علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هفدهم، شماره چهار، زمستان ۹۴

پیش‌یابی تاثیر روند طولانی مدت کاهش سطح آب دریای کاسپی بر حیات خلیج گرگان

سعید شربتی[*1]

s_sharbaty@yahoo.com

عبدالعظیم قانقرمه[2]

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۳۰ **تاریخ پذیرش:۹۴/۶/۳**

چکیده

زمینه و هدف: خلیج گرگان حوضه آبی نیمه بسته‌ای است که در حال حاضر تنها از طریق دهانه آشورآده- بندرترکمن با دریای کاسپی در ارتباط دایمی می‌باشد. روند رو به کاهش تراز سطح آب دریای کاسپی در طی ۱۹ سال گذشته سبب به‌وجود آمدن اثرات نامطلوب از طریق خشکی‌زایی در سواحل کم عمق خلیج گرگان گردیده است و بیم آن می‌رود تا در سال‌های نه چندان دور ارتباط محدود خلیج با دریای کاسپی به‌طور کلی قطع گردد.

روش بررسی: در مقاله حاضر اثرات روند رو به کاهش تراز سطح آب دریای کاسپی بر وضعیت ارتباطی خلیج گرگان تحت دو مجموعه سناریوی کاهش میانگین تراز سطح آب دریای کاسپی مورد مدل‌سازی واقع گردیده است. در مجموعه سناریوهای اول از میانگین ۵/۲ سانتی‌متری و در مجموعه سناریوهای دوم از میانگین ۱۰/۵ سانتی‌متری کاهش تراز سطح آب در دریای کاسپی جهت مدل‌سازی وضعیت توپوگرافی خلیج گرگان استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج مدل‌سازی‌ها تحت مجموعه سناریوهای اول نشان داد که ارتباط خلیج گرگان با دریای کاسپی در سال آبی ۱۴۱۱-۱۴۱۰ متاثر از کاهش تراز منفی ۲۷/۶ متری به‌طور دایمی در ناحیه چاپقلی قطع خواهد شد. نتایج مدل‌سازی‌ها تحت مجموعه سناریوهای دوم نشان داد که ارتباط خلیج گرگان با دریای کاسپی در سال آبی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ متاثر از کاهش تراز منفی ۲۷/۶ متری به‌طور دایمی در ناحیه چاپقلی قطع خواهد شد.

بحث و نتیجه‌گیری: پیشنهاد می‌گردد کلیه طرح‌ها و برنامه‌های استراتژیک دولت در تمامی سواحل جنوبی دریای کاسپی من جمله خلیج گرگان بر اساس طرح آمایش سرزمینی با عنایت به رویکرد روند کاهش سطح آب دریای کاسپی و سناریوسازی‌های محتمل، مهندسی و عملیاتی گردد.

واژه‌های کلیدی: پیش‌یابی، دریای کاسپی، خلیج گرگان، نوسان تراز آب.

۱- مربی گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان [*](مسوول مکاتبات).

۲- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه گلستان.

J.Env. Sci. Tech., Vol 17, No.4, winter 2016

Forecasting the Effect of Decreasing Long Time Trend of Caspian Sea Water Level on the Life of Gorgan Bay

Saeed Sharbaty[1]*(Corresponding Author)
s_sharbaty@yahoo.com
Abdolazim Ghanghermeh[2]

Abstract

Background and Objective: Gorgan Bay is a semi enclosed water body which currently has only a permanent connection with the Caspian Sea through mouth of Ashouradeh-Bandartorkaman. Decreasing trend of the Caspian Sea water level in past 19 years caused to adverse effects by land production in shallow coasts of Gorgan Bay and it is threatening that limited connection of Gorgan Bay with the Caspian Sea will cause disconnection totally.

Method: In this research, the effects of decreasing trend of the Caspian Sea water level on the connection status of Gorgan Bay were modeled under two scenarios of decreasing mean water level collections of the Caspian Sea. In first set of scenarios, the average of 5.2 cm and in set of second scenarios the average of 10.5 cm of decreasing water level in the Caspian Sea were used to topography position modeling in the Gorgan Bay.

Findings: Under the first set of scenarios, the results of modeling show that, the connection of the Gorgan Bay with the Caspian Sea will be cut off permanently in Chapaghly area affected by decreasing in negative level in 27.6 meter in water year of 1410 – 1411. Under the second set of scenarios, the results of modeling show that the connection of the Gorgan Bay with the Caspian Sea will be cut off permanently in Chapaghly area affected by decreasing in negative level in 27.6 meter in water year of 1402 – 1403.

Discussion and Conclusion: Therefore it suggests that all the projects and the strategic programs of the government in southern coasts of the Caspian Sea including Gorgan Bay, engineering and operational program to be operated according to Amenagement Territoire scheme regarding to the approach of decreasing the level of the Caspian Sea and probable scenarios.

Key Words: Forecasting, Caspian Sea, Gorgan Bay, Water level Fluctuation

1- Lecturer of Department of Fisheries Gorgan University Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
2- Assistant Professor of Department of Geography, Golestan University, Iran

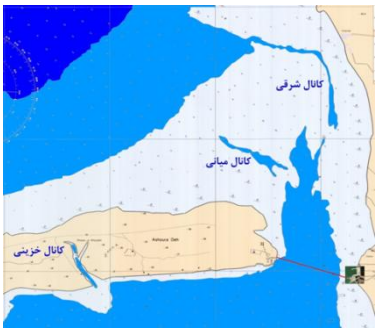
مقدمه

خلیج گرگان تنها خلیج ایران در آب‌های سواحل جنوبی دریای کاسپی می‌باشد. در سال ۱۳۵۵ بخش غربی خلیج گرگان موسوم به تالاب میانکاله به عنوان ذخایر زیست‌کره به ثبت رسیده و نگاه بین‌المللی به حفاظت از آن وجود دارد (۱). خلیج گرگان با طول تقریبی ۶۰ کیلومتر و حداکثر عرض ۱۲ کیلومتر در بخش جنوبی خود با استان‌های مازندران و گلستان و در بخش شمالی نیز توسط زبانه ماسه‌ای شبه‌جزیره میانکاله احاطه گردیده است. آن‌چه امروزه تحت نام شبه جزیره میانکاله شناخته می‌شود در حقیقت مرکب از مجمع‌الجزایر آشوراده (سه جزیره کوچک) و میانکاله می‌باشد که در حدود ۶۲ سال پیش با بالا آمدن تراز سطح آب دریای کاسپی به یک‌دیگر متصل گردیده‌اند (۲).

تا پیش از سال ۱۳۹۰ خلیج گرگان از طریق دهانه آشوراده-بندرترکمن و کانال خزینی با دریای کاسپی در ارتباط بوده است. اما در حال حاضر (سال ۱۳۹۳) تنها از طریق دهانه آشوراده-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 لحظه‌ای سطح دریای کاسپی در مواقع پر آبی و یا برکشند توفان سبب بازگشایی موقت آن گردیده است. 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 چاپقلی از طریق دو آبراهه باریک و تقریباً عمیق در مقایسه با نواحی مجاور آن، خلیج گرگان را با دریای کاسپی مرتبط می‌سازد. 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 عمقش به ۱/۱ متر می‌رسد. مسیر آبراهه میانی که در بخش میانی محدوده دهانه ورودی خلیج گرگان واقع گردیده است، دارای طول ۷ کیلومتر، حداقل عرض ۷۵ متر و حداکثر عمق ۳/۴ متر در سال ۱۳۹۳ می‌باشد (شکل ۲).

شکل ۱- تصویر گوگل ارث از حوضه آبی خلیج گرگان (۲۰۱۴)



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

از جمله عوامل مهمی که ماهیت وجودی خلیج را تهدید نموده و موجب تسهیل در روند توالی بوم‌شناختی آن می‌گردد، کاهش حجم آب در خلیج به‌واسطه کاهش تراز سطح آب در دریای کاسپی و هم‌چنین وجود میزان بالای رسوب‌گذاری در آن می-باشد که در صورت عدم توجه به این عوامل در سال‌های نه-چندان دور شاهد اضمحلال این بوم‌سازگان منحصربه‌فرد و تبدیل آن به بوم‌سازگان دیگری خواهیم بود.

در مدلی که توسط Easterbrook (۱۹۹۹) در خصوص مراحل توالی مناطق پست و مغروق شده ارایه گردیده است، خلیج‌هایی با خصوصیات خلیج‌گرگان در مرحله پایان جوانی تا ابتدای بلوغ قرار می‌گیرند. در چنین مراحلی با کاهش سطح آب و رسوب‌گذاری، به ویژه در کرانه‌های کم عمق ساحلی آن‌ها ابتدا سواحل خلیج تبدیل به مرداب شده 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 (۳). این فرآیند تحت عنوان فرآیند توالی بوم‌شناختی شناسایی می‌گردد (۴). نظیر چنین فرآیندی در ناحیه چاپقلی و تالاب میانکاله به‌دلیل عمق کم در حال وقوع می‌باشد و مساحت قابل ملاحظه‌ای از خلیج که پیشتر از آب پر بوده است تبدیل به مناطقی خشک و یا پوشش گیاهی شده و برای موجودات آب‌زی غیرقابل استفاده گردیده است (شکل ۱، ۳ و ۴).

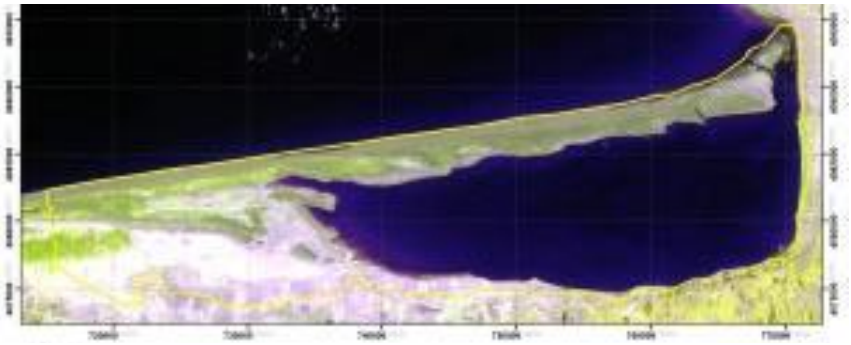
شکل ۳- خشکی‌زدگی در بخش جنوب غربی خلیج گرگان موسوم به دریا کوچیک در حوزه شهرستان بهشهر در بهمن ماه سال ۱۳۹۳

شکل ۴- بیرون آمدن بستر ناحیه چاپقلی از زیر آب (تصویر گوگل ارث در مرداد ماه ۱۳۹۳)

خلیج گرگان تماماً در منطقه فلات قاره واقع گردیده و از این نظر 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 جابه‌جایی صدها متر از خط ساحلی آن می‌گردد. بررسی تصاویر ماهواره‌ای لندست در ۸ سال غیر متوالی (سال‌های ۱۹۵۵، ۱۹۷۵، ۱۹۸۷، ۱۹۹۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱) بیانگر آن است که نواحی کم عمق کرانه‌های ساحلی خلیج گرگان در طی سال‌های گذشته

متاثر از افت و خیز سطح آب دریای کاسپی دایماً از آب پر و خالی شده است (۵ و ۶).

تحلیل تغییرات دراز مدت تراز آب دریای کاسپی نشان می‌دهد که سطح تراز آب دریا در دوره مشاهدات ثبت ابزاری از سال۱۸۳۷ میلادی تاکنون در محدوده ارتفاع منفی ۲۵/۲ تا منفی ۲۹ متر در حال نوسان بوده و به عبارت دیگر دامنه این نوسانات در طی این دوره تقریباً ۴ متر بوده است (۷). با کاهش تراز سطح آب در سال آبی ۱۳۵۶-۱۳۵۵ به میزان منفی ۲۸/۴۴ متر تمامی سواحل دریای کاسپی از جمله خلیج گرگان دچار تغییرات مورفولوژیکی بسیار شدید گردیده است (شکل ۵).



شکل ۵- تصویر ماهواره‌ای لندست در سال آبی ۱۳۵۶-۱۳۵۵ و اثر کاهش تراز سطح آب بر مساحت خلیج گرگان

نه تنها عامل نوسان سطح آب در تغییرات عمق خلیج موثر می‌باشد بلکه فرآیند انتقال رسوب نیز نقش مهم دیگری در کاهش عمق خلیج دارد. مطالعات انجام شده 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 می‌باشد (۸). چنین رژیم انتقال رسوبی در دراز مدت می‌تواند سبب انباشت رسوبات و متعاقب آن کاهش عمق خلیج گردد.

بر اساس مطالعات انجام شده احتمال ادامه کاهش تراز سطح آب به عنوان دور جدیدی از ویژگی‌های نوسانی دریای کاسپی دور از انتظار نیست (۹). با عنایت به روند کاهش تراز سطح آب دریای کاسپی در خلال ۱۹ سال اخیر (از سال آبی ۱۳۷۴-۱۳۷۳ تا سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۲)، قطع ارتباط دایمی خلیج گرگان با دریای کاسپی در سال‌های آتی امکان‌پذیر می‌باشد.

با دانستن روند رو به کاهش سطح آب می‌توان اثرات رفتار نوسان سطح دریای کاسپی را بر حوضه‌های تحت امر آن به‌راحتی مدل‌سازی نمود. نتایج چنین مدل‌سازی‌هایی می‌تواند مسوولین امر و مدیران را در اتخاذ تدابیر مناسب جهت جانمایی بوم‌سازگان‌های جدید، کاهش بلایای زیست‌محیطی و زیان‌های اقتصادی یاری نماید. لذا در این تحقیق با استفاده از مدل‌سازی هندسی نسبت به پیش‌یابی اثرات کاهش سطح آب بر توپوگرافی حوضه خلیج گرگان تحت سناریوهای محتمل کاهش سطح آب با تاکید بر نواحی ارتباطی خلیج با دریای کاسپی در ناحیه چاپقلی، کانال خزینی و دهانه آشوراده-بندرترکمن اقدام گردیده است.

روش بررسی

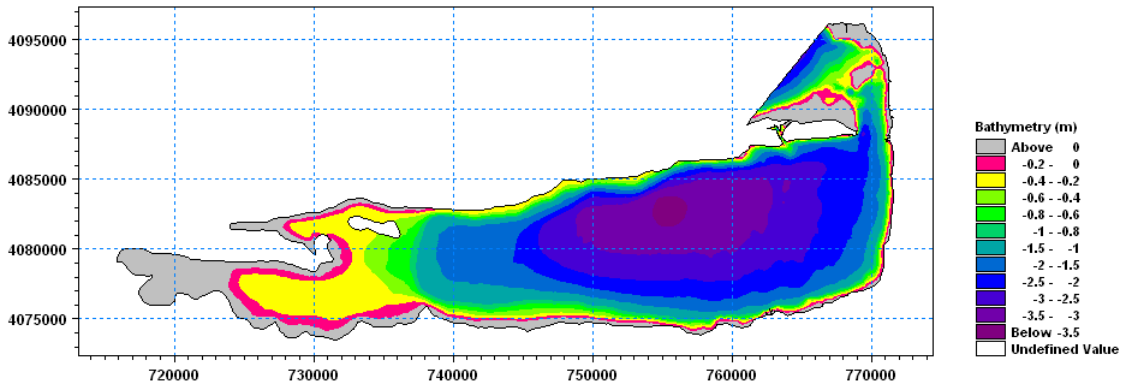
مقاله حاضر مبتنی بر بررسی نقشه‌های هیدروگرافی خلیج گرگان، مطالعه گزارش طرح‌های تحقیقاتی محققین در سال‌های پیشین در مورد خلیج گرگان و دریای کاسپی، مشاهدات میدانی زمستان ۱۳۹۳ و استفاده از نرم‌افزار مدل‌ساز هندسه بستر می‌باشد.

ساخت مدل هندسی بستر حوضه خلیج گرگان

در این تحقیق در تمامی سناریوها از یک مدل هندسی پایه، با تفکیک‌پذیری مناسب که تمامی حوضه خلیج گرگان را در بر داشته باشد با تاکید بر ناحیه چاپقلی به عنوان شاه راه ورودی

خلیج گرگان، استفاده شده است. در ساخت توپوگرافی بستر خلیج از ماژول ویرایش‌گر عمقی (Bathymetry Editor) جعبه ابزار مایک زرو (Mike Zero) از بسته نرم‌افزاری دی-اچ‌آی استفاده گردیده است (۱۰). بدین منظور داده‌های عمقی نقشه ۱:۲۵۰۰۰ سال ۱۳۹۰ شرکت دریاترسیم پس از رقومی-سازی توسط ماژول ویرایش‌گر عمقی به ماژول تولیدگر مش (Mesh Generator)اعمال گردید. از آن‌جا که نقشه فوق تنها نیمه شرقی خلیج گرگان را در بر می‌گیرد، لذا در ادامه جهت ساخت هندسه بخش غربی خلیج گرگان از داده‌های تراز عمقی برداشت شده توسط مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان داخلی گلستان با یکسان‌سازی سطح مبنای آن نسبت به سطح مبنای نقشه شرکت دریاترسیم (منفی ۲۶/۵ متر نسبت به سطح خلیج فارس) استفاده گردید (۱۱). مدل هندسی خلیج به‌صورت یک مش بی‌ساختار متشکل از ۱۴۵۹۸ گره و ۲۷۹۶۸ المان با استفاده از ماژول تولیدگر مش ساخته شد. مساحت خلیج در سال ۱۳۹۰ معادل ۴۶۵/۵ کیلومترمربع و حداکثر عمق آن معادل ۳/۷ متر محاسبه شد.

بر اساس تحلیل داده‌های دریافتی از ایستگاه‌های ترازسنجی مستقر در بندر انزلی، بندر نوشهر، بندر امیرآباد و آشوراده، میانگین تراز آب دریای کاسپی در سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ برابر منفی ۲۶/۶۷ متر نسبت به سطح خلیج فارس می‌باشد (۱۲). لذا در مرحله پایانی، اثرات کاهش ۰/۱۷ متری سطح آب در حوضه خلیج گرگان بر روی مش ساخته شده اعمال گردید و در نهایت از این مش به عنوان مدل هندسی پایه در تمامی سناریوهای مفروض استفاده گردید (شکل ۶). مساحت کنونی خلیج در سال ۱۳۹۳ معادل ۴۱۹ کیلومترمربع و حداکثر عمق آن در دهانه آشوراده-بندرترکمن و حوضه درون خلیج به‌ترتیب معادل ۲/۹۳ و ۳/۵۳ متر به‌دست آمد.



شکل ۶- مدل هندسی بستر حوضه خلیج گرگان در سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۲

سناریوسازی اثرات کاهش سطح آب بر توپوگرافی حوضه خلیج گرگان

به جهت تصور شرایط محتمل اثرات روند کاهش سطح آب دریای کاسپی بر توپوگرافی حوضه خلیج گرگان، نسبت به مدل-سازی نقشه عمق‌سنجی خلیج گرگان با استفاده از ماژول استخراج اطلاعات مش بی‌ساختار (Data Extraction FM) از جعبه ابزار بسته نرم‌افزاری دی‌اچ‌آی، با در نظر گرفتن دو مجموعه سناریوی متفاوت از کاهش سطح تراز آب دریای کاسپی اقدام گردید.

با توجه به این‌که در طول ۱۹ سال اخیر تراز سطح آب دریای کاسپی ۱ متر کاهش یافته است، لذا در ۶ سناریوی اول از میانگین کاهش۵/۲ سانتی‌متری سطح آب در هر سال جهت مدل‌سازی کاهش سطح آب در حوضه خلیج گرگان استفاده گردید و فاصله زمانی هر سناریو با سناریو بعدی ۳ سال در نظر گرفته شد. از طرفی سطح تراز آب در نظر گرفته شده در ۶ سناریوی مجموعه اول در مقایسه با کاهش سطح آب در ۴ سال اخیر فرض بسیار دست‌پایینی می‌باشد چراکه میانگین تراز آب دریای کاسپی در سال آبی (۱۳۹۳-۱۳۹۲) معادل ۲۶/۶۷- متر

بوده است که در مقایسه با چهار سال قبل ۴۲ سانتی‌متر کاهش نشان می‌دهد. به عبارتی در چهار سال اخیر به‌طور متوسط میانگین تراز آب دریای کاسپی ۱۰/۵ سانتی‌متر در سال کاهش یافته است (۹). لذا در مدل‌سازی مجموعه دوم جهت در نظر گرفتن روند شتاب‌دار کاهش سطح آب دریای کاسپی بر خلیج گرگان از دو سناریو کاهش سطح آب بر مبنای میانگین سطح تراز آب ۱۰/۵ سانتی‌متری استفاده شد و فواصل زمانی دو سناریو (سناریوهای ۷ و۸) به‌ترتیب ۵ و ۳ سال از یک‌دیگر انتخاب گردید.

اساساً نوسانات سطح آب در خلیج گرگان تابع نوسانات فصلی و دراز مدت سطح آب در دریای کاسپی است که از طریق ناحیه چاپقلی به آن القاء می‌گردد. البته علاوه بر این نوسان القایی درون سالیانه (کاهش سطح آب در فصول سرد و افزایش سطح آب در فصول گرم نسبت به سطح تراز میانگین آب) باسد نوسانات لحظه‌ای حاصل از برکشند توفان در دریای کاسپی و یا درون حوضه خلیج را علی‌رغم مدت زمان تاثیر اندک آن در نظر داشت (۱۳). بررسی‌های انجام شده نشان داده است که حداکثر و حداقل ترازهای لحظه‌ای سطح آب نسبت به سطح تراز میانگین متاثر از نوسانات درون سالیانه دریای کاسپی و برکشند توفان در محدوده مثبت و منفی ۵۰ سانتی‌متر می‌باشد (۱۴). لذا این مهم در تمامی سناریوها در نظر گرفته شده و اثرات کاهش سطح آب بر خلیج گرگان تا آن‌جا ادامه یافته است که بازگشایی موقت ناحیه چاپقلی در اثر نوسانات سطح آب در ترازهای بالای لحظه‌ای و انسداد دایمی آن در اثر کاهش سطح آب مورد توجه قرار گیرد.

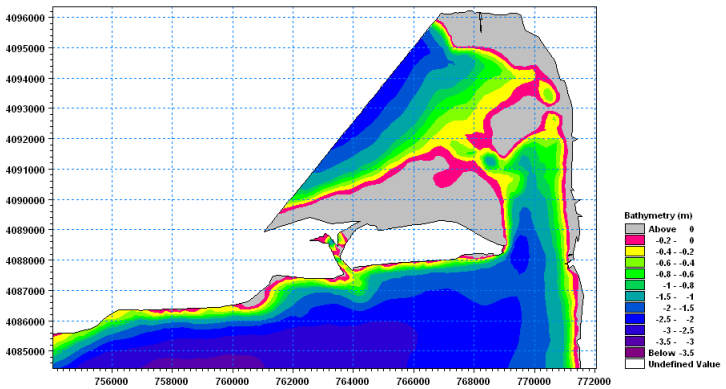
نتایج

در این تحقیق مدل‌سازی اثرات کاهش سطح آب بر وضعیت توپوگرافی خلیج گرگان تحت شرایط میانگین تراز سطح آب دریای کاسپی در تمامی ۸ سناریو انجام شد. سپس حداکثر و حداقل ترازهای لحظه‌ای سطح آب نسبت به سطح تراز میانگین دریای کاسپی در هر سناریو با تاکید بر ناحیه چاپاقلی به عنوان دروازه ورودی خلیج گرگان در نظر گرفته شد. در پایان هر سناریو مساحت آبی خلیج گرگان به استثنای ناحیه چاپقلی، حداکثر عرض و حداکثر عمق آب در دهانه آشوراده-بندرترکمن و حداکثر عمق آب در حوضه درون خلیج و وضعیت دو آبراهه واقع در ناحیه چاپقلی بر اساس اثرات کاهش سطح آب مورد بررسی واقع شد (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات و عوامل در نظر گرفته شده در هر سناریو و نتایج حاصل از پیش‌یابی کاهش سطح آب در خلیج گرگان

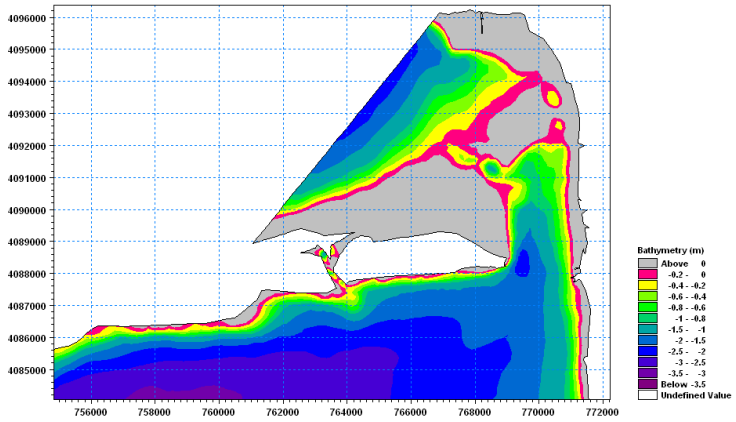
سناریو	سال آبی	میانگین تراز سطح دریای کاسپی (m)	حداکثر عمق خلیج (m)	مساحت خلیج (km^2)	ناحیه چاپقلی				دهانه آشورآده-بندرترکمن	
					وضعیت آبراهه شرقی		وضعیت آبراهه میانی		حداکثر عمق (m)	حداکثر عرض (m)
					فصل سرد	فصل گرم	فصل سرد	فصل گرم		
۱	۱۳۹۵-۹۶	-۲۶/۸۲۶	-۳/۳۷۴	۴۰۰/۵	انسداد موقت	بازگشایی موقت	انسداد موقت	بازگشایی موقت	۲/۷۷۴	۲۰۵۸
۲	۱۳۹۸-۹۹	-۲۶/۹۸۲	-۳/۲۱۸	۳۸۲/۴	انسداد موقت	بازگشایی موقت	انسداد موقت	بازگشایی موقت	۲/۶۱۸	۱۹۵۱
۳	۱۴۰۱-۴۰۲	-۲۷/۱۳۸	-۳/۰۶۲	۳۳۶/۴	انسداد موقت	بازگشایی موقت	انسداد موقت	بازگشایی موقت	۲/۴۶۲	۱۸۴۰
۴	۱۴۰۴-۴۰۵	-۲۷/۲۹۴	-۲/۹۰۶	۳۱۱/۵	انسداد دائمی	انسداد دائمی	انسداد موقت	بازگشایی موقت	۲/۳۰۶	۱۶۹۴
۵	۱۴۰۷-۴۰۸	-۲۷/۴۵	-۲/۷۵	۳۰۰/۲	انسداد دائمی	انسداد دائمی	انسداد موقت	بازگشایی موقت	۲/۱۵	۱۶۲۶
۶	۱۴۱۰-۴۱۱	-۲۷/۶۰۶	-۲/۵۹۴	۲۹۰/۴	انسداد دائمی	انسداد دائمی	انسداد دائمی	انسداد دائمی	۱/۹۹۴	۱۵۰۵
۷	۱۳۹۹-۴۰۰	-۲۷/۳	-۲/۹	۳۱۰	انسداد دائمی	انسداد دائمی	انسداد موقت	بازگشایی موقت	۲/۴۷	۱۷۲۹
۸	۱۴۰۲-۴۰۳	-۲۷/۶۰۵	-۲/۵۹۵	۲۹۰	انسداد دائمی	انسداد دائمی	انسداد دائمی	انسداد دائمی	۱/۹۹۵	۱۵۰۵

سناریوی اول: در سال آبی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ کانال خزینی با توجه به عمق مثبت ۰/۳۵ متری در بخش شمالی تنها می‌تواند در ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری به‌طور لحظه‌ای با دریای کاسپی در ارتباط باشد. با توجه به عمق مثبت ۰/۰۵ متری در میانه آبراهه شرقی ناحیه چاپقلی و علی‌رغم بسته شدن آن در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری ولیکن ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری به‌راحتی می‌تواند سبب بازگشایی مجدد آن گردد. با توجه به عمق منفی ۰/۳ متری در میانه آبراهه میانی ناحیه چاپقلی، ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری می‌تواند سبب انسداد آن گردد (شکل ۷).



شکل ۷- وضعیت توپوگرافی ناحیه چاپقلی، کانال خزینی و دهانه آشورآده-بندرترکمن در سال آبی ۱۳۹۶-۱۳۹۵

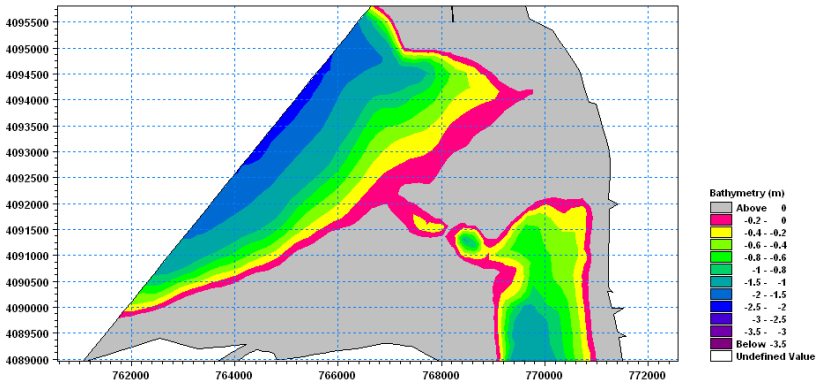
سناریوی دوم: در سال آبی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ کانال خزینی با توجه به عمق مثبت ۰/۵۰۶ متری در بخش شمالی حتی در ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری نیز نمی‌تواند به‌طور لحظه‌ای با دریای کاسپی در ارتباط باشد (شکل ۸). با توجه به عمق مثبت ۰/۱۹ متری در میانه آبراهه شرقی چاپقلی و علی‌رغم بسته شدن آن در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری در فصل سرد سال ولیکن افزایش سطح آب در فصل گرم سال و ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری به‌راحتی می‌تواند سبب بازگشایی مجدد آن گردد. با توجه به عمق منفی ۰/۱۵ متری در میانه آبراهه میانی چاپقلی ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری و کاهش سطح آب در فصل سرد سال می‌تواند سبب انسداد آن گردد (شکل ۸).



شکل ۸- وضعیت توپوگرافی ناحیه چاپقلی، کانال خزینی و دهانه آشوراده-بندرترکمن در سال آبی ۱۳۹۹-۱۳۹۸

بکارگیری مدل در تصمیم گیری مکانی

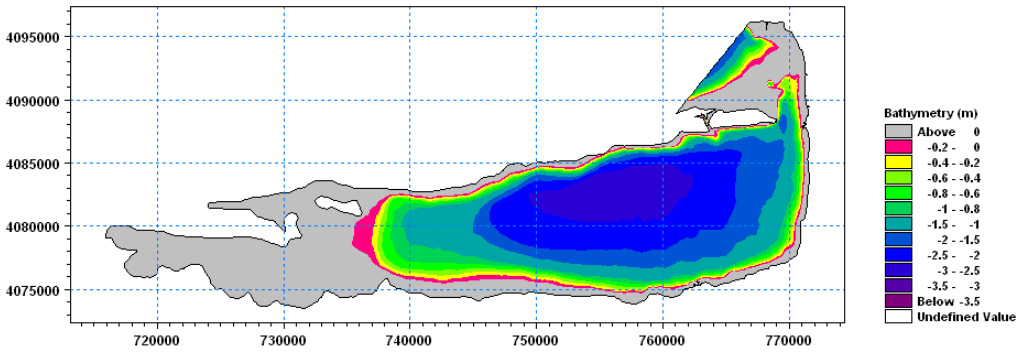
سناریوی سوم: در سال آبی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ نیمه جنوبی کانال خزینی هم‌چون نیمه شمالی کاملاً به اراضی شبه‌جزیره میانکاله الحاق گردیده است و چیزی تحت عنوان کانال خزینی وجود نخواهد داشت. در این زمان تالاب میانکاله واقع در منتهی‌الیه غربی خلیج تماماً دچار خشکی‌زدگی شده و بستر خشک تالاب از گیاهان هیدرومرف (تیپ‌های گیاهی شورپسند) آکنده خواهد شد. با توجه به عمق مثبت ۰/۳۵ متری در میانه آبراهه شرقی چاپقلی و علی‌رغم بسته شدن آن در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری ولیکن ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری و یا افزایش سطح آب در فصل گرم سال می‌تواند سبب بازگشایی مجدد آن گردد. با توجه به عمق مثبت ۰/۰۴ متری در میانه آبراهه میانی چاپقلی و علی‌رغم بسته شدن آن در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری ولیکن ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری و افزایش سطح آب در فصل گرم سال می‌تواند سبب بازگشایی موقت آن گردد (شکل ۹).



شکل ۹- وضعیت توپوگرافی ناحیه چاپقلی، کانال خزینی و

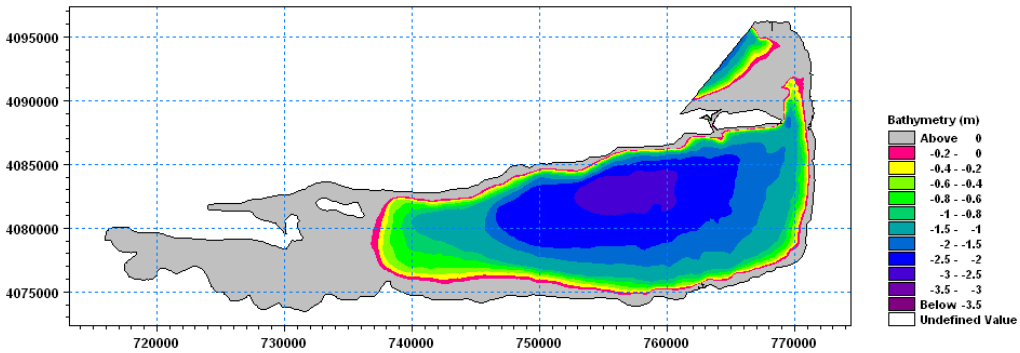
دهانه آشوراده-بندرترکمن در سال آبی ۱۴۰۲-۱۴۰۱

سناریوی چهارم: در سال آبی ۱۴۰۵-۱۴۰۴ با توجه به افزایش عمق مثبت ۰/۵۵ متری در میانه آبراهه شرقی چاپقلی در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری دیگر بار ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری و یا افزایش سطح آب در فصول گرم سال نیز نمی‌توانند سبب بازگشایی مجدد آن گردد و در این سناریو ارتباط خلیج گرگان از طریق آبراهه شرقی با دریای کاسپی به‌طورکلی قطع خواهد شد (شکل ۱۰). با توجه به عمق مثبت ۰/۲۲ متری در میانه آبراهه میانی چاپقلی و علی‌رغم بسته شدن آن در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری ولیکن ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری و افزایش سطح آب در فصل گرم سال می‌تواند سبب بازگشایی موقت آن گردد.



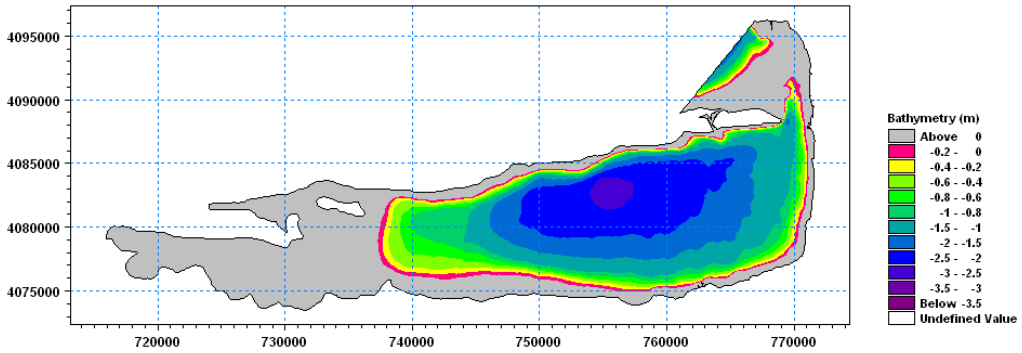
شکل ۱۰- وضعیت توپوگرافی خلیج گرگان در سال آبی ۱۴۰۵-۱۴۰۴

سناریوی پنجم: در سال آبی ۱۴۰۸-۱۴۰۷ با توجه به عمق مثبت ۰/۳۸ متری در میانه آبراهه میانی چاپقلی و علی‌رغم بسته شدن آن در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری ولیکن ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری و یا افزایش سطح آب در فصول گرم سال می‌تواند سبب بازگشایی موقت آن گردد (شکل ۱۱). مساحت خلیج از ۴۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۳ به ۳۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۴۰۷ تقلیل خواهد یافت.



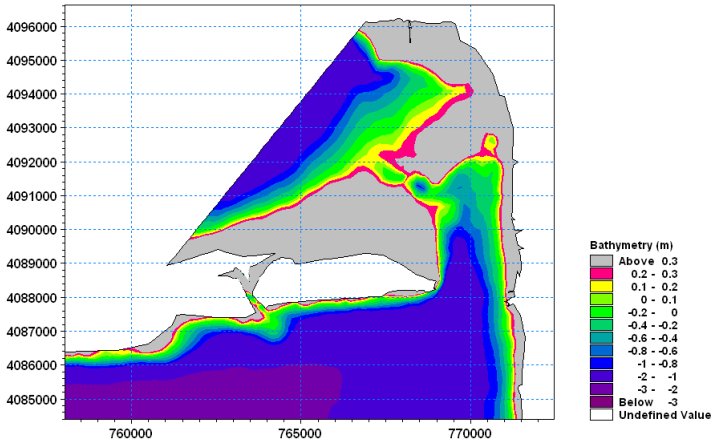
شکل ۱۱- وضعیت توپوگرافی خلیج گرگان در سال آبی ۱۴۰۸-۱۴۰۷

سناریوی ششم: در سال آبی ۱۴۱۱-۱۴۱۰ با توجه به عمق مثبت ۰/۵۳ متری در میانه آبراهه میانی چاپقلی در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری قطع ارتباط دایمی خلیج با دریای کاسپی حتمی خواهد بود و ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری نمی‌تواند سبب بازگشایی موقت آن گردد (شکل ۱۲). مساحت خلیج از ۴۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۳ به ۲۹۰ کیلومترمربع در سال ۱۴۱۰ تقلیل خواهد یافت.



شکل ۱۲- وضعیت توپوگرافی خلیج گرگان در سال آبی ۱۴۱۱-۱۴۱۰

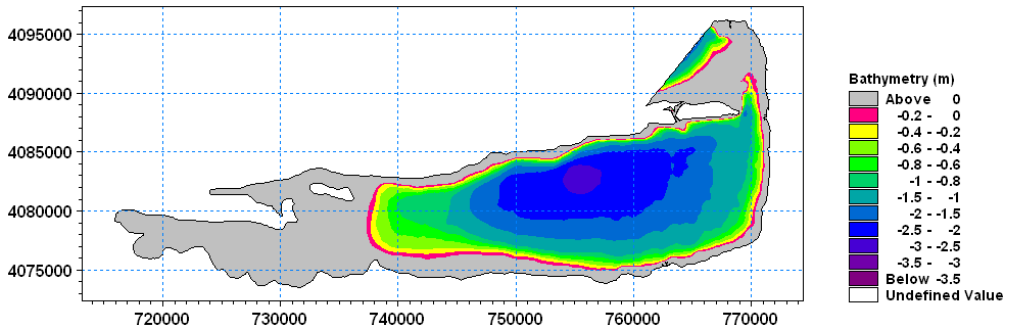
سناریوی هفتم: در سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ با توجه به افزایش عمق مثبت ۰/۵۲ متری در میانه آبراهه شرقی ناحیه چاپقلی در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه-ای ۰/۵ متری، دیگر بار ترازهای بالای لحظه‌ایی ۰/۵ متری و یا افزایش سطح آب در فصول گرم نیز نمی‌تواند سبب بازگشایی مجدد آن گردد و تحت این سناریو ارتباط خلیج گرگان از طریق آبراهه شرقی با دریای کاسپی به‌طور کامل قطع خواهد شد (شکل ۱۳). پیش‌تر از وقوع این شرایط و در سال ۱۳۹۸، تالاب میانکاله واقع در منتهی‌الیه غربی خلیج تماماً دچار خشکی‌زدگی شده و بستر خشک تالاب از گیاهان هیدرومرف (تیپ‌های گیاهی شورپسند) آکنده خواهد شد. با توجه به عمق مثبت ۰/۲۲ متری در میانه آبراهه میانی چاپاقلی و علی‌رغم بسته شدن آن در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری ولیکن ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری و افزایش سطح آب در فصل گرم سال می‌تواند سبب بازگشایی موقت آن گردد. مساحت خلیج از ۴۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۳ به ۳۱۰ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۹ تقلیل خواهد یافت.



شکل ۱۳- وضعیت توپوگرافی ناحیه چاپاقلی، کانال خزینی و دهانه آشوراده-بندرترکمن در سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹

سناریوی هشتم: در سال آبی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ با توجه به عمق مثبت ۰/۵۲ متری در میانه آبراهه شرقی چاپقلی در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری قطع ارتباط دایمی خلیج با دریای کاسپی حتمی خواهد بود و ترازهای بالای لحظه‌ای ۰/۵ متری و یا افزایش سطح آب در فصل گرم سال نیز نمی‌تواند سبب بازگشایی موقت آن گردد

(شکل ۱۴). مساحت خلیج از ۴۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۳ به ۲۹۰ کیلومترمربع در سال ۱۴۰۲ تقلیل خواهد یافت.



شکل ۱۴- وضعیت توپوگرافی خلیج گرگان در سال آبی ۱۴۰۳-۱۴۰۲

بحث و نتیجه‌گیری

دریای کاسپی بزرگ‌ترین حوضه دریایی بسته جهان و به‌جا مانده از دریای قدیم تتیس می‌باشد. جدایی این دریا از دیگر احجام آبی دنیا سبب می‌گردد تا سطح آب این دریا در یک دوره زمانی چند ساله به آرامی افزایش و سپس رو به کاهش گذارد (۱۵). عامل اصلی نوسانات سطح دریای کاسپی را می‌توان به تغییرپذیری شرایط هیدروکلیماتولوژیکی مؤثر بر بدنه و حوزه آبخیز آن مرتبط دانست (۹).

با بررسی آمار ثبت ابزاری تراز سطح آب دریای کاسپی در طی ۱۸۰ سال گذشته، وقوع کاهش سطح آب در سال‌های آتی به‌هیچ وجه دور از انتظار نیست. تحت چنین شرایطی تمامی سواحل دریای کاسپی هم‌چون خلیج‌های کم‌عمق، تالاب‌ها و مرداب‌ها آرام آرام تهی از آب شده و تبدیل به اراضی خشک هم‌چون بخش‌های عمده‌ای از خلیج گرگان در مدل پیش‌گویی شده مقاله حاضر خواهند شد.

نباید از نظر دور داشت که تا ۶۲ سال پیش مجمع‌الجزایر آشوراده (شامل سه جزیره) و شبه‌جزیره میانکاله از یکدیگر جدا بوده و یا در سال آبی ۱۳۵۶-۱۳۵۵ سطح تراز آب در منفی ۲۸/۴۴ بوده است، به گونه‌ای که در این سال مجدداً مجمع‌الجزایر آشوراده سر از آب بیرون آورد و بخش اعظمی از خلیج گرگان دچار خشکی‌زدگی شد.

بررسی نتایج تحقیق حاضر بیان می‌دارد که در صورت کاهش سطح آب دریای کاسپی در تراز میانگین منفی ۲۷/۵ متر، شبه جزیره میانکاله از نظر طول به حداکثر مقدار خود می‌رسد. تصویر گوگل ارث در مرداد ماه ۱۳۹۳ از ناحیه چاپقلی موید آن است که در حال حاضر بسترهای کم عمق نواحی هم‌جوار کانال‌های میانی و شرقی در این گلوگاه حیاتی به‌صورت ناحیه خشک و کم مساحت در حال سر برآوردن از آب می‌باشند.

در ناحیه بالا دست دهانه ورودی خلیج گرگان، منطقه بسیار کم عمق چاپقلی قرار دارد که در صورت ادامه روند کاهش سطح آب و انسداد دایمی ناحیه چاپقلی، خلیج گرگان علی‌رغم داشتن عرض و عمق بیشتر در دهانه آشوراده-بندرترکمن در مقایسه با ناحیه چاپقلی عملاً هیچ‌گونه ارتباطی با دریای کاسپی نخواهد داشت و با تغییر بیلان آبی خلیج گرگان، خلیج تنها از طریق رودخانه‌های ورودی و بارش تغذیه خواهد شد.

با در نظر گرفتن آن که بیلان آبی خلیج در زمان قطع ارتباط با دریای مادری به‌واسطه تبخیر از سطح آن منفی می‌باشد و رعایت این نکته که میزان بار رسوب‌گذاری ناشی از رودخانه‌های ورودی نیز در حالت دست پایین در خلیج گرگان بدون تغییر می‌ماند می‌توان انتظار داشت که خلیج گرگان وارد مرحله توالی بوم‌شناختی خواهد شد.

نتایج پیش‌یابی‌ها در این تحقیق تحت سناریوی خوش‌بینانه کاهش تراز ۵/۲ سانتی‌متری سطح آب نشان می‌دهد که اولین علایم قطع ارتباط خلیج گرگان با دریای کاسپی حتی برای مدت زمان اندک در تراز منفی ۲۶/۸۲۶ متر و در زمستان ۱۳۹۵ واقع خواهد شد و خلیج تنها از طریق ترازهای لحظه‌ای بالاتر از میزان تراز میانگین سطح آب و یا افزایش سطح آب در فصل گرم سال به‌واسطه بازگشایی دو آبراهه چاپقلی با دریای مادری در ارتباط خواهد بود.

با در نظر گرفتن روند کاهشی تراز ۵/۲ سانتی‌متری سطح آب در هر سال، شرایط بحرانی زمانی آغاز می‌گردد که تراز سطح آب در دریای کاسپی در زمستان ۱۴۰۴ به منفی ۲۷/۲۹۴ متر تقلیل یافته و تحت چنین شرایطی آبراهه شرقی چاپقلی به‌کلی مسدود گردیده و خلیج تنها با حدوث ترازهای لحظه‌ای بالاتر از میزان تراز میانگین سطح آب و افزایش سطح آب در فصل گرم سال از طریق آبراهه میانی چاپقلی با دریای مادری در ارتباط خواهد بود.

سرانجام با در نظر گرفتن روند کاهشی تراز ۵/۲ سانتی‌متری سطح آب در هر سال، خلیج گرگان در زمستان ۱۴۱۰ زمانی‌که تراز سطح آب در دریای کاسپی به منفی ۲۷/۶۰۶ متر تقلیل یافته است، به‌واسطه خشک شدن ناحیه چاپقلی به‌کلی مسدود خواهد شد و عملاً هیچ گونه ارتباط موثری با دریای مادری نخواهد داشت. لذا تحت سناریوهای روند کاهشی ۵/۲ سانتی-متری تراز سطح آب در هر سال، جهت نجات خلیج گرگان از انسداد دیمی و خشکی‌زدگی ۱۶ سال زمان باقی است.

نتایج پیش‌یابی‌ها تحت سناریوی روند شتاب‌دار کاهش سالانه میانگین تراز سطح آب دریای کاسپی به میزان ۱۰/۵ سانتی‌متر درسال نشان داده است که در زمستان ۱۳۹۹ زمانی‌که تراز سطح آب در دریای کاسپی به منفی ۲۷/۳ متر تقلیل می‌یابد، آبراهه شرقی چاپقلی به‌کلی مسدود گردیده و آبراهه میانی چاپقلی نیز تنها در ترازهای بالای لحظه‌ای و یا افزایش سطح آب در فصل گرم سال می‌تواند خلیج گرگان را به‌طور موقت با دریای کاسپی مرتبط نماید.

نتایج پیش‌یابی‌ها تحت سناریوی روند شتاب‌دار کاهش سالانه میانگین تراز سطح آب دریای کاسپی به میزان ۱۰/۵ سانتی‌متر درسال نشان داده است که در زمستان ۱۴۰۲ زمانی‌که تراز سطح آب در دریای کاسپی به منفی ۲۷/۶۰۵ متر تقلیل یافته است، آبراهه میانی چاپقلی در اثر کاهش میزان تراز میانگین سطح آب و ترازهای پایین لحظه‌ای ۰/۵ متری بطور دایم خشک شده و قطع ارتباط خلیج با دریای کاسپی حتمی خواهد بود و ترازهای بالای لحظه‌ای و یا افزایش سطح آب در فصل گرم سال نیز نمی‌تواند سبب بازگشایی موقت آن گردد. لذا تحت سناریوهای روند شتاب‌دار ۱۰/۵ سانتی‌متری تراز سطح آب در هر سال، جهت نجات خلیج گرگان از انسداد دایمی و خشکی‌زدگی ۸ سال زمان باقی است.

نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که تالاب میانکاله در منتهی الیه بخش غربی خلیج گرگان در تراز میانگین منفی ۲۷/۲ متر به-طورکامل دچار خشکی‌زدگی شده و چیزی در حدود ۶۴/۱ کیلومتر مربع از مساحت خلیج مبدل به زمین‌هایی با پوشش گیاهان علفی و بوته‌ای هیدرومورف خواهد شد. مشاهدات میدانی مولفین از بخش‌های شمال و جنوب غربی خلیج در بهمن ماه سال ۱۳۹۳ نیز موید این موضوع بوده است. با در نظر گرفتن کاهش سطح آب تحت مجموعه سناریوهای اول، تالاب میانکاله در سال ۱۴۰۲ یعنی ۸ سال آینده دچار خشکی-زدگی شده و تحت سناریوهای شتاب‌دار کاهش سطح آب در سال ۱۳۹۸ یعنی تنها ۴ سال آینده دچار خشکی‌زدگی کامل خواهد شد.

خاطر نشان می‌سازد که در تحقیق حاضر تنها عامل روند کاهش سطح آب بر مبنای دو سناریو محتمل در نظر گرفته شده است و مطمئناً در صورت در نظر گرفتن میزان رسوب‌گذاری در خلیج و یا افزایش صعودی روند شتاب‌دار کاهش سطح آب بر اساس تغییر شرایط اقلیمی (خشک‌سالی) در سال‌های آتی، کاهش عمق خلیج و قطع ارتباط آن با دریای مادری بر اساس فاصله از سال ۱۳۹۳ بسیار سریع‌تر از آن‌چه در مقاله حاضر ارایه گردیده است، خواهد بود.

کاهش سطح آب، نه تنها خلیج گرگان بلکه بسیاری از مناطق کم عمق ساحلی دریای کاسپی را نیز دچار بحران می‌نماید. با توجه به این موضوع، تالاب‌های ساحلی حوضه جنوبی دریای کاسپی هم‌چون گمیشان و میانکاله در سال‌های آتی در لیست تالاب‌های در معرض خطر (فهرست مونترو) قرار خواهند گرفت. با توجه به مشاهدات تاریخی و روند کاهشی تراز سطح آب دریای کاسپی، در نظر نگرفتن بلایای زیست‌محیطی ناشی از کاهش سطح آب در بوم‌سازگان‌های هم‌جوار این دریا موجبات به مخاطره انداختن تحقق نیازهای نسل آینده می‌گردد. لذا این مهم باید در مدیریت و برنامه‌ریزی آمایش سرزمینی تمامی سواحل متصل به دریای کاسپی، مد نظر مسوولین امر قرار گیرد.

زمانی که طبیعت بنا به دلایلی مسیر حرکت معمول خود را تغییر می‌دهد، باید با شناخت روند این حرکت با آن همراه گردید. به‌عبارتی، در صورت ادامه روند کاهش سطح آب دریای کاسپی علی‌رغم تغییر بوم‌سازگان خلیج گرگان و تالاب میانکاله و تبدیل آن‌ها در نتیجه توالی بوم‌شناختی به بوم‌سازگانی دیگر، می‌توان با کمترین هزینه نسبت به مدیریت و ایجاد بوم‌سازگان-های جدید اقدام نمود، زیرا حوضه جنوب شرق دریای کاسپی به‌طورکامل در منطقه فلات قاره دریایی واقع شده است و در صورت کاهش سطح آب و در معرض خطر قرار گرفتن تالاب میانکاله و خلیج گرگان می‌توان برای آینده‌ی مناطق کم عمق دریایی به‌وجود آمده به عنوان تالاب‌های جدید تصمیمات مدیریتی درستی اتخاذ نمود. در حقیقت این مطلب همان چیزی است که توسعه پایدار سعی بر برقراری همزیستی مسالمت‌آمیز انسان با طبیعت داشته و در این خصوص تعادل میان حفاظت از منابع طبیعی و نیازهای بشری را مد نظر قرار می‌دهد (۱۶).

نویسندگان مقاله بر این باورند که خشک شدن خلیج گرگان و تبدیل آن به بوم‌سازگان خشکی در اثر توالی بوم‌شناختی سرنوشت از پیش تعین شده خلیج گرگان می‌باشد ولیکن عوامل انسان‌زادی در قرن گذشته توانسته است به فرآیند توالی بوم‌شناختی در خلیج گرگان سرعت قابل ملاحظه‌ایی وارد نماید.

افت و خیز سطح آب در دریای کاسپی منشاء بسیاری از مشکلات متعدد برای جوامع زیستی هم‌جوار با این دریا در صده‌ی اخیر و آینده بوده و مدیریت در سطح کلان جهت نیل به توسعه پایدار نیازمند اتخاذ تصمیمات صحیح و خالی از اشکال می‌باشد. لذا بر اساس نتایج تحقیق حاضر پیشنهادات ذیل جهت برون‌رفت از بحران ارایه می‌گردد:

۱- ضروری است کلیه طرح‌ها و برنامه‌های استراتژیک دولت در تمامی سواحل جنوبی دریای کاسپی من جمله خلیج گرگان بر اساس طرح آمایش سرزمینی با عنایت به رویکرد روند کاهش سطح آب دریای کاسپی و سناریوسازی‌های محتمل، مهندسی و عملیاتی گردد.

۲- با توجه به کاهش میزان خودپالایی آب در خلیج گرگان در صورت ادامه روند کاهش سطح آب پیشنهاد می‌گردد صدور مجوزهای مزارع پرورش ماهی در خلیج گرگان با توجه به سناریوهای پیش رو در آینده قطع گردد و یا کاهش داده شود.

۳- آمادگی کامل نهادهای مسوول دریایی جهت مقابله با روند کاهش سطح آب دریای کاسپی.

۴- در استفاده از حوضه‌های آبی متصل به دریای کاسپی که تحت مخاطرات کاهش سطح آب قرار دارند، باید نسبت به آماده‌سازی نقشه آسیب‌پذیری، تهیه آیین‌نامه استفاده از سواحل و تعیین حریم ممنوعه درون حوضه اقدام گردد.

۵- لایروبی کانال خزینی و دو آبراهه ناحیه چاپقلی و یا ارتباط با دریای کاسپی از طریق ایجاد کانال‌های جدید با عمق مناسب در زمان افت سطح آب از طریق شبه‌جزیره میانکاله جهت ابقا حیات خلیج گرگان ولو به‌صورت موقت ضروری می‌باشد.

۶- لازم است دستگاه‌های ذی‌ربط نسبت به مطالعه و جانمایی بوم‌سازگان‌های جدید دریایی در حوضه جنوب شرق دریای کاسپی تحت سناریوهای کاهش سطح آب اقدام نمایند.

ضروری است با توجه به روند کاهشی سطح آب در سواحل دریای کاسپی تمامی تالاب‌های ثبت شده این دریا در کنوانسیون رامسر در فهرست تالاب‌های در معرض خطر (مونترو) قرار گرفته و دفتر کنوانسیون رامسر از کشورهای عضو کمک‌های علمی و مالی لازم را دریافت نماید.

منابع

1. Darvishsefat, A., 2006. Atlas of protected areas of Iran. Assistance of ecology and biodiversity. Iranian Environmental Protection Organization. 157p.

۲. عادلی. ا، ۱۳۹۲، راهبردهای حفاظت تالاب حفاظت شده میانکاله، نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی، جلد۱، شماره ۱، صص ۵۰-۳۷.

3. Easterbrook, D.J., 1999, Surface processes and landforms: Prentice-Hall, 546 p.

۴. قربانی. ر، ۱۳۸۸، اکولوژی عمومی، شماره ۱، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۴۰ صفحه.

۵. شایان. س، یمانی. م و خلیلی. ی، ۱۳۹۱، آشکار-سازی تغییرات خطوط ساحلی شمال کشور با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS (مطالعه موردی: خلیج گرگان)، اولین همایش بین‌المللی بحران‌های زیست‌محیطی و راه‌کارهای بهبود آن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۹ صفحه.

6. 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.

۷. ممدوف. ر و خوشروان. ه، ۱۳۹۱، اطلس هیدروفورمولوژی دریای خزر، شماره ۱، سازمان بنادر و دریانوردی، ۳۴۳ صفحه.

۸. رحیمی‌پور انارکی. ح، ۱۳۸۱، بررسی هیدرودینامیک جریان و پیش‌بینی الگوی فرسایش و رسوب‌گذاری در خلیج گرگان، گزارش طرح تحقیقاتی، شرکت جهاد تحقیقات آب و انرژی، ۲۴۶ صفحه.

۹. قان‌قرم ه. ع، ۱۳۹۲، نوسانات آب دریای خزر (سال آبی ۱۳۹۱-۱۳۹۰) و عوامل محیطی موثر بر آن، گزارش طرح تحقیقاتی، مرکز ملی مطالعات دریای خزر، ۱۱۷ صفحه.

10. DHI Softwar, 2007. Mike Zero, Preprocessing and Post processing. User Guide Generic Editors and Viewers, 128 p.

۱۱. طاهری شهرآئینی. ح، ۱۳۹۱، عملیات نقشه‌برداری و هیدروگرافی خلیج گرگان، گزارش طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی-گلستان، ۱۹ صفحه.

۱۲. مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۱۳۹۳، گزارش نوسانات دریای خزر در سال آبی ۹۳-۹۲، خبرنامه دریای خزر، شماره ۱۵، ۸ صفحه.

۱۳. شربتی. س و حسینی. س، ۱۳۹۱، شبیه‌سازی دو بعدی الگوی جریان خلیج گرگان در خلال یک دوره یک ساله، گزارش طرح تحقیقاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۹ صفحه.

۱۴. قان‌قرمه. ع، ۱۳۸۹، نوسانات آب دریای خزر (سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۸) و عوامل محیطی موثر بر آن، گزارش طرح تحقیقاتی، مرکز ملی مطالعات دریای خزر، ۹۶ صفحه.

۱۵. قانقرمه. ع و نژادقلی. ق، ۱۳۷۸، بررسی نحوه شکل-گیری شبه‌جزیره میانکاله و خلیج گرگان، وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب ایران، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۱۲۲صفحه.

16. Estrellan, C.R.E., 2006. Sustainability and the environment: Back to the definition. Institute of technology in Tokyo (Japan). 4p.