ارزیابی تاثیر کمی اجرای پروژه های آبخیزداری بر سطح آب زیرزمینی(مطالعه موردی:پروژه جمعاب)

سید محمد تا ج بخش*[۱]، هادی معماریان[۱]، حسین پارسا صدر[۲]
۱-دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست ،دانشگاه بیرجند
۲-دانشجوی دکتری آبهای زیرزمینی دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱
تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲
نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

ارزیابی و کنترل عملکرد جزء لاینفک هر گونه فعالیت وکار اجرایی به شمار رفته و هدف از آن نیز اصلاح، بهبود و کاهش هدررفت‌ها و جهت بهره‌وری بهتر و اتخاذ تکنیک‌های مناسب که در نهایت به پیشرفت برنامه‌ها می‌انجامد. لذا بررسی حاضر با هدف شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی و بررسی اثرات پروژه تغذیه مصنوعی جمعاب بر منابع آب زیرزمینی دشت فریزی چناران با استفاده از مدل ریاضی و کد MODFLOW انجام پذیرفته است. مدل آبخوان مورد مطالعه بیشترین حساسیت را نسبت به تغییرات هدایت هیدرولیکی و دبی بهره‌برداری از چاه‌ها دارد و نسبت به تغییرات تغذیه سطحی ناشی از بارندگی حساسیت کمتری از خود نشان می‌دهد. طرح تغذیه مصنوعی جمعاب در سناریو شاهد باعث افزوده شدن سالانه ۴۵۳۷۱۷/۶ متر مکعب آب به آبخوان گردیده است. حداکثر حجم آب ورودی به سیستم آبخوان از طریق تغذیه مصنوعی جمعاب بین سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱برابر با ۱/۸ میلیون متر مکعب می‌باشد و با توجه به سناریو شاهد میزان ۱/۳۵ میلیون متر مکعب افزایش داشته است، این مقدار افزایش تغذیه باعث شده است متوسط ارتفاع سطح ایستابی آبخوان دشت فریزی چناران نسبت به سناریو شاهد در دوره پیش بینی در سال‌های ۹۳، ۹۴ و ۹۵، به ترتیب برابر ۰/۰۹، ۰/۱۱ و ۰/۱۷ متر افزایش یابد، و حداقل حجم آب ورودی به سیستم آبخوان از طریق تغذیه مصنوعی جمعاب بین سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱ مربوط به سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۸۱ می‌باشد که تقریبا برابر با ۱۷۰هزار متر مکعب می‌باشد که نسبت به سناریو شاهد میزان ۲۸۳ هزار متر مکعب کاهش داشته است، برآورد درآمد در سیستم برابر با ۵۷/۵ میلیارد تومان در طول دوره بهره‌برداری تا سال ۱۳۹۱ بدست می‌آید. نسبت سود به هزینه پروژه با لحاظ کلیه درآمدهای حاصل ازکارکردهای اکوسیستمی پروژه و تولید حدود ۱۱ می‌باشد. که این اعداد نشان دهنده توجیه اقتصادی پروژه در دوره بهره‌برداری تا سال ۱۳۹۱ است.

واژه‌های کلیدی: آبخوان، تغذیه مصنوعی، جمعاب، کارکرد اکوسیستمی، نرم افزار GV.

مقدمه

افت سطح ایستابی آبخوان‌ها در سطح ایران به دلیل استخراج بیش‌ازاندازه و حفر چاه‌های بدون پروانه معضلی است که همگان بر آن اتفاق‌نظر دارند. این در حالی است که از ۴۰۰ میلیارد مترمکعب بارش متوسط سالانه کشور فقط ۳۵ میلیارد مترمکعب آن به تغذیه آبخوان‌ها می‌رسد و بقیه آن به‌صورت رواناب از دسترس خارج می‌شود (کوثر، ۱۳۷۴). حجم آب تجدیدشونده سالیانه در سطح استان خراسان‌رضوی، حدود ۱۱/۹میلیارد مترمکعب است که ۳/۹ میلیارد مترمکعب آن سطحی و ۸ میلیارد مترمکعب آن زیرزمینی است. هرساله حدود ۹/۷ میلیارد مترمکعب آب زیرزمینی از این آبخوان‌ها استخراج و به مصارف مختلف (به‌طور عمده کشاورزی) می‌رسد. توسعه‌ای که به‌صورت اضافه برداشت‌ها (برداشت بیشتر از تغذیه سالیانه) به‌وسیله چاه‌های عمیق صورت می‌گیرد، سبب شده است که آبخوان ۵۷ دشت از ۷۶ دشت استان، با کسری مخزن روبه‌رو شود و استان با بحران شدید آب مواجه گردد. کسری مخزن آب زیرزمینی، به ۱/۷ میلیارد مترمکعب در سال می‌رسد. پیامدهای جبران‌ناپذیر بحران آب عبارتند از بالا رفتن هزینه پمپاژ آب، شور شدن آب زیرزمینی، نشست زمین و ایجاد شکاف‌ها در سطح دشت‌ها و مشکلات محیط زیستی

[1]*Tajbakhsh.m@birjand.ac.ir نویسنده مسئول

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]

(دانشوری، ۱۳۸۹). تاکنون راهکارهای مختلفی جهت حل بحران کم‌آبی در دشت مشهد ارائه و بعضاً نیز به مرحله اجرا درآمده است. یکی از شاخص‌ترین راهکارهای اجرایی برای مقابله با کم‌آبی و کاهش بحران آب، تهیه و اجرای پروژه‌های آبخیزداری می‌باشد. در همین راستا جهت حفظ و ذخیره‌سازی منابع آبی در هر منطقه واجد شرایط مناسب، اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب مدنظر بوده است. اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب، به‌واسطه دارا بودن ظرفیت ذخیره‌سازی بالا، کم بودن تبخیر و تلفات آب، عدم نیاز به اختصاص زمین وسیع و غیره، نسبت به راه‌حل‌های دیگر دارای برتری می‌باشد (گزارش ارزیابی پروژه جمعاب، ۱۳۹۲). سلاجقه (۱۳۸۸) تاثیر بهره‌برداری از مخازن چاه نیمه بر سطح آب زیرزمینی منطقه شیب آب را با استفاده از MODFLOW مورد بررسی قرار داد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داد که افزایش ذخیره آب چاه نیمه‌ها باعث بالا آمدن سطح آب زیرزمینی دشت سیستان خواهد شد.

