



جمهوری اسلامی ایران
سازمان جهاد دانشگاهی استان کرمانشاه
معاونت پژوهش و فناوری

عنوان طرح:

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه های آبیاری و زهکشی
با استفاده از مدل GMS و بهینه سازی تخصیص منابع آب
(مطالعه موردی شبکه آبیاری دینور)

کد طرح: (۲۰-۲۳۵۱)

گزارش نهایی

مسئول اجرای طرح:

جلال جلیلی

اسفند ۹۶



خلاصه طرح:

در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، رفع مشکل ماندابی شدن اراضی و خروج آب اضافی از آنها با استفاده از زهکش‌های زیرزمینی و یا سطحی صورت می‌گیرد که اجرای آنها هزینه‌های زیادی را در پی دارد. این در حالی است که کشور ایران با اقلیم خشک و نیمه خشک همواره با مشکل کم آبی مواجه بوده و در اکثر شبکه‌های آبیاری، کانال‌های انتهایی شبکه با مشکل کمبود آب روبرو هستند.

در این وضعیت چنانچه چاه‌هایی با بهره‌برداری کشاورزی در مکان‌های مناسب حفر شود، علاوه بر اینکه سطح آب زیرزمینی را کنترل نموده از زهدار شدن اراضی نیز جلوگیری می‌نماید همچنین از منابع آب زیرزمینی نیز در جهت جبران کمبود آب در انتهای شبکه نیز استفاده مؤثرتری خواهد شد. بدین منظور لازم است مطالعات جامع و گسترده‌ای در این راستا انجام شود، که با در نظر گرفتن نیازهای آبی اراضی کشاورزی و محاسبه بیلان آب شبکه، پراکنش چاه‌های موجود، مکان‌های مناسب بهره‌برداری از آب‌های زیر زمینی و حفر چاه‌های جدید و میزان دبی مناسب و قابل بهره‌برداری از آنها تعیین گردد.

در این تحقیق در یک مطالعه موردی، شبکه آبیاری و زهکشی بند نازلیان در دشت چمچمال به دلیل وجود مشکلات اشاره شده مد نظر قرار گرفت. علیرغم احداث شبکه ۳۰۰۰ هکتاری آبیاری و زهکشی دینور پایین دست بند نازلیان به دلیل کمبود آب در شبکه و عدم بهره‌برداری بهینه، نارضایتی بهره‌برداران، مدیران و کارشناسان را در پی داشته است. از اینرو برای جلوگیری از تلفات سرمایه و بهره‌برداری مناسب با توجه به بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی منطقه، مطالعات دقیق جهت استفاده از آب‌های زیرزمینی و تلفیق آن با آب‌های سطحی به منظور جبران کمبود آب شبکه انجام پذیرفت.

در این پژوهش به منظور ساده‌انگاری مسائل صحرائی و درک آسانتر قوانین فیزیکی حاکم بر سیستم طبیعی مدل مفهومی در نرم‌افزار GMS تهیه گردید. بدین منظور با انجام مطالعات فیزیوگرافی و هیدرولوژی، گزارشات مختلف هیدروژئولوژی، ژئوهیدرولوژی، لوگ‌های زمین‌شناسی و چاه‌های اکتشافی مورد بررسی قرار گرفتند و با استفاده از اطلاعات چاه‌های مشاهداتی، مقادیر تخلیه، نفوذ از بارش و محاسبه بیلان محدوده مورد مطالعه نمای کلی سیستم بدست آمد. مکان‌های مناسب برداشت و حفر چاه برای کنترل سطح آب زیر زمینی با در نظر گرفتن حریم‌های استاندارد حفر چاه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تعیین گردید. همچنین با انجام مطالعات پایه و با استفاده از نرم‌افزارهای (GMS یا Modflow) شبیه‌سازی آب‌های زیرزمینی انجام شد. مساحت و حجم سفره آب زیرزمینی منطقه تعیین و دبی چاه‌های پیشنهادی مکانیابی شده با حفظ تعادل سطح ایستابی در عمق ۱۵ متری مقادیر برداشت از سفره محاسبه گردید. با برداشت این میزان آب و افزودن

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

آن به آب‌های سطحی با در نظر گرفتن کیفیت آب موجود، برنامه‌ریزی مناسب جهت مصرف بهینه آب در شبکه با استفاده از نرم افزار برنامه ریزی خطی و یکارگیری نرم افزار Lingo جهت استفاده همزمان و تلفیقی از آب‌های سطحی و زیرزمینی صورت پذیرفت. الگوی کشت بهینه و اقتصادی با تخصیص مقدار بهینه آب تعیین شد. در بخش غیر شبکه در حالت بهینه پیشنهادی نسبت به بهینه سازی وضعیت موجود هیچ تغییری در الگوی کشت دیده نمی شود. اما در حالت بهینه سازی وضعیت موجود نسبت به الگوی کشت موجود حذف کشت های جو، چغندر قند و ذرت را در پی دارد. در بهینه سازی وضعیت موجود و نیز بهینه سازی وضعیت پیشنهادی و در بخش شبکه کشت های جو، چغندر قند، ذرت دانه ای، گوجه فرنگی و باقلا از الگوی کشت بهینه حذف شده است. بیشترین تغییر مشاهده شده در کاهش کشت گندم، آفتابگردان و گوجه فرنگی و افزایش کلزا و کشت سیب زمینی و باقلا است. در شبکه در وضعیت موجود و بهینه سازی آن تغییری مشاهده نمی شود اما با افزایش حجم آب در دسترس در باغات نیز افزایش سطح دیده می شود. همچنین یافته های تحقیق نشان داد که تغییرات محصولات انجام شده بیشتر در اراضی تحت کشت سیب زمینی، گندم و کلزا روی داده است. یافته های این بررسی افزایش ۳۳/۳۴ درصدی تا ۴۵/۹ درصدی سود را در مناطق مختلف غیر شبکه و شبکه نشان می دهد. وضعیت موجود و بهینه سازی شده موجود نشان دهنده افزایش ۳۳/۳۴ درصدی سود در مناطق بدون شبکه است در حالی که وضعیت پیشنهادی افزایشی را در سود این منطقه ایجاد نمی کند بدین معنی که آب نسبت به زمین در این محدوده محدودیتی ندارد. اما در مناطق تحت پوشش شبکه در وضعیت بهینه سازی موجود و نیز بهینه سازی شرایط پیشنهادی نشان از افزایش ۳۵/۲۳ و ۴۵/۹ درصدی سود نسبت به وضعیت الگوی کشت موجود است و افزایش آب در دسترس در شبکه باعث افزایش درصد سود می شود و نشانگر آن است که محدودیت آب در حال حاضر در منطقه وجود دارد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

عنوان طرح: مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص منابع آب (مطالعه موردی شبکه آبیاری دینور)
کد طرح: (۲۰-۲۳۵۱)

جهاد دانشگاهی استان کرمانشاه
گروه پژوهشی هیدرولیک و منابع آب

مشخصات مسئول و همکاران طرح:

| نام و نام خانوادگی | مسئولیت در طرح | تخصص | رتبه علمی | جمع کل نفر ساعت همکاری در طرح |
|--------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------------|
| جلال جلیلی | مجری | آبیاری و زهکشی | مربی پژوهش | ۴۸۰ |
| خلیل جلیلی | همکار | علوم و مهندسی آبخیزداری | استادیار پژوهش | ۴۲۰ |
| حمید زارع ایبانه | همکار | آبیاری و زهکشی | دانشیار | ۲۲۰ |
| انسیمه مرآتی | همکار | منابع آب | فوق لیسانس | ۳۶۰ |

فهرست مطالب

| عنوان | شماره صفحه |
|--|------------|
| ۱- مقدمه و کلیات | ۱۱ |
| ۱-۱- مقدمه | ۱۱ |
| ۲-۱- کلیات مدل GMS | ۱۳ |
| ۳-۱- کلیات مدل OPDM | ۱۴ |
| ۱-۳-۱- داده‌های مربوط به آب آبیاری | ۱۴ |
| ۲-۳-۱- داده‌های مربوط به خاک زراعی | ۱۵ |
| ۴-۱- بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی | ۱۶ |
| ۵-۱- کلیاتی از برنامه ریزی تلفیق | ۱۶ |
| ۶-۱- کلیات بهینه‌سازی تخصیص | ۱۸ |
| ۱-۶-۱- بیان آب | ۲۰ |
| ۲-۶-۱- مدل‌های بهینه‌سازی | ۲۰ |
| ۳-۶-۱- جواب بهینه | ۲۲ |
| ۴-۶-۱- تابع هدف | ۲۲ |
| ۹-۶-۱- تابع محدودیت | ۲۲ |
| ۱۰-۶-۱- متغیر تصمیم | ۲۲ |
| ۱۱-۶-۱- برنامه‌ریزی خطی | ۲۲ |
| ۶-۱- اهداف تحقیق | ۲۴ |
| ۶-۱- سؤالهای پژوهش | ۲۵ |
| ۷-۱- فرضیات پژوهش | ۲۵ |
| ۲- پیشنهاد پژوهش | ۲۷ |
| ۱-۲- مقدمه | ۲۷ |
| ۲-۲- کاربرد مدل‌های ریاضی و کامپیوتری در سیستم آب زیرزمینی | ۲۷ |
| ۱-۲-۲- استفاده از مدل‌های ریاضی برای بررسی پارامترهای هیدرولیکی آبخوان | ۲۸ |
| ۲-۲-۲- استفاده از مدل‌ها برای مکان‌یابی محل حفر چاه | ۳۴ |
| ۳-۲-۲- استفاده از مدل برای تخصیص بهینه منابع آب سطحی و زیرزمینی | ۳۴ |
| ۴-۲-۲- استفاده از مدل‌ها در مدیریت تلفیقی آب سطحی و زیرزمینی | ۳۶ |
| ۵-۲-۲- مدیریت تلفیقی آب سطحی و زیرزمینی به کمک تغذیه آبخوان | ۳۸ |
| ۳- مواد و روش‌ها | ۴۱ |
| ۱-۳- مقدمه | ۴۱ |
| ۱-۱-۳- جمع‌آوری اطلاعات پایه و انجام مطالعات کتابخانه‌ای | ۴۲ |
| ۲-۳- مواد | ۴۲ |
| ۱-۲-۳- موقعیت جغرافیایی | ۴۳ |
| ۲-۲-۳- شبکه آبیاری دینور | ۴۴ |
| ۳-۲-۳- وضعیت فیزیوگرافی و توپوگرافی منطقه | ۴۷ |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

| | |
|----|--|
| ۴۸ | ۴-۲-۳- هواشناسی |
| ۴۹ | ۵-۲-۳- زمین شناسی منطقه |
| ۴۹ | ۱-۵-۲-۳- داده های توپوگرافی و زمین شناسی منطقه |
| ۵۰ | ۲-۵-۲-۳- زمین شناسی |
| ۵۲ | ۳-۳- روش های مطالعات |
| ۵۲ | ۱-۳-۳- هیدرولوژی |
| ۵۲ | ۱-۱-۳-۳- تحلیل آبدهی رودخانه بر اساس آمار طولانی مدت ایستگاه هیدرومتری |
| ۵۳ | ۴-۳-۳- اندازه گیری راندمان های انتقال و توزیع و تلفات آب در کانال های شبکه |
| ۵۴ | ۱-۴-۳-۳- راندمان انتقال (Ec) |
| ۵۴ | ۲-۴-۳-۳- راندمان توزیع (Ed) |
| ۵۵ | ۳-۴-۴-۳- راندمان کاربرد آبیاری (Ea) |
| ۵۶ | ۴-۴-۳-۳- راندمان کل آبیاری (Ep) |
| ۵۶ | ۵-۳-۳- تخمین کمبود آب برای هر ناحیه با توجه به نیاز آبی و تلفات آب و دبی موجود |
| ۵۶ | ۴-۳- جمع‌آوری اطلاعات لایه‌های آبخوان |
| ۵۶ | ۱-۴-۳- ضریب ذخیره |
| ۵۷ | ۲-۴-۳- ضریب قابلیت انتقال |
| ۵۷ | ۳-۴-۳- نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی |
| ۵۷ | ۱-۳-۴-۳- تراز آب زیرزمینی |
| ۵۸ | ۲-۳-۴-۳- جهت جریان آب زیرزمینی |
| ۵۸ | ۳-۳-۴-۳- عمق آب زیرزمینی و تغییرات آن در طول سال بیان |
| ۵۹ | ۴-۳-۴-۳- دسته بندی چاه‌های منطقه از نظر میزان آبدهی |
| ۵۹ | ۵-۳- شبیه سازی آب زیرزمینی آبخوان در منطقه مورد مطالعه |
| ۶۰ | ۱-۵-۳- واسنجی و ارزیابی مدل |
| ۶۱ | ۲-۵-۳- وضعیت و برآورد میزان آب موجود در آبخوان |
| ۶۱ | ۳-۵-۳- مکان یابی محل برداشت آب زیرزمینی و تحلیل وضعیت چاه‌های موجود در منطقه |
| ۶۲ | ۴-۵-۳- اجرای مدل با تغییر مکان و میزان دبی برداشت و تثبیت عمق آب زیرزمینی در رقوم‌های مشخص شده |
| ۶۳ | ۶-۳- مدل سازی محدوده مورد مطالعه |
| ۶۳ | ۱-۶-۳- هدف از ساخت مدل |
| ۶۳ | ۲-۶-۳- تهیه مدل مفهومی محدوده مورد مطالعه |
| ۶۴ | ۳-۶-۳- شرایط اولیه و مرزی |
| ۶۴ | ۴-۵-۳- ساخت لایه اطلاعاتی مربوط به عوامل مؤثر بر جریان (Source & Sink) |
| ۶۴ | ۱-۴-۵-۳- مرزهای بار عمومی |
| ۶۵ | ۲-۴-۵-۳- چاه‌ها |
| ۶۵ | ۳-۴-۵-۳- رودخانه‌ها |
| ۶۶ | ۵-۵-۳- ساخت لایه اطلاعاتی مربوط به مقادیر سطح آب مشاهده‌ای (Observation) |
| ۶۷ | ۶-۵-۳- شبکه‌بندی آبخوان |
| ۶۸ | ۷-۵-۳- ساخت مدل شبیه‌ساز جریان (MODFLOW) |
| ۶۹ | ۸-۵-۳- اجرای مدل |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

| | |
|-----|---|
| ۶۹ | ۳-۵-۱- اجرای مدل در شرایط جریان ماندگار..... |
| ۶۹ | ۳-۵-۲- اجرای مدل در شرایط جریان غیرماندگار |
| ۷۰ | ۳-۵-۹- پارامترهای آماری سنجش دقت مدل..... |
| ۷۰ | ۳-۵-۱۰- پهنه‌بندی پارامترهای هیدروژئولوژیکی آبخوان |
| ۷۱ | ۳-۵-۱۱- گردآوری داده‌های آماری و انجام مطالعات کتابخانه‌ای..... |
| ۷۱ | ۳-۵-۱۱-۲- تعیین الگوی بهینه با توجه به وضعیت منابع آبی و الگوی کشت..... |
| ۷۲ | ۳-۴-۱۴- اجرای مدل بهینه‌سازی |
| ۷۴ | ۴ نتایج |
| ۹۷ | ۴-۴- نتایج اجرای مدل در شرایط جریان ماندگار..... |
| ۱۰۲ | ۴-۵- نتایج اجرای مدل در شرایط جریان غیرماندگار..... |
| ۱۲۱ | ۴-۷-۱- تعیین نیاز آبی منطقه بر حسب الگوی کشت موجود..... |
| ۱۲۱ | ۴-۷-۲- وضعیت منابع آب دشت دینور |
| ۱۲۱ | ۴-۷-۳- بهینه‌سازی سطح تخصیص اراضی |
| ۱۲۲ | ۴-۷-۴- توابع محدودیت در مدل بهینه‌سازی..... |
| ۱۲۶ | ۴-۷-۵- مدل بهینه‌سازی |
| ۱۲۶ | ۴-۷-۶- نتایج بهینه‌سازی و آنالیز حساسیت در منطقه..... |
| ۱۲۸ | نتیجه‌گیری و پیشنهادات |
| ۱۲۸ | ۵-۱- نتیجه‌گیری |
| ۱۴۰ | ۵-۲- پیشنهادات |

فهرست جداول

| | | |
|-----------|--|-----|
| جدول ۱-۴ | طول کانال‌های انتقال و توزیع آب در شبکه آبیاری دینه‌ور | ۷۸ |
| جدول ۲-۴ | نیاز آبی گیاهان الگوی کشت با استفاده از مدل Netwat | ۷۹ |
| جدول ۳-۴ | برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت ناحیه نوجبران | ۸۰ |
| جدول ۴-۴ | اطلاعات مربوط به نیاز خالص و ناخالص آبیاری و میزان بهره برداری ناحیه نوجبران | ۸۲ |
| جدول ۵-۴ | برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت ناحیه برناج | ۸۳ |
| جدول ۶-۴ | اطلاعات مربوط به نیاز خالص و ناخالص آبیاری و میزان بهره برداری ناحیه برناج | ۸۵ |
| جدول ۷-۴ | اطلاعات مربوط به نیاز خالص و ناخالص آبیاری و میزان بهره برداری نواحی نوجبران و برناج | ۸۶ |
| جدول ۸-۴ | برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت قسمت اول شبکه | ۸۷ |
| جدول ۹-۴ | محاسبات کمبود مقدار آب در قسمت اول شبکه | ۸۹ |
| جدول ۱۰-۴ | برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت قسمت دوم شبکه | ۹۰ |
| جدول ۱۱-۴ | محاسبات کمبود مقدار آب در قسمت دوم شبکه | ۹۲ |
| جدول ۱۲-۴ | برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت قسمت سوم شبکه | ۹۳ |
| جدول ۱۳-۴ | محاسبات کمبود مقدار آب در قسمت سوم شبکه | ۹۵ |
| جدول ۱۴-۴ | محاسبات راندمان‌های انتقال و توزیع آب در شبکه آبیاری | ۹۶ |
| جدول ۱۵-۴ | مقادیر هدایت هیدرولیکی و اسنجی شده مواد آبخوان | ۹۷ |
| جدول ۱۶-۴ | مقادیر کالیبره شده ضریب توانایی مرز عمومی و بستر رودخانه برای عبور جریان آب | ۹۸ |
| جدول ۱۷-۴ | نتایج سطح آب محاسباتی و مشاهداتی در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ (جریان ماندگار) | ۹۹ |
| جدول ۱۸-۴ | مقادیر و اسنجی شده ضریب آبدهی ویژه (SY) و ضریب ذخیره ویژه (SS) | ۱۰۲ |
| جدول ۱۹-۴ | نتایج آماری مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهداتی آبخوان در ماه‌های مدل‌سازی در سال ۱۳۹۳ | ۱۰۳ |
| جدول ۲۰-۴ | نتایج آماری مقایسه سطح آب مشاهداتی با محاسباتی در پیزومترها در زمان مدل‌سازی | ۱۱۲ |
| جدول ۲۱-۴ | اطلاعات چاه‌های موجود در مناطق مختلف | ۱۱۵ |
| جدول ۲۲-۴ | اطلاعات چاه‌های پیشنهادی در نواحی مختلف شبکه | ۱۱۵ |
| جدول ۲۳-۴ | مساحت‌های الگوی کشت نواحی مختلف منطقه | ۱۱۸ |
| جدول ۲۴-۴ | اطلاعات جمع‌بندی شده منابع آب سطحی و زیرزمینی در قسمت‌های تفکیک شده منطقه | ۱۱۹ |
| جدول ۲۵-۴ | سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و باغی در دشت دینور (بر حسب هکتار) | ۱۲۱ |
| جدول ۲۶-۴ | نیاز آبی محصولات موجود در الگوی کشت دشت دینور (متر مکعب در هکتار) | ۱۲۱ |
| جدول ۲۷-۴ | سناریوهای مدیریتی و آب قابل استحصال آبخوان دشت دینور | ۱۲۳ |
| جدول ۲۸-۴ | توزیع سطح کشت محصولات در وضعیت موجود و شرایط بهینه سناریوهای مدیریتی (هکتار) | ۱۲۶ |

فهرست اشکال

- شکل ۱-۳ موقعیت دشت چمچمال در استان کرمانشاه ۴۳
- شکل ۲-۳ موقعیت مرز و دشت در شبکه آبیاری دینور ۴۴
- شکل ۳-۳ توپوگرافی و مرزهای منطقه مطالعاتی شبکه آبیاری دینور ۴۵
- شکل ۴-۳ رودخانه دینور و کانال‌های اصلی و فرعی در شبکه آبیاری ۴۶
- شکل ۵-۳ موقعیت نقاط برداشت تراز سنگ کف در محدوده دشت چمچمال ۵۰
- شکل ۶-۳ مرزهای بار عمومی و خروجی محدوده مورد مطالعه شبکه دینور ۶۵
- شکل ۷-۳ لایه Snik & Source محدوده مورد مطالعه دشت چمچمال ۶۶
- شکل ۸-۳ موقعیت چاه‌های مشاهداتی (پیزومترها) ۶۷
- شکل ۱-۴ منحنی‌های هیدروگراف جریان رودخانه در ایستگاه و جریان ورودی به شبکه و مجمع جریان ایستگاه با شبکه ۷۶
- شکل ۲-۴ مقایسه نتایج سطح آب مشاهداتی و محاسباتی در اردیبهشت ۱۳۹۳ در حالت جریان ماندگار ۹۹
- شکل ۳-۴ مقایسه نتایج سطح آب مشاهداتی و محاسباتی در اردیبهشت ۱۳۹۳ در حالت جریان ماندگار ۱۰۰
- شکل ۴-۴ نقشه خطوط سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در اردیبهشت ۱۳۹۳ ۱۰۱
- شکل ۵-۴ نقشه خطوط سطح ایستابی محاسبه شده در اردیبهشت ۱۳۹۳ ۱۰۱
- شکل ۶-۴ مقایسه نتایج سطح آب مشاهداتی و محاسباتی از خرداد ۱۳۹۳ تا فروردین ۱۳۹۴ ۱۰۶
- شکل ۷-۴ مقایسه نتایج سطح آب مشاهداتی و سطح آب محاسباتی از خرداد ۱۳۹۳ تا فروردین ۱۳۹۴ ۱۱۱
- شکل ۸-۴ مقایسه سطح آب شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در محل هر پیزومتر در طول دوره مدل‌سازی ۱۱۴
- شکل ۹-۴ نتایج صحت‌سنجی مدل در اردیبهشت ۱۳۹۴ ۱۱۴
- شکل ۱۰-۴ تفکیک چاه‌های موجود در زیرحوضه‌ها ۱۱۶
- شکل ۱۱-۴ تفکیک چاه‌های پیش‌بینی شده در زیرحوضه‌ها ۱۱۷
- شکل ۵-۱ تغییرات سطح محصولات مختلف الگوی کشت در وضعیت موجود، بهینه‌سازی وضعیت موجود و بهینه‌سازی شرایط پیشنهادی با افزایش آب در دسترس ۱۳۰
- شکل ۵-۲ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در ضرایب تابع پیشینه‌ساز سود در وضعیت الگوی کشت موجود در مناطق تحت پوشش شبکه ۱۳۲
- شکل ۵-۳ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در ضرایب تابع پیشینه‌ساز سود در وضعیت پیشنهادی در مناطق تحت پوشش شبکه ۱۳۳
- شکل ۵-۴ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در منابع محدودیت در وضعیت الگوی کشت موجود در مناطق تحت پوشش شبکه ۱۳۴
- شکل ۵-۵ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در منابع محدودیت در وضعیت پیشنهادی در مناطق تحت پوشش شبکه ۱۳۵
- شکل ۵-۶ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در ضرایب تابع هدف در وضعیت موجود در مناطق بدون شبکه ۱۳۶
- شکل ۵-۷ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در منابع محدودیت در وضعیت موجود مناطق بدون شبکه ۱۳۷
- شکل ۵-۸ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در ضرایب تابع هدف در وضعیت پیشنهادی در مناطق بدون شبکه ۱۳۸
- شکل ۵-۹ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در منابع محدودیت در وضعیت پیشنهادی در مناطق بدون شبکه ۱۳۹

فصل اول

مقدمه و کلیات

Archive of SID

۱- مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

افزایش بی‌رویه جمعیت در سال‌های اخیر، محدودیت منابع آب‌های سطحی و در نتیجه فشار بیش از اندازه به سفره‌های آب‌های زیرزمینی، باعث به بار آمدن خسارات جبران ناپذیری به منابع طبیعی کشور بخصوص در سال‌های آینده خواهد شد. جهت جلوگیری از وقوع این فاجعه، مدیریت بهره‌برداری و حفاظت از آب‌های زیرزمینی می‌بایست به عنوان یک اصل و پایه در برنامه‌ریزی‌های مملکت قرار گیرد. (کوثر، ۱۳۷۴). در کشوری با شرایط آب و هوایی نیمه خشک ایران، استفاده بهینه و مفید از ذخایر آب زیرزمینی که در بسیاری از نقاط مهمترین و بعضاً تنها منبع تأمین نیازهای آبی است از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. محدودیت منابع آب با کیفیت مناسب و عدم تکافوی منابع تغذیه کننده به علت کمبود بارندگی ناشی از موقعیت‌های خاص جغرافیایی کشور، مدیریت بهره‌برداری و حفاظت از آب‌های زیرزمینی می‌بایست به عنوان یک اصل و پایه در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی قرار گیرد. (زارع، ۱۳۹۰)

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

در شبکه‌های آبیاری و زهکشی عموماً طراحی بر اساس آمار بلند مدت انجام می‌شود. در خشکسالی‌های اخیر که سطح آب‌های زیرزمینی کاهش یافته و موجب کاهش دبی رودخانه‌ها گردیده است در شبکه‌های آبیاری آب موجود در شبکه خصوصاً در پایین دست بندهای انحرافی نیاز آبیاری شبکه را تأمین نمی‌نماید و در ماه‌های با نیاز آبی پیک، مزارع انتهایی شبکه‌ها با کمبود آب مواجه می‌گردند و این موجب خسارت‌های مالی فراوانی به کشاورزان در مزارع انتهایی شبکه می‌گردد، این در حالی است که در قسمت‌هایی از شبکه در اثر آب‌های نفوذ یافته از آبیاری، سطح آب زیرزمینی بالا بوده و موجب زه‌دار شدن اراضی می‌گردد. اگر بتوان با بررسی‌های دقیق میزان کمبودهای آب در شبکه و وضعیت آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف را شناخت و تدابیری در این زمینه اندیشید می‌توان در ماه‌هایی از فصل زراعی بعضاً در مراحل حساس رشد که کاهش محصول معنی‌داری را به دنبال خواهد داشت از آب‌های زیرزمینی استفاده و از خسارت‌های مالی ممانعت نمود. در اکثر مناطق ایران، قبل از احداث و بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری مدرن، منبع اصلی تأمین آب آبیاری اراضی کشاورزی منابع آب زیرزمینی هستند. با بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی، منبع تأمین آب، از آب‌های زیرزمینی به منابع آب سطحی که غالباً از محل سدهای مخزنی و بندهای انحرافی تأمین می‌شود تغییر می‌یابد. این امر باعث محدود شدن بهره‌برداری از منابع آب زیر زمینی می‌شود. علاوه بر این ۳۰ درصد نفوذ عمقی از آب آبیاری مزارع کشاورزی، باعث تغذیه سفره آب زیرزمینی شده که نهایتاً بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در محدوده شبکه‌ها و مشکل ماندابی شدن اراضی را به دنبال دارد.

بهره‌برداری تلفیقی منابع آب سطحی و زیرزمینی یک راهکار مناسب در راستای بهره‌برداری بهینه از منابع آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی است. این امر با تعیین میزان آب سطحی قابل استفاده از رودخانه در ماه‌های مختلف سال و نیز برآورد آب آبیاری مورد نیاز در کانال‌ها و تعیین میزان کمبود آب هر کانال شروع و پس از آن شبیه‌سازی آب زیرزمینی و مکان‌یابی چاه‌های بهره‌برداری جهت برداشت آب زیرزمینی در شبکه و تعیین میزان برداشت آب زیرزمینی در مکان‌های مشخص شده مدل با توجه به نیاز آبی کانال‌های مختلف و کمبودهای آبی آنها که از جمله اهداف مورد نظر در تحقیق هستند با بهینه‌سازی تخصیص منابع آب سطحی و زیرزمینی از طریق مدیریت سطح تراز آب زیرزمینی دشت تکمیل می‌گردد. دستیابی به راهکار بهره‌برداری بهینه و تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در اراضی شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌تواند هم مشکل زه‌دار شدن اراضی را مرتفع ساخته و هم زمینه دست‌یابی به تولید حداکثر در شبکه را فراهم نماید و این مهم در راستای دستیابی به اهداف پیش‌گفته، ضرورت انجام پژوهش را به وضوح تبیین می‌نماید.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۱-۲- کلیات مدل GMS

مدل GMS نرم‌افزار بسیار پیچیده و جامعی برای مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی می‌باشد. این نرم‌افزار توسط هزاران نفر در بخش‌های دولتی، بخش‌های خصوصی و سایت‌های بین‌المللی در بیش از ۹۰ کشور جهان استفاده می‌شود. این نرم‌افزار در حقیقت واسطه گرافیکی و به‌عنوان پیش‌پرداز و پس‌پرداز برای ۱۰ مدل آب زیرزمینی است که عمدتاً به روش‌های عددی تفاضل محدود و اجزاء محدود به شبیه‌سازی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی می‌پردازد. این مدل توسط آزمایشگاه تحقیقات محیط زیست دانشگاه BRIGHAMYOUNG و مشارکت بخش مهندسی آب ارتش آمریکا توسعه داده شده است. این نرم‌افزار محصول شرکت IQUAVEO می‌باشد. مدل‌هایی که GMS پشتیبانی می‌نماید به ۴ گروه تقسیم می‌شوند.

۱- مدل‌های شبکه سه بعدی (3DGrid)

Modflow

ModPath

MT3D

RT3D

SEAM3D

UTCHEM

۲- مدل‌های تحلیلی شامل:

MODAEM

۳- مدل‌های دو بعدی مش (2D Mesh) شامل:

SEEP2D

۴- مدل‌های سه بعدی مش (3D Mesh) شامل:

FEMWATER

همه مدل‌های فوق به تعدادی پارامتر به عنوان ورودی مدل نیاز دارند که از بین آنها می‌توان به موارد ذیل

اشاره کرد:

- تعیین تعداد سطر و ستون‌های شبکه و ابعاد آنها

- تعیین سلول‌های فعال و غیر فعال شبکه

¹Groundwater Modeling System

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

-تعیین تعداد لایه‌های آبخوان

-مشخص کردن تراز سطح زمین و تراز سطح و کف لایه‌های مختلف

-مشخص کردن شرایط اولیه (مانند سطح اولیه آب)

-داده‌های عوارض مختلف در محدوده آبخوان (مانند رودخانه، چاه، ایستگاه‌ها و ...)

مدل پس از دریافت داده‌های ورودی بر اساس معادلات و شرایط حاکم بر مدل، آنالیز و محاسبات لازم را انجام داده و خروجی حاصل را در قالب فایل‌های متناسب ارائه می‌دهد. نتایج این محاسبات می‌تواند سطح تراز آب هر سلول، بیلان آب و جهت و زمان حرکت آب و... در سلول یا مجموعه سلول‌ها باشد. با توجه به حجم بسیار زیاد اطلاعات ورودی و خروجی مدل‌ها، مدلی کاربرپسند و قابل استفاده خواهد بود که حجم داده‌ها را به صورت گرافیکی و با فرمت مناسب مدیریت می‌کند. GMS نرم‌افزاری است که به کمک ماژول‌های مختلف، ورودی مدل را به فرمت مناسب تهیه می‌ند. هسته اصلی مدل موردنظر را فراخوانی، برنامه را اجرا و مجدداً خروجی مدل فوق را ساماندهی و به فرمت مناسب و دلخواه کاربر در می‌آورد.

۱-۳- کلیات مدل OPDM

مدل OPDM چگونگی توزیع آب، عکس‌العمل محصول گیاه در برابر میزان آبیاری و سایر کاربردها را، در شبکه‌های زهکشی و کانال مرکب (چند شاخه) شبیه‌سازی می‌کند. نیازهای آبی گیاه از روی مدل‌های گیاهی و داده‌های هواشناسی شبیه‌سازی شده و جریان در داخل سیستم می‌تواند از یک منبع ذخیره اصلی، آب زیرزمینی، آبخوان‌ها و حتی منابع پایین دست و زهکش‌های روباز تأمین شود. این مدل می‌تواند به منظور طراحی و آنالیز سیستم‌های کشاورزی و آبیاری استفاده شود. این نرم‌افزار توسط گروه زیست‌شناسی و مهندسی آبیاری دانشگاه ایالتی Utah تهیه و بسط داده شده است. اصول عملکرد مدل OPDM ایجاد ارتباط بین داده‌های مربوط به مشخصات شبکه آبیاری و زهکشی، ویژگی‌های مرتبط با گیاهان الگوی زراعی، شرایط خاک زراعی و ویژگی‌های آب آبیاری می‌باشند. (رحیمی جمنانی و نیکبخت جهرمی، ۱۳۷۹)

۱-۳-۱- داده‌های مربوط به آب آبیاری:

تأمین آب مورد نیاز گیاه در مدل هم از طریق جریان‌ات سطحی و هم با استفاده از سفره آب زیرزمینی امکان‌پذیر است. برای استفاده از جریان‌ات سطحی، مقادیر حداقل و حداکثر آب طی ماه‌های مختلف در نقاطی که به عنوان منبع تأمین آب به مدل معرفی شده مشخص می‌شود. مقادیر نمک موجود در آب آبیاری نیز طی ماه‌های مختلف تعیین و به مدل معرفی می‌شود.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

برای محاسبه آن بخش از نیاز آبی گیاه که توسط آب زیرزمینی تأمین می‌شود، رابطه OPDM در مدل تجربی زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$ET_{up} = \delta_1 (\Delta Z_{max} - \Delta Z)^{\delta_2}$$

در این رابطه δ_1 و δ_2 ضرایب تجربی و ΔZ_{max} عمقی است که جریان مویینه به آن عمق نمی‌رسد ΔZ نیز حد فاصل انتهای ریشه گیاه تا سطح آب زیرزمینی است.

۱-۳-۲- داده‌های مربوط به خاک زراعی:

برای خاک زراعی شامل نیاز آبتشویی، ضریب رواناب، تخلخل خاک، OPDM داده‌های مورد نیاز مدل عبارتند از:

آبدهی ویژه خاک، آب قابل استفاده خاک، میزان رطوبت در ظرفیت زراعی خاک و ضریب زهکشی خاک. تغییرات شوری خاک در مدل با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$m_{in} = V_{ss}EC_{ss} + V_{ds}EC_{ds} + V_{gw}EC_{gw} - V_{dp}EC_{ep}$$

در این رابطه:

min: مقدار نمک اضافه شده در منطقه ریشه

V: حجم آب بر حسب مترمکعب در روز

EC: هدایت الکتریکی آب بر حسب دسی زیمنس بر متر

و اندیس‌های ss, ds, gw و dp به ترتیب معرف منابع آب سطحی، آب زهکشی، آب زیرزمینی و نفوذ عمقی است.

همچنین شوری EC عصاره اشباع خاک پس از ذخیره شدن نمک در منطقه ریشه، با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$EC_{rz} = \frac{m_{rz} + m_{in}}{C_s \theta_{new} R_z A_c}$$

که در آن:

EC_{rz}: شوری عصاره اشباع خاک پس از ذخیره شدن نمک در هر آبیاری

mrz: میزان نمک موجود در منطقه ریشه (kg)

m_{in}: مقدار نمک اضافه شده به منطقه ریشه (kg)

C_s: ضریب تبدیل واحدهای مختلف

θ_{new}: ذخیره رطوبتی خاک در منطقه ریشه (mm/m)

R_z: عمق منطقه ریشه (m)

A_c: مساحت سطوح کشت (ha)

۱-۴- بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی

کیفیت آب‌های زیرزمینی به لحاظ مکانی و زمانی متغیر است. به علاوه، سیستم آب زیرزمینی به قدری پیچیده است که با عوامل زیادی در یک مکان خاص نیز تغییر می‌کند. تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی می‌تواند در اثر فعالیت‌های انسان و توسعه فعالیت‌های صنعتی صورت گیرد. بنابراین، بررسی و مطالعه این منابع به منظور حفظ و اصلاح کیفیت آنها ضروری است (جواد زاده و همکاران ۱۳۹۳).

کشاورزی به عنوان بزرگترین مصرف کننده آب شیرین در مقیاس جهانی و به عنوان عامل تنزل کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی از طریق فرسایش خاک و مواد شیمیایی آن، باعث شده تا به عنوان یکی از عوامل دخیل در کیفیت آب مورد توجه قرار گیرد (آنکلی، ۱۳۸۲). برای هر یک از مراحل رشد محصولات کشاورزی عملیات خاصی صورت می‌گیرد که می‌تواند روی ترکیبات شیمیایی و شاخص‌های کیفیت آب این سفره‌ها تأثیر داشته باشد. از آنجایی که منابع آب به‌طور مدام در معرض فشار بیشتر قرار دارد، پژوهش‌های مربوط به آسیب‌پذیری آنها می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد اهمیت آنها در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری زیست محیطی در اختیار قرار دهد (Fadel, et.al., 2013). پارامترهای کیفیت آب که برای آبیاری مهم هستند شامل آن دسته از خواص آب است که در رابطه با عملکرد و کیفیت محصولات، حاصلخیزی خاک و حفظ محیط زیست می‌باشد. عموماً این پارامترها شامل خواص فیزیکی و شیمیایی آب است که در ارزیابی کیفیت آب کشاورزی استفاده می‌شود (Abdul Hameed et.al, 2010). کودها و آفت‌کش‌های مورد استفاده در اثر فعالیت‌های کشاورزی مهمترین عامل آلودگی آب‌های زیرزمینی هستند (Marouane et.al., 2014). در داخل اراضی کشاورزی با مدیریت و بهینه نمودن فعالیت‌ها نظیر افزایش راندمان آبیاری، بهبود آبیاری شبانه، بهینه کردن مصرف کود و سموم کشاورزی و تغییر روش‌های آبیاری می‌توان موجب کاهش بار آلودگی پساب‌ها گردید. در انتهای مزارع نیز با اجرای راهکارهای عملی می‌توان آلودگی زه‌آب‌ها قبل از تخلیه با آب‌های مجاور را کاهش داد (جلی، ۱۳۸۰).

۱-۵- کلیاتی از برنامه ریزی تلفیق

با توجه به مسئله بحران کمبود آب یکی از راهکارهای مؤثر و قابل برنامه‌ریزی در بحث مدیریت منابع آب، استفاده تلفیقی بهینه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشد. به طوری که در بسیاری از حالات و شرایط بتوان نیازهای موجود شامل نیازهای کشاورزی، صنعت، شرب و محیط زیست را در ماه‌های مختلف سال با در نظر گرفتن حجم تجدیدپذیر آبخوان و میزان افت سطح ایستابی آب برآورده نمود. به همین منظور

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

استفاده از روش‌های شبیه‌سازی و بررسی سناریوهای ممکن یک روش مفید و قدرتمند در تعیین استراتژی‌های مدیریتی و طراحی برای توسعه بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی است. آب‌های زیرزمینی در فعالیت‌های اقتصادی و زندگی روزمره مردم نقش اساسی دارند و ذخیره‌سازی آب در مخازن زیرزمینی از لحاظ اقتصادی سرمایه‌گذاری کمتری را می‌طلبد (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۳).

مدیریت تغذیه آب زیرزمینی باثبات است و در حال حاضر فن‌آوری‌های جدید نتایج مطلوبی را به وجود آورد و انتظار می‌رود بسیاری از مشکلات مربوط به منابع آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک حل شود. تغذیه مصنوعی به عنوان راهبردی برای بهبود و توسعه منابع آب زیرزمینی در نظر گرفته شده و ذخیره سفره از این طریق جبران خسارت وارده به آن را می‌نماید (چیت‌سازان و موحدیان، ۲۰۱۵). کاربرد این روش به ویژه در محدوده پروژه‌های بزرگ که مؤلفه‌های بیشتری در سیستم آب زیرزمینی تأثیرگذار هستند اهمیت بیشتری دارد.

در محدوده پروژه‌های بزرگ آبیاری، مدیریت دقیق و مناسب منابع سطحی و زیرسطحی آب می‌تواند باعث افزایش راندمان بهره‌برداری از آب و افزایش تولیدات زراعی و همین‌طور کنترل شرایط ماندابی شود. چنین مدیریت کاملی نیاز به تخمین توزیع جریان تغذیه سفره به دو صورت چندبعدی و جریان آب خاک به درون آکifer موردنظر دارد. تغذیه به دو صورت نفوذ عمقی از مزارع و نشت از شبکه آبیاری روی می‌دهد. نفوذ عمقی تحت تأثیر عواملی نظیر آب و هوا، خصوصیات خاک و کاربری اراضی قرار دارد در حالی که نشت تابع شرایط جریان در سیستم توزیع آب است. در محدوده پروژه‌های بزرگ آبیاری تمام فاکتورهای عمل‌کننده بر روی تغذیه آب‌های زیرزمینی به صورت چند بعدی تغییر می‌کنند (فرهادی، ۱۳۸۳).

روش‌های مختلفی برای مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب و بسترهای تغذیه مصنوعی وجود دارد. هر روشی که مورد استفاده قرار گیرد، باید اطلاعات حاصل از مطالعات مختلف در آن به صورت تلفیقی و در کنار هم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و منطقه مناسب تعیین گردد. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزاری است که به دلیل ویژگی‌ها و توانایی‌های خاص خود می‌تواند در این زمینه بسیار مفید باشد. توانایی (GIS) در ذخیره اطلاعاتی که وابستگی مکانی دارند، تجزیه و تحلیل آنها، انجام محاسبات مورد نیاز و نمایش آنها به صورت نقشه‌های دقیق، جداول و نمودارها در مدت زمان کوتاه، این تکنولوژی جدید کامپیوتری را در جایگاه ویژه‌ای قرار داده است (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۳).

همین امر، استفاده از GIS را به عنوان وسیله گردآوری، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌های مکان‌مند به عرصه تمامی علوم می‌که به نوعی وابستگی جغرافیایی دارند وارد نموده است. با استفاده از GIS می‌توان

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GIS و بهینه‌سازی تخصیص ...

اطلاعات حاصل از مطالعات مختلف را به صورت همزمان مورد بررسی قرار داد. اطلاعات مربوط به هر زمینه به صورت یک لایه نقشه در می‌آید. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای GIS، این لایه‌ها بر روی یکدیگر تلفیق شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. با توجه به ویژگی‌های GIS، استفاده از آن هم می‌تواند باعث صرفه‌جویی در وقت شده و هم به بالا رفتن دقت محاسبات کمک نماید و نهایتاً نتیجه حاصله از دقت بالایی برخوردار خواهد بود (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۳). از این رو استفاده از GIS در چند سال اخیر در عرصه مطالعات تغذیه مصنوعی مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است.

۱-۶- کلیات بهینه‌سازی تخصیص

ضعف در جامع‌نگری و به هم پیوستگی مؤلفه‌های مدیریت آب و برداشت‌های بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در دشت‌های ممنوعه و ممنوعه بحرانی، اثراتی منفی همچون تخریب و هدررفت ذخایر آبخوان‌ها، عدم اطمینان از تولیدات کشاورزی و عدم توسعه توریسم و افزایش هزینه‌های وابسته به استحصال آب از عمق بیشتر را سبب می‌شود (Brown و همکاران، ۱۹۹۹). مدیریت بهینه منابع آبی، رعایت الگوی مناسب کشت و شناخت پتانسیل‌ها و محدودیت‌های منابع در بخش تولید کشاورزی برای افزایش سطح تولید و سود بهره‌برداران بسیار حائز اهمیت است و برنامه‌ریزی و بهره‌برداری پایدار از منابع محدود آبی برای نیل به این مهم به عنوان یک ضرورت مطرح می‌گردد.

مدیریت مناسب از منابع آب زیرزمینی نیاز به دانش از مقدار، توزیع و هدررفت آب را دارد. بدون چنین ارزیابی، اثرات توسعه گذشته و پیش‌بینی تاثیرات توسعه آینده را نمی‌توان به اندازه کافی تعیین نمود (Taheri Tizro, 2007). لذا در اغلب مدل‌های مدیریت منابع آب، لازم است آبخوان به صورت پیوسته و زمان‌مند شبیه‌سازی شود (محمدرضاپور طبری و همکاران، ۱۳۸۹) و ارزیابی صحیح و دقیقی از بیلان آب در مقیاس حوضه آبخیز، که از اثر متقابل اقلیم، زمین‌شناسی، ریخت‌شناسی، خاک و پوشش گیاهی ناشی می‌شود اهمیت بسیار دارد (Devries, 2002 و Simmers).

مدل‌سازی آبخوان یکی از روش‌های غیر مستقیم مطالعه منابع آب زیرزمینی است که با توجه به کارایی بالا و مقرون به صرفه بودن، توجه بسیاری را نسبت به خود جلب کرده است (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۲). سطح آب زیرزمینی، یک پارامتر موثر در تعیین دقت در مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی است. بنابراین استفاده از ابزار ساده برای پیش‌بینی سطح آب‌های زیرزمینی آینده و پر کردن نقایص در مجموعه داده‌ها از مسائل مهم در هیدرولوژی آب‌های زیرزمینی است (Fallah-Mehdipour, 2013) پیش‌بینی عمق سطح آب

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

زیرزمینی و برآورد نوسانات آن، یکی از اقدامات لازم در جهت برنامه‌ریزی‌های جامع مدیریتی در رابطه با منابع آب زیرزمینی است. با توجه به روابط غیرخطی و پیچیده حاکم بر جریان آب زیرزمینی، طراحی مدلی دقیق و در عین حال ساده ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای پیش‌بینی رفتار این منابع محسوب می‌گردد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۰)

بازدهی مؤثر، تولید بهینه، پایداری آب زیرزمینی و تجدیدپذیری از جمله مفاهیم مورد استفاده در مدیریت سیستم‌های آب زیرزمینی است (Liu و Gau، 2002؛ Sharp، 1998). پیشگویی الگوی رفتاری تغییرات در سیستم‌های منابع آب، تحت تأثیر اعمال سیاست‌های بهره‌برداری می‌تواند بهره‌برداران این منابع را به منظور استفاده بهینه و بر اساس اصل توسعه پایدار یاری نماید (ناصری و همکاران، ۱۳۹۰). لذا به منظور لحاظ یک رویکرد جامع در تحقق توسعه پایدار برای منابع تجدیدپذیر آب زیرزمینی یک منطقه، محاسبه بیلان یک پیش‌نیاز اساسی برای مدیریت مؤثر این منابع می‌باشد (گنجی خرم‌دل و همکاران، ۱۳۸۷). برآورد بیلان آب‌های زیرزمینی به منظور ارزیابی عملکرد ایمن از سیستم آبخوان و در نتیجه بهره‌برداری منطقی و مدیریت پایدار منابع آب ضروری است (Voudouris و همکاران، ۲۰۰۶) و این موضوع از اساسی‌ترین جنبه‌های مدیریت مخازن آب زیرزمینی و یا به طور کلی منابع آب به شمار می‌آید (ولایتی، ۱۳۷۴). با برقراری بیلان، توانمندی آب هر منطقه مشخص شده و چگونگی تأثیر دخالت انسان در چرخه طبیعی آشکار می‌شود. این امر به مدیران و دست‌اندرکاران اجازه می‌دهد تا برنامه معقول و سودمندی را در استفاده از آب تدوین نموده و اجرا نمایند. همچنین با توجه به آن می‌توان دبی قابل اطمینان (دبی مجاز) یا برداشت بیش از حد مجاز از ذخائر آب را با توجه به شرایط موجود و یا در شرایط خاصی در آینده تعیین نمود (جباری و همکاران، ۱۳۸۸). به کمیت درآوردن میزان تغذیه آب زیرزمینی، یک پیش‌نیاز اساسی برای تخمین بیلان و مدیریت مؤثر منابع آب زیرزمینی می‌باشد. این موضوع، یک مبحث عمده را در مناطقی که با تقاضای بالا برای مصارف آب زیرزمینی مواجه هستند، تشکیل می‌دهد. به هر حال تعیین میزان تغذیه آبخوان در ارزیابی منابع آب زیرزمینی، یکی از مشکل‌ترین مسائل می‌باشد (Sophocleous، 1991)

برای تعیین مقادیر بهینه تخصیص از منابع، رعایت محدودیت‌های برداشت الزامی است که این امر در مورد منابع آب زیرزمینی با کنترل تغییرات تراز میسر می‌شود (محمدرضاپور طبری و همکاران، ۱۳۸۹). بهینه‌سازی مصرف و تخصیص منابع آب موجود از جمله راهکارهای مدیریت پایدار منابع آب است. زیرا ترکیبی از دو تکنیک قدرتمند شبیه‌سازی و بهینه‌سازی است که در تدوین معیارهای طراحی، فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریت بهینه اقتصادی پروژه‌ها بسیار مؤثر می‌باشد (Marino و Bozorghaddad، 2010).

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

لذا استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در این مسئله می‌تواند برای کارشناسان و برنامه‌ریزان راهگشا باشد. امروزه جوهره علم مدیریت در شیوه مدل‌سازی متجلی است و روش‌های برنامه‌ریزی در جهت تخصیص بهینه منابع کمیاب برای به دست آوردن بیشترین منافع از مهم‌ترین ابزارهای کاربردی علم مدیریت به شمار می‌رود. در برنامه‌ریزی علوم محیطی در مقایسه با بخش صنعت، تصمیم‌گیران معمولاً با بهینه کردن همزمان چندین هدف مواجه‌اند (محسنی ساروی و همکاران، ۱۳۸۲). کاربری اراضی بر روی واحدهای مختلف زمین می‌تواند با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی برای بهینه‌سازی درآمد کاربری زمین و کاهش تأثیرات زیست محیطی بهینه گردد (Riedel, 2003).

مفاهیم پژوهش

۱-۶-۱- بیان آب^۲

بررسی و تبادلات آب در یک محدوده معین که بر اصل بقاء جرم در چرخه آب تأکید دارد بیان خواننده می‌شود. طبق این تعریف بیان آب شامل کلیه آب‌هایی است که در یک زمان معین وارد یک محدوده خاص شده و در این ناحیه به مصرف رسیده، ذخیره شده و یا به صورت مختلف از محدوده خارج می‌گردد (محمودی، ۱۳۷۷).

۱-۶-۲- مدل‌های بهینه‌سازی

مدل‌های ریاضی که بیشینه یا کمینه نمودن یک تابع چند متغیره را شامل می‌گردند به نام مدل‌های بهینه^۳ خوانده می‌شوند. دسته عمده‌ای از مدل‌های بهینه به نام مدل‌های برنامه‌ریزی^۴ مورد توجه است که کاربرد آنها در حل مسایل مختلف مانند مسایل نظامی، سیاسی، صنعت، مدیریت و اقتصاد بسیار بااهمیت می‌باشد (اصغرپور، ۱۳۹۱). تئوری بهینه‌سازی روش‌های انتخاب بهینه از متغیرهای تصمیم را توسعه می‌بخشد.

2. Water Balance

3. Optimization Models

4. Programming Model

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

بسته به ویژگی‌های مسأله یکی از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی مانند برنامه‌ریزی خطی^۵، برنامه‌ریزی پویا^۶،

برنامه‌ریزی غیرخطی^۷، برای دستیابی به بهترین راه‌حل مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nikkami، ۱۹۹۹).

مدل‌های برنامه‌ریزی شامل واگذاری مناسب‌ترین ترکیب از منابع محدود^۸ در رسیدن به هدف یا اهداف تصمیم می‌باشد. به این قرار که هر تصمیم‌گیرنده منابعی در اختیار دارد که همگی از نظر کمیت یا کیفیت و یا هر دو محدود می‌باشند. واگذاری ترکیب خاصی از این منابع محدود در رسیدن به هدف مشخصی در یک تصمیم، مدل برنامه‌ریزی را تشکیل می‌دهد. چنانچه منابع موجود در اختیار تصمیم‌گیرنده نامحدود بود، اصولاً مشکلی به نام برنامه‌ریزی وجود نمی‌داشت. بنابراین از آنجایی که منابع همواره محدود و در بسیاری موارد کمیاب می‌باشند، واگذاری مناسب‌ترین ترکیب آنها در رسیدن به مقدار بهینه هدف تصمیم، برنامه‌ریزی را به وجود می‌آورد.

اجزاء هر مدل برنامه‌ریزی شامل تابع هدف، تابع محدودیت و متغیر تصمیم می‌باشد. تابع هدف تابعی است ریاضی که از متغیرهای تصمیم تشکیل یافته و بیانگر هدف مدل می‌باشد. این تابع نشان دهنده خواسته‌ها و آرزوهای تصمیم‌گیرنده مانند بیشینه‌سازی سود و یا کمینه‌سازی هزینه است. تابع محدودیت عبارت از یک معادله یا نامعادله متشکل از متغیرهای تصمیم می‌باشد که محدودیت‌های مدل را جهت دستیابی به اهداف مدل بیان می‌کند و متغیرهای تصمیم، متغیرهایی را شامل می‌شود که تصمیم‌گیر به دنبال تعیین مقدار آنها بوده، به نحوی باعث بهینه شدن تابع هدف می‌گردند. (مهرگان، ۱۳۹۴ و اصغرپور، ۱۳۹۱).

-
5. Linear Programming, (LP)
 6. Dynamic Programming, (DP)
 7. Non Linear Programming, (NLP)
 8. Limited Resources

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۱-۶-۳- جواب بهینه^۹

بهترین جواب موجه است و به عبارتی دیگر جوابی است که به ازاء آن تابع هدف را به مطلوب‌ترین وضعیت ممکن در می‌آورد (مهرگان، ۱۳۹۴).

۱-۶-۴- تابع هدف^{۱۰}

تابعی است ریاضی که از متغیرهای تصمیم تشکیل یافته و بیانگر هدف مدل می‌باشد. این تابع نشان دهنده خواسته‌ها و آرزوهای تصمیم‌گیرنده مانند بیشینه‌سازی سود یا کمینه نمودن هزینه است (اصغرپور، ۱۳۹۱ و مهرگان، ۱۳۹۴).

۱-۶-۹- تابع محدودیت^{۱۱}

عبارت است از یک معادله یا نامعادله مشکل از متغیرهای تصمیم است که محدودیت‌های مدل را برای دستیابی به اهداف مدل بیان می‌کند (مهرگان، ۱۳۹۴).

۱-۶-۱۰- متغیر تصمیم^{۱۲}

عبارت است از متغیرهایی که به دنبال تعیین مقدار آنها بوده به نحوی که باعث بهینه شدن تابع هدف شوند و همزمان در کلیه محدودیت‌ها صدق کنند (مهرگان، ۱۳۹۴).

۱-۶-۱۱- برنامه‌ریزی خطی

برنامه‌ریزی خطی عبارت از یک تکنیک ریاضی جهت تخصیص منابع محدود موجود به بهترین صورت ممکن می‌باشد به شرطی که روابط بین عوامل خطی و مستقیم باشند.

کلمه خطی در عبارت پیش گفته دال بر آن است که روابط بین متغیرها در این مدل خاص برنامه‌ریزی، باید کاملاً متناسب و مستقیم باشند (اصغرپور، ۱۳۹۱).

-
1. Optimal Solution
 2. Objective Function
 3. Constraint Function
 12. Decision Variable

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

برنامه‌ریزی خطی با بهینه کردن (بیشینه یا کمینه)، متغیر وابسته ای که به صورت برنامه‌ریزی خطی با مجموعه ای از متغیرهای مستقل مرتبط می‌شود و با در نظر گرفتن تعدادی محدودیت خطی تشکیل یافته از متغیرهای مستقل در ارتباط است. متغیرهای مستقل مقدارشان توسط تصمیم گیرنده تعیین شده و مقدار متغیرهای وابسته را که به عنوان ستاده مدل ارائه می‌گردند تعیین می‌کنند (مهرگان، ۱۳۹۴ و اصغرپور، ۱۳۹۱).

تابع هدف کلی در یک مسئله برنامه‌ریزی خطی دو متغیره به صورت رابطه ۱-۲ نوشته می‌شود:

$$Max, Min(Z) = C_1 X_1 + C_2 X_2$$

فرمول بندی عمومی مسئله برنامه‌ریزی خطی برای دستیابی به مقادیر بیشینه و کمینه n متغیر تصمیم

x_1, x_2, \dots, x_n نیز به صورت رابطه ۱-۳ نوشته می‌شود (مهرگان، ۱۳۹۴).

برای بیشینه یا کمینه سازی تابع هدف:

$$Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n$$

تابع هدف (۱-۳) مشروط به برآورده کردن m محدودیت زیر می‌باشد:

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n (\leq \geq) b_1$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n (\leq \geq) b_2$$

.

$$a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \dots + a_{in} x_n (\leq \geq) b_i$$

.

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n (\leq \geq) b_m$$

که محدودیت‌ها می‌توانند به سه صورت \geq ، \leq یا $=$ باشند و در نهایت متغیرها نیز الزاماً باید غیر منفی

باشند.

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

بر اساس توضیحات بالا یک مسئله برنامه‌ریزی خطی را می‌توان در شکل ماتریسی زیر بیان نمود

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad .(Kalavathy, 2001)$$

$$c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$$

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$$

مسائل مربوط به برنامه‌ریزی خطی را می‌توان به سه روش هندسی^۳، جبری^۴ و سیمپلکس حل نمود. مسایلی را که فقط شامل دو متغیر باشند از طریق هندسی به سادگی قابل حل می‌باشند. برای مسایل با بیش از دو متغیر، کاربرد روش هندسی غیر ممکن و یا بسیار مشکل می‌گردد. از این روش‌های دیگری در حل مسایل خطی مورد نیاز است که از آن جمله روش جبری می‌باشد. البته روش جبری جوابگوی حل عمومی مسایل خطی نیست اما به واقع پلی است که به روش سیمپلکس منتهی خواهد شد. روش عمومی حل مسایل با بعد وسیع، روش سیمپلکس است که عبارت از تجسس سیستماتیک برای یافتن راه‌حل‌های پایه‌ای عملی و متعاقباً یافتن راه حل مطلوب می‌باشد (اصغرپور، ۱۳۹۱).

۱-۶- اهداف تحقیق

- تعیین میزان آب سطحی قابل استفاده از رودخانه در ماه‌های مختلف سال
- برآورد آب آبیاری موردنیاز در کانال‌ها و تعیین میزان کمبود آب هر کانال
- شبیه‌سازی آب زیرزمینی و مکان‌یابی چاه‌های بهره‌برداری جهت برداشت آب زیرزمینی در شبکه
- تعیین میزان برداشت آب زیرزمینی در مکان‌های مشخص شده مدل با توجه به نیاز آبی کانال‌های مختلف و کمبودهای آبی آنها
- بهینه‌سازی تخصیص منابع آب سطحی و زیرزمینی با مدیریت سطح تراز آب زیرزمینی

1. Graphical Method

2. Algebra Method

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۱-۶- سؤال‌های پژوهش

با توجه به میزان آب قابل استفاده از رودخانه در ماه‌های سال، میزان کمبود آب آبیاری به چه میزان و در چه کانال‌هایی است؟

آیا استفاده از چاه‌ها به عنوان زهکش‌های عمودی جایگزین مناسبی برای زهکش‌های سطحی یا زیرزمینی در شبکه می‌باشد؟

آیا مدل مفهومی تهیه شده توسط مدل GMS پاسخگوی شرایط صحرائی و طبیعی محدوده می‌باشد؟
آیا در صورت عدم وجود اطلاعات کافی مانند: ضرایب هیدرودینامیکی، وضعیت سنگ کف و غیره، مدل GMS قادر به شبیه‌سازی صحیح و مناسب آبخوان دشت می‌باشد؟
آیا مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی می‌توانند شرایط مدیریت ثبات سطح آبخوان را در شرایط موردنظر فراهم نمایند؟

۱-۷- فرضیات پژوهش

ارتباط معنی‌دار بین برداشت از منابع آب زیرزمینی و افت سطح ایستابی اجتناب ناپذیر است. ضمناً در منطقه مورد مطالعه بخشی از نیازهای آبیاری از طریق چاه‌هایی که وجود دارد تأمین می‌گردد، بر این اساس در پژوهش حاضر فرض می‌گردد که:

- زهکش‌های عمودی (چاه‌های کشاورزی) جایگزین مناسبی برای زهکش‌های زیرزمینی و سطحی بوده
- در اثر عدم تکافوی آب از شبکه، کمبود نیاز آبی محصولات کشاورزی از طریق برداشت آب زیرزمینی در مکان‌های موردنظر احداث چاه جبران شده، بدون آنکه از حد مجاز آن فراتر رود.
- با مکان‌یابی مناسب چاه‌های بهره‌برداری در شبکه امکان تأمین کمبود آب کانال‌ها از طریق تلفیق آب‌های سطحی و زیرزمینی فراهم می‌گردد. به عبارت دیگر آب زیرزمینی را می‌توان از طریق شبکه آبیاری توزیع نموده و به پای مزرعه رساند.
- مدل مفهومی تهیه شده در محیط نرم‌افزاری GMS باعث ساده‌انگاری مسائل صحرائی و درک آسان‌تر قوانین فیزیکی حاکم بر سیستم طبیعی دشت، پاسخگوی شرایط طبیعی موجود می‌باشد.
- مدل GMS در صورت عدم وجود اطلاعات کافی مانند: ضرایب هیدرودینامیکی، وضعیت سنگ کف و غیره، قادر است به خوبی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت را شبیه‌سازی نماید.
- مدل برنامه‌ریزی خطی با فراهم نمودن شرایط دستیابی به حداکثر سود با لحاظ محدودیت‌های منطقه، مدیریت ثبات سطح تراز آب زیرزمینی را فراهم می‌نمایند.

فصل دوم

پیشینه پژوهش

Archive of SID

۲- پیشینه پژوهش

۲-۱- مقدمه

روند مصرف آب برای بخش‌های مختلف به ویژه برای آبیاری محصولات کشاورزی که بخش بارز مصرف کننده آب است، باید به درستی برنامه‌ریزی شده و بر اساس درک رفتار سیستم‌های آب زیرزمینی باشد تا استفاده پایدار از آن تضمین شود. مطالعه منابع آب زیرزمینی به عنوان نیاز اولیه تمدن بشری از حساسیت ویژه‌ای برخوردار است. در این میان مطالعات مدیریتی منابع آب زیرزمینی به دلیل کمبود منابع مذکور، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از مناسب‌ترین ابزارهایی که در مدیریت بهره‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از مدلسازی آبخوان می‌باشد. در زمینه مدلسازی ریاضی آبخوان‌ها و کاربرد آن در مدیریت منابع آب تحقیقات زیادی با اهداف گوناگون انجام شده است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۰).

۲-۲- کاربرد مدل‌های ریاضی و کامپیوتری در سیستم آب زیرزمینی

در سال‌های اخیر با توسعه و پیشرفت کامپیوترها با ظرفیت، حافظه و سرعت عمل زیاد همراه با پیشرفت آنالیز و محاسبات عددی و ریاضیات کاربردی این امکان به وجود آمده است، محاسباتی که به دلیل حجم زیاد و یا ضرورت تکرار محاسبات غیرممکن بود، انجام‌پذیر گردد و بدین گونه کاربرد مدل‌های ریاضی در

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

شناخت و بررسی پدیده‌های مختلف و حل مسائل پیچیده مهندسی از جمله مسائل مربوط به جریان‌های زیرزمینی متداول و توسعه یابد. مدل ریاضی سیستم‌های آب زیرزمینی در حقیقت یک ابزار محاسباتی قوی است که امکان می‌دهد تحول کمی و کیفی یک سیستم آب زیرزمینی را تحت شرایط مختلف بهره‌برداری و تغییرات در شرایط مرزی پیش‌بینی و مورد ارزیابی قرار داد (میراب زاده و قبادی نیا، ۱۳۸۴).

به طور کلی استفاده از روش تفاضل محدود، اجزاء محدود و حجم محدود در مدل‌های کامپیوتری برای شبیه‌سازی و مطالعه آبخوان‌ها در شرایط مختلف، توسط پژوهشگران متعدد صورت گرفته است.

در چند سال اخیر با ارائه مدل Modflow و نرم‌افزار GMS پژوهشگران زیادی در سراسر دنیا به بررسی وضعیت پارامترهای مختلف سفره آب زیرزمینی و همچنین استفاده عملی از نتایج بدست آمده از مدل پرداخته‌اند. در پاره‌ای دیگر از پژوهش‌ها از مدل PMWIN که هسته اصلی آن همان نرم‌افزار Modflow است برای شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی آبخوان دشت‌های مختلف در سراسر دنیا استفاده شده است.

در ادامه به پژوهش‌هایی از این قبیل که با محوریت کاربرد این مدل‌ها به تنهایی و یا به صورت توأم برای شبیه‌سازی پارامترهای مختلف سفره آب زیرزمینی استفاده شده است، اشاره می‌گردد.

۲-۲-۱- استفاده از مدل‌های ریاضی برای بررسی پارامترهای هیدرولیکی آبخوان

پژوهش‌های مختلفی در خصوص کاربرد مدل‌های ریاضی برای شبیه‌سازی‌ها و یا آنالیز حساسیت پارامترهای مختلف هیدرولیکی آبخوان‌ها در حل مسائل آب‌های زیرزمینی در داخل و خارج کشور انجام گرفته است.

لهونی و همکاران در سال ۱۳۸۰، دو مسئله پیش رو (شبیه‌سازی) و مسئله معکوس (واسنجی مدل) را برای منطقه کرمانشاه با استفاده از PEST2000 و Modflow PMWIN برای منطقه ده پهن کرمانشاه مدل‌سازی نمودند و نتایج واسنجی مدل نشان می‌دهد در صورت داشتن داده‌هایی با کمیت و کیفیت خوب روش‌های اتوماتیک برآورد پارامتر می‌تواند جایگزین روش دستی آزمون و خطا گردد و یا واسنجی مدل توسط این روش‌ها قابلیت بکارگیری مدل سفره‌های آب زیر زمینی را افزایش دهد.

فتحیان پور و همکاران در سال ۱۳۸۵ در یک مطالعه موردی در دشت کرون با تهیه یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی مقادیر بهینه برداشت تحت الگوهای مختلف مدیریتی از سفره آبرفتی حوزه آبرگیر دشت ابتدا مدل جریان در دوره‌های پر آبی، کم آبی و میان آبی شبیه‌سازی کردند. سپس در هر حالت با توجه بارندگی اعمال شده در حوزه، چهار الگوی کنترل تراز آب، افت‌های مجاز در نظر گرفتند و با استفاده از برنامه

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

بهینه‌سازی غیرخطی به روش سیمپلکس مینیمم‌ساز مقادیر بهینه برداشت از سفره در چاه‌های بهره‌برداری را تعیین نمودند.

سالاری و اژدری مقدم در سال ۱۳۸۶، نیز خصوصیات هیدروژئولوژیکی جلگه چاه هاشم در دشت اسپکه شهرستان ایرانشهر را به کمک نرم‌افزار Visual Modflow premium 4.2 مدل‌سازی نمودند و برای شناخت خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان از لاگ‌های حفاری، آمار منابع آبی، داده‌های پیزومتر و آزمایشات پمپاژ استفاده کردند. در پژوهش آنها شرایط ماندگار در مواقعی که نوسانات سفره کم بوده و شرایط غیرماندگار در زمانی که نوسانات سفره زیاد بوده مورد واسنجی قرار گرفت. با انجام آنالیز حساسیت مشاهده شد که مدل بیشترین حساسیت را در شرایط ماندگار و غیرماندگار به ترتیب به کاهش هدایت هیدرولیکی و کاهش آبدهی ویژه نشان می‌دهد. صحت سنجی مدل نیز بیانگر نتایج قابل قبول مدل بود.

نکوآمال کرمانی و همکاران در سال ۱۳۸۶، در یک مطالعه موردی در دشت بوجیر بندرعباس با استفاده از مدل Modflow (Pmwin5.1) تغییرات سطح ایستابی در سال‌های ۸۵-۸۰ را شبیه‌سازی و برای ۱۱ حلقه چاه مشاهداتی کالیبره نمودند. پارامترهای هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره با استفاده از بسته PEST تخمین زده شد و نتایج نشان داد که با شرایط برداشت منطقه، روند افت آب زیرزمینی همچنان ادامه خواهد یافت.

از پژوهش‌های دیگر می‌توان به پژوهش محتشم و همکاران در سال ۱۳۹۰ اشاره نمود که آنها با استفاده از مدل Modflow موجود در بسته نرم‌افزاری GMS در دشت بیرجند نوسانات سطح آب زیرزمینی را پیش‌بینی نموده و در جهت برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های دراز مدت تأمین آب شرب کشاورزی و صنعت آن را مورد استفاده قرار دادند. در این مدل کلیه اطلاعات مربوط به آبخوان را وارد مدل نموده و وضعیت آینده را پیش‌بینی نمودند.

کریمی پور و رخشنده رودر سال ۱۳۹۰، آنالیز حساسیت رفتار هیدرولیکی دشت شیراز را با استفاده از مدل PMWIN بررسی نمودند. در پژوهش آنها رفتار هیدرولیکی دشت با مساحت حدود ۳۰۰ کیلومتر مربع با در نظر گرفتن زهکش‌های در حال احداث با مدل PMWIN شبیه‌سازی گردید. نتایج حاصل از بررسی آنها نشان داد که مدل اولاً نسبت به میزان تغذیه و ثانیاً نسبت به هدایت هیدرولیکی حساس است، به طوری که تغییر کوچکی در این دو پارامتر می‌تواند تغییر فاحشی در توزیع بار هیدرولیکی در دشت ایجاد نماید. همچنین نتایج حاکی از آن بود که ضریب آبدهی ویژه آبخوان نیز در دامنه نوسانات فصلی سطح آب

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

زیرزمینی تأثیر زیادی می‌گذارد اما تأثیر ضریب رسانایی زهکش فقط محدود به ناحیه شعاع تأثیر زهکش می‌شود و مدل تأثیر محسوسی ندارد.

روح الهی و همکاران در سال ۱۳۹۰، نیز جریان آب زیرزمینی دشت شاهرود را با استفاده از GMS6.0 برای یک دوره یکساله ۸۶-۸۵ شبیه‌سازی نمودند. همچنین هدایت هیدرولیکی را در شرایط پایدار به کمک شبیه‌سازی تصحیح نمودند، به طوری که با ثابت در نظر گرفتن پارامترهای بهینه شده در حالت پایدار، سایر پارامترها (ضرایب هیدرودینامیک) که با بررسی لاگ چاه‌ها به دست آمده بود در شرایط ناپایدار بهینه گردید.

محتشم، ۱۳۹۰. به پیش‌بینی سطح ایستابی در آبخوان بیرجند با به کارگیری نرم افزار GMS پرداختند که با توجه به آن سطح ایستابی در سه گزینه ترسالی، نرم (آذری، ۱۳۹۲) و خشکسالی پیش‌بینی شد. بر اساس آن سطح آب به دلیل برداشت بی‌رویه از آبخوان چه در سال‌های ترسالی و چه در سال‌های خشکسالی همواره با افت مواجه می‌باشد. فقط پیزومترهای خروجی دشت به دلیل بالا بودن همیشگی سطح آب روند یکنواختی را نشان می‌دهد. (محتشم، ۱۳۹۰)

محمدی و همکاران در سال ۱۳۹۱، در پژوهشی جریان آب زیرزمینی در آبخوان میامی جنوبی را با استفاده از کد مادفلو در قالب نرم‌افزار GMS شبیه‌سازی نمودند. آنها ابتدا بر اساس نتایج حاصل از آزمون پمپاژ، لاگ زمین‌شناسی چاه‌های مشاهده‌ای، هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای و سونداژهای ژئوالکتریک، ارزیابی هیدروژئولوژیکی در دشت را انجام داده و با ترسیم هیدروگراف واحد دشت میامی جنوبی بر اساس ۱۲ حلقه چاه مشاهده‌ای، اسفند ۱۳۸۸ را با داشتن نوسانات کم سطح آب، به عنوان دوره پایدار انتخاب کردند. سپس با در نظر گرفتن مدل مفهومی آبخوان و تهیه کلیه فایل‌های ورودی، کالیبراسیون مدل عددی GMS برای شرایط پایدار به منظور بهینه نمودن مقادیر پارامتر K و جریان ورودی از مرزها، را انجام داده و در ادامه کالیبراسیون مدل برای شرایط ناپایدار، ابتدا مقادیر پارامتر Sy بهینه و سپس پارامتر نفوذ (تغذیه ناشی از بارندگی و آب برگشتی) را کالیبره نمودند. در نتیجه، کالیبراسیون مدل به مدت یک سال (فروردین ۱۳۸۹ تا اسفند ۱۳۸۹) و صحت‌سنجی آن به مدت یک سال پس از آن صورت گرفت. بر اساس نتایج کالیبراسیون، میزان خروجی سالانه نسبت به ورودی آن بیشتر می‌باشد که سیر نزولی هیدروگراف واحد دشت، این مطلب را تأیید می‌کند. متوسط مقادیر کالیبره شده هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره آبخوان به ترتیب ۸/۵ متر بر روز و ۰/۰۶۴ به دست آمده است. در پایان مدل صحت‌سنجی شده جهت پیش‌بینی وضعیت آبخوان در آینده را در قالب سه سناریوی مختلف مورد استفاده قرار دادند. در سناریوی اول با اعمال تنش

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

خشکسالی (کاهش بارندگی به میزان ۵۰ درصد)، سطح آب در پیژومترها به مقدار قابل توجهی افت نمود. در سناریوی دوم با اعمال تنش ترسالی (افزایش بارندگی به میزان ۵۰ درصد)، بالا آمدن سطح آب در پیژومترها مشاهده گردید. در سناریوی سوم با اصلاح دبی چاه‌های بهره‌برداری ملاحظه گردید، افت سطح آب به مقدار زیادی جبران می‌گردد. البته این تغییرات سطح آب در بخش‌های مختلف منطقه متفاوت بوده است.

آذری، ۱۳۹۲. به شبیه‌سازی برهم کنش آب سطحی و زیرزمینی دشت دز پرداخت، به طوری که هدف بهینه‌سازی میزان برداشت ماهیانه از آبهای سطحی و زیرزمینی جهت تأمین مصارف موجود در دوره برنامه‌ریزی بود. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در قسمتهای شمال تا میانه دشت، رودخانه‌های دز و کرخه بیشتر باعث تغذیه آبخوان شده و در قسمتهای میانه دشت به پایین (مانند سایر رودخانه‌های دشت دز) بیشتر نقش زهکش را به عهده دارند. به علت تراکم زیاد چاه‌ها و عدم بهره‌برداری از آب سطحی، بیشترین افت سطح آب مربوط به دشت لور و کمترین افت مربوط به قسمتهای جنوبی دشت دز محاسبه شد (آذری، ۱۳۹۲).

مازاده و همکاران در سال ۱۳۹۲، مدل کمی آب زیرزمینی آبخانه دشت قوچان را با استفاده از مدل GMS تهیه نمودند، بدین منظور آنها مدل مفهومی مناسب آبخوان را تدوین و سپس شبیه‌سازی آبخوان دشت را برای حالت ماندگار با استفاده از مدل GMS انجام دادند. با توجه به تعداد چاه‌های مشاهداتی در دشت و کشیدگی آبخانه و نبود اطلاعات کافی نظیر ضرایب هیدرو دینامیکی، وضعیت سنگ کف و غیره، با این وجود نتایج مدل‌سازی نشان داد مدل به خوبی توانسته است تغییرات سطح آب زیرزمینی را شبیه‌سازی کند. تصحیح سنگ کف، ضرایب آب برگشتی از چاه‌ها میزان تغذیه آبخانه، میزان هدایت هیدرولیکی از نتایج مدل‌سازی آبخانه می‌باشند. همچنین بررسی آنالیز حساسیت نشان داد که مدل نسبت به هدایت هیدرولیکی و سپس سنگ کف حساسیت بیشتری دارد.

زارع در سال ۱۳۹۳، هم‌تأثیر شبکه آبیاری و زهکشی را بر افزایش سطح آب‌های زیرزمینی دشت میاندریند با استفاده از مدل GMS6.5 شبیه‌سازی و بررسی نمود. ضمناً تغییرات آب زیرزمینی را پس از یک، پنج و ۱۰ سال پیش‌بینی نمود. نتایج این پیش‌بینی، افزایش سطح آب‌های زیرزمینی $1/8$ متر پس از یکسال و $3/2$ و $5/2$ متر پس از پنج و ده سال را نشان داد به طوری که $6/59$ درصد از دشت پس از یکسال و $37/91$ و $56/28$ درصد از دشت پس از پنج و ده سال زه‌دار خواهد شد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

در خصوص تأثیر رسانایی زهکش پژوهش مشابهی توسط افلاطونی و همکاران در سال ۱۳۹۳، در دشت قزوین انجام گرفت. در طرح زهکشی شوره‌زار قزوین، برای کاهش سطح ایستابی و جلوگیری از پیش‌روی شوری، زهکش حایلی همراه سازه‌های آبی و ۹۹ چاهک مشاهده‌ای در جهت عمود بر زهکش در ۹ راستا احداث شد. این پژوهشگران برای بررسی رفتار هیدرولیکی آبخوان و اثر زهکش حایل از مدل PMWIN در حالت ناپایدار با گام‌های زمانی ماهیانه استفاده نمودند. نتایج بررسی آنها نشان داد مدل به ترتیب نسبت به ضریب آبگذری، تغذیه و آبدهی ویژه بیشترین حساسیت را دارد و تأثیر رسانایی هیدرولیکی زهکش بیشتر در محدوده چاه‌های مشاهده‌ای مجاور کانال در شعاع تأثیر زهکش است و در کل مدل تأثیر محسوسی ندارد.

منابع خارجی

رسیو و همکاران در سال ۲۰۰۵، جهت بررسی مدیریت منابع آب زیرزمینی در حوضه منچای اسپانیا از مدل سه بعدی آب زیرزمینی MODFLOW به روش تفاضل محدود استفاده نمودند، نتایج نشان داد مدل قادر است سایر مناطق را بدون تغییرات، برنامه‌ریزی و پارامترهای جدیدی را به طور معنی‌داری به پایگاه داده معرفی نماید.

وانگ و همکاران در سال ۲۰۰۸، با استفاده از تلفیق MODFLOW برنامه MAPGIS وضعیت آبخوان دشتی در شمال چین را مورد بررسی قرار داده و لایه‌های ورودی به مدل را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی بررسی نمودند. نتایج نشان دادند وضعیت منابع آب زیرزمینی این دشت در اثر برداشت بی‌رویه در شرایط بحرانی است.

Pisinaras و همکاران، ۲۰۰۷ اقدام به شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی برای مدیریت بهینه سیستم آبخوان ایسماریدا در شمال غربی یونان کردند. نتایج نشان داد که اگر پمپاژ آب در یک دوره ۲۰ ساله ادامه پیدا کند سطح آب در قسمت شمالی و شرقی و مرکزی آبخوان پائین می‌افتد. هم‌چنین با کاهش ۳۳ درصدی آبیاری و کاهش پمپاژ در نواحی شمالی و شرقی آبخوان می‌توان شرایط جریان را برای ۲۰ سال آینده متعادل نگاه داشت. از طرفی سناریوها نشان داد تخلیه آبخوان به رودخانه مجاور پس از یک دوره ۲۰ ساله بسیار کم است. به طور کلی مدل‌سازی با مدل عددی Modflow مشخص نمود ورودی های منطقه کمتر از خروجی ها بوده (بیلان منفی) و بایستی تمهیدات خاص اتخاذ گردد. (Pisinaras, Patalas, Tsihrantzis, & Zagana, 2007)

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

مولینا و همکاران، ۲۰۱۰ در مطالعه خود در جنوب شرقی اسپانیا از شبکه بیزن مرتب شده به منظور مدیریت جامع منابع آب و به عنوان سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری استفاده نمودند که در نهایت به تولید OOBN منجر شد. نتایج نشان داد که در شرایط فعلی بیلان آبی در چهار آبخوان منفی است و حتی با استفاده از ملاحظات منطقی نیز ممکن نیست که آبخوان به حالت طبیعی برگردد و یا در مدت کوتاهی حتی به سطح آبی ترازهای فعلی روزانه برگردد.

بررسی پژوهش‌های یاد شده نشان می‌دهد که محوریت بسیاری از آنها بررسی شبیه‌سازی و وضعیت نوسان سفره آب زیرزمینی و یا به عبارتی عمق سطح ایستابی در شرایط مختلف بوده است. چراکه عمق سطح ایستابی به عنوان یک مؤلفه مهم برای تأمین نیاز آبیاری و همچنین احداث زهکش مطرح است.

مارک ایدانا و همکاران، ۲۰۱۳ هدایت هیدرولیکی و الگوی جریان آب زیرزمینی را با مدل جریان آب زیرزمینی (MODFLOW در حالت ماندگار) در منطقه‌ی جنوب شرق غنا در Keta Strip بررسی کردند. در این تحقیق مقدار هدایت هیدرولیکی آبخوان باز تحکیم نیافته در حدود ۲ تا ۲۰ متر در روز با متوسط ۱۵ متر در روز برآورد شد. الگوی تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی افقی و عمودی نشان داد، این تغییرات به خاطر نوع مواد آبخوان است. مدل کالیبره شده‌ی تغذیه‌ی آب زیرزمینی نشان داد که حدود ۶/۹ تا ۳۴ درصد از بارندگی سالانه، آبخوان‌های کم عمق را تغذیه می‌کند و ظرفیت منابع آب زیرزمینی را در تأمین آب فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی منطقه افزایش می‌دهد. بر اساس نتایج مدل جریان آب زیرزمینی، الگوی کلی جریان شمال شرق به جنوب غرب بود (Chegbeleh, 2013 & Yidana)

لیو و همکاران، ۲۰۱۳ به جهت بررسی تأثیر لایه بندی آبخوان بر ضخامت ناحیه‌ی تداخل آبشور و شیرین (در آبخوان ساحلی حالت ماندگار) علاوه بر شبیه‌سازی عددی با مدلی ترکیبی از MODFLOW و SEAWAT2000 و MT3DMS یک سری آزمایش در یک تانک مملو از سه لایه ماسه‌ی ساحلی با متغیر در نظر گرفتن شکل لایه‌ها انجام دادند. مقایسات نشان داد، ضخامت ناحیه‌ی تداخل در یک لایه با نفوذپذیری زیاد، زمانی که این لایه روی یک لایه با نفوذپذیری نسبتاً کم قرار دارد، به علت اینکه تجزیه‌ی خطوط جریان در فصل مشترک دولایه، ناحیه‌ی تداخل را تحت فشار قرار می‌دهد، کمی محدود می‌شود. نتایج ثابت کرد اثر لایه بندی آبخوان بر جریان کنترل شده‌ی آب زیرزمینی و انتقال املاح در نواحی زیرسطحی آبخوان‌های ساحلی حائز اهمیت می‌باشد (Lu, C, Zhang, C, & Luo, 2013)

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GIS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۲-۲-۲- استفاده از مدل‌ها برای مکان‌یابی محل حفر چاه

در بسیاری از پژوهش‌های از سامانه اطلاعات مکانی به تنهایی و یا در ترکیب با نرم‌افزارهای شبیه‌سازی آب زیرزمینی به مکان‌یابی مناطق مناسب برای احداث چاه مبادرت نمودند.

تعقل و همکاران در سال ۱۳۹۳، مکان‌یابی محل حفر چاه آب با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط GIS و یافتن مناسب‌ترین مکان جهت حفر چاه آب را در دشت سمنان مورد بررسی قرار دادند. آنها ابتدا، عوامل مؤثر در مکان‌یابی چاه آب را مشخص و لایه‌های اطلاعاتی را در محیط ArcGIS وارد نموده و سپس وزن‌دهی به معیارها را با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی انجام دادند. با اضافه کردن وزن‌های به دست آمده به لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS، تحلیل مکان‌یابی را انجام داده و از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و وزن‌های به دست آمده، نقشه مکان‌یابی را تهیه نمودند. بر اساس نتایج به دست آمده، در روش تحلیل سلسله مراتبی، ۸ جهت حفر چاه کاملاً مناسب تشخیص داده شدند.

گاناپورام و همکاران در سال ۲۰۰۹، در ایالت آندو راپرادش در هند انجام شد، به بررسی و تعیین مناطق دارای پتانسیل مناسب استحصال آب زیرزمینی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شد.

در پژوهش حاضر مکان‌یابی مناسب حفر چاه‌ها و میزان بهینه دبی قابل بهره‌برداری از آبخوان و دبی‌های تلفیقی سطحی و زیرزمینی در کانال‌ها با در نظر گرفتن کیفیت آب‌ها و وضعیت زیست محیطی منطقه تعیین می‌گردد.

۲-۲-۳- استفاده از مدل برای تخصیص بهینه منابع آب سطحی و زیرزمینی

مدل‌سازی عددی جریان آب زیرزمینی به یک ابزار ارزشمند برای مدیریت صحیح سیستم‌های آب زیرزمینی تبدیل شده است (Sedki و Ouazar، ۲۰۱۱؛ Manghi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Dong و همکاران، ۲۰۱۲؛ Xu و همکاران، ۲۰۱۲). بخصوص برای ارزیابی تأثیر فعالیت‌های موجود و آینده در منابع آب‌های زیرزمینی بسیار کاربرد دارد (Huang و همکاران، ۲۰۰۸). مدل‌سازی رفتار آب زیرزمینی جهت پیش‌بینی سطح ایستابی یا بهینه‌سازی منابع آب زیرزمینی سیستم آبخوان توسط پژوهشگران مختلفی انجام شده است. باریکانی و خلیلیان در سال ۱۳۹۰، با در نظر گرفتن منابع آب سطحی و زیرزمینی اقدام به بهینه‌سازی و مدیریت پویای منابع آب در دشت قزوین نمودند و با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی ریاضی چند دوره‌ای الگوی کشت مناسب را برای یک دوره ۱۰ ساله با در نظر گرفتن طول دوره رشد و نیاز آبی محصولات زراعی و حجم آب زیرزمینی قابل استحصال پیشنهاد نمودند.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

محمدی و همکاران (۱۳۹۱) تعیین الگوی کشت بهینه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی چند هدفه غیرخطی فازی را در یک مطالعه موردی در شهرستان مرودشت استان فارس مورد پژوهش قرار دادند. نتایج نشان داد که الگوی چند هدفه نسبت به الگوی جاری و حتی الگوهای تک هدفه با انجام مصالحه بین آرمان‌های چندگانه برتری دارد و اجرای این الگو علاوه بر کاهش مصرف آب و کود شیمیایی، افزایش بازده برنامه‌ای و کاهش ریسک را نیز دربر دارد.

علیزاده و همکاران در سال ۱۳۹۴، در تحقیقی تحت عنوان " تدوین مدل تخصیص بهینه منابع آب زیرزمینی با لحاظ تعاملات ذینفعان: کاربرد مدل‌های چانه‌زنی بازگشتی " با استفاده از تلفیق مدل‌های شبیه‌ساز - بهینه‌سازی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و مدل‌های چانه‌زنی بازگشتی، ضمن توجه به مطلوبیت‌های طرف‌های درگیر و معیارهای اجتماعی از جمله عدالت، بهترین سیاست‌های تخصیص را تعیین نمودند. برای تعیین منحنی تعامل بین اهداف متضاد، مدل بهینه‌ساز چند هدفه NSGA-II با فرامدل شبیه‌ساز M5P که با سری اطلاعات ورودی-خروجی حاصله از اجرای مکرر مدل MODFLOW آموزش و صحت‌سنجی شده، تلفیق گردید. از روش مونتکارلو برای تولید پایگاه داده جهت آموزش و صحت‌سنجی فرامدل به ازای مقادیر مختلف پمپاژ استفاده شد. به دلیل ماهیت چند هدفه بودن مسأله حاضر، مدل‌های چانه‌زنی بازگشتی را برای انتخاب نقطه مورد توافق روی منحنی تعامل بین اهداف به کار بردند. کارآیی ساختار پیشنهادی را با استفاده از اطلاعات آبخوان دشت داری اندر استان فارس، مورد ارزیابی قرار دادند و نتایج حاصله نشان داد اعمال سیاست بهینه تخصیص حاصل از مدل چانه‌زنی بازگشتی با هم‌آرایی موجب کاهش ۵۴ درصدی برداشت از آبخوان و افزایش ۴/۲ متری سطح تراز آبخوان می‌شود.

Mahdimoradi و همکاران در سال ۲۰۰۷، مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی را به منظور تخصیص بهینه آب آبیاری در الگوی چند محصوله مورد پژوهش قرار داده و کاربرد آن را توصیه نمودند.

Wang و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از تلفیق مدل MODFLOW تحت MAPGIS و برنامه سامانه اطلاعات جغرافیایی، وضعیت آبخوان دشتی واقع در شمال چین را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت ایجاد لایه‌های ورودی مدل استفاده گردیده و در بیان آب زیرزمینی دشت مذکور برای بازه زمانی یکساله ۲۰۰۳-۲۰۰۲ تهیه نمودند. نتایج این پژوهش بیانگر بیلان منفی و وضعیت بحرانی منابع آب زیرزمینی این دشت می‌باشد و عامل این وضعیت نابسامان را بهره‌برداری بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی معرفی نمودند.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

Hassan-Esfahani و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی تخصیص بهینه آب آبیاری با استفاده از دیدگاه بیلان آب پرداخته و یک دیدگاه مدل‌سازی را معرفی نمودند که با کاهش ۲۰ درصدی در کمیت آب مورد استفاده تغییری در میزان سود حاصل ایجاد نخواهد شد

Bozorg Haddad و همکاران (۲۰۱۶) یک روش بهینه‌سازی احتمالاتی را برای برآورد تمایل کشاورزان به پرداخت هزینه آب برای جلوگیری از کمبود آب ارائه نموده و بیان داشته‌اند که افزایش قابلیت اطمینان آب آبیاری؛ هزینه‌های ذخیره‌سازی و قیمت آبی که کشاورزان باید پرداخت نمایند را افزایش می‌دهد و ارزیابی تمایل کشاورزان به پرداخت هزینه آب، کلید تعیین قابلیت اطمینان از آب آبیاری قابل دسترس است. نتایج نشان داد در شرایط عدم کمبود آب، هزینه پایین آب هیچ اثری بر استفاده از آب ندارد. در شرایط کمبود آب، کشاورزان به منظور کاهش مصرف آب و هزینه آن، از سیستم‌های آبیاری با راندمان بالا استفاده می‌نمایند و الگوی کشت موجود را به الگوی کشت محصولات با نیاز آبی پایین‌تر تغییر می‌دهند.

۲-۲-۴- استفاده از مدل‌ها در مدیریت تلفیقی آب سطحی و زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی نسبت به آب‌های سطحی منبعی قابل دسترس و مطمئن آبیاری ارضی کشاورزی هستند. استفاده از منابع آب زیرزمینی بدون توجه به منابع آب سطحی و درک روابط متقابل این منابع بر یکدیگر موجب ایجاد خسارت‌های زیست محیطی و فشار بر منابع آب و خاک موجود خواهد شد. در زمینه تلفیق آب‌های سطحی و زیرزمینی مطالعات مختلفی انجام شده است و این نگرش به عنوان یک اولویت وجود داشته است.

شهسواری و خدائی در سال ۱۳۸۴، مدل جریان آب زیرزمینی آبخوان دشت بهبهان را به روش مفهومی تهیه کرده و چگونگی وضعیت تبادل آب‌های سطحی و زیرزمینی را تعیین نمودند. Vedula و همکاران در سال ۲۰۰۴، از برنامه‌ریزی خطی برای رسیدن به سیاست استفاده بهینه برداشت تلفیقی منابع آب با توجه به محصولات گوناگون استفاده کردند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که این مدل کارآیی بالایی دارد.

رحیمی جمنایی و جهرمی در سال ۱۳۷۹، مدل OPDM را در اراضی شبکه آبیاری و زهکشی توسعه اراضی شهید چمران در خوزستان به کار برده و مورد ارزیابی قرار دادند این مدل با در نظر گرفتن کمیت و کیفیت آب آبیاری و استفاده از آب زهکش‌ها برای مواردی که شبکه دچار کم آبی می‌شود قادر است

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

شبیه‌سازی را انجام داده و تولید و عوامل مؤثر بر راندمان تولید را پیش‌بینی کند. نتایج حاصله از این ارزیابی نشان می‌دهد. که با بهره‌گیری از مدل، مدیران شبکه‌های آبیاری قادرند در هر لحظه عملکرد محصولات تحت کشت شبکه را با مقادیر آب در دسترس و کیفیت آن مورد ارزیابی قرار داده و اولویت مصرف آب در شبکه‌ها را به طور دقیق مشخص کنند.

کریمی و همکاران در سال ۱۳۹۱، با استفاده از مدل عددی MODFLOWPMWIN5.3 به بررسی تأثیر آب‌های سطحی بر سطح آب زیرزمینی ماهیدشت در استان کرمانشاه پرداخته و دریافته‌اند که سطح آب زیرزمینی در پیرومترهای نزدیک به رودخانه در حالت تغذیه از بستر رودخانه افزایش بیشتری نسبت به پیرومترهای دورتر داشته و حجم آبخوان نیز افزایش یافته است و باتوجه به این نتیجه، با استفاده از آب‌های سطحی به عنوان منبع تغذیه‌کننده آبخوان، در فصول سرد سال که برای کشاورزی استفاده نمی‌شوند، می‌توان سطح آب زیرزمینی و حجم آبخوان را افزایش داد و آن را تا حدودی احیا نمود.

آذری و همکاران در سال ۱۳۹۲، با هدف شبیه‌سازی برهم کنش آب سطحی و زیرزمینی با استفاده از اتصال دینامیکی بین منابع آب سطحی و زیرزمینی در دشت دز (شامل: دشت‌های لور، دیمچه، دز غربی، دز شرقی و سیلی)، در گام‌های زمانی ماهانه مقادیر برداشت، نفوذ، تراز رودخانه، رواناب را از مدل ویپ وارد مدل مادفلو نموده تا مقادیر تراز آب زیرزمینی و جریان بین آبخوان‌ها محاسبه و به مدل ویپ برگردد و این روند را تا پایان دوره شبیه‌سازی ادامه دادند. نتایج آنان نشان داد در قسمت شمالی تا میانه دشت، رودخانه‌های دز و کرخه بیشتر باعث تغذیه آبخوان شده و در قسمت‌های میانه دشت به پایین (مانند سایر رودخانه‌های دشت دز) بیشتر نقش زهکش به عهده دارند. به علت تراکم زیاد چاه‌ها و عدم بهره‌برداری از آب سطحی بیشترین افت سطح آب مربوط به دشت لور و کمترین افت مربوط به قسمت‌های جنوبی دشت محاسبه شد. همچنین نتایج نشان داد در دشت دز در مناطقی که از هر دو منبع تأمین آب استفاده می‌شود، بیش از ۸۰ درصد از نیازها توسط آب سطحی و کمتر از ۲۰ درصد توسط آب زیرزمینی تأمین می‌شود.

قربانی سرهنگی و همکاران، ۱۳۹۲، به منظور تعیین مقادیر برداشت تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی البرز، ابتدا آب زیرزمینی منطقه را با استفاده از مدل PMWIN شبیه‌سازی نموده و نتایج حاصل از آن را در تدوین مدل بهره‌برداری تلفیقی با مدل WEAP مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان داد از ۲۴۴ میلیون مترمکعب نیاز آبی منطقه، تنها ۱/۵ درصد آن به صورت کمبود ظاهر شده است، همچنین بیش از ۶۰ درصد نیاز منطقه از طریق آب سطحی و ۳۵ درصد آن از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جان پرور و همکاران در سال ۱۳۹۳، مدیریت بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب دشت چمچمال و راهکارهای مختلف بهره‌برداری تلفیقی را با استفاده از مدل آب زیرزمینی دشت مورد بررسی قرار دادند. آنها در این راستا با استفاده از مدل، ابتدا نواحی از آبخوان که سطح آب زیرزمینی در آنها تحت شرایط هیدرولوژیکی مختلف، بالا می‌آید را مشخص نموده و سپس الگوی مناسب توزیع چاه‌های برداشت را با هدف بهره‌برداری در شبکه آبیاری و کنترل سطح آب زیرزمینی تحت شرایط هیدرولوژیکی خشک، نرمال و مرطوب تعیین کردند. نتایج نشان داد که با برداشت آب زیرزمینی به وسیله چاه‌های طراحی شده، سطح آب زیرزمینی در عمقی بیشتر از ۴ متر حفظ شده و از زه‌دار شدن اراضی جلوگیری می‌شود.

۲-۲-۵- مدیریت تلفیقی آب سطحی و زیرزمینی به کمک تغذیه آبخوان

در پژوهش رضایی و همکاران در سال ۱۳۹۰، جریان آب زیرزمینی دشت حصاروئیه واقع در غرب زاهدان، به کمک مدل ریاضی آب‌های زیرزمینی با استفاده از GIS و انترفاز GMS به روش مدل مفهومی شبیه‌سازی شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، ساخت پایگاه اطلاعاتی و تلفیق اطلاعات، مدل مفهومی آبخوان در محیط GMS توسط این پژوهشگران تهیه گردید. تهیه مدل ریاضی دشت حصاروئیه با هدف پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان و بررسی اثرات تغذیه مصنوعی بر آبخوان در گزینه‌های مختلف مدیریتی انجام شد. در پژوهش آنها با توجه به اجرای سد تغذیه‌ای گلک در منطقه، امکان تأمین آب تغذیه مصنوعی از این سد م نظر قرار گرفته است. پس از مدل‌سازی ریاضی آبخوان، واسنجی مدل در شرایط پایدار و ناپایدار و صحت‌سنجی مدل برای یک دوره یکساله، پیش‌بینی سطح آب سفره آبدار برای ۴ سال آبی آینده (مهر ۱۳۸۷ تا مهر ۱۳۹۱) انجام شد و با تعریف سناریوهای مختلف، مکان مناسب اجرای طرح تغذیه مصنوعی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بهترین مکان برای تزریق آب ذخیره شده پشت سد به سفره آبدار، گزینه شماره ۳ در فاصله حدود سه کیلومتری پائین دست محور سد مشخص می‌باشد و همچنین مناسب‌ترین زمان برای تزریق آب به حوضچه‌ها ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین است.

انتظاری و غلامی در سال ۱۳۹۳، به منظور تعیین و معرفی بهترین پهنه‌های آب، جهت بهره‌برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی در حوضه آبخیز رومشگان، با استفاده از تکنیک GIS، ۷ عامل مؤثر در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی شامل: شیب، سنگ‌شناسی، گسل، بارش، آبراهه، کاربری اراضی و ارتفاع را مورد بررسی قرار داده و نقشه‌های پتانسیل تغذیه آب‌های زیرزمینی را تهیه نمودند. نتایج حاکی از این بود که، در این حوضه در مناطق شرقی و غربی منطقه از پتانسیل بالاتری جهت تغذیه مصنوعی برخوردار بوده و قسمت‌های مرکزی

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

حوضه کمترین پتانسیل را دارند. مساعد بودن شرایط سنگ‌شناسی (آهک و کنگلومرا)، شیب (صفر تا ۲۰ درصد) و بارش (۴۵۰ تا ۶۵۰ میلیمتر) بیش از همه در مناسب بودن مناطق غربی و شرقی حوضه جهت استفاده از روش‌های تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی دخیل بوده است. بدیهی است دخالت دادن پارامترهای مؤثر بیشتر بر دقت خروجی‌های به دست آمده تأثیر دارد. این موضوع همواره مورد توجه پژوهشگران بوده که با اندازه‌گیری و یا تخمین پارامترها و ضرایب مهم هیدرودینامیکی سفره‌ها بر دقت انجام مطالعات بیفزایند.

جلیلی و همکاران (۱۳۹۳) به اولویت‌بندی کانال‌های زهکشی دشت سراب نیلوفر برای تغذیه آبخوان آن پرداخته و تغییرات حجم مخزن آن را منفی و برابر $28/97$ - میلیون متر مکعب گزارش نموده‌اند. همچنین بیان داشته‌اند که تنها $30/1$ درصد از اضافه برداشت از آبخوان آزاد این دشت قابل جبران است و تغییرات مخزن به عددی برابر $20/24$ - میلیون متر مکعب کاهش پیدا خواهد نمود. ایشان افت $1/75$ متر در سال و افت بیش از 35 متری سطح آبخوان در طی 20 سال را نشان مدیریت ناپایدار و نامناسب بر منابع تولید دشت و افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری دانسته‌اند.

در حوضه آبریز لانگات در مالزی، می و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر پمپاژ بیش از حد و تغذیه مصنوعی را برای این منطقه بررسی نمودند. آنها در شبیه‌سازی مدل سه بعدی از نرم‌افزار GMS در دو سناریو تغذیه مصنوعی با پمپاژ و بدون پمپاژ استفاده کردند. نتایج شبیه‌سازی آنها نشان داد سناریوی اول یعنی بدون پمپاژ نقش مهمی در تغذیه آبخوان و رودخانه دارد و در سناریو دوم یعنی پمپاژ، باعث افت شدید در اطراف چاه، رودخانه و مخزن خواهد شد.

نگاهی به پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که نتایج ارزنده بسیاری از آنها لازم است بصورت گسترده در یک چارچوب منسجم و کاربردی ارائه شود. در پژوهش حاضر نیز با هدف انجام یک پژوهش جامع و کاربردی با استفاده از نرم‌افزارهای پیشرفته مقرر است موضوع استفاده تلفیقی از آب سطحی تأمین شده از شبکه آبیاری و زهکشی به همراه مصرف آب از چاه‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

Archive of SID

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- مقدمه

در این پژوهش به منظور ساده انگاری مسائل صحرائی و درک آسانتر قوانین فیزیکی حاکم بر سیستم طبیعی مدل مفهومی تهیه می‌گردد. به دلیل اینکه برپایی کامل سیستم صحرائی بسیار دشوارتر و اغلب غیرممکن است ساده کردن مسائل در تهیه مدل مفهومی ضروری می‌باشد.

به منظور تهیه مدل مفهومی دشت در نرم‌افزار GMS، گزارشات مختلف هیدروژئولوژی، هیدرولوژی، لوگ‌های زمین شناسی چاه‌های اکتشافی مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از اطلاعات چاه‌های مشاهداتی، تخلیه، نفوذ از بارش و محاسبه بیلان محدوده مورد مطالعه نمای کلی سیستم بدست می‌آید.

همچنین با انجام مطالعات پایه و با استفاده از نرم‌افزارهای پیشرفته موجود (GMS یا PMWIN Modflow) شبیه‌سازی آب‌های زیرزمینی انجام شده و با بررسی مطالعات هیدروژئولوژی و ژئوهیدرولوژی، وضعیت سطح و حجم سفره آب زیرزمینی منطقه تعیین و مکان‌های مناسب برداشت و یا حفر چاه پیش‌بینی و با حفظ تعادل سطح ایستابی مقدار بهینه برداشت از سفره تعیین می‌شود. با برداشت این میزان آب و افزودن آن به آب‌های سطحی با در نظر گرفتن کیفیت آب موجود، برنامه‌ریزی مناسب جهت مصرف بهینه آب در شبکه با استفاده از مدل‌های موجود (OPDM) جهت استفاده همزمان و تلفیقی از آب‌های سطحی و زیرزمینی صورت می‌پذیرد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۱-۱- جمع‌آوری اطلاعات پایه و انجام مطالعات کتابخانه‌ای

پس از تهیه کلیه اطلاعات و نقشه‌های موجود و گزارش‌ها، مطالعات جامعی در ارتباط با گزینه‌های مختلف روش‌های مطالعاتی انجام گرفته شد و منابع آب و خاک و کشاورزی و منابع انسانی منطقه مورد مطالعه و شناسایی قرار گرفتند. در طی این بررسی‌ها معایب و مزایای گزینه‌های مختلف مورد کنکاش قرار گرفته و با دید کارشناسی و تجارب و سوابق پژوهش‌ها در این خصوص، عوامل مؤثر بر قبول یا رد گزینه‌های مختلف از لحاظ منابع آب و خاک و کشاورزی و سایر عوامل شناسایی شدند.

در مطالعات مکان‌یابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی شناخت ابتدایی محدوده طرح و نزدیکترین آبادی‌ها و راه‌های دسترسی به این منطقه از مقدمات کار بود، لذا برای این کار با استفاده از نرم‌افزار GIS محدوده طرح و آبادی‌های موجود در آن مشخص و راه‌های دسترسی به آنها استخراج گردید.

در کنار این شناسایی‌های اولیه، بررسی‌های لازم بر شناسایی مرزهای سیستم آبی برای ورودی‌های مدل GIS از اولویت‌های مهم این قسمت از مطالعات بود که در این راستا اطلاعات پایه مربوط به نقشه کاربری اراضی تهیه و با استفاده از نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، در محیط نرم‌افزار ArcGIS مختصات UTM چاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، اراضی زراعی و باغی و نقاط مصرف از منابع آب سطحی و زیرزمینی نیز تهیه گردید.

پس از انجام بررسی‌های اولیه از محدوده طرح، در نهایت به جمع‌بندی این بررسی‌ها اقدام نموده و داده‌ها و اطلاعات اولیه جمع‌آوری شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

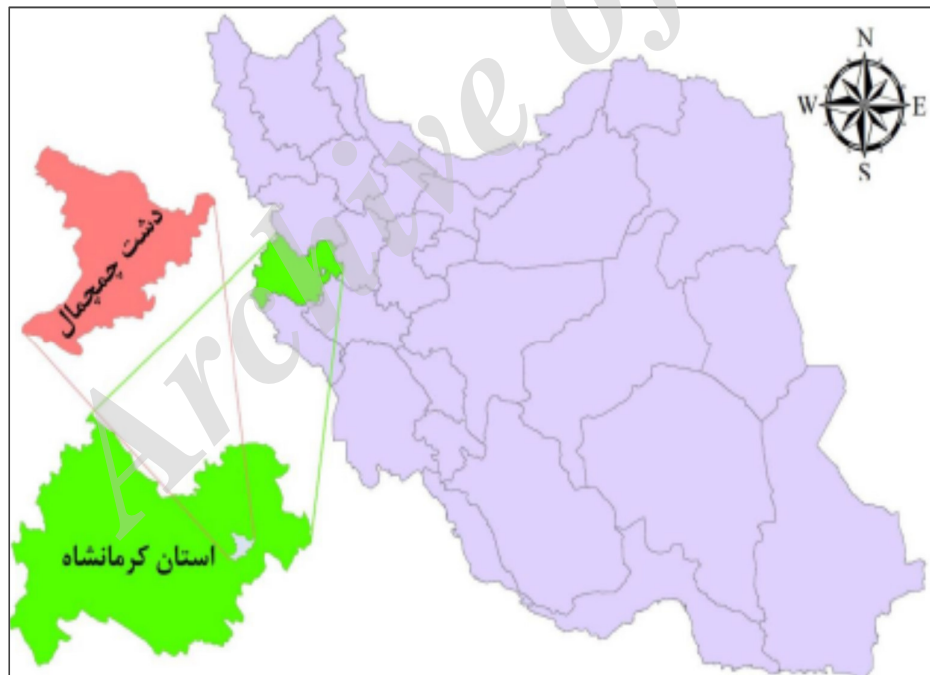
۳-۲- مواد

با توجه به اینکه این تحقیق جزء تحقیقات کاربردی و مواد مورد استفاده در طرح نیز داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز مدل و مطالعات پیشین می‌باشد، بنابراین با بررسی و تحلیل داده‌ها و اطلاعات موجود و برداشت‌های میدانی مواد مورد نیاز اجرای مدل جهت دستیابی به اهداف مورد نظر از موارد ذیل به دست می‌آیند.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۲-۱- موقعیت جغرافیایی

دشت چمچمال با وسعت ۱۹۵/۴۶ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی $34^{\circ} 19'$ تا $34^{\circ} 33'$ درجه عرض شمالی $47^{\circ} 22'$ تا $47^{\circ} 41'$ طول شرقی واقع در استان کرمانشاه می‌باشد. رودخانه گاماسیاب با جهت شرقی-غربی و رودخانه دینور با جهت شمالی-جنوبی در این دشت جریان داشته و در نزدیکی شهرستان بیستون این دو رودخانه به هم می‌پیوندند. مرزهای منطقه از سمت شمال شرق و غرب به دیواره‌های کارستی منتهی می‌شوند که دارای درزها و گسل‌های فراوان می‌باشند. سنگ بستر منطقه نیز از نوع کارستی بوده و دارای گسل و ناهمواری‌های فراوان می‌باشد. همچنین دو گسل عمیق در مسیر رودخانه‌های گاماسیاب و دینه ور وجود دارد و نیز یک بیرون‌زدگی در وسط دشت پای تپه وجود دارد با توجه به مطالب ذکر شده و مشکلات موجود در بررسی رفتار دیواره‌های کارستی و وجود باندهای رسی-سیلتی متداخل در رسوبات بررسی وضعیت این آبخوان بسیار دشوار بوده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. (گزارش مرحله یک مطالعات نیمه تفصیلی آبهای زیر زمینی طرح شبکه آبیاری و زهکشی دشت چمچمال، ۱۳۶۷)

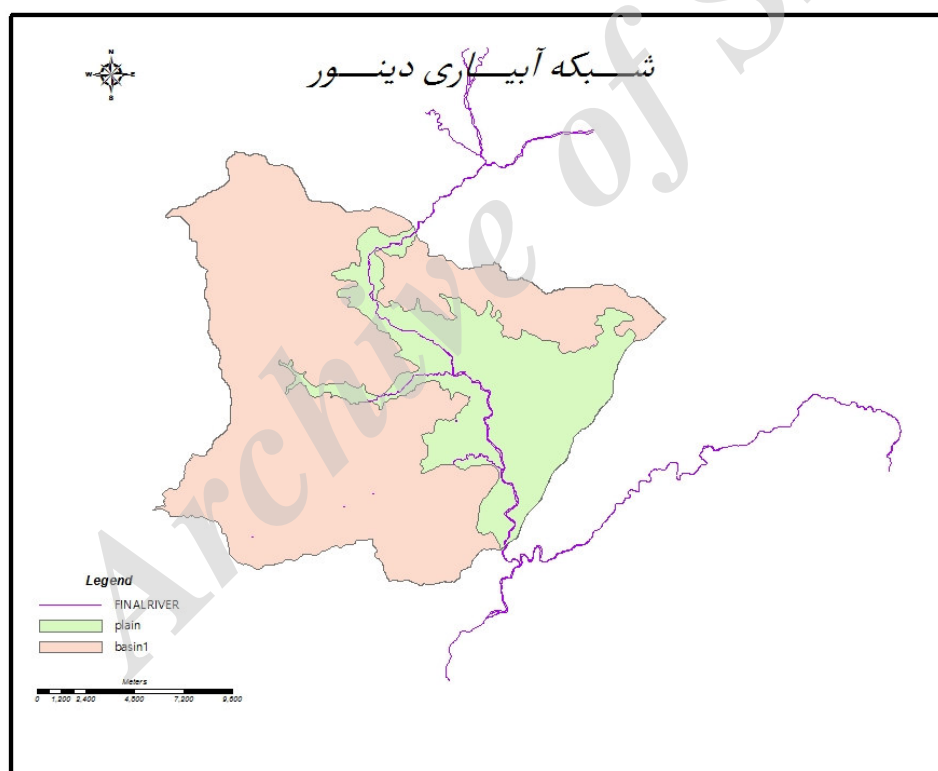


شکل ۳-۱ موقعیت دشت چمچمال در استان کرمانشاه

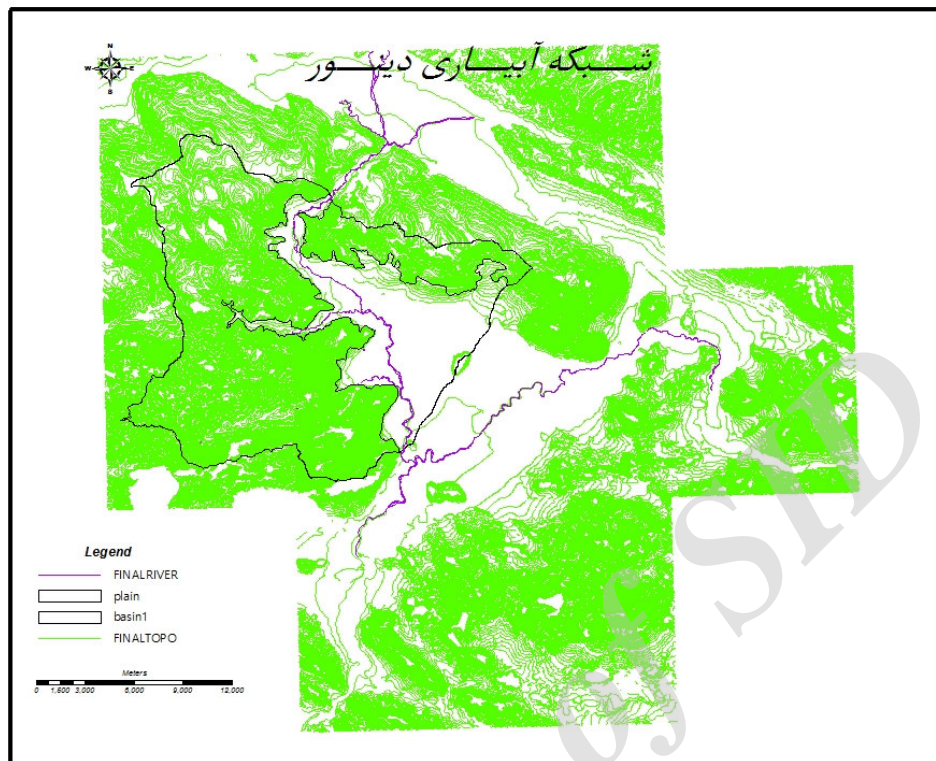
مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۲-۲- شبکه آبیاری دینور

محدوده مطالعاتی طرح دینور در استان کرمانشاه حدود ۳۵ کیلومتری شمال شرق شهر کرمانشاه و در طرفین جاده سنقر-بیستون واقع شده است. از شمال به کوه هجر، از غرب به بیستون، از جنوب به فلات‌های پست و کوه شیرزاد و از شمال شرق به کوه خانه کورا محدود می‌گردد. مساحت ناخالص این اراضی حدود ۸۱۷۰ هکتار، و مساحت کل حوضه ۳۰۶۷۸ هکتار می‌باشد. ارتفاع متوسط از سطح دریا حدود ۱۲۹۰ متر و موقعیت جغرافیایی آن حد فاصل $22^{\circ} 47'$ تا $30^{\circ} 47'$ طول شرقی و $19^{\circ} 34'$ تا $30^{\circ} 34'$ عرض شمالی از نصف‌النهار مبداء می‌باشد. حداکثر شیب عمومی این منطقه در اراضی دامنه‌ای حدود ۳ تا ۴ درصد و حداقل آن در مناطق مرکزی حدود ۰/۶ در هزار است. شکل ۳-۱، موقعیت شبکه آبیاری دینور و شکل ۳-۲، توپوگرافی و مرزهای منطقه مطالعاتی شبکه آبیاری دینور را در استان کرمانشاه نشان می‌دهد.



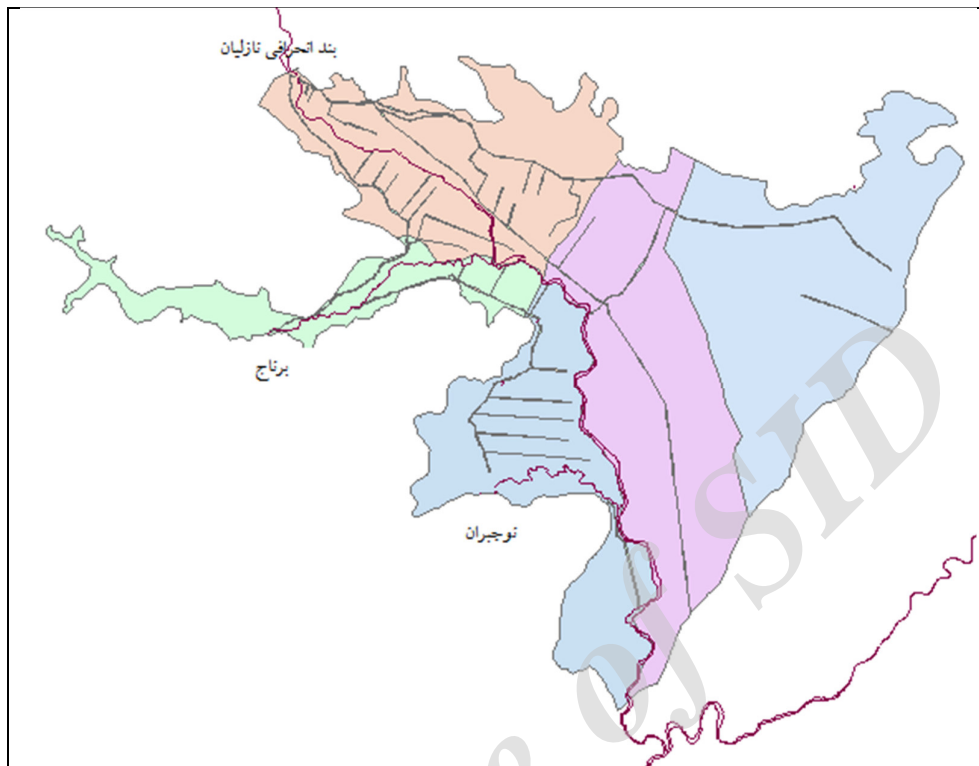
شکل شماره ۳-۲ موقعیت مرز و دشت در شبکه آبیاری دینور



شکل شماره ۳-۳ توپوگرافی و مرزهای منطقه مطالعاتی شبکه آبیاری دینور

اقلیم منطقه طرح بر اساس مطالعات انجام شده با روش آمبرژه نیمه مرطوب سرد، با روش کوپن بارانی با تابستان گرم و خشک و طبق روش دومارتن مدیترانه‌ای می‌باشد. متوسط بارندگی ماهیانه در اسفند ماه برابر ۱۰۲ میلیمتر و بیشترین میزان بارندگی فصلی در زمستان ۲۴۸ میلیمتر می‌باشد که ۴۵/۸ درصد کل بارندگی سالیانه است. میانگین درجه حرارت سالانه دشت ۱۳/۹ درجه سانتیگراد و گرمترین ماه سال مرداد ماه می‌باشد. میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه مرجع در منطقه ۴۶۰/۷ میلیمتر در سال برآورد گردیده است. متوسط سالانه رطوبت نسبی ۵۱ درصد، حداکثر رطوبت نسبی در دی ماه معادل ۸۴/۷ درصد و حداقل آن در مرداد ماه معادل ۱۶/۵ درصد می‌باشد.

دشت دینور یکی از مناطق پر آب استان کرمانشاه است که عمده‌ترین منابع آبی آن، رودخانه دینور، منابع آب زیرزمینی و چشمه‌ها و سراب‌ها هستند. رودخانه دینور یکی از رودخانه‌های دائمی بزرگ استان است. آبدهی حداکثر این رودخانه در ماه فروردین برابر ۴۰ متر مکعب در ثانیه و آبدهی حداقل آن در ماه شهریور برابر ۰/۳۲ متر مکعب در ثانیه می‌باشد.



شکل شماره ۳-۴ رودخانه دینور و کانال‌های اصلی و فرعی در شبکه آبیاری

آب رودخانه دینور توسط بند انحرافی نازلان وارد کانالی با نام DL می‌شود. این کانال در ۹۸۰+۲ کیلومتر به دو شاخه تقسیم می‌گردد که یک شاخه آن با همان نام DL در امتداد مسیر اولیه تا روستای بدربان کشیده شده‌است. شاخه دیگر به نام DL_۱ اراضی ساحل چپ رودخانه دینور را تحت پوشش قرار می‌دهد. شاخه سمت راست با نام DR اراضی ساحل راست رودخانه دینور تا بند انحرافی برناج را تحت پوشش قرار می‌دهد. منطقه مورد مطالعه در دامنه سلسله جبال زاگرس قرار گرفته که این کوه‌ها از سنگ آهک کرتاسه زیرین و میانی که به سبب فعالیت‌های شدید حرکات کوه زایی، دچار درهم ریختگی شده‌اند تشکیل شده‌اند. خاک‌های منطقه نیز در چهار واحد فیزیوگرافی شامل آبرفت‌ها و واریزه‌های باد بزی شکل، دشت آبرفتی دامنه‌ای، دشت آبرفتی رودخانه‌ای و اراضی پست تشکیل یافته است.

به منظور تأمین رقوم مورد نیاز سطح آب در ابتدای کانال آبرسان، احداث سد انحرافی نازلان بر روی رودخانه دینور پیش‌بینی شده‌است. دبی انحرافی از سد پیش گفته به همراه پمپاژ آبی از چاه‌های متعدد در محدوده دشت تأمین کننده آب مورد نیاز اراضی می‌باشد و منبع تأمین آب کل اراضی شبکه، سراب‌های

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

برناج، نوجبران و استفاده از آب‌های زیرزمینی با احداث چاه‌هایی در منطقه برای تلفیق آب‌های سطحی و زیرزمینی در شبکه می‌باشد.

سد انحرافی نازلیان در شمال روستای آزان و آزان در شمال شهرستان بیستون واقع می‌باشد. ارتفاع متوسط محل از سطح دریا ۱۳۱۱ بوده و دستیابی به محل از طریق جاده‌های روستایی موجود و نیز جاده‌های احداثی در داخل شبکه امکان‌پذیر می‌باشد. شیب متوسط رودخانه در حدود ۰/۰۰۳، عرض بستر سیلابی ۲۵۰ متر عرض بستر جریان پایه ۱۵ الی ۲۰ متر و عمق رودخانه یک تا دو متر می‌باشد. دامنه سمت چپ رودخانه دارای شیب نسبتاً ملایم و دارای پوشش گیاهی شامل درختچه‌ها و چمن‌زار بوده ولیکن دامنه سمت راست رودخانه دارای شیب بسیار تند و سنگی است. طول تاج سد ۷۲ متر و سرریز آن از نوع اوجی است. به‌منظور تخلیه رسوبات جمع شده در نزدیکی دهانه آبگیر و نیز کاهش مقدار بار بستر ورودی به تأسیسات آبگیری، مجرای تخلیه رسوب که با مانور تعدادی دریچه جریان از داخل آنها برقرار و یا متوقف می‌گردد پیش‌بینی شده‌است (بی نام، ۱۳۷۳).

۳-۲-۳- وضعیت فیزیوگرافی و توپوگرافی منطقه

برای بررسی فیزیوگرافی و توپوگرافی منطقه مورد مطالعه، تهیه مدل رقومی ارتفاع لازم و ضروری است. از این رو ابتدا نقاط و خطوط تراز توپوگرافی و آبراهه‌ها تصحیح و آماده‌سازی شد. آنگاه بر مبنای تحلیل خطی در محیط نرم‌افزار ARCGIS و بر اساس الگوریتم TOPOGRID، با اندازه پیکسل‌های بهینه، مدل رقومی ارتفاعی منطقه تهیه در نهایت خطاهای موجود در مدل رقومی ارتفاع از قبیل: چاله‌ها و قله‌های هیدرولوژیکی حذف شده و اصلاح شدند.

پس از تهیه مدل رقومی ارتفاعی نقشه‌های شیب و جهت در نرم‌افزار ARCGIS با اعمال فیلترهای گرادیان تهیه گردید. با استفاده از جدول لینک شده به نقشه‌های منتخب در محیط نرم‌افزار GIS و ارسال آنها به نرم‌افزار EXCEL پارامترهای مورد نیاز تهیه شده و در طی انجام این بخش از مطالعات برای تهیه نقشه‌های جانمایی مد نظر، از امکانات کارتوگرافی نرم‌افزار ARCGIS استفاده گردید.

به طور کلی منطقه مورد مطالعه دارای دو زیر حوضه بزرگ بالادست چشمه‌های کارستی نوجبران و برناج بوده که در صورت بارندگی در منطقه می‌تواند تولید رواناب نمایند و به منطقه وارد شده و با پیوستن به چشمه‌های کارستیک منطقه به رودخانه وارد می‌گردند. سایر زیر حوضه‌های منطقه با مساحت‌های محدود مشرف بر دشت می‌باشد و در صورت وجود بارندگی‌های با شدت بسیار بالا مستقیماً از آبراهه‌ها وارد دشت می‌شوند ولی معمولاً این زیر حوضه‌ها دارای رواناب قابل توجهی نمی‌باشند.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۲-۴- هواشناسی

مهمترین داده‌های هواشناسی که هم به صورت مجزا و هم به عنوان داده‌های ورودی به مدل مورد پردازش قرار گرفتند به شرح زیر می‌باشند.

الف- بارندگی

از آمار ایستگاه‌های موجود در منطقه برای تهیه نقشه‌های هم‌باران (بر حسب میلی متر) استفاده شد. مهمترین داده مربوط به بارندگی توزیع ارتفاع بارش در سطح محدوده مطالعات مدل GMS است که به صورت منحنی‌های هم‌باران ارائه شد. نقشه‌هایی که در این رابطه تهیه شدند شامل نقشه‌های هم‌باران درازمدت و نقشه‌های هم‌باران (گام‌ها و دوره‌های زمانی انتخاب شده) در مطالعات مدل می‌باشند. سپس حجم بارش نیز از طریق پردازش نقشه‌های هم‌باران به دست آمد که این داده در محاسبات مربوط به حجم آب‌های ورودی به آبخوان مورد استفاده قرار گرفته است.

ب- دما

از آمار ایستگاه‌های تبخیر سنجی وزارت نیرو و ایستگاه‌های کلیماتولوژی و سینوپتیک منطقه برای تجزیه و تحلیل داده‌های دما (بر حسب سانتیگراد) شامل دمای معمولی، دمای خشک، دمای تر، دمای حداکثر، دمای حداقل استفاده شده است.

ج- باد

سرعت و جهت وزش باد در ایستگاه‌های کلیماتولوژی و سینوپتیک و یا ایستگاه‌های هواشناسی وزارت نیرو منطقه موجود بود و برای تهیه گلباد منطقه از آن استفاده شد.

د- تبخیر

از اطلاعات مربوط به ارتفاع تبخیر روزانه در ایستگاه‌های هواشناسی وزارت نیرو و سازمان هواشناسی مجاور بهره‌برداری شد. از نتایج داده‌های تبخیر در ایستگاه‌های هواشناسی برای تهیه نقشه منحنی‌ها یا زون‌های هم‌تبخیر و یا هم‌تبخیر و تعرق استفاده شد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۲-۵- زمین‌شناسی منطقه

اطلاعات زمین‌شناسی و هیدرژولوژی منطقه با استفاده از مطالعات طرح و پس از تحلیل داده‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت.

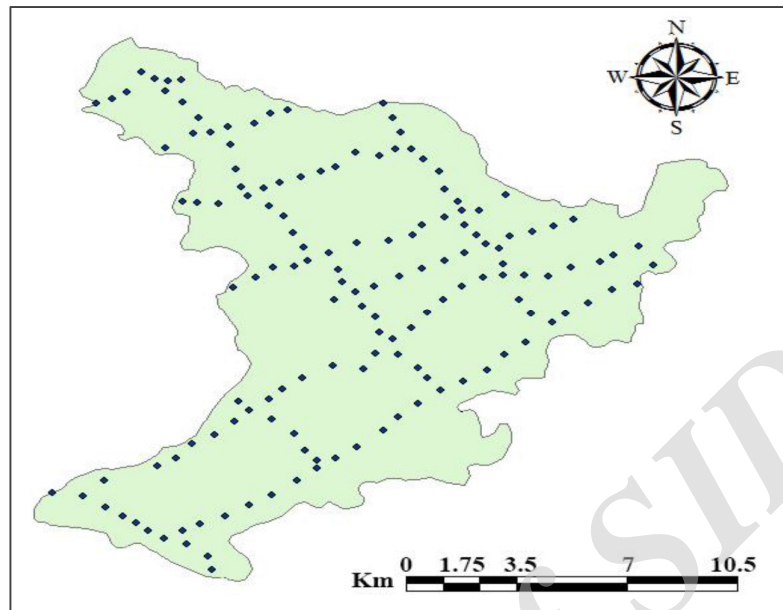
۳-۲-۵-۱- داده‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه:

الف) تراز سطح زمین

تراز سطح زمین شامل نقشه توپوگرافی سطح زمین می‌باشد که بر مبنای ارتفاع از سطح آب‌های آزاد تهیه و در مدل استفاده می‌شود در این تحقیق از فایل اتوکدی نقاط توپوگرافی و برای قسمت جنوبی دشت از منطقه استفاده شد. فایل اتوکدی بدین TIN نقشه مدل رقومی ارتفاعی برای تهیه نقشه‌ی توپوگرافی و صورت بود که کنار نقاط ارتفاع آنها نوشته شده بود بنابراین با نوشتن یک برنامه در محیط نرم افزار اتوکد شد و به ArcGIS استخراج شد. خروجی به صورت یک فایل نقطه‌ای وارد نرم افزار x ، y و z مختصات کمک روش‌های درون‌یابی نقشه پهنه‌بندی تراز سطح زمین تهیه شد. در ادامه با توجه به نقشه پهنه‌بندی مرز منطقه مورد مطالعه بسته شد.

ب) تراز سنگ کف

نقشه توپوگرافی سنگ کف آبخوان (آزاد و تحت فشار) بر مبنای ارتفاع از سطح آب‌های آزاد تهیه می‌شود. البته در تحقیق حاضر نقشه‌ی هم‌ضخامت استفاده شده است. این نقشه‌ی هم‌ضخامت متشکل از ۱۴۹ نقطه با مختصات (طول و عرض جغرافیایی) مشخص که رقوم سنگ کف و رقوم سطح زمین طبیعی در آن نقاط مشخص بود، تهیه شد. طبق نقشه‌ی حاصله، ضخامت آبخوان تا سنگ بستر از ۶۰ متر تا بیش از ۲۵۰ متر متغیر بود. در شکل ۳-۴ موقعیت نقاط برداشت مشخص است.



شکل شماره ۳-۵ موقعیت نقاط برداشت تراز سنگ کف در محدوده دشت چمچمال

۳-۲-۵-۲- زمین شناسی

منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیمات زمین شناختی ساختمانی ایران در ناحیه دگرگون نشده زون سندج سیرجان قرار می گیرد. ناحیه مذکور به سه جزء کوچکتر شامل سنگ های آهکی بیستون (ارتفاعات شمال شرق، شمال، غرب و جنوب غرب حوضه) رادیولاریت های کرمانشاه (ارتفاعات جنوب حوضه) و افیولیت های کرتاسه (ارتفاعات جنوب شرق حوضه) تقسیم می شود.

رسوبات مزوزوئیک

الف) رادیولاریت های کرمانشاه

این رادیولاریت ها به صورت پهنه ای با عرض حدود ۱۵ کیلومتر از پایه در شمال غرب کرمانشاه شروع شده و تا جنوب شرق کرمانشاه توسعه می یابد و در جنوب منطقه طرح توسعه دارند. این رسوبات به طور کلی شامل یک سری آهک های میکرو برشی و آهک های آواری زیستی همراه با افق هایی از رادیولاریت با سن تریاس ژوراستیک در زیر و توده ای ژاسب قرمز تا قهوه ای با تداخل های رنگ قرمز (مارنهای رادیولردار) با سن ژوراستیک کرتاسه در بالا می باشند. این نهشته ها تکتونیزه شده و ضخامت آنها تا چند صد متر می رسد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

(ب) آهک‌های بیستون

این واحد چینه ای مهمترین واحد در منطقه بوده و نواحی شمال، شمال غرب، غرب و شمال شرق منطقه را پوشش می دهد. واحد سنگی مذکور شامل ردیف ضخیمی از آهک است در ناحیه بیستون این آهک ها بهوسیله یک سیستم از گسل های متقاطع بریده شده اند. این نهشته ها خود شامل سه واحد می باشند .

(ج) تریاس بالا:

نهشته های تریاس بالا با ضخامت ۳۰۰ متر به صورت آهک های مطبق با لایه بندی ضخیم توده ای بر روی رادیولاریت های باختران قرار می گیرد.

(ج) ژوراسیک زیرین میانی:

شامل دولومیت در زیر و آهک در بالا بوده که بر روی نهشته های تریاس بالا و در زیر نهشته های ژوراسیک بالا قرار گرفته و دارای ضخامت ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر می باشند.

(د) ژوراسیک بالایی:

شامل آهک های توده‌های ضخیم بوده که سازنده صخره های آهکی کوه بیستون نیز می باشند. این آهک ها شامل تناوب آهک پایایی و آهک ریزدانه می باشد. این آهک ها بلندترین ارتفاعات و قله منطقه را ساخته و توسط سامانه های شکستگی متقاطع به بلوک های منظم تبدیل می شوند. وجود سیستم درز و شکاف و اثرات گسلی و بالا بودن مقدار بارندگی و نفوذ نزولات جوی سبب ایجاد چشمه های کارستی در این آهک ها شده است.

(ه) کرتاسه زیرین

شامل یک واحد آهکی صخره ای بوده و تفکیک آن از واحد قبلی مشکل است.

(و) مجموعه افیولیتی:

این سنگ ها ارتفاعات جنوب شرقی دشت چمچمال را تشکیل می دهد که به صورت تپه ماهورهایی با ارتفاع کم و فرسایش یافته بوده و سنگ های تشکیل دهنده آن عموماً پریدوتیت های آلترشده، دیاباز، توده های گابروئی، شیل های رادیولردار قرمزرنج و آهکهای پلاژ یک می باشد. در بخش جنوبی دشت این سنگ ها در زیر آبرفت ادامه داشته و مرز آن ها با آهک های بیستون یک گسل تراستی میباشد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

ز) رسوبات ترسیری

رسوبات کرتاسه پایانی توسط ردیفی از سنگ‌های ترسیر به طور پیشرونده به شرح زیر پوشیده می‌شوند. اولین واحد پیشرونده کنگلومرای قرمزرنگ با متوسط ضخامت ۵۰ تا ۱۰۰ متر است که بر روی آن نهشته‌های آهکی با ضخامت متوسط ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر قرار می‌گیرد. بر روی این واحد آهکی نیز ردیفی از رسوبات فلیش گونه مستقر گردیده است. رسوبات فلیش دارای ضخامتی بین ۵ تا ۶۰۰ متر می‌باشند. بر روی فلیش‌های میوسن کنگلومرای بختیاری قرار گرفته است. در قسمت‌های مرتفع دشت نیز تناوب‌هایی از آرژیل‌های کموبیش ماسه‌ای و افق‌های قلوهای با سن جوان تر از کنگلومرای بختیاری قرار می‌گیرد که دارای سنی معادل پیو کواترنر می‌باشند.

۳-۳-۳ روش‌های مطالعات

۳-۳-۱-۱-۳-۳ هیدرومتری

با استفاده از مطالعات مختلف انجام شده اطلاعات مورد نیاز طرح و همچنین اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری میزان رواناب و آبدهی سطحی برآورد گردید.

۳-۳-۱-۱-۳-۳ تحلیل آبدهی رودخانه بر اساس آمار طولانی مدت ایستگاه هیدرومتری

با استفاده از آمار و اطلاعات هیدرومتری جمع‌آوری شده و مطالعات انجام شده قبلی در محدوده طرح، آبدهی هر یک از رودخانه‌های واقع در حوضه آبریز منطقه تعیین گردید.

از قرائت‌های روزانه ارتفاع اشل و لیمینگراف ثبات واقع در ایستگاه‌های هیدرومتری حیدرآباد و و پل چهر در تبدیل ارتفاع به دبی مورد نیاز استفاده شد، که همچنین ارقام بدست آمده از ارتفاع اشل و یا لیمینگراف در مراحل بعدی طی فرآیندی تبدیل به تخلیه یا تغذیه جریان سطحی شدند.

رواناب واحدهای فیزیوگرافی و کل حوضه با استفاده از آمار ایستگاه‌های هیدرومتری و یا روش‌های تجربی و انتخاب روش مناسب برآورد گردید. در ادامه مقادیر درصد آبدهی ماهانه و فصلی، توزیع ماهانه و سالانه آبدهی با احتمالات مختلف و با استفاده از آمار بلند مدت برآورد گردید و مقادیر آبدهی روزانه رودخانه با توجه به میانگین متحرک ۷ روزه و با میانگین‌گیری از طول دوره آماری ۲۰ ساله تعیین شد و برنامه‌ریزی بر مبنای آن صورت پذیرفت.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۳-۲- تعیین پراکنش سطح زیر کشت محصولات مختلف الگوی کشت موجود

پراکنش سطح زیر کشت محصولات با استفاده از آمارهای موجود در سازمان جهاد کشاورزی و مرکز خدمات کشاورزی بیستون و همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های میدانی صورت گرفت. با توجه به اینکه در سال‌های مختلف الگوهای کشت متغیر می‌باشد معمولاً به دو الگوی پاییزه و بهاره تقسیم می‌گردد لذا در تعیین الگوی کشت و نیاز آبیاری محصولات تحت پوشش کانال‌های آبیاری با برآورد میزان آب مورد نیاز در دو سال متوالی و برآورد میانگین نیاز آبی در هر کانال مد نظر قرار گرفتند.

۳-۳-۳- تعیین حجم آب مورد نیاز جهت تأمین نیاز آبی در کانال‌های شبکه

تخمین و یا تعیین مقدار حجم آب مورد نیاز جهت تأمین نیاز آبی در کانال‌های شبکه، یکی از ابزارها و شاخص‌های کلیدی در برنامه‌ریزی‌های کلان مربوط به تأمین، تخصیص و مصرف اصولی از آب در بخش‌های مختلف از جمله فعالیت‌های کشاورزی برای اراضی منطقه مورد مطالعه بود. این بخش رژیم و روش پیشنهادی برای تخصیص آب از شبکه آبیاری را مطرح خواهد نمود. این رژیم‌ها بر اساس درک فعلی از تقاضا و موجودی آب در واحدهای آبی و مدیریت آب استوار است. به هر شکل، در پژوهش حاضر برنامه‌ریزی و اقدامات لازم برای تخمین و برآورد حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش‌های مختلف انجام گرفت. که بر اساس، داده‌های دراز مدت سی ساله بارش و مؤلفه‌های بیلان آب در سطح منطقه مورد مطالعه بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

نیازهای آبی نیز پس از تعیین الگوی کشت منطقه بر اساس نرم افزار Netwat محاسبه گردید و حجم آب مورد نیاز و هیدرومدول آبیاری در دوره‌های ده روزه در طی ماه و دوره رشد گیاهان از زمان کاشت تا زمان برداشت برآورد گردید و در نهایت نیاز آبی نواحی تقسیم شده محاسبه شد.

۳-۳-۴- اندازه‌گیری راندمان‌های انتقال و توزیع و تلفات آب در کانال‌های شبکه:

یکی از اقدامات اولیه و مهم‌ترین گام در منطقه، تعیین راندمان سامانه‌ها و شبکه آبیاری موجود و ارزیابی نحوه کار آنها جهت تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی‌های مرتبط با مصرف بهینه آب، الگوی کشت و کاهش تلفات آب آبیاری بود. در این راستا، در این پژوهش به منظور تهیه بانک اطلاعات راندمان‌های آبیاری اقدام به جمع‌بندی نتایج مطالعات انجام شده در خصوص راندمان‌های آبیاری در سطح کشور گردید. در

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

این بررسی، نتایج حاصل از مطالعات مزرعه‌ای در سامانه‌ها و شبکه‌های مختلف آبیاری (سنتی و پایین دست سدها) در منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار گرفت.

در رابطه با مخازن ذخیره آب یا انتقال آن به نقاط مصرف، توزیع در مزرعه، واحدهای آبیاری، تأمین آب مورد نیاز محصولات، کارایی «آب و آبیاری» برای نیل به اهداف مختلف (مانند تلفات آب، عملکرد محصول، سود خالص، و غیره)، راندمان‌های انتقال، توزیع، کاربرد در مزرعه و کل آبیاری با استفاده از روابطی که در ادامه خواهد آمد محاسبه شدند.

۳-۳-۴-۱- راندمان انتقال (Ec):

انتقال آب آبیاری، فرایند حرکت آب از منابع آبیاری (مخزن، رودخانه یا چاه) به وسیله کانال‌های اصلی، درجه یک و دو یا مجاری روسته تا آبگیر کانال‌های درجه سه یا مجاری روسته، توزیع تعریف می‌شود. به طور کلی، راندمان انتقال بر اساس بیلان جریان ورودی و خروجی به سامانه انتقال به صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴):

$$E_c = \frac{v_d + v_2}{v_c + v_1} \times 100$$

در رابطه فوق:

Ec: راندمان انتقال (درصد)

Vc: حجم آب منحرف و یا پمپ شده از رودخانه و یا مخازن (مترمکعب)

Vd: حجم آب تحویل داده شده به شبکه توزیع (مترمکعب)

V1: حجم آب ورودی از منابع دیگر به شبکه انتقال (مترمکعب)

V2: حجم آب تحویل داده شده از سیستم انتقال به منظور استفاده غیر آبیاری (مترمکعب)

۳-۳-۴-۲- راندمان توزیع (Ed^۲):

عباسی و همکاران (۱۳۹۴) راندمان توزیع را به نقل از دورنباس و پروت (۱۹۷۷) از نشریه فنی شماره ۲۴ آبیاری و زهکشی FAO تحت عنوان راندمان کانال قطعه زراعی^۳ یا راندمان هدایت آب^۴ به صورت نسبت نسبت آب آبیاری دریافتی در آبگیر قطعه زراعی به آب دریافتی در آبگیر واحدهای زراعی^۵ بیان نمودند.

1 - Conveyance Efficiency

2 - Distribution Efficiency

3- Field Canal Efficiency

4 - Conduct Efficiency

5 - Block of Fields

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

واژه هدایت برای بسط مفهوم فرایند توزیع آب به روش استفاده از خطوط لوله، به مفاهیم اولیه FAO اضافه شد. همین منبع به نقل از دورنباس و پروت حاصل ضرب راندمان انتقال و راندمان هدایت آب (کانال قطعه زراعی) را راندمان توزیع و به نقل از باس و همکاران (۱۹۹۴) راندمان توزیع را به صورت نسبت جریان تحویل شده در قطعه زراعی به کل جریان ورودی به سامانه کانال توزیع تعریف کرده‌است. به طور کلی، بر اساس بیلان جریان ورودی و خروجی، راندمان توزیع به صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$E_d = \frac{v_f + v_3}{v_d + v_4} \times 100$$

E_d : راندمان توزیع (درصد)

V_f : حجم آب تحویلی به واحