدید می‌آید. این فرآیند تحت عنوان فرآیند توالی بوم‌شناختی شناخته می‌گردد (والکر و مورال، ۲۰۰۳). نظیر چنین فرآیندی در ناحیه چاپقلی و تالاب میانکاله به‌دلیل کاهش عمق در حال وقوع می‌باشد و مساحت قابل ملاحظه‌ای از این دو اکوسیستم که پیشتر از آب پر بوده است تبدیل به مناطقی خشک و یا پوشش گیاهان شورزی شده و برای موجودات آبزی غیرقابل استفاده گردیده است (شکل‌های ٦ و ١٠).

شکل ۱۰- خشکی‌زدگی در بخش جنوب غربی خلیج گرگان موسوم به دریا کوچیک در حوزه شهرستان بهشهر در زمستان ۱۳۹۳.

شبیه‌سازی توپوگرافی خلیج گرگان بر اساس سناریوهای کاهش سطح آب: در تحقیق حاضر به‌منظور به تصویر کشیدن اثرات کاهش سطح آب بر توپوگرافی خلیج گرگان نسبت به مدل‌سازی شکل هندسی خلیج گرگان اقدام گردیده است. در ساخت توپوگرافی بستر از ماژول ویرایش‌گر عمقی[1] جعبه ابزار مایک زرو[2] از بسته نرم‌افزاری دی‌اچ‌آی[3] استفاده گردیده است (خودآموز نرم‌افزار مایک زرو، ۲۰۰۷). به‌منظور ساخت نقشه هیدروگرافی خلیج گرگان نسبت به تلفیق نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه-برداری کشوربا یکسان‌سازی سطح مبنای هر سه نقشه بر اساس سطح خلیج فارس در تراز منفی ۲۶/۵ متر اقدام گردید. مدل هندسی خلیج به‌صورت یک مش بی‌ساختار متشکل از ۱٤٥۹۸ گره و ۲۷۹٦۸ المان با استفاده از ماژول تولیدگر مش ساخته شد (شکل ۱۱). بررسی داده‌های نوسان‌نگار خلیج گرگان واقع در آشوراده، حداکثر و حداقل ترازهای لحظه‌ای سطح آب را نسبت به سطح تراز میانگین متأثر از نوسانات درون سالیانه دریای کاسپی و برکشند توفان در محدوده مثبت و منفی ۵۰ سانتی‌متر نشان می‌دهد (قانقرمه، ۲۰۱۳). از آن‌جا که در خلال ۲۰ سال گذشته سالانه به‌طور میانگین سطح آب در دریای کاسپی ٦ سانتی‌متر کاهش یافته است، لذا در ادامه تحقیق نسبت به مدل‌سازی اثرات کاهش عمق ٦ سانتی‌متری بر توپوگرافی خلیج گرگان اقدام گردید. سپس حداکثر و حداقل ترازهای لحظه‌ای سطح آب نسبت به سطح تراز میانگین دریای کاسپی در هر سناریو کاهشی با تأکید بر ناحیه چاپاقلی به‌عنوان دروازه ورودی خلیج گرگان در نظر گرفته شد.



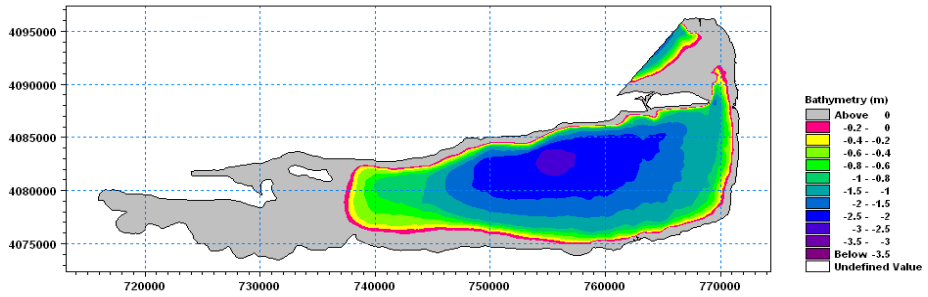
شکل ۱۱- مدل هندسی بستر حوضه خلیج گرگان در تراز منفی ۲٦/۵ متر.

