

برآورد نوسانات ماهانه تبادل جریان آب زیرزمینی در منطقه ساحلی

محمد مهدی انصاری فر^۱، میثم سالاری جزی^{۲*}، خلیل قربانی^۳، عبدالرضا کابلی^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴. کارشناس ارشد هیدروژئولوژی شرکت آب منطقه‌ای گلستان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۰۳/۰۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۷/۰۶/۲۵)

چکیده

در طبیعت بین آبخوان‌های ساحلی و بدنه‌های آبی مانند دریا، دریاچه یا خلیج تبادل جریان آب زیرزمینی وجود دارد و با توجه به ویژگی‌های پیکره آبی بررسی شده، این تبادل می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد. آبخوان ساحلی بندرگز در محدوده خلیج گرگان در شمال ایران واقع شده است و محدوده خلیج گرگان به علت شرایط خاص خود اهمیت بسیار زیاد اکولوژیکی و محیط زیستی دارد. در مطالعه حاضر تبادل جریان آب زیرزمینی بین آبخوان ساحلی بندرگز و خلیج گرگان با استفاده از مدل ریاضی GMS طی دوره ۲۴ ماهه شبیه‌سازی شده است. نتایج نشان می‌دهد در دوره‌های کم‌آبی تراز سطح آب دریا به بیشترین مقدار خود (۲۶/۳۷- متر) و جریان خروجی آب زیرزمینی آبخوان ساحلی بندرگز به خلیج گرگان به کمترین مقدار خود (۱/۳۳۱/۹۳۹ مترمکعب در ماه) می‌رسد، در حالی که در دوره پُرآبی الگویی معکوس برقرار است. به علاوه، مطالعات زمانی مشاهداتی و برآورد شده متغیرهای بررسی شده نشان می‌دهد دامنه تغییرات جریان خروجی آب زیرزمینی از آبخوان ساحلی نسبت به تغییرات تراز سطح آب دریا به مراتب بیشتر است. بر اساس نتایج شبیه‌سازی می‌توان نتیجه گرفت که ایجاد یک گرادیان هیدرولیکی تحت تأثیر تغییرات نسبتاً محدود تراز سطح آب دریا، می‌تواند تأثیر کاملاً معناداری بر تغییرات جریان خروجی آب زیرزمینی از آبخوان ساحلی بندرگز به خلیج گرگان داشته باشد.

کلیدواژه‌گان: آبخوان ساحلی، بندرگز، تبادل جریان زیرزمینی، خلیج گرگان.

مقدمه

ماساچوست ایالات متحده آمریکا را با استفاده از رویکرد مدل سازی بررسی کردند که نتایج پژوهش آنها نشان دهنده ارتباط بین چرخه هیدرولوژیکی فصلی در ناحیه ساحلی و نیز سیستم آب زیرزمینی شور در آبخوان ساحلی بوده است. مطالعه ویلسون و گاردنر [۲۰] نشان داد جذر و مد می تواند بر مقدار جریان آب زیرزمینی مرتبط با مرداب ساحلی کاملاً تأثیرگذار باشد و مقدار این تأثیرگذاری تابع بافت خاک است. ارتباط هیدرولیکی بین جریان آب زیرزمینی در آبخوان های ساحلی و جریان دریایی دریاچه می تواند موجب تغییرپذیری کیفیت آب نیز شود، همچنین شدت و وسعت این تغییرات با توجه به شرایط مختلف می تواند بسیار متغیر باشد [۲۱ و ۲۲]. در مطالعه حاضر ارتباط جریان آب زیرزمینی آبخوان بندرگز و خلیج گرگان در شمال ایران بررسی شده است. با توجه به اهمیت اکولوژیکی خلیج گرگان، ورود جریان آب زیرزمینی به آن تأثیر بسیار مهمی در حفظ و پایداری شرایط مناسب اکولوژیکی دارد و بررسی آن برای شناخت این ارتباط لازم و ضروری به نظر می رسد.