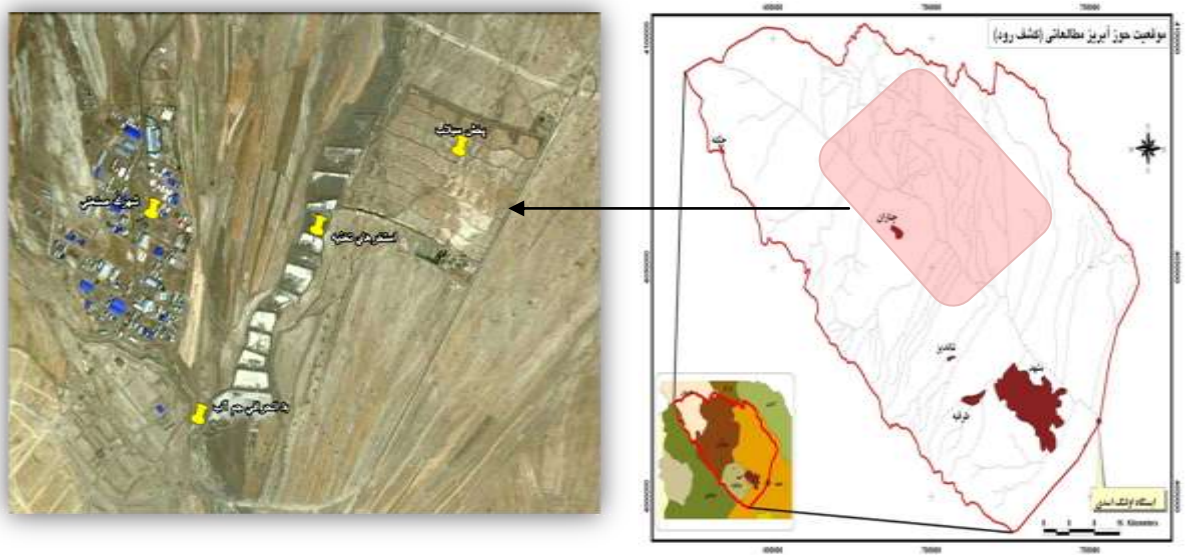
تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی یکی از اهداف اجرای روژه های پخش سیلاب بر آبخوان‌ها می‌باشد. با در نظر گرفتن کل اعتبارات تخصیص یافته به طرح‌های پخش سیلاب از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷ که قریب به ۳۶۰ میلیارد ریال بوده است، قیمت تمام شده هر مترمکعب آب استحصال شده حدود ۲۸۰ ریال و در یک دوره ۲۰ ساله به‌دست آمده است. در صورت به روز نمودن ارزش اعتبارات با سود ۱۵ درصد در سال، قیمت تمام شده هر مترمکعب آب استحصال شده کمتر از ۱۷۰۰ ریال خواهد بود. در مقام مقایسه، قیمت تمام شده هر مترمکعب آب در سال ۱۳۹۵ توسط وزارت نیرو ۱۵۰۰۰ ریال اعلام شده است (نیک کامی،۱۳۸۷).

ارزیابی و کنترل عملکرد جزء لاینفک هرگونه فعالیت و کار اجرایی به شمار رفته و هدف از آن نیز اصلاح، بهبود و کاهش هدررفت‌ها و با افزایش امید به چشم‌انداز طرح‌ها، منجر به پیشرفت برنامه‌ها می‌شود. لذا جهت بهره‌وری بهتر و اتخاذ تکنیک‌های مناسب و اصلاح تعامل با محیط، تعیین اثرگذاری پروژه جمعاب شهرستان چناران بر روی آبخوان پایین‌دست در اولویت‌های پژوهشی دفتر مطالعات پایه منابع آب خراسان رضوی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مشخصات و ویژگی‌های محدوده مطالعاتی

محل اجرای سیستم پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی دشت جمعاب در نیمه شرقی استان خراسان رضوی بر روی قسمتی از دشت مشهد و در فاصله حدود ۱۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان چناران می‌باشدکه از سال ۱۳۷۲ عملیات اجرایی آن شروع‌شده است (شکل ۱).



شکل (۱): موقعیت منطقه مطالعاتی

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]

محدوده موردمطالعه از شمال به روستاهای اخلمد علیا و سفلی، از شرق به روستاهای حسن آقه و رونگ، از غرب به روستای درخت جوز و از جنوب به روستای برف‌ریز منتهی می‌گردد. محدوده موردمطالعه شامل آبادی‌های مهمی به نام‌های جمعاب (جمع آباد) و خیج در نزدیکی خروجی منطقه و روستاهای ابقد، کلاته پایین و فریزی درون منطقه مطالعاتی است . رودخانه‌ای که آب آن وارد سیستم تغذیه مصنوعی جمعاب می‌شود، رودخانه فریزی نام دارد که سیستم مذکور در جناح راست رودخانه واقع‌شده و مختصات جغرافیایی آن معادل "۳۵ ´۴۸ ˚۵۸ تا "۲۱ ´۰۶ ˚۵۹ طول شرقی و "۱۱ ´۲۰ ˚۳۶ تا "۵۸ ´۳۳ ˚۳۳ عرض شمالی می‌باشد. رودخانه فریزی یکی از سرشاخه‌های سمت راست رودخانه بزرگ کشف رود بوده و دارای آب پایه و سیلاب‌های بهاری می‌باشد که در مواقع طغیان‌های شدید، آب آن به کشف رود منتهی به دشت مشهد وارد می‌شود. مساحت حوزه آبخیز رودخانه فریزی واقع در بالادست پروژه جمعاب ۳۴۱۳۷ هکتار می‌باشد. اقلیم حوزه آبخیز فریزی که در بالادست سیستم پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی جمعاب واقع‌شده، بر اساس روش آمبرژه از نوع نیمه‌خشک سرد می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه محل طرح ۲۳۷ میلی‌متر و حجم بارش سالانه ۸۰ میلیون مترمکعب و دمای متوسط سالانه ۱۳ درجه سانتی گراد می‌باشد. با توجه به منحنی آمبروترمیک طول دوره خشک منطقه موردمطالعه ۶ ماه است. این دوره هرساله از اردیبهشت شروع و تا آبان ماه ادامه می‌یابد (اعظمی راد و معماری، ۱۳۹۱).

از سال ۱۳۵۲ ایستگاه آب‌سنجی به نام موشنگ (نام محل ایستگاه) تأسیس‌شده که مکان این ایستگاه در جناح راست رودخانه فریزی بوده و فاصله آن تا محل سیستم تغذیه مصنوعی حدود ۱ کیلومتر (بالادست سیستم) می‌باشد. با نگاهی اجمالی به آمار دبی حداکثر لحظه‌ای حوضه متوجه می‌شویم که احتمال وقوع سیلاب با دبی بالا، در منطقه طرح زیاد می‌باشد. به گونه‌ای که دبی ۵ ساله، ۲۵ ساله، ۵۰ ساله و ۱۰۰ ساله سیلاب حوزه به ترتیب ۴۹/۸۲، ۷۰/۲۲، ۷۷/۴۲ و ۸۳/۹۴ مترمکعب بر ثانیه است (ولایتی و همکاران، ۱۳۸۳؛ اعظمی راد و معماری، ۱۳۹۱). رودخانه فریزی از مهرماه تا بهمن‌ماه و از تیرماه تا شهریورماه به مدت ۸ ماه دارای آب‌پایه بوده و در اواخر بهمن تا اوایل خرداد به مدت ۴ ماه دارای رژیم سیلابی است. میزان آورد و رواناب سالانه این رودخانه ۵۹ میلیون مترمکعب برآورد شده است (دوره آماری ۲۵ ساله (۶۲-۱۳۶۱ لغایت ۸۶-۱۳۸۵)) (اعظمی راد و معماری، ۱۳۹۱).

آبخوان جمعاب بر روی نهشته‌های آبرفتی دشت مشهد واقع‌شده است. نهشته‌های آبرفتی دشت مشهد حاصل فعالیت رودخانه کشف رود و سیلاب‌های فصلی رودخانه‌های اطراف دشت می‌باشد. این نهشته‌ها از قدیم به جدید به ترتیب شامل سازند آبرفتی هزاردره، آبرفت جوان دشت مشهد و آبرفت‌های عهد حاضر هولوسن می‌باشد (بربریان و همکاران، ۱۳۷۸).

سوابق اجرای پروژه جمعاب

معاونت آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی مطالعه و طراحی اجرای سیستم پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی جمعاب چناران را در سال‌های ۷۱ تا ۷۳ در دستور کار خود قرار داد. با توجه به تأمین اعتبار پروژه به‌صورت تدریجی، در سال آبی ۷۵-۷۴، سه حوضچه نفوذ از مجموعه حوضچه‌های حال حاضر احداث گردید. در سال۷۶-۷۵ تعداد حوضچه‌ها به ۶ عدد و در سال ۸۱-۸۰ به ۸ عدد و سپس در طرح توسعه پروژه، درنهایت به ۱۶ حوضچه افزایش‌یافته است.

در سال ۱۳۸۲، از طرف اداره ارزیابی و اطلاعات جغرافیایی مدیریت آبخیزداری خراسان، طرح ارزیابی اجمالی تأثیر پروژه پخش سیلاب جمعاب چناران بر آبخوان دشت مشهد- چناران، اجرا گردیده که بر اساس نتایج حاصل از این گزارش، میزان آب نفوذ داده شده از طریق ۸ حوضچه موجود در آن (از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۰)، ۱۴/۲۶ میلیون مترمکعب برآورد شده است.

درنهایت در سال ۱۳۹۲ نیز گزارش ارزیابی جامعی را بر روی عملکرد حوضچه‌های نفوذ رواناب و کل طرح سیستم تغذیه مصنوعی جمعاب را مدیریت آبخیزداری خراسان انجام داده که در این ارزیابی به جوانب و ابعاد تأثیرگذار بر روی تغذیه آبخوان‌های آب زیرزمینی منطقه اشاره‌شده و موردبررسی و برآورد قرارگرفته است.

پروژه سیستم تغذیه مصنوعی جمعاب چناران شامل سازه‌های زیر می‌باشد:

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]

- سد انحرافی باهدف تثبیت بستر رودخانه و هدایت سیل به سمت تأسیسات آبگیر سیستم
- تأسیسات آبگیر با دبی برداشت تنظیمی حداکثر ۸ مترمکعب در ثانیه
- حوضچه رسوب‌گیر و کانال آب‌رسان: حوضچه‌های آبگیر مجهز به دروازه و تخلیه سیل مازاد بر حجم دریاچه

روش تحقیق

در این مطالعه هدف اصلی، بررسی سیستم هیدروژئولوژیکی آبخوان و پاسخ‌گویی به سناریوهای مختلف جهت مدیریت آب‌های زیرزمینی و بررسی تأثیر اجرای پروژه تغذیه مصنوعی جمعاب دشت فریزی چناران می‌باشد. با توجه به داده‌ها و اطلاعات موجود از محدوده‌ی دشت فریزی چناران و به دلیل محدودیت‌هایی که در فرایند شبیه‌سازی دشت وجود دارد، سعی شده است تا حداکثر دقت قابل‌قبول از مدل هیدرولیکی جریان در محدوده دشت فریزی چناران حاصل گردد.

در این مطالعه از ورژن ۷ نرم‌افزار Groundwater Vistas (GV) که در سال ۲۰۱۵ ارائه گردیده، استفاده‌شده است. ازجمله کدهایی که این نرم‌افزار پشتیبانی می‌کند می‌توان به MODFLOW, MODPATH, MT3D, MF+MODPATH, MF+MT3D اشاره کرد.

مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی ابزاری مؤثر جهت بررسی آبخوان و انتخاب سناریوهای مناسب جهت بهینه نمودن بهره‌وری منابع آبی به شمار می‌رود. در این راستا در اختیار داشتن اطلاعات متناظر با مدل هیدرولیکی آبخوان فریزی چناران شامل اطلاعات فیزیکی و هندسی، هیدرودینامیکی و بیلان آبی و سایر مشخصه‌های مؤثر با مدل، لازمه اجرای دقیق‌تر مدل و واسنجی آن می‌باشد. به‌منظور بررسی تأثیر اجرای پروژه‌های آبخیزداری ازجمله تغذیه مصنوعی بر سطح آب زیرزمینی منطقه موردمطالعه، مدل آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت فریزی چناران تهیه‌شده است.

بیلان آب مجموع تمام ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم هیدروژئولوژی است و یکی از اصلی‌ترین بخش‌های مدل مفهومی می‌باشد (Anderson & Woessner, 1992). برای به دست آوردن ایده مناسب از جریان ورودی به منطقه موردمطالعه، باید حوزه آبخیز به‌عنوان بخش کلی‌تری که منطقه موردمطالعه را در برمی‌گیرد، بررسی شود (Herzog, 2007). بنابراین به‌منظور ارزیابی بیلان آب زیرزمینی لازم است هرگونه مؤلفه تغذیه سطحی، زیرزمینی و هر نوع مؤلفه تخلیه آب زیرزمینی در نظر گرفته شود و درنهایت تغییرات حجم ذخیره آبخوان در زمان مشخص، تعیین شود. اجزاء بیلان سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ آبخوان فریزی چناران در جدول شماره (۱) ارائه گردیده است.

جدول (۱): اجزاء بیلان سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ آبخوان آبخوان فریزی چناران

تغذیه (*MCM)	تخلیه (*MCM)	اجزاء بیلان
۳۹		ورودی آب زیرزمینی
۴		تغذیه از بارندگی
۱۸		حجم آب برگشتی
۲۱		حجم آب نفوذی از جریانات سطحی
	۰	تبخیر و تعرق
	۴۰	خروجی آب زیرزمینی
	۸۸	حجم بهره‌برداری از آبخوان
	۰	حجم زهکشی
۸۲	۱۲۸	مجموع مؤلفه
	ΔV=۴۶	

*میلیون مترمکعب در سال

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]

محدوده مدل‌سازی با توجه به اطلاعات موجود از مشخصه‌های فیزیکی و هیدرولیکی مؤثر در مدل‌سازی ازجمله اطلاعات ژئوفیزیکی و سنگ کف و همچنین هدف تعریف‌شده برای مدل دارای مساحت ۱۴۵/۲ کیلومترمربع می‌باشد و به‌طورکلی دارای شیب عمومی به‌طرف شمال تا شمال شرق می‌باشد. محدوده مدل‌سازی دارای چاه‌های عمیق، قنات‌هاو چاه‌های مشاهده‌ای می‌باشند.

شرایط مرزی بیان ریاضی است که به‌صورت متغیر وابسته (بار هیدرولیکی) و مشتق متغیر وابسته (جریان) به مرزهای محدوده مدل نسبت داده می‌شود. برای شبیه‌سازی شرایط مرزی آبخوان دشت فریزی چناران، با توجه به اینکه بار هیدرولیکی درروی مرز نسبت به زمان ثابت نبوده از مرز با بار هیدرولیکی عمومی (GHB)[۲] ، استفاده‌شده است. علت استفاده از مرز نوع GHB این است که برخلاف مرز با بار مشخص، سطح آب در این نوع مرز ثابت نیست و ممکن است با رسیدن اثر تنش‌های داخلی به مرز، سطح آب تغییر نماید. تعداد منابع آبی واقع در محدوده مدل‌سازی شامل ۲۰۸ حلقه چاه می‌باشد که اطلاعات مربوط به آن‌ها با استفاده از محیط Constant Flux (Well) BC در نرم‌افزار GV به مدل اعمال‌شده است به‌طوری‌که در این محیط برداشت از چاه‌ها با علامت منفی و تغذیه توسط چاه‌ها با علامت مثبت مشخص می‌گردد. به‌منظور اعمال اثر رودخانه فریزی بر آبخوان موردمطالعه، با توجه به فصلی بودن رودخانه مقدار تغذیه ناشی از رودخانه با استفاده از یک زون Recharge به مدل مفهومی آبخوان در نرم‌افزار GV اعمال‌گردیده است. به‌گونه‌ای که حدود مسیل‌ها و آبراهه‌های محدوده مدل در محیط Arc GIS تعیین و ساماندهی شده است، سپس مقادیر عددی ماتریس تغذیه (Recharge Matrix Value) با استفاده از منوی Props در نرم‌افزار GV وارد (import) مدل مفهومی گردیده است.