1- Bathymetry Editor
2- Mike Zero
3- DHI

نتایج: بر اساس مطالعات انجام شده احتمال ادامه کاهش تراز سطح آب به‌عنوان دور جدیدی از ویژگی‌های نوسانی دریای کاسپیدور از انتظار نیست (مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۲۰۱٤). با عنایت به روند کاهش تراز سطح آب دریای کاسپی در خلال ۲۰ سال اخیر (از سال ۱۹۹۵ تا سال ۲۰۱٤) به میزان ۱/۲ متر، قطع ارتباط دایمی خلیج گرگان با دریای کاسپی در سال‌های آتی امکان‌پذیر می‌باشد.

نتایج مدل‌سازی توپوگرافی خلیج گرگان تحت سناریو کاهش سالانه ٦ سانتی‌متری سطح آب نشان می‌دهد که خلیج گرگان در تراز منفی ۲۷/٦ متر عملاً هیچ‌گونه ارتباطی با دریای کاسپی نخواهد داشت (شکل ۱۲). در این تراز ۷۰ کیلومترمربع از خلیج گرگان دچار خشکی‌زدگی کامل شده و تحت چنین شرایطی می‌توان انتظار داشت که در اندک زمانی پس از جدایی خلیج گرگان از دریای کاسپی نه تنها حجم و مساحت خلیج گرگان بلکه تمامی عوامل فیزیکوشیمیایی خلیج گرگان دچار تحول اساسی گردیده و از این رو سبب برهم خوردن استانداردهای زیستی جوامع گیاهی و جانوری خلیج گرگان گردد.

از آن‌جا که میانگین تبخیر از سطح خلیج گرگان بالغ بر ۵ میلی‌متر بر روز می‌باشد و با عنایت به ناچیز بودن سهم ورودی ۱۳ رودخانه دایمی و فصلی در تأمین آب خلیج گرگان، شروع مرحله توالی بوم‌شناختی در خلیج گرگان در تراز منفی ۲۷/٦ متر اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. لازم به ذکر است که سطح آب دریای کاسپی در سال آبی ۹۳-۹٤ در تراز منفی ۲٦/۸۹ متر قرار داشته و برای قطع ارتباط دایمی خلیج گرگان با دریای کاسپی تنها کاهش ۷۱ سانتی‌متری سطح آب کافی خواهد بود. بر اساس مطالعات انجام شده شرایط بحرانی در خلیج گرگان از زمستان سال ۱۳۹۵ و با انسداد موقت کانال‌های میانی و شرقی در ناحیه چاپقلی شروع شده و نتایج مدل‌سازی توپوگرافی بستر در این پژوهش نیز این موضوع را تأیید می‌نماید (شربتی و قانقرمه، ۲۰۱٦).



شکل ۱۲- وضعیت توپوگرافی خلیج گرگان در تراز سطح آب منفی ۲۷/٦ متر.

بر اساس آمایش سرزمینی خلیج گرگان بالقوه استطاعت توسعه دریانوردی (بندرترکمن و بندرگز)، صنعت گردشگری و آبزی‌پروری در محیط محصور (گرم‌آبی، سردآبی و خاویاری) را دارا می‌باشد، ولیکن در اثر جدایی خلیج گرگان از دریای کاسپی به تبع بسیاری از مخاطرات جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی و اقتصادی متوجه مدیریت خرد و کلان در ابعاد منطقه‌ایی و فرا منطقه‌ایی خواهد شد و این امر توسعه پایدار فعالیت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی مختلف وابسته به دریا را در منطقه دچار مشکلات متعدد خواهد نمود که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱- عدم ارتباط زیستی گونه‌های آبزی و ماهیان مهاجر آنادرموس و کاتادرموس دریای کاسپی با خلیج گرگان و مخاطرات زیستی فرآروی بسیاری از گونه‌های آبزی و بومی خلیج گرگان به سبب از بین رفتن بوم‌سازگان آبی خلیج گرگان.

۲- نابودی مامن و محل زیست پرندگان وابسته به سواحل کم عمق خلیج گرگان و تالاب بین‌المللی میانکاله.

۳- با ادامه روند خشک‌سالی در ایران تبدیل خلیج گرگان به بوم‌سازگان خشکی در اثر توالی بوم‌شناختی با عنایت به کاهش میزان دبی ورودی رودخانه‌ها به خلیج به هیچ عنوان دور از انتظار نخواهد بود.

٤- تغییر در میزان سطح سفره‌های آب‌های زیرزمینی در اثر کاهش سطح آب دریا و در نتیجه به مخاطره افتادن اقتصاد کشاورزی در منطقه.