مواد و روش ها

معرفی منطقه مطالعه شده

پژوهش مد نظر در دشت بندرگز که در استان گلستان و در مختصات جغرافیایی $36^{\circ}39'48''$ تا $36^{\circ}46'29''$ عرض شمالی و $53^{\circ}53'13''$ تا $54^{\circ}07'34''$ طول شرقی قرار دارد، انجام شده است. وسعت این محدوده حدود ۱۷۳ کیلومترمربع است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی آبخوان ساحلی بندرگز را در استان گلستان نشان می دهد. متوسط بلندمدت بارش سالانه در این منطقه حدود ۶۵۰ میلی متر و متوسط دمای سالانه $17/3$ درجه سانتی گراد است.

با توجه به افزایش مصرف آب، برداشت از آبخوان ها در سالیان اخیر با روند افزایشی مواجه بوده است [۱-۳]. آبخوان های ساحلی بخشی از منابع آبی مناطق ساحلی هستند و به دلیل ماهیت آن تأثیر مهمی در تأمین منابع آبی این گونه مناطق دارند [۴-۶]. آبخوان های ساحلی با جریان های دریا و دریاچه ارتباط هیدرولیکی دارند و بر آن تأثیرگذار و نیز از آن تأثیر پذیرند [۷-۹]. از طرف دیگر، جریان های آب زیرزمینی در آبخوان های ساحلی یکی از عوامل مهم جلوگیری از توسعه تهاجم آب شور دریا یا دریاچه به سمت منابع آب شیرین زیرزمینی دشت های مجاورند [۱۰ و ۱۱]. به بیان دیگر، با حذف یا کاهش این جریان، جبهه آب شور در نواحی ساحلی به سمت دشت های مجاور پیشروی خواهد کرد [۱۲ و ۱۳]. همچنین، آبخوان های ساحلی در بیشتر موارد در تأمین بخشی از آب دریاچه ها تأثیر دارند و با توجه به وسعت دریاچه و نیز نوع ارتباط هیدرولیکی و مقدار آب در دسترس این موضوع می تواند اهمیت داشته باشد [۱۴]. در نواحی ای که جریان آب زیرزمینی در آبخوان های ساحلی در مجاورت دریا یا دریاچه ها قرار می گیرد، تغییرات تراز سطح آب دریا یا دریاچه ها می تواند به شکل مستقیم در تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی آبخوان ساحلی مؤثر باشد [۱۵-۱۷]. مطالعات مختلفی توسط محققان برای کمی کردن تبادل جریان در آب های ساحلی صورت گرفته است. تخمین جریان آب زیرزمینی به خلیج شمالی مکزیک با استفاده از رادون ۲۲۲ نشان دهنده ارتباط کاملاً مؤثر بین این آبخوان ساحلی و خلیج بررسی شده بوده است، به طوری که مقدار جریان در دامنه ۱۸۰ تا ۷۱۰ مترمکعب بر ثانیه در منطقه مطالعه شده برآورد شده است [۱۸]. مایکل و همکارانش [۱۹] تبادل جریان در خلیج واکویت واقع در



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی آبخوان ساحلی بندرگز و چاه های مشاهده ای بررسی شده

جدول ۱. موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای مطالعه‌شده

محل چاه مشاهده‌ای	فاصله از دریا (کیلومتر)	ارتفاع (متر)	UTMx	UTMy
بندرگز	۰/۸	-۲۴	۲۲۷۲۳۵	۴۰۷۴۹۰۸
باغکناره	۱/۲	-۲۴/۲	۲۳۵۹۲۵	۴۰۷۶۸۲۵
شمال نوکنده	۱/۱	-۲۱/۹	۲۲۲۶۰۳	۴۰۷۳۶۷۲

مطالعه‌شده است. بعد از ساخت کامل مدل مفهومی این مدل به مدل شبیه‌ساز MODFLOW تبدیل می‌شود. سپس، به منظور واسنجی پارامتر هدایت هیدرولیکی در شرایط پایدار از اطلاعات مربوط به مهرماه ۱۳۹۰ استفاده شده و مقدار بهینه پارامتر مد نظر محاسبه شد. سپس، از آبان ۱۳۹۰ تا شهریور ۱۳۹۱ پارامتر ضریب آبدهی ویژه واسنجی شد و پارامتر هدایت هیدرولیکی نیز در این شرایط به شکل مناسب و منطقی برآورد شد. پس از واسنجی مدل در شرایط مختلف، صحت مدل از مهر ۱۳۹۱ تا شهریور ۱۳۹۲ آزمایش شد.

معیارهای ارزیابی دقت مدل

برای بررسی و ارزیابی دقت نتایج شبیه‌سازی از دو معیار میانگین قدرمطلق خطا و میانگین انحرافات خطا استفاده شد. رابطه معیار اول یعنی میانگین قدرمطلق خطا به صورت رابطه ۲ است.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (2)$$

این معیار می‌تواند به طور متوسط نشان دهد انحراف مقادیر محاسباتی از مشاهداتی به چه مقدار است [۲۳]. مقدار ایده‌آل این معیار خطا برابر با صفر است، همچنین هر مقدار با صفر تفاوت داشته باشد نشان‌دهنده افزایش خطر شبیه‌سازی است [۲۴]. معیار دوم بررسی شده در مطالعه حاضر معیار میانگین انحرافات خطا است که به صورت رابطه ۳ است:

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)}{n} \quad (3)$$

مقدار ایده‌آل این خطا برابر با صفر است و مهم‌ترین کاربرد این معیار آن است که می‌تواند نشان دهد به طور متوسط شبیه‌سازی تا چه اندازه به بیش‌برآوردی یا کم‌برآوردی منجر شده است [۲۵].

برای بررسی تبادل جریان زیرزمینی بین آبخوان ساحلی بندرگز و خلیج گرگان از اطلاعات سه چاه مشاهده‌ای، در امتداد نوار ساحلی استفاده شد. مشخصات این چاه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

شبیه‌سازی

معادله حاکم بر جریان آب زیرزمینی، در شرایط ناپایدار به شکل رابطه ۱ است:

$$\frac{\partial}{\partial x} (k_{xx} \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k_{yy} \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (k_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}) - w = s_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

در معادله یادشده k_{zz} ، k_{yy} ، k_{xx} ضرایب هدایت هیدرولیکی آبخوان در راستای محورهای x ، y و z ، h بار هیدرولیکی یا سطح ایستابی آبخوان، w شار حجمی یا میزان تخلیه برحسب حجم، s_s مقدار ضریب ذخیره و t زمان است. مدل‌های عددی مختلفی برای شبیه‌سازی تراز سطح آب زیرزمینی با این‌گونه معادلات توسعه داده شده‌اند. در تحقیق حاضر از مدل عددی GMS برای شبیه‌سازی تراز سطح آب زیرزمینی استفاده شده است.

روند انجام شبیه‌سازی

برای شبیه‌سازی تراز سطح آب زیرزمینی دشت مد نظر، از نرم‌افزار GMS استفاده شد. شبیه‌سازی تراز سطح آب یکی از قابلیت‌های نرم‌افزار GMS است که این کار با استفاده از مدل MODFLOW موجود در نرم‌افزار، که یک مدل تفاضل محدود سه‌بعدی است، انجام می‌شود. فرایند مدل‌سازی آب زیرزمینی به وسیله نرم‌افزار GMS مستلزم ساخت بسته‌های متنوع مورد نیاز در نرم‌افزار است. این بسته‌ها در محیط GIS ساخته و سپس وارد نرم‌افزار GMS شده و استفاده می‌شود. این بسته‌ها و اطلاعات شامل پلیگون‌های تغذیه از سطح، مرز آبخوان، مختصات و اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای و بهره‌برداری، اطلاعات مربوط به هدایت هیدرولیکی و ضریب آبدهی ویژه، توپوگرافی و تراز سنگ کف در محدوده