با در اختیار داشتن مدل هیدرولیکی جریان در آبخوان و شبیه‌سازی تراز آب در محل چاه‌های مشاهداتی که در سطح دشت توسعه‌یافته‌اند، و از طریق کالیبراسیون مدل هیدرولیکی می‌توان مقدار ضرایب هیدرودینامیکی را برآورد نمود. با توجه به نتایج مطالعات ژئوتکنیک و تغییرات تراز ارتفاعی سنگ کف و ارتفاع بار هیدرولیکی، متوسط پارامتر هدایت هیدرولیکی ۳۰-۱۰ متر در روز به‌عنوان مقدار اولیه در فرآیند کالیبراسیون اعمال گردید. بدین منظور با استفاده از نتایج مطالعات هیدروژئولوژی، آبخوان دشت به لحاظ هدایت هیدرولیکی، پهنه‌بندی گردید و تعداد ۴ پهنه با مقادیر کمتر از ده متر در روز شناسایی گردید. پس از واسنجی مدل مقادیر هدایت هیدرولیکی بین ۱۸ تا ۲۶ متر در روز متغیر می‌باشد. پارامتر آبدهی ویژه نیز با در نظر گرفتن متوسط ۶ درصد به‌عنوان مقدار اولیه در فرایند کالیبراسیون اعمال‌شده است.

بعدازآنکه تمامی پارامترهای هیدروژئولوژیکی به هر سلول از مدل تخصیص داده شد، به‌منظور بررسی صحت داده‌ها و پیدا کردن خطاهای مدل GV پس از ترجمه داده‌ها به کد MODFLOW خطاهای موجود دربسته‌های نرم‌افزاری مختلف را ارائه می‌دهد و این امکان را به کاربر می‌دهد تا خطاها را رفع نماید. سپس مدل آماده اجرا و واسنجی می‌باشد.

مهم‌ترین هدف در واسنجی مدل دشت فریزی چناران به حداقل رسانیدن اختلاف بین بار هیدرولیکی محاسباتی و مشاهداتی می‌باشد. درواقع حساس‌ترین و زمان‌برترین مرحله مدل‌سازی مرحله واسنجی و به عبارتی تطبیق پارامترهای مدل می‌باشد. روش سعی و خطا درواقع مؤثرترین روش واسنجی می‌باشد که در این تحقیق مورداستفاده قرارگرفته است. در این روش پارامترهای مدل در ابتدا به‌عنوان ورودی به مدل داده می‌شود و پس از اجرای مدل بین مقادیر سطح آب مشاهده‌شده و محاسبه‌شده مقایسه انجام می‌شود.

متوسط تراز سطح ایستابی در سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۹۱ مبنای واسنجی مدل در حالت پایدار و در ۱۲ دوره تنش یک‌ماهه در حالت ناپایدار، مدل صحت سنجی شده است.به‌منظور ارزیابی صحت نتایج واسنجی مدل، از انواع میانگین خطاها در نتایج واسنجی استفاده‌شده است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد چنانچه خطاها به‌صورت نرمال توزیع‌شده باشند، خطای RMS بهترین معیار خطا می‌باشد (Anderson and Woessner, 1992). برای دشت فریزی چناران نیز این خطاها محاسبه گردیده است که مقادیر RM[۳]،

[2] General Head Boundary
[3] Residual Mean

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]

ARM[۴]، RMSE[۵] به ترتیب برابر ۰/۰۹، ۰/۳۷، ۰/۵۳می‌باشد. با توجه به اینکه دقت اندازه‌گیری سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای ۱± لحاظ شده است بنابراین میزان خطای RMS ایجادشده ۰/۵۳ متر در مدل، قابل‌قبول می‌باشد. برای شبیه‌سازی جریان در حالت ناپایدار نیاز به داشتن داده‌ها و پارامترهایی است که در طول زمان متغیر می‌باشد. ازجمله این داده‌ها می‌تواند میزان تغییرات پمپاژ چاه‌ها در طول زمان، تغییرات سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای و یا به تغییرات تغذیه سطحی اشاره نمود. با توجه به آمار و اطلاعات موجود و با توجه به‌اندازه گیری ماهانه سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای در سال آبی ۱۳۹۱-۱۳۹۰، مدل جریان آب زیرزمینی آبخوان دشت فریزی چناران در ۱۲ دوره تنش یک‌ماهه در حالت ناپایدار اجرا گردید.

به‌منظور بررسی و پاسخ مدل به تغییرات پارامترهایی که دارای عدم قطعیت در مدل واسنجی شده می‌باشند از آنالیز حساسیت استفاده می‌شود. به عبارتی هدف از آنالیز حساسیت به کمیت درآوردن عدم قطعیت‌های موجود در مدل واسنجی شده می‌باشد (Anderson and Woessner, 1992). به کمک آنالیز حساسیت می‌توان تغییرات ایجادشده در پارامترهایی ازجمله هدایت هیدرولیکی، ضخامت لایه، تغذیه ناشی از بارندگی، نرخ پمپاژ آب از چاه‌های بهره‌برداری، بار هیدرولیکی در مرزهای مدل، آبدهی ویژه را بر خروجی مدل بررسی نمود.

در این مطالعه سناریو شاهد مؤید شرایط کنونی آبخوان است، به‌گونه‌ای که در این سناریو مقادیر تغذیه از نزولات جوی و پروژه تغذیه مصنوعی جمعاب در مدل آب زیرزمینی متناسب با مقادیر برآورد شده از بارش و روان آب طی دوره آماری است. به عبارتی به‌منظور واسنجی مدل عددی آبخوان در حالت پایدار مدل طی دوره آماری کاملاً متناسب با شرایط واقعی آبخوان تهیه‌شده است که طی این دوره آبخوان متأثر از تغذیه مصنوعی جمعاب نیز بوده است.

پس از واسنجی و آنالیز حساسیت، برای تأمین اعتبار مدل و سنجش دقت آن و اثبات اینکه مدل قابلیت پیشگویی های صحیح را خواهد داشت، صحت سنجی مدل صورت می گیرد. بنابراین مدل حداقل برای یک دوره آماری متفاوت با مرحله واسنجی، اجرا می‌شود تا توانایی مدل در شبیه‌سازی شرایط متفاوت مشخص شود. مدل زمانی تأیید می‌شود که از مقایسه بین مشاهدات صحرایی و نتایج حاصل از محاسبات نتایج رضایت‌بخش و انطباق مناسب حاصل شود.

به منظور تعیین ارزش اقتصادی طرح علاوه برا ارزش مستقیم تولید آب کارکردهای دیگر اکوسیستمی به‌عنوان درآمد دوم طرح بر اساس نظریه De Groot و همکاران (۲۰۰۲) شامل تنظیم آب‌وهوا، تنظیم آب، حفاظت خاک، ترسیب کربن، تولید غذا و ... برای آن در نظر گرفته شده است. ارزش‌های استخراجی از آب معمولاً به دو صورت ارزش‌های استفاده‌ای و ارزش‌های غیر استفاده‌ای تقسیم می‌شود. روش‌هایی که برای تعیین ارزش اقتصادی آب استفاده می‌گردد را به دودسته قیاسی و استقرایی می‌توان دسته‌بندی کرد. روش‌های قیاسی به‌طور عمده شامل روش پسماند یا تغییر در خالص سودهای اقتصادی، روش‌های هزینه جایگزین، مدل داده- ستانده، تعادل عمومی محاسباتی و برنامه‌ریزی ریاضی می‌شود. روش‌های استقرایی نیز شامل تحلیل‌هایی مبتنی بر تابع تولید و هزینه، تقاضای استخراجی از مشاهدات بازار آب و روش ارزش‌گذاری ضمنی است (Cartaud et al., 2005).

برای تعیین یک چارچوب مناسب برای ارزش‌گذاری جامع، کارکردهای اکوسیستم‌های طبیعی به چهار گروه اصلی شامل کارکردهای تنظیمی[۶]، کارکردهای زیستگاهی[۷]، کارکردهای تولیدی[۸] و کارکردهای اطلاعاتی[۹] تقسیم‌شده‌اند (پژوهنده و همکاران، ۱۳۸۴). کارکردهای تنظیمی، یک برآورد از کارکردهای اصلی، کالاها و خدماتی را که می‌توانند به اکوسیستم‌های طبیعی و ساختارها و فرایندهای اکولوژیکی مربوط به آن‌ها کمک کنند، ارائه می‌دهد و کارکردهای زیستگاهی هر یک از کارکردهای زیستگاهی و ساختارهای اکولوژیکی و فرآیندی آن‌ها را نشان می‌دهد و کارکردهای تولیدی به پنج کارکرد مجزا شامل غذا، مواد

[4] Absolute Residual Mean
[5] root-mean-square error
[6] Regulatory function
[7] Habitat functions
[8] Production functions
[9] Information functions

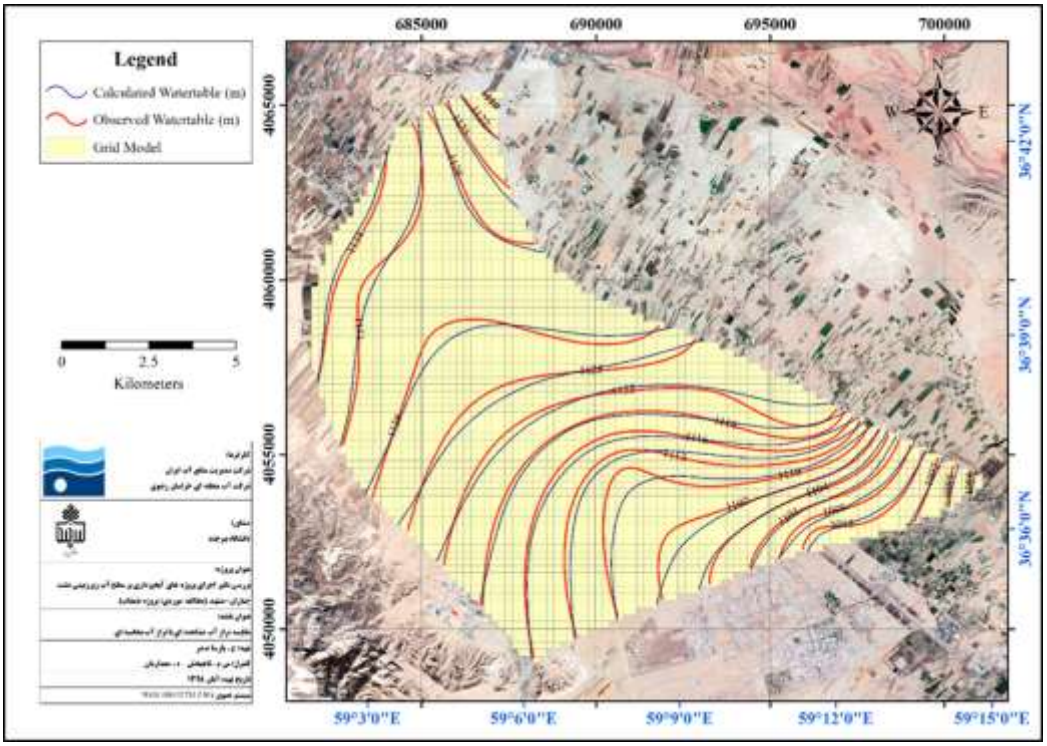
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]

خام، منابع ژنتیکی، منابع دارویی و منابع تزئینی تقسیم می‌شوند و کارکردهای اطلاعاتی به پنج کارکرد مجزا شامل اطلاعات زیباشناختی، تفریح و اکوتوریسم، الهامات فرهنگی و هنری، اطلاعات مذهبی و تاریخی، و اطلاعات علمی و آموزشی تقسیم‌شده است (De Groot et al., 2002).

بحث و نتایج

از آن جهت که مهم‌ترین هدف از مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی، بررسی راهکارها و پاسخ‌گویی به سناریوهای مختلف جهت مدیریت آب‌های زیرزمینی ازجمله بررسی پروژه تغذیه مصنوعی آبخوان فریزی چناران و ارزیابی کمی عملکرد آن و میزان انطباق نتایج و عملکردهای حاصل از اجرای پروژه تغذیه مصنوعی دشت جمعاب چناران بوده، بایستی اثر سناریوهای موردنظر بر روی عوامل مؤثر بر وقوع جریان آب زیرزمینی در مدل مفهومی و مدل عددی تعریف گردد و همچنین پاسخ مدل عددی نسبت به این سناریوها سنجیده شود. سناریوهای موردبررسی شامل پیش‌بینی شرایط آبخوان در شرایط فعلی (به عبارتی سناریو شاهد)، پیش‌بینی شرایط آبخوان در صورت تغذیه حداکثر و حداقل (برآورد شده در طول دوره آماری) و پیش‌بینی شرایط آبخوان در صورت افزایش پنجاه‌درصدی و کاهش سی‌درصدی نسبت به سناریو شاهد می‌باشد. سهم افزایشی تغذیه آبخوان در اثر اجرای تغذیه مصنوعی توسط بسته نرم‌افزاری Recharge در مدل عددی اعمال گردیده است. در شکل (۲) تراز سطح آب زیرزمینی مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در حالت پایدار با هم مقایسه شده است. از مقایسه خطوط تراز مشاهده‌ای و محاسبه‌ای می‌توان دریافت انطباق قابل قبولی در بیشتر بخش‌های آبخوان وجود دارد. به‌گونه‌ای‌که در همه چاه‌ها اختلاف تراز سطح ایستابی مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در بازه تغییرات ۱- و ۱ قرارگرفته است.

بنابراین می‌توان بیان نمود روند توزیع بار هیدرولیکی محاسبه‌ای در مدل سازی مورد تأیید می‌باشد.



شکل (۲): تراز سطح آب زیرزمینی مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در حالت پایدار

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]

انتخاب دوره پیش‌بینی و سناریوهای مرتبط با تغذیه مصنوعی

با در اختیار داشتن مدل عددی جریان آب زیرزمینی در محدوده آبخوان دشت فریزی چناران، امکان بررسی سناریوهای مختلف فراهم می‌باشد. نظر به این‌که مهم‌ترین هدف از مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی، بررسی راهکارها و پاسخ‌گویی به سناریوهای مختلف جهت مدیریت آب‌های زیرزمینی دشت فریزی چناران می‌باشد، لذا بررسی و اجرای مدل عددی در دوره پیش‌بینی در حالت سناریو شاهد، شرایط آبخوان در صورت اعمال تغذیه حداکثر و حداقل برآورد شده در طول دوره آماری در محدوده حوضچه‌های تغذیه مصنوعی و پیش‌بینی شرایط آبخوان در صورت افزایش پنجاه‌درصدی و کاهش چهل‌درصدی تغذیه مصنوعی نسبت به سناریو شاهد می‌باشد. بدین منظور یک دوره پیش‌بینی ۵ ساله پس از انتهای دوره صحت سنجی از سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ تا انتهای سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ در نظر گرفته‌شده است. به عبارتی در این مطالعه دوره پیش‌بینی مدت‌زمان اجرای مدل پس از انتهای دوره صحت سنجی می‌باشد. که اطلاعات خروجی از مدل عددی در این دوره مبنای مدیریت و پیش‌بینی شرایط آبخوان نسبت به شرایط آینده می‌باشد.

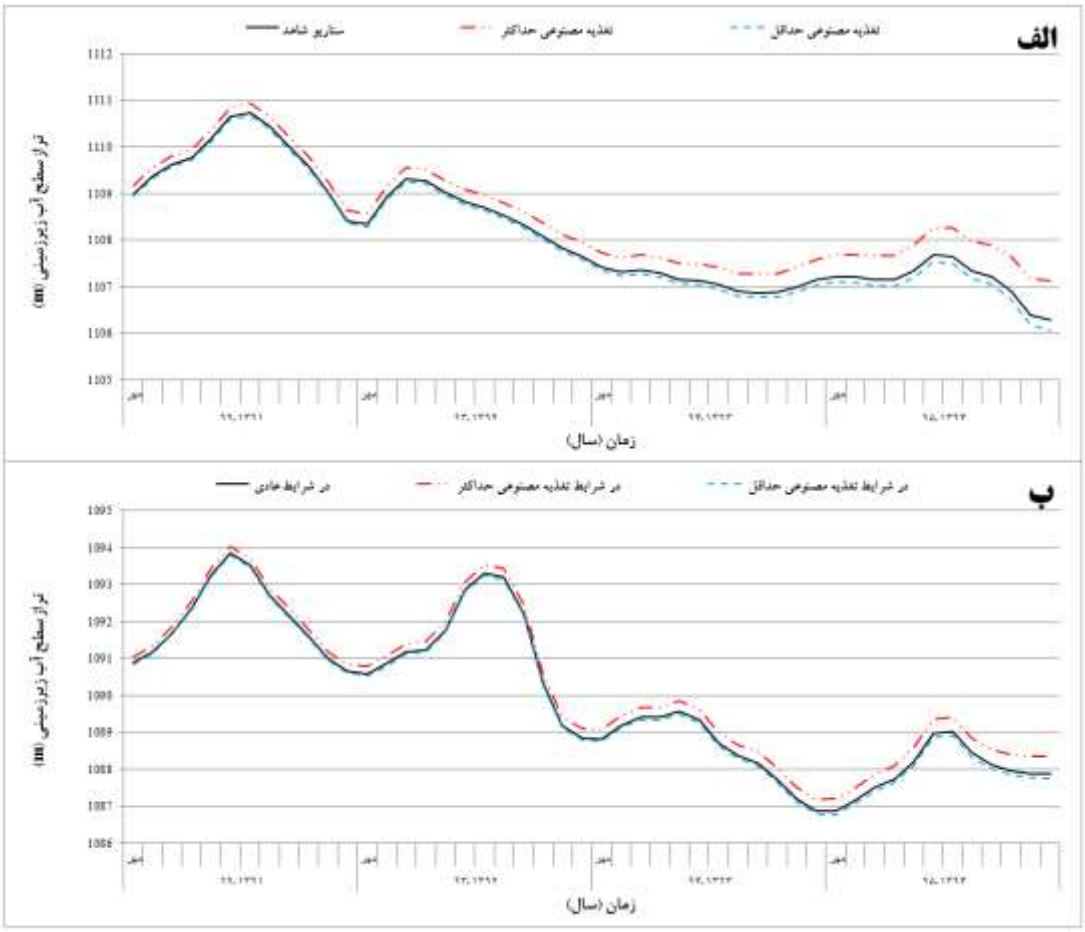
با توجه به بررسی آماری انجام‌شده، حداکثر حجم آب ورودی به سیستم آبخوان از طریق تغذیه مصنوعی جمعاب بین سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱برابر با ۱/۸ میلیون مترمکعب می‌باشد که با توجه به شرایط فعلی یا سناریو شاهد که میزان تغذیه برابر ۴۵۳۷۱۷/۶ مترمکعب می‌باشد میزان ۱/۳۵ میلیون مترمکعب افزایش داشته است. بنابراین به‌منظور بررسی اثر تغذیه مصنوعی حداکثر در طول دوره آماری بر منابع آب زیرزمینی دشت فریزی چناران، مدل آب زیرزمینی آبخوان دشت فریزی چناران، در دوره پیش‌بینی ۵ ساله با توجه به ایجاد شرایطی که این مقدار تغذیه مصنوعی برافزایش میزان تغذیه آبخوان اعمال می‌نماید اجرا شد. حداقل حجم آب ورودی به سیستم آبخوان از طریق تغذیه مصنوعی جمعاب بین سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱ مربوط به سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۸۱ می‌باشد که تقریباً برابر با ۱۷۰هزار مترمکعب می‌باشد که با توجه به سناریو شاهد که میزان تغذیه برابر ۴۵۳۷۱۷/۶ مترمکعب می‌باشد میزان ۲۸۳ هزار مترمکعب کاهش داشته است. بین سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۱ شرایط خشک‌سالی بر آبخوان حاکم بوده است و مقادیر تغذیه ناشی از پروژه جمعاب در این دوره کمتر از شرایط فعلی (سناریو شاهد) بوده است. ازاین‌رو در مدل تهیه‌شده شرایط تغذیه حداقل، مشابه سال‌های مذکور در نظر گرفته‌شده است و تحت این شرایط تراز سطح ایستابی پیش‌بینی‌شده است. بنابراین به‌منظور بررسی اثر تغذیه مصنوعی حداقل در طول دوره آماری بر منابع آب زیرزمینی دشت فریزی چناران، مدل آب زیرزمینی آبخوان دشت فریزی چناران، در دوره پیش‌بینی ۵ ساله با توجه به ایجاد شرایطی که این مقدار تغذیه مصنوعی بر کاهش میزان تغذیه آبخوان نسبت به سناریو شاهد اعمال می‌نماید اجرا شد.

بررسی و مقایسه وضعیت آبخوان در صورت اعمال سناریوهای افزایش و کاهش تغذیه مصنوعی نسبت به سناریو شاهد

از بررسی تراز سطح ایستابی در حالت‌های مختلف تغذیه مصنوعی شامل تغذیه مصنوعی در شرایط فعلی، تغذیه مصنوعی حداکثر در طول دوره آماری، تغذیه مصنوعی حداقل در طول دوره آماری و افزایش پنجاه‌درصدی و کاهش سی‌درصدی تغذیه مصنوعی نسبت به سناریو شاهد می‌توان دریافت که، تغییرات ارتفاعی تراز سطح آب در همه سناریوهای موردبررسی، تقریباً مشابه یکدیگر می‌باشد. در صورت اعمال سناریو تغذیه مصنوعی حداکثر، تراز سطح ایستابی در محل چاه‌های مشاهداتی و به‌طور خاص در قسمت‌های جنوبی دشت، در محدوده حوضچه‌های پخش سیلاب جمعاب، بیشتر از مقادیر متناظر با سناریوهای تغذیه مصنوعی در شرایط فعلی و تغذیه مصنوعی حداقل، ملاحظه شده است. به‌طوری‌که متوسط ارتفاع سطح ایستابی آبخوان دشت فریزی چناران در حالت تغذیه حداکثری نسبت به سناریو شاهد در سال‌های ۹۳، ۹۴ و ۹۵، به ترتیب برابر ۰/۰۹، ۰/۱۱ و ۰/۱۷ متر افزایش خواهد یافت و مقادیر متوسط سطح ایستابی آبخوان دشت فریزی چناران نسبت به شرایط فعلی یا به عبارتی در سناریو تغذیه مصنوعی حداقل نسبت به سناریو شاهد در سال‌های ۹۳، ۹۴ و ۹۵، به ترتیب برابر ۰/۰۱۶، ۰/۰۲ و ۰/۰۲۸ متر کاهش خواهد یافت. از مقایسه هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای در دوره پیش‌بینی در سناریوهای موردبررسی می‌توان به اثر تغذیه مصنوعی جمعاب بر ارتفاع سطح ایستابی پی برد (شکل ۳).

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]



شکل (۳): مقایسه هیدروگراف پیش‌بینی سطح آب مشاهده‌ای در شرایط اعمال سناریو تغذیه مصنوعی فعلی، حداکثر و حداقل در چاه‌های مشاهده‌ای (الف) جمعاب (ب) کلاته شیخ‌ها

تحلیل اقتصادی-اکوسیستمی سیستم تغذیه و پخش سیلاب جمعاب

بر اساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی مجموع هزینه کرد این پروژه از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۱ حدود ۲/۳ میلیارد تومان بوده است. در محاسبه درآمدهای حاصل از این پروژه باید دو نوع درآمد را لحاظ نمود. اول درآمد مستقیم حاصل از تولید آب که جهت برآورد درآمد حاصل از آن از میزان آب نفوذ یافته به آبخوان برحسب مترمکعب استفاده شده است. بر اساس رقم ارزش آب شرب اعلام شده توسط آب و فاضلاب استان در هر سال (از شروع پروژه) درآمد حاصل از نفوذ آب تعیین گردیده که مجموع آن ۲/۴ میلیارد تومان بوده است. برای یک برآورد مالی صحیح و واقعی از یک سیستم طبیعی نیاز به یک همه‌جانبه نگری در آن بوده که منافع مختلف در آن دیده شود هرچند که همیشه بخش‌هایی از این منافع پنهان و غیرقابل برآورد می‌باشد. لذا تغذیه فقط یک بخش از کارکرد عملی سیستم بوده و کارکردهای اکوسیستمی بر مبنای مدل De Groot (۲۰۰۲) که در جدول (۲) نشان داده‌شده ملاک برآورد بوده است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]

جدول (۲): ارتباط بین کارکردهای اکوسیستم و روش های ارزش گذاری اقتصادی (De Groot،2002)

کارکردهای اکوسیستم (و کالاها و خدمات مربوطه)	دامنه ارزش های پولی($/ha)
الف)کارکردهای تنظیمی	۷-۲۵۶
۱-تنظیم گاز	
۲-تنظیم آب و هوا	۲۲۳-۸۸
۳-تنظیم اختلالات	۷۲۴۰-۲
۴-تنظیم آب	۵۴۴۵-۲
۵-تأمین و عرضه آب	۷۶۰۰-۳
۶-حفاظت خاک	۲۵۴-۲۹
۷-تشکیل خاک	۱۰-۱
۸-چرخه مواد مغذی	۲۱۱۰۰-۸۷
۹-عملیات دفع مواد زائد	۶۶۹۶-۵۸
۱۰-گرده افشانی	۲۵-۱۴
۱۱-کنترل بیوژیکی	۷۸-۲
ب)کارکردهای زیستگاهی	
۱-کارکرد پناهگاهی	۱۵۲۳-۳
۲-کارکرد خزانه ای	۱۹۵-۱۴۲
ج)کارکردهای تولیدی	
۱-غذا	۲۷۶۱-۶
۲-مواد خام	۱۰۱۴-۶
۳-منابع ژنتیکی	۱۱۲-۶
د) کارکردهای اطلاعاتی	
۱-اطلاعات زیبایی شناختی	۱۷۶۰-۷
۲-توریسم و تفریح	۶۰۰۰-۲

در این طرح از حداقل دامنه ارزش‌های پولی برای ارزش‌گذاری کارکردهای اکوسیستمی مرتبط با سیستم پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی جمعاب استفاده‌گردیده است نتایج حاصل از محاسبه کارکردهای اکوسیستمی نشان می‌دهد که درآمد حاصل از کارکردهای اکوسیستمی پروژه (با در نظر گرفتن حداقل درآمد) برای هر هکتار ۴۵۰ دلار می‌باشد. با توجه به اینکه مدلDe Groot کارکردهای اکوسیستمی را به دلار ارائه می‌دهد، لذا درآمد حاصل از تولید آب و هزینه‌های اجرای پروژه هم در هر سال به رقم ارزش دلار در همان سال تبدیل شده که درنهایت بدین ترتیب برآورد گردیده است. درآمد حاصل از تولید آب ۱/۴میلیون دلار و هزینه‌ها ۴/۶ میلیون دلار و کارکرد اکوسیستمی ۱/ ۵۰ میلیون دلار برآورد گردیده است. بر این اساس نسبت سودبه هزینه (B/C) پروژه با لحاظ کلیه درآمدهای قابل‌محاسبه، حدود ۱۱ می‌باشد. که نشان‌دهنده توجیه اقتصادی پروژه در دوره بهره‌برداری تا سال ۱۳۹۱ است.

نتیجه‌گیری

نظر به این‌که مهم‌ترین هدف از مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی، بررسی راهکارها و پاسخ‌گویی به سناریوهای مختلف جهت مدیریت آب‌های زیرزمینی دشت فریزی چناران می‌باشد، لذا بررسی و اجرای مدل عددی در دوره پیش‌بینی در حالت سناریو شاهد، شرایط آبخوان در صورت اعمال تغذیه حداکثر و حداقل برآورد شده در طول دوره آماری در

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]

محدوده حوضچه‌های تغذیه مصنوعی و پیش‌بینی شرایط آبخوان در صورت افزایش پنجاه‌درصدی و کاهش چهل‌درصدی تغذیه مصنوعی نسبت به سناریو شاهد می‌باشد. بدین منظور یک دوره پیش‌بینی ۵ ساله پس از انتهای دوره صحت سنجی از سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ تا انتهای سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ در نظر گرفته‌شده است. به عبارتی در این مطالعه دوره پیش‌بینی مدت‌زمان اجرای مدل پس از انتهای دوره صحت‌سنجی می‌باشد. طرح تغذیه مصنوعی جمعاب در سناریو شاهد باعث افزوده شدن سالانه ۴۵۳۷۱۷/۶ مترمکعب آب به آبخوان گردیده است. حداکثر حجم آب ورودی به سیستم آبخوان از طریق تغذیه مصنوعی جمعاب بین سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱برابر با ۱/۸ میلیون مترمکعب می‌باشد و با توجه به سناریو شاهد که میزان تغذیه سالانه برابر ۴۵۳۷۱۷/۶ مترمکعب می‌باشد میزان ۱/۳۵ میلیون مترمکعب افزایش داشته است، این مقدار افزایش تغذیه باعث شده است متوسط ارتفاع سطح ایستابی آبخوان دشت فریزی چناران نسبت به سناریو شاهد در دوره پیش‌بینی در سال‌های ۹۳، ۹۴ و ۹۵، به ترتیب برابر ۰/۰۹، ۰/۱۱ و ۰/۱۷ متر افزایش یابد، و حداقل حجم آب ورودی به سیستم آبخوان از طریق تغذیه مصنوعی جمعاب بین سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱ مربوط به سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۸۱ می‌باشد که تقریباً برابر با ۱۷۰هزار مترمکعب می‌باشد که نسبت به سناریو شاهد میزان ۲۸۳ هزار مترمکعب کاهش داشته است، این مقدار کاهش تغذیه باعث شده است که متوسط ارتفاع سطح ایستابی آبخوان دشت فریزی چناران نسبت به سناریو شاهد در دوره پیش‌بینی در سال‌های ۹۳، ۹۴ و ۹۵، به ترتیب برابر ۰/۰۱۶، ۰/۰۲ و ۰/۰۲۸ متر کاهش نماید. با توجه به نقشه هم‌تراز سطح ایستابی به‌دست‌آمده از مدل آبخوان نشان می‌دهد که مرز غربی دشت، مرز ورودی آب زیرزمینی و مرزهای شرقی، مرزهای تخلیه جریان آب زیرزمینی آبخوان می‌باشند.

بر اساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی مجموع هزینه کرد این پروژه از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۱ حدود ۲/۲ میلیارد تومان بوده است. در این طرح از حداقل دامنه ارزش‌های پولی برای ارزش‌گذاری کارکردهای اکوسیستمی مرتبط با سیستم پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی جمعاب استفاده‌شده است. نتایج حاصل از محاسبه درآمد حاصل از تولید آب و کارکردهای اکوسیستمی نشان می‌دهد که نسبت سود به هزینه (با در نظر گرفتن حداقل درآمد) تا سال ۱۳۹۱ حدود ۱۱می‌باشد که این اعداد نشان‌دهنده توجیه اقتصادی است .

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی و کارگروه تحقیقات کاربردی که طرح پژوهشی بررسی تأثیر کمی اجرای پروژه‌های آبخیزداری بر سطح آب زیرزمینی منطقه (مطالعه موردی: پروژه جمعاب) با حمایت مالی آن سازمان در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۵انجام پذیرفته و این مقاله حاصل آن طرح پژوهشی می‌باشد .همچنین از اداره کل منابع طبیعی خراسان رضوی برای همکاری در ارائه اطلاعات موردنیاز طرح تقدیر و تشکر می‌نماییم .

منابع

۱. اعظمی راد، م. و ع. معماری (۱۳۹۱). بررسی عملکرد سیستم پخش سیلاب در تغذیه دشت‌ها و نفوذ آن به سفره‌های زیرزمینی (مطالعه موردی پروژه پخش سیلاب جمعاب چناران). اولین کنفرانس ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران. مشهد.

۲. بربریان، م.، م. قریشی، ج. شجاع طاهری و م. طالبیان (۱۳۷۸). پژوهش و بررسی ژرف نو زمین‌ساخت و خطر زمین لرزه-گسلش در گستره مشهد-نیشابور، سازمان زمین‌شناسی ایران گزارش ۷۲.

۳. بنی هاشمی، ا. (۱۳۹۰). مدل‌سازی جریان ناحیه غیراشباع با استفاده از نرم‌افزار Groundwater Vistas (مطالعه موردی: دشت بیرجند)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه بیرجند،

۴. پژوهنده، ا.، ک. عطایی، ح. رفیعی و ه. امیرنژاد (۱۳۸۴). تعیین یک چارچوب استاندارد برای ارزش‌گذاری جامع کارکرد-ها، کالاها و خدمات اکوسیستم‌های طبیعی. سازمان جنگل‌ها و مراتع.

۵. دانشوری، س. (۱۳۸۹). بحران آب خراسان رضوی www.kavir2509.blogfa.com .

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]

۶. سلاجقه، ع.، ک. قادری و ف. حسن پور (۱۳۸۸). مدل سازی سطح آب زیرزمینی دشت سیستان با استفاده از MODFLOW. دهمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
۷. غفوریان، ر.، م. باقریان کلات و ا. کرد نوشهری (۱۳۹۱). بررسی و توسعه مدل‌های برآورد تلفات انتقال در رودخانه‌های منتخب استان خراسان رضوی.نشریه آب و خاک دانشگاه فردوسی،۲۶(۵)،۱۲۸۹-۱۲۹۸.
۸. کوثر، آ. (۱۳۷۴). ،مقدمه‌ای بر مهار سیلاب‌ها و بهره‌وری از آن‌ها، سازمان تحقیقات جنگل‌ها و مراتع ، چاپ اول.
۹. مهندسین مشاور نقش آب، (۱۳۹۲).گزارش ارزیابی جمعاب ،اداره کل منابع طبیعی خراسان رضوی.
۱۰. نیک کامی، د. (۱۳۸۷). نقش اقدامات آبخیزداری در استحصال آب و کاهش بحران کم‌آبی، هفتمین همایش ملی سامانه-های سطوح آبگیر باران ایران، تهران.
۱۱. ولایتی، س.، ح. غیور و ص. شفیعا (۱۳۸۳). بررسی رژیم هیدرولوژیکی رودخانه فریزی (زیر حوضه کشف رود) و نقش آن در تغذیه آبخوان دشت مشهد. مجله جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان ، ۷۲-۴۷.

12. Anderson M.P . and Woessner W.W. *(1992). Applied groundwater modeling Simulation of flow and advective transport San Diego*, California.
13. Cartaud F., Touze-Folts N. and Duval Y. *(2005). Experimental investigation of the influence of a geotextile beneath the geomembrane in a composite liner on leakage through a hole in the geomembraneGeotext.* Geomembr *23(2): 117–143.*
14. DeGroot R. S., Wilson M. A. and Boumans R. M.*(2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services*. Ecological economics, *41(3), 393-408.*
15. Herzog A. *(2007). Transient groundwater modeling in Peri-Urban Kampala, Uganda*. (Master's thesis). Department of Land and Water Resource Engineering, Sweden.

Evaluation of Quantitative Impact of Watershed Management Projects on Underground water Level (Case Study: Jamab Project)

Seyed Mohammad Tajbakhsh[1*], Hadi Memarian[1], Hossein Parsasadr[2]

1. Associated prof, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Iran
2. Ph.D. student of underground waters, Shahid Beheshti University, Iran

Received: 2021/02
Accepted: 2021/03

Abstract

Performance and control are two important components in any executive activity and their purposes are to correct and improve the functions and reduce wasting resources for better productivity and adoption of appropriate techniques that ultimately lead to the development of programs. Therefore, the present study aimed to simulate underground water flow and investigate the effects of artificial water supply projects on the underground water resources of Frizi plain in Chenaran using a mathematical model and MODFLOW code. The studied aquifer model is the most sensitive to changes in hydraulic conductivity and discharge of wells and shows less sensitivity to changes in surface water supply due to rainfall. The artificial water supply scheme of Jamab in the control scenario had caused an annual increase of 453717.6 meters2 of water to the aquifer. The maximum volume of water entering the aquifer system through the artificial water supply of Jamab in 1995-2012 was equal to 1.8 million cubic meters, and according to the control scenario had increased by 1.35 million cubic meters, this amount of supply had increased the average of the water level of the aquifer of Frizi plain compared to the control scenario in the forecast period in 2014, 2015, and 2016 by 0.09, 0.11 and 0.17 m, respectively. The minimum volume of water entering the aquifer through the artificial supply of Jamab in 1995-2012 was in 1995 and 2002, which was approximately equal to 170 thousand cubic meters, which compared to the control scenario had decreased by 283 thousand cubic meters, the estimated revenue in the system obtained during the operation period until 2012 and was equal to 57.5 billion tomans. The profit to cost ratio of the project in terms of all revenues from project ecosystem functions and production was about eleven, which showed that the project was profitable until 2012.

Keywords: Aquifer, Artificial nutrition, Jamab, Ecosystem function, GV software.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.4.6.7]