۵- رسوبات بستر حوضه خلیج گرگان در محدوده ماسه- گلی قرار داشته و لذا خشکی‌زدگی کامل حوضه خلیج گرگان (شامل بخش خشکی و دریا) با مساحت تقریبی ٦۰۰ کیلومتر مربع در اثر کاهش سطح آب محتملاً در مواقع توفانی و بادخیز سال سبب افزایش ریزگردها در منطقه و به مخاطره افتادن اقتصاد کشاورزی و سلامتی جوامع انسانی خواهد شد.

٦- افزایش میزان غلظت آلاینده‌های ناشی از ورود شیرابه‌های صنعتی، شهری، کشاورزی و دام‌پروری در آب‌های خلیج گرگان به سبب کاهش حجم آب و از همه مهم‌تر عدم ارتباط با دریای کاسپی.

۷- کاهش میزان خودپالایی آب در خلیج گرگان به سبب کاهش حجم آب و قطع ارتباط با دریای کاسپی.

۸- تغییر رژیم هیدرودینامیک (الگوی گردش جریانات دریایی، رسوب‌گذاری و اقلیم موج) در خلیج گرگان به سبب کاهش حجم آب و قطع ارتباط خلیج با دریای کاسپی.

۹- افزایش میزان بار میکروبی در آب‌های خلیج گرگان و احتمال انتقال بیماری‌ها از طریق آب دریا و سایر مخاطرات بهداشتی مرتبط با سلامت شناگران و صنعت گردشگری در منطقه.

۱۰- از بین رفتن صنعت گردشگری آبی- دریایی در حوضه خلیج گرگان و بالطبع افزایش بیکاری و رکود اقتصادی وابسته به دریا در منطقه.

۱۱- نابودی صنعت پرورش آبزی‌پروری در محیط محصور (گرم‌آبی، سردآبی و خاویاری) در خلیج گرگان به‌دلیل کاهش سطح آب، کاهش میزان خودپالایی، افزایش بار آلودگی، شیوع بیماری‌های واگیر تجمعی و تغییر در استاندارد زیستی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی پرورش آبزیان.

۱۲- ناتوانی در استفاده از خلیج گرگان به‌عنوان مکان مناسب جهت بازسازی ذخایر آبزیان از طریق رهاسازی لارو و یا بچه ماهیان به‌دلیل قطع ارتباط خلیج با دریای کاسپی و کاهش کیفیت آب خلیج.

۱۳- تغییرات قابل توجه در فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب خلیج گرگان به سبب کاهش سطح آب و قطع ارتباط خلیج با دریای کاسپی و در نتیجه صدمات وارده بر موجودات وابسته به دریا به سبب تغییرات به‌وجود آمده در فاکتورهای فیزیکوشیمیایی از حد استانداردهای زیستی.

۱٤- از بین رفتن تمامی پتانسیل‌های بنادر ترکمن و گز در نتیجه خشکی‌زدگی خلیج گرگان و یا قطع ارتباط دایمی با دریای کاسپی.

۱۵- با خشک شدن بخش قابل توجه‌ایی از حوضه آبی خلیج گرگان تصرف و دست‌اندازی به اراضی خشک شده توسط ساکنین بومی منطقه دور از انتظار نخواهد بود.

تحت چنین شرایطی التزام مطالعه در خصوص اثرات نامطلوب کاهش سطح آب بر وضعیت آتی خلیج گرگان امری مسلم و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. شبیه‌سازی‌های رایانه‌ایی بهترین شیوه جهت به تصویر کشیدن آینده و اثرات فعالیت‌های انسان‌زادی و فرآیندهای طبیعی تحت سناریوهای مختلف بر روی خلیج گرگان قبل از وقوع شرایط بحرانی می‌باشد.

در حال حاضر خلیج گرگان برای برون رفت از بحران کاهش سطح آب نیازمند شبیه‌سازی‌های رایانه‌ایی تحت سناریوهای محتمل کاهش سطح آب در آینده نزدیک می‌باشد. با استفاده از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ایی تحت ماژول‌های اکولوژیکی و مهندسی می‌توان تغییرات به‌وجود آمده بر میزان انتقال رسوب و اثرات آن بر هیدروگرافی خلیج گرگان، تغییرات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در اثر کاهش سطح آب، تغییرات عوامل هیدرودینامیک، اثرات بازگشایی کانال خزینی، لایروبی کانال‌های میانی و شرقی در ناحیه چاپقلی و بازگشایی کانال‌های ارتباطی جدید از طریق شبه‌جزیره

میانکاله به‌عنوان راه‌کارهایی جهت افزایش تداوم حیات خلیج گرگان، جانمایی بنادر جدید با بیشترین بازدهی و طول عمر مفید، اثرات کاهش سطح آب بر میزان تولیدات اولیه و ثانویه زیستی و جانمایی بوم‌سازگان‌های جدید ناشی از کاهش سطح آب را مورد مطالعه قرار داد. جهت تحقق این امر داشتن داده‌های میدانی مناسب و جاروب[1] کامل از داده‌های عوامل زیستی، فیزیکوشیمیایی، رسوب، زمین‌شناسی، هیدروگرافی، توپوگرافی، هواشناسی، هیدرودینامیک موج و جریان از کل حوضه خلیج گرگان الزامی می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده مداوم کشورهای تازه به استقلال رسیده حوضه دریای کاسپی از منابع رواناب رودها و تغییرات بزرگ مقیاس در شرایط آب و هوایی کره زمین که منجر به شروع دور جدیدی از گرمایش کره زمین گردیده است، سبب کاهش سطح تراز آب دریای کاسپی می‌گردد (اردکانی و علی‌محمدی، ۲۰۰۸). لازم به ذکر است دبی رودخانه ولگا که در حدود ۸۰ درصد آب دریای کاسپی را تأمین می‌نماید، در دوره پرآبی و در بهار سال ۲۰۱۵ میلادی برابر ۵/٦۵ کیلومترمکعب بوده است که به میزان ۲٤ درصد از دوره مشابه در سال قبل کمتر است و برابر ٦۰ درصد دبی نرمال ولگا براساس میانگین (۱۹۹۰-۱۹٦۰) میلادی این رودخانه می‌باشد (اخبار مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۱۳۹٤). از میان عوامل برشمرده نقش خلیج قره‌بغازگل با مساحتی بالغ بر ۵ برابر دریاچه ارومیه در افزایش میزان تبخیراز سطح دریای کاسپی نباید مورد غفلت واقع گردد (کاسارف و کوستیانوی، ۲۰۰۵).

بر این اساس و در خلال قرن گذشته نوسانات سطح آب دریای کاسپی صدمات جبران‌ناپذیری بر محیط‌زیست و اقتصاد حوضه دریایی استان گلستان و اکوسیستم‌های خرد آن همچون خلیج گرگان وارد نموده است (کاکرودی، ۲۰۱۲). این صدمات در دوره‌ای با بالا آمدن سطح آب و در دوره‌ای دیگر با پایین رفتن سطح آب موجبات اضمحلال و نابودی بنادر، صنعت گردشگری، توسعه آبزی‌پروری و محیط‌زیست گردیده است.

1- Scan

متأسفانه تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته بر اساس آمایش سرزمینی در دولت‌های گذشته در خصوص حوضه دریایی استان گلستان که در منطقه فلات قاره و کم عمق دریایی واقع گردیده است بر اساس توسعه پایدار نبوده و این مهم با توجه به ویژگی‌های نوسانی سطح آب دریای کاسپی مشکلات به‌وجود آمده را در این حوضه چندین برابر نموده است (پارسایی و مفیدی‌خواجه، ۲۰۰۹).

ولیکن با توجه به عمق کم حوضه دریایی استان گلستان رفتار کاهشی سطح آب که در سال‌های اخیر دامن‌گیر دریای کاسپی و پیرو آن تمامی سواحل آن گردیده است بیشترین تأثیر را در کشور ایران بر سواحل استان گلستان وارد نموده است. اهمیت این موضوع از آن‌جا روشن می‌گردد که تنها در ٤ سال گذشته تمامی پتانسیل‌های بنادر گز و ترکمن از بین رفته و با ادامه این روند در چند سال آتی نیز بندر خوجه نفس دچار خشکی زدگی دایمی خواهد شد (کتابداری و همکاران، ٢٠١٤).

به‌کار افتادن دستگاه دیپلماسی کشور از طریق برنامه محیط‌زیست دریای کاسپی[1] به‌منظور قطع ارتباط خلیج قره‌بغازگل با دریای کاسپی و تعیین حق‌آبه برای حوضه بسته دریای کاسپی دو گزینه تئوریک قابل مطرح برای برون رفت از بحران کاهش سطح آب در سال‌های آتی می‌باشد. هرچند با توجه به اثرات مثبت خلیج قره‌بغازگل بر اقلیم صحرای ترکمنستان متعاقد ساختن جمهوری ترکمنستان جهت نیل به‌این هدف کاری سخت دشوار می‌باشد و از طرفی نیاز کشورهای تازه به استقلال رسیده حوضه دریای کاسپی به منابع آب شیرین رواناب حوزه آبخیز دریای کاسپی به‌منظور افزایش تولیدات ناخالص داخلی و درآمد سرانه، تعیین حق‌آبه را تحت شرایط گرمایش کره زمین و بحران کم آبی سخت تحت تأثیر قرار خواهد داد.

با توجه به دلایل ذکر شده راه‌کار دایمی را جهت برون‌رفت از بحران کاهش سطح آب دریای کاسپی در سال‌های آتی نمی‌توان جستجو نمود. بنابراین انتظار می‌رود در آینده نه چندان دور سطح آب این دریا رفته رفته کاهش یافته و در نتیجه این امر بسیاری از مناطق کم عمق مرتبط با دریای کاسپی همچون تالاب‌های بین‌المللی گرگان، گمیشان و میانکاله در اثر پدیده توالی بوم‌شناختی منتج از بحران کم‌آبی ناشی از کاهش تراز سطح آب دریای کاسپی و در اثر فرآیند خشکی‌زایی به اکوسیستم‌های دیگری تغییر شکل یابند.

1- Caspian Sea Environment Program

دیری نخواهد پایید که تالاب‌های استان گلستان در اثر عدم توجه به چالش‌های فرآروی آن (کاهش سطح آب و رژیم رسوبگذاری) دچار سرنوشت دیگر تالاب‌های بین‌المللی کشور ایران همچون هامون، بختگان، میقان، ارژن، پریشان و غیره گردیده و می‌بایست آن را در لیست قرمز (مونترو) اکوسیستم‌های در معرض خطر نابودی قرار داد (روزنامه همشهری، ۱۳۹۳).

از نگاهی نو و با زاویه دید آینده‌نگرانه می‌توان گفت که حوضه دریایی استان گلستان علاوه‌بر چالش‌های فرآروی آن که ناشی از کاهش سطح آب در دهه‌های آتی می‌باشد، دارای فرصت‌های متعددی در زمینه اقتصادی و بوم‌شناختی می‌باشد. به‌عبارتی می‌توان با پایش طبعیت و شبیه‌سازی وقایع آینده تمامی تهدیدات ناشی از کاهش سطح آب را در این حوضه آبی به فرصت‌های بی‌بدیل در آینده مبدل ساخت.

با توجه به وضعیت توپوگرافی حوضه دریایی استان گلستان و قرارگیری آن در منطقه کم عمق فلات قاره، ظهور خشکی‌ها و حتی تالاب‌های جدید در اثر کاهش سطح آب در برخی از نواحی میانی دریا به‌خصوص در بخش شمال شرقی شبه‌جزیره میانکاله که دارای عمق کمتری در مقایسه با نواحی مجاور می‌باشند و متعاقب آن تشکیل بوم‌سازگان‌های نوظهور به هیچ عنوان دور از انتظار نیست (شربتی و قانقرمه، ۲۰۱۶). با دانستن اثرات کاهش سطح آب بر توپوگرافی منطقه به راحتی می‌توان نسبت به جانمایی صنایع وابسته به دریا و اکوسیستم‌های جدیددریایی اقدام نموده و نتایج چنین تصمیم‌گیری‌هایی اهدا میراثی پایدار به نسل‌های آتی خواهد بود.

با دانستن روند رو به کاهش سطح آب و میزان رژیم رسوب‌گذاری می‌توان اثرات رفتار نوسان سطح آب دریای کاسپی را بر حوضه‌های تحت امر آن تحت سناریوهای محتمل کاهش سطح آب در دریای کاسپی به‌راحتی شبیه‌سازی نمود. بر اساس مطالب مطرح شده در این مقاله می‌توان راه‌کارهای عملی را از طریق شبیه‌سازی‌های رایانه‌ایی جهت برون رفت از بحران در سال‌های آتی در خصوص اثرات منفی کاهش سطح آب بر اکوسیستم خلیج گرگان و تهیه سند جامع فعالیت‌های دریایی در استان گلستان به شرح ذیل ارائه نمود:

۱. پیش‌یابی اثرات کاهش سطح آب بر میزان خشکی‌زایی تالاب‌های بین‌المللی خلیج گرگان، گمیشان و میانکاله تحت سناریوهای محتمل کاهش سطح آب از طریق شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای و استفاده از نتایج خروجی مدل به‌منظور برنامه‌ریزی مناسب جهت توسعه پوشش گیاهی در نواحی ساحلی

خشک شده جهت جلوگیری از خطر ریزگردها در منطقه و کمک به جوامع خشکی‌زی وابسته به سواحل آبی همچون پرندگان جهت توسعه آشیان اکولوژیکی و افزایش جمعیت.

۲. محاسبه مدت زمان لازم برای از کار افتادگی کامل بندرهای خوجه‌نفس، گز و ترکمن در اثر خشکی‌زدگی سواحل تحت سناریوهای محتمل کاهش سطح آببه‌منظورممانعت از سرمایه‌گزاری جدید در حوزه بنادر و دریانوردی و جلوگیری از هدر رفت سرمایه ملی.

۳. پیش‌یابی مدت زمان لازم جهت خشکی زدگی کامل خلیج گرگان و تالاب میانکاله پس از جدایی از دریای کاسپی تحت مجموعه عوامل اقلیمی و هیدرولوژیکی حاکم بر حوضه.

٤. بررسی اثرات کاهش سطح آب دریای کاسپی بر عوامل هیدرودینامیکی و فیزیکوشیمیایی خلیج گرگان از طریق شبیه‌سازی رایانه‌ایی دو و یا سه بعدی تحت سناریوهای محتمل کاهش سطح آب به‌منظور پیش‌یابی اثرات کاهش سطح آب بر فاکتورهای زیستی گیاهان و جانوران خلیج گرگان و برآورد میزان خسارات وارده بر جوامع زیستی.

۵. شبیه‌سازی رایانه‌ای بازگشایی کانال‌های ارتباطی جدید از طریق شبه‌جزیره میانکاله جهت برقراری ارتباط خلیج گرگان با دریای کاسپی و لایروبی کانال خزینی و کانال‌های میانی و شرقی در ناحیه چاپاقلی به‌عنوان راه‌کاری موقتی جهت برون رفت از بحران.

٦. شبیه‌سازی رایانه‌ای زمان ظهور و جانمایی بوم‌سازگان‌های جدید (خشکی و یا دریایی) در حوضه جنوب شرق دریای کاسپی (آب‌های استان گلستان) در اثر کاهش سطح آب در دریای کاسپی و اقدامات مدیریتی لازم جهت پشتیبانی، حفاظت و کمک به شکل‌گیری بوم‌سازگان‌های نوظهور.

۷. جانمایی مزارع پرورش ماهی حصاری از طریق شبیه‌سازی‌های رایانه‌ایی در بخش شمالی شبه‌جزیره میانکاله و انتقال برنامه‌های آبزی‌پروری به این حوضه.

۸. شبیه‌سازی و جانمایی دهکده‌های گردشگری جدید با توجه به رفتار و اثرات کاهشی سطح آب در دریای کاسپی بر نواحی ساحلی و جلوگیری از متمرکز شدن صنایع توریسم در مناطق با ریسک بالا به جهت کاهش صدمات اقتصادی به منطقه.

۹. شبیه‌سازی و جانمایی بنادر جدید با توجه به رفتار و اثرات کاهشی سطح آب در دریای کاسپی بر وضعیت توپوگرافی منطقهو جلوگیری از سرمایه‌گذاری‌های جدید دولت در بخش دریانوردی در بنادر گز، ترکمن و خوجه‌نفس.

۱۰. تهیه سند چشم‌انداز و نقشه راه فعالیت‌های دریایی در استان گلستان بر اساس ویژگی‌های نوسانی سطح آب دریای کاسپی در بخش‌های بنادر و کشتی‌رانی، گردشگری، آبزی‌پروری و محیط‌زیست.

نتایج چنین شبیه‌سازی‌هایی می‌تواند منجربه تصمیم‌سازی صحیح مسئولین امر و مدیران جهت نیل به اهداف کلان اقتصادی و زیست‌محیطی و اتخاذ تدابیر مناسب و برنامه‌ریزی جهت توسعه پایدار، استفاده بهینه از سواحل و حوضه‌های دریایی استان گلستان بر اساس آمایش سرزمینی، جانمایی بوم‌سازگان‌های جدید، کاهش بلایای زیست‌محیطی و جلوگیری از زیان‌های اقتصادی وارده به منطقه در خصوص صنعت گردشگری و بنادر و دریانوردی گردد. به‌عبارت بهتر نتایج چنین شبیه‌سازی‌های سند چشم‌انداز فعالیت‌های دریایی در آب‌های استان گلستان بوده و نقشه راه را برای رسیدن به این مهم فراهم می‌آورد.

منابع

1. Parsaei, L.A., and Mofidi, A.M. 2009. Gorgan Bay watershed management, challenges, goals and outlook, 5th National Seminar on Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 12pp. (In Persian)
2. Vice President of Strategic Planning and Monitoring, 2010. Guidline for Studies of SeaShores, Lakes, Wetlands and Estuaries Frontage, Islamic Republic of Iran, Publication number of 534, 87p. (In Persian)
3. Rahimipour Anaraki, H. 2005. Investigation of Hydrodynamic of currents and prediction of Erosion and Sedimentation Pattern in Gorgan Bay-Iran. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. 84/322:1-48. 246p. (In Persian)
4. Reza, E.A. 2009. Name of North Sea Iran, Center for the Great Islamic Encyclopedia, First Editation, 178p. (In Persian)
5. Shayan, S., Yamani, M., and Khalili, Y. 2013. Disclosure of the coastal line north of the country using the techniques of RS and GIS (Case Study Gorgan Bay), 1th International Congress on Environmental Crises and its Solutions, Iran, Kish Island, 8p. (In Persian)
6. Sharbaty, S. 2015. Assessment of confidence interval between fish farms in the Gorgan Bay, Journal of Aquaculture Development, 9(1): 53-66. (In Persian)
7. Sharbaty, S., Imanpoor, M.R., Gorgin, S., and Hosseini, S. 2010. The first phase of simulation studiesof short-term sea currents in the Gorgan Bay. Research Report, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)

8. Sharbaty, S., and Shabani, A. 2015. The Effects of Khozeini Canal Reopeningon the General Current Pattern in the Gorgan Bay, Journal of Water and Soil Conservation, 22(3): 241-248. (In Persian)
9. Sharbaty, S., and Ghanghermeh, A.A. 2016. Forecasting the Effect of Decreasing Long Time Trend of Caspian Sea Water Level on the Life of Gorgan Bay, Journal of Environment Science Technology, 17(3): 46-59. (In Persian)
10. Adeli, A. 2012. Conservation strategies Miankaleh, Journal of Natural resource Conservation, 1(1): 37-50. (In Persian)
11. Erfan, Sh., and Hamedi, M.E.R. 2015. Barrier islands in the South East of the Caspian Sea (North of Behshahr), Journal of Geoscience, 24(95): 217-230. (In Persian)
12. Emadaldin, S. 2012. Assess changes in sea levels and human activity deformation in the eastern part of the Caspian Sea coast during the past half century, Second International Conference on Environmental Hazards, Tehran, Iran, Kharazmi University, 8p. (in persian)
13. Emadaldin, S., Jafarbeigloo, M., Zamanzadeh, S.M., and Yamani, M. 2014. Caspian Sea level changes during the late Holocene based on dating and the morphology of sediments in the southern of Gorgan Bay, Quantitative geomorphological researches, 3(1): 114-127. (In Persian)
14. Gharibreza, M.R., Moatamed, A., and Rahimipour, P. 2006. Sediment transport and deposition mechanisms in the Gorgan Bay, 7th *International* Conference on Coasts, Ports and *Marine* Structures (ICOPMAS), Tehran, Iran, 2006, 7p. (in persian)
15. Ghanghermeh, A.A. 2010. Water Fluctuations of Caspian Sea (water year 2008-2009) and Environmental factors affecting it, Report of the research project, Caspian Sea Reserch Center, 96p. (In Persian)
16. Ghanghermeh, A.A. 2013. Water Fluctuations of Caspian Sea (water year 2011-2012) and Environmental factors affecting it, Report of the research project, Caspian Sea Reserch Center, 117p. (In Persian)
17. Ghorbani, R. 2009. The General Ecology, Mashhad University Jihad Publications, first edition, 340p. (In Persian)
18. Kakrodi, A.A. 2012. Fluctuations of Caspian Sea Level and Its Impacts on southeast coasts of caspian sea, Quantitative geomorphological researches 2(3): 33-44. (In Persian)
19. Ketabdari, M.J., Solimani, K., Mirzajani, P., and Morovati, R. 2014. The role and importance of optimal site for coastal projects (Case study Bandargaz), 1st National Congress on Construction Engineering and Projects Assessment, Gorgan, 11p. (In Persian)
20. Mohammadkhani, H., Taheri, H., and Yelghy, S. 2014. Hydrogerarhy of Gorgan bay is the first step in Aquaculture studing, The first new-challenges