شکل ۲. فلوجارت شبیه‌سازی در مطالعه حاضر

نتایج و بحث

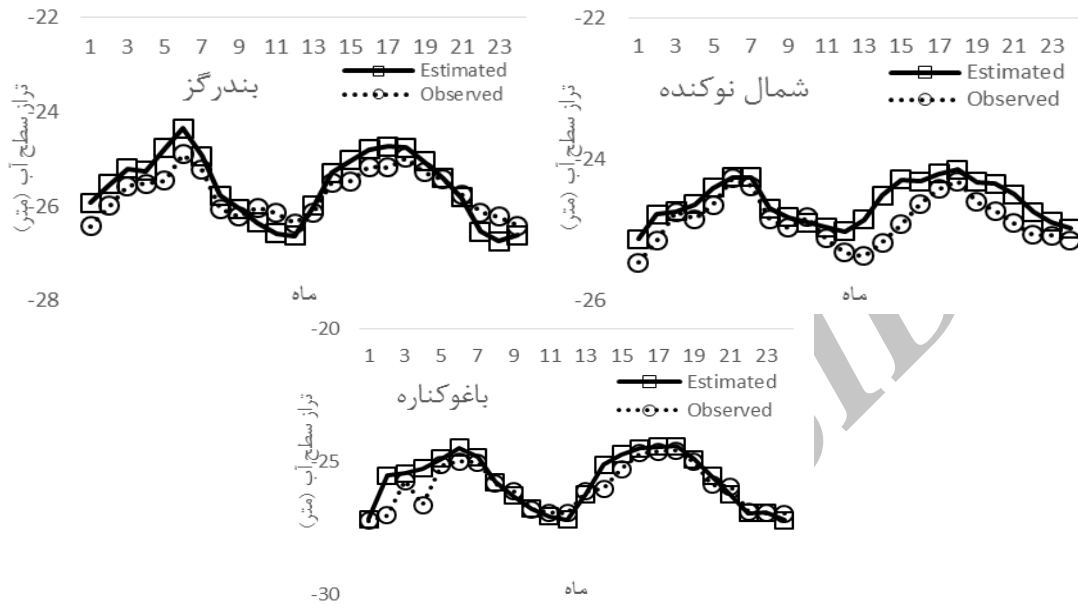
مدل در دوره‌های پایدار و ناپایدار واسنجی شده و پس از برآورد پارامترها، در مرحله صحت‌سنجی اجرا شد. بررسی معیارهای میانگین انحرافات خطا و میانگین قدر مطلق خطا نشان می‌دهد در سطح آبخوان ساحلی بندرگز معیار میانگین انحرافات خطا در مرحله واسنجی برابر با $0/37-$ متر و در مرحله صحت‌سنجی برابر با $0/31-$ متر است و نیز میانگین معیار قدر مطلق خطا در مرحله واسنجی برابر با $0/45-$ متر و در مرحله صحت‌سنجی برابر با $0/42-$ متر است. به بیان دیگر، این مقادیر نشان می‌دهد در سطح آبخوان ساحلی بررسی‌شده هر دو مرحله واسنجی و صحت‌سنجی، شبیه‌سازی با دقت بسیار مناسبی انجام شده است و مدل اعتمادپذیری مناسبی دارد. همچنین، یادآوری این نکته ضروری است که دقت مدل در دوره‌های پایدار و ناپایدار در مرحله واسنجی نسبتاً مشابه یکدیگر بوده است. هدف از مطالعه حاضر بررسی تبادل جریان در مرز ساحلی

است، بنابراین لازم است که مشخص شود که دقت شبیه‌سازی در نوار ساحلی چقدر بوده است. مقادیر معیارهای میانگین انحرافات خطا و میانگین قدر مطلق خطا برای سه پیژومتر مشاهداتی در منطقه ساحلی یعنی باغونک‌ناره، شمال نوکنده و بندرگز طی دوره دوساله شبیه‌سازی در جدول ۲ ارائه شده است. بررسی معیارهای اشاره‌شده نشان می‌دهد طی زمان، شبیه‌سازی دقت کاملاً مناسبی داشته است و یک رفتار محدود کم‌برآوردی در منطقه یادشده قابل تشخیص است.

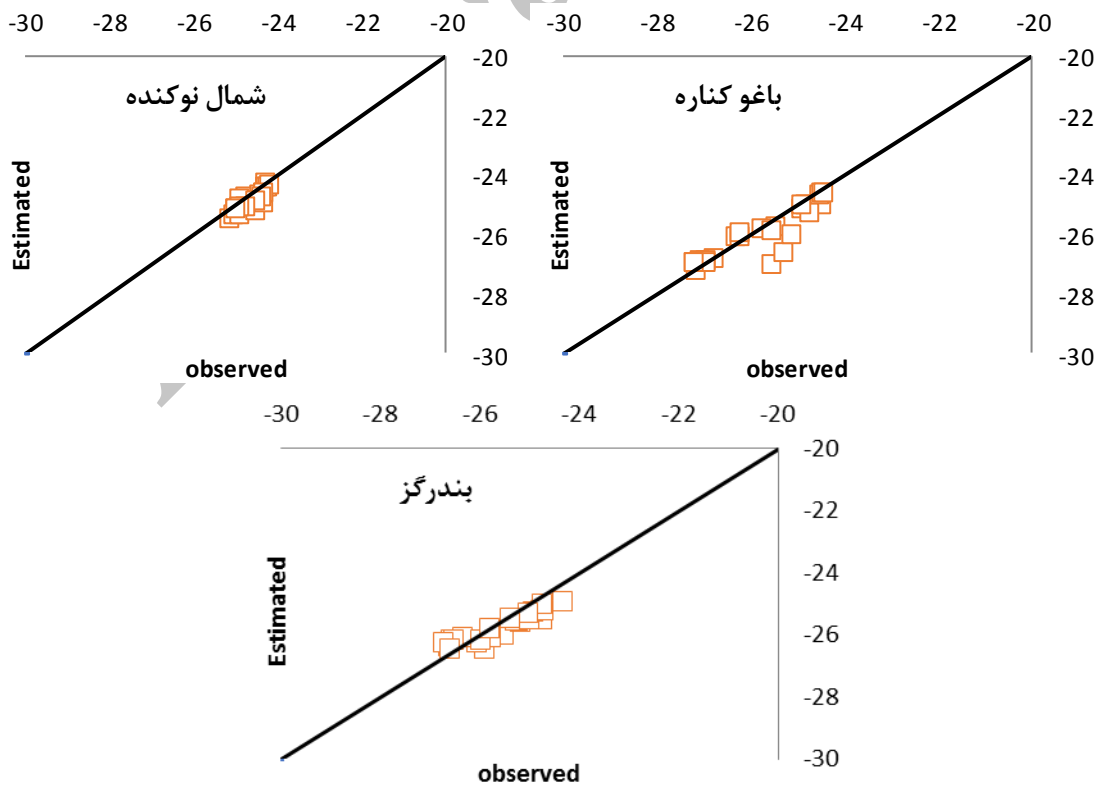
نمودارهای مقایسه‌ای سری زمانی و نیز نمودار خط ۴۵ درجه مقادیر مشاهداتی و برآوردشده تراز سطح آب زیرزمینی در نوار ساحلی آبخوان ساحلی بندرگز طی دوره شبیه‌سازی در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. بررسی نمودارها نشان می‌دهد شبیه‌سازی تراز سطح آب زیرزمینی در نواحی نزدیک به نوار ساحلی با دقت مناسبی صورت گرفته است.

جدول ۲. معیارهای دقت مدل برای چاه‌های مشاهده‌ای مجاور نوار ساحلی طی دوره ۲۴ ماهه

بندرگز		شمال نوکنده		باغوکناره	
MBE	MAE	MBE	MAE	MBE	MAE
-۰/۱۴	۰/۳۳	-۰/۲۶	۰/۲۷	-۰/۲۲	۰/۳۳