and opportunities Aquaculture Conference, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2014, 22 and 23 October, 33p. (In Persian)
21. Mohammadkhani, H., Taheri, H., Yelghi, S., Hmitabari, A. 2014. Water Quality two-dimensional modeling and locating of aquaculture based on assimilative capacity in the Gorgan Bay, The first new-challenges and opportunities Aquaculture Conference, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2014, 22 and 23 October. 33p. (In Persian)
22. Caspian Sea Reserch Center, 2014. Report of the Caspian Sea fluctuations in water year 2013-2014, Newsletter Caspian Sea, 15(3): 8p. (In Persian)
23. Mamedov, R., and Khoshravan, H. 2012. The Atlas of Caspian Sea Hydromorphology, Asrare Danesh press, First Edition, 343p. (In Persian)
24. Movahhed, M.A. 1982. Khazaran, Khwarizmi presses Company, First Edition, 311p.
25. Half of the country's wetlands and lakes were dried, HAMSHAHRIONLINE, April 6, 2014, Source code: 254812. (In Persian)
26. Amini, A., Moussavi Harami, R., Lahijani, H., and Mahboubi, A. 2012. Holocene Sedimentation Rate in Gorgan Bay and Adjacent Coasts inSoutheast of Caspian Sea, Journal of Basic and Applied Scientific Research, 2(1): 289-297.
27. Amozadeh, D., and Kanani, M.R. 2008. The Effect of Caspian Sea Water Fluctuations on Miankaleh Habitat Ecological Conditions Using Remote Sensing and Geographic Information System, World Applied Sciences Journal, 3(1): 34-38.
28. Ardakanian, R., and Alemohammad, S.H. 2008. Global Warming and Caspian Sea Level Fluctuations, International Conference on Water Resources and Climate Change in the MENA Region 2-4 November 2008, Muscat, Oman. 10p.
29. DHI Softwar, 2007. Mike Zero, Preprocessing and Post processing, User Guide Generic Editors and Viewers, 128p.
30. Easterbrook, D.J. 1999. Surface processes and landforms: Prentice-Hall, 546p.
31. Fashchuk, D.Y. 2011. Marine Ecological Geography Theory and Experience, Environmental Science and Engineering, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 350p.
32. Jochen Kampf, 2009. Ocean Modelling for BeginnersUsing Open-Source Software, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 185p.
33. Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Goorabi, A., and Yamani, M. 2014. Shoreline Response to Rapid 20th Century Sea-Level Change along the Iranian Caspian Coast, Journal of Coastal Research, 30(6): 1243–1250.
34. Karbassi, A.R., and Amirnezhad, R. 2004. Geochemistry of heavy metals and sedimentation rate in a bay adjacent to the Caspian Sea, International Journal of Environmental Science and Technology, 1(3): 191-198.

35. Kosarev, A.N., and Kostianoy, A.G. 2005. Kara-Bogaz-Gol Bay, Hdb Env Chem Vol. 5, Part Pp: 211–221.
36. Ozyavas, A., and Khan, S.D. 2012. The driving forces behind the Caspian Sea mean water level oscillations. Environ Earth Sci, 65: 1821–1830.
37. Ozyavas, A., Khan, S.D., and John, F., Casey. 2010. A possible connection of Caspian Sea level fluctuations withmeteorological factors and seismicity, Earth and Planetary Science Letters, 299(1-2): 150-158.
38. Sharbaty, S. 2012. Two Dimensional Simulations of Seasonal Flow Patterns in the Gorgan Bay, Journal of Basic and Applied Scientific Research, 2(5): 4382-4391.
39. Walker, L.R., and Moral, R.D. 2003. Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation, Cambridge University Press, 429p.