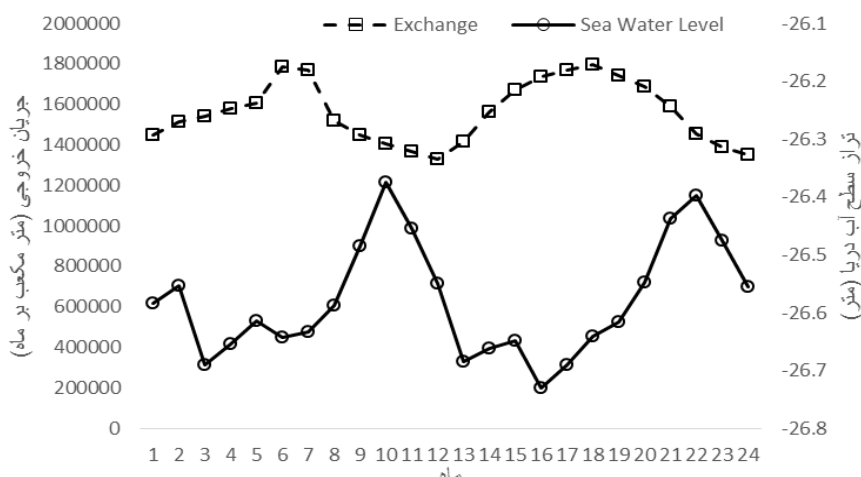
شکل ۳. نمودار سری زمانی تراز سطح آب زیرزمینی مشاهداتی و محاسباتی در نوار ساحلی آبخوان بندرگز



شکل ۴. نمودار خط ۴۵ درجه مقایسه تراز سطح آب زیرزمینی مشاهداتی و محاسباتی در نوار ساحلی آبخوان بندرگز

برابر با ۲۶/۷۳- متر است. همچنین، مشخص است که دامنه تغییرات تراز سطح آب دریا وسیع نیست اما یک الگوی دوره‌ای مشخص در تغییرات تراز سطح دریا کاملاً مشهود است. تغییرات نمودار جریان خروجی از آبخوان ساحلی گرگان به خلیج گرگان طی دوره زمانی شبیه‌سازی بیان‌کننده این نکته است که در دوره‌های کم‌آبی مقدار جریان خروجی از آبخوان ساحلی به خلیج به حداقل مقدار خود می‌رسد، ولی در دوره‌های پرآبی این جریان به بیشترین مقدار خود می‌رسد. کمترین مقدار جریان از آبخوان ساحلی بندرگز به خلیج گرگان طی دوره شبیه‌سازی در شهریورماه ۱۳۹۱ برابر با ۱/۳۳۱/۹۳۹ مترمکعب در ماه و بیشترین مقدار در اسفندماه ۱۳۹۱ و برابر ۱/۷۹۴/۸۰۲ مترمکعب در ماه بوده است.

همان طور که بیان شد بررسی معیارهای دقت مدل و همچنین سری زمانی مقادیر مشاهداتی و محاسباتی تراز سطح آب زیرزمینی در نواحی ساحلی بیان‌کننده دقت کاملاً مناسب مدل در شبیه‌سازی تراز سطح آب زیرزمینی در منطقه بررسی شده است. بر این اساس، به نظر می‌رسد استفاده از سایر مؤلفه‌های شبیه‌سازی شده مدل، قابلیت اعتماد مناسب دارد. در شکل ۵ تغییرات تراز سطح آب دریا و نیز مقدار جریان خروجی از آبخوان ساحلی بندرگز به خلیج گرگان طی دوره شبیه‌سازی یعنی از مهرماه ۱۳۹۰ تا شهریور ۱۳۹۲ نمایش داده شده است. بررسی نمودار تغییرات تراز سطح آب دریا نشان می‌دهد بیشترین تراز سطح آب دریا در دوره‌های کم‌آبی و برابر با ۲۶/۳۷- متر و کمترین تراز سطح آب دریا در دوره‌های پرآبی و



شکل ۵. نمودار سری زمانی تراز سطح آب دریا و جریان آب زیرزمینی خروجی از آبخوان ساحلی بندرگز طی دوره ۲۴ ماهه

همچنین، وجود یک الگوی دوره‌ای مشخص در تغییرات مقدار جریان خروجی از آبخوان ساحلی بندرگز در خلیج گرگان طی دوره‌سازی کاملاً مشهود و مشخص است که از نظر برقراری یک الگوی زمانی، رفتار فیزیکی مشخصی را نشان می‌دهد. همچنین، نشان می‌دهد دامنه تغییرات در مقدار جریان خروجی از آبخوان ساحلی گرگان به مراتب از دامنه تغییرات تراز سطح آب دریا بیشتر است.

نتیجه‌گیری

آبخوان‌های ساحلی ارتباط هیدرولیکی با خلیج یا دریا دارند و به بیان دیگر، می‌توانند بر دریا یا دریاچه مؤثر باشند یا از آن تأثیر بپذیرند. به علت ماهیت آبخوان‌های

ساحلی، بررسی ارتباط آنها با دریا یا دریاچه‌ها اهمیت فراوانی دارد. در مطالعه حاضر ارتباط آبخوان ساحلی بندرگز و خلیج گرگان با استفاده از مدل ریاضی GMS مطالعه شد. با استفاده از اطلاعات ثبت‌شده در یک دوره ۲۴ ماهه از مهرماه ۱۳۹۰ تا شهریورماه ۱۳۹۲ مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی در آبخوان ساحلی بندرگز با در نظر گرفتن شرط مرزی تراز متغیر سطح آب دریا در دو مرحله واسنجی و صحت‌سنجی و همچنین در دو دوره پایدار و ناپایدار صورت گرفت. بررسی نتایج شبیه‌سازی نشان‌دهنده دقت مدل در مراحل و دوره‌های بررسی شده بوده است. بر اساس کاربرد مدل مطالعه‌شده، تبادل جریان بین آبخوان ساحلی بندرگز و خلیج گرگان در دوره ۲۴

- from a coastal drainage basin in Italy. *Water resources management*.2016; 30(2): 731-745.
- [7].Giambastiani BM, Colombani N, Greggio N, Antonellini M, Mastrocicco M. Coastal aquifer response to extreme storm events in Emilia-Romagna, Italy. *Hydrological Processes*.2017; 31(8): 1613-1621.
- [8].Guttman J, Negev I, Rubin G. Design and testing of recharge wells in a coastal aquifer: summary of field scale pilot tests. *Water*.2017; 9(1): 53.
- [9].Liu Y, Jiao JJ, Luo X. Effects of inland water level oscillation on groundwater dynamics and land-sourced solute transport in a coastal aquifer. *Coastal Engineering*.2016; 114: 347-360.
- [10].Mahlknecht J, Merchán D, Rosner M, Meixner A, Ledesma-Ruiz R. Assessing seawater intrusion in an arid coastal aquifer under high anthropogenic influence using major constituents, Sr and B isotopes in groundwater. *Science of the Total Environment*.2017; 587: 282-295.
- [11].Van Camp M, Mtoni Y, Mjemah IC, Bakundukize C, Walraevens K. Investigating seawater intrusion due to groundwater pumping with schematic model simulations: The example of the Dar es Salaam coastal aquifer in Tanzania. *Journal of African Earth Sciences*.2014; 96: 71-78.
- [12].Trabelsi N, Triki I, Hentati I, Zairi, M. Aquifer vulnerability and seawater intrusion risk using GALDIT, GQI SWI and GIS: case of a coastal aquifer in Tunisia. *Environmental Earth Sciences*.2016; 75(8): 669.
- [13].Shi W, Lu C, Ye Y, Wu J, Li L, Luo J. Assessment of the impact of sea-level rise on steady-state seawater intrusion in a layered coastal aquifer. *Journal of Hydrology*.2018.
- [14].Yagbasan O, Yazicigil H. Assessing the impact of climate change on Mogan and Eymir Lakes' levels in Central Turkey. *Environmental Earth Sciences*.2012; 66(1): 83-96.
- [15].Ferguson G, Gleeson T. Vulnerability of coastal aquifers to groundwater use and climate change. *Nature Climate Change*.2012; 2(5): 342.
- [16].Oude Essink GHP, Van Baaren ES, De Louw PG. Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands. *Water Resources Research*.2011; 46(10).
- [17].Sefelnasr A, Sherif M. Impacts of seawater rise on seawater intrusion in the Nile Delta aquifer, Egypt. *Groundwater*.2014; 52(2): 264-276.
- ماهه بررسی شده برآورد شد. تغییرات جریان خروجی از آبخوان ساحلی بندرگز و خلیج گرگان در مرز شمالی و یا به بیان دیگر، طی نوار ساحلی تخمین زده شده و سری زمانی آن استخراج شد. بررسی الگوی تغییرات زمانی تراز سطح آب دریا نشان داد در دوره کم‌آبی تراز سطح آب دریا به بیشترین میزان خود رسیده و در دوره پرآبی این متغیر به کمترین مقدار خود می‌رسد، در حالی که بررسی تغییرات جریان خروجی از آبخوان ساحلی بندرگز به خلیج گرگان نشان می‌دهد در دوره کم‌آبی مقدار این جریان به کمترین مقدار خود می‌رسد. به بیان دیگر، تغییرات این دو متغیر دو الگوی کاملاً متضاد دارد که بیان‌کننده تأثیرگذاری درخور توجه تغییرات تراز سطح آب دریا بر تبادل جریان بین آبخوان ساحلی بندرگز و خلیج گرگان است. به علاوه، نتایج به‌دست‌آمده تأیید می‌کند که استفاده از مدل ریاضی GMS توانسته است به برآورد تبادل جریان زیرزمینی بین آبخوان ساحلی و خلیج در منطقه بررسی شده منجر شود.

منابع

- [1].Chinnasamy P, Agoramorthy G. Groundwater storage and depletion trends in Tamil Nadu State, India. *Water Resources Management*.2015; 29(7): 2139-2152.
- [2].Rahman AS, Kamruzzama M, Jahan CS, Mazumder QH. Long-term trend analysis of water table using 'MAKESENS' model and sustainability of groundwater resources in drought prone Barind area, NW Bangladesh. *Journal of the Geological Society of India*.2016; 87(2): 179-193.
- [3].Moslemzadeh M, Salarizazi M, Soleymani S. Application and assessment of kriging and cokriging methods on groundwater level estimation. *J Am Sci*. 2011; 7(7): 34-39.
- [4].Sethi LN, Kumar DN, Panda SN, Mal BC. Optimal crop planning and conjunctive use of water resources in a coastal river basin. *Water resources management*.2002; 16(2): 145-169.
- [5].Emch PG, Yeh WW. Management model for conjunctive use of coastal surface water and ground water. *Journal of Water Resources Planning and Management*.1998; 124(3): 129-139.
- [6].Benini L, Antonellini M, Laghi M, Mollema PN. Assessment of water resources availability and groundwater salinization in future climate and land use change scenarios: a case study

- [18].Cable JE, Burnett WC, Chanton JP, Weatherly GL. Estimating groundwater discharge into the northeastern Gulf of Mexico using radon-222. *Earth and Planetary Science Letters*.1996; 144(3-4): 591-604.
- [19].Michael HA, Mulligan AE, Harvey CF. Seasonal oscillations in water exchange between aquifers and the coastal ocean. *Nature*.2005; 436(7054): 1145.
- [20].Wilson AM, Gardner LR. Tidally driven groundwater flow and solute exchange in a marsh: numerical simulations. *Water Resources Research*.2006; 42(1).
- [21].Barlow PM, Reichard EG. Saltwater intrusion in coastal regions of North America. *Hydrogeology Journal*.2010; 18(1): 247-260.
- [22].Zghibi A, Tarhouni J, Zouhri L. Assessment of seawater intrusion and nitrate contamination on the groundwater quality in the Korba coastal plain of Cap-Bon (North-east of Tunisia). *Journal of African Earth Sciences*.2013; 87: 1-12.
- [23].Salarijazi M, Abdolhosseini M, Ghorbani K, Eslamian S. Evaluation of quasi-maximum likelihood and smearing estimator to improve sediment rating curve estimation. *International Journal of Hydrology Science and Technology*.2016; 6.4: 359-370.
- [24].Sadeghian MS, Salarijazi M, Ahmadianfar I, Heydari, M. Stage-Discharge relationship in tidal rivers for tidal flood condition. *FEB-FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*.2016; 4111.
- [25].Ghorbani K, Salarijazi M, Abdolhosseini M, Eslamian S. Assessment of minimum variance unbiased estimator and beta coefficient methods to improve the accuracy of sediment rating curve estimation. *International Journal of Hydrology Science and Technology*.2017; 7.4: 350-363.

Archive of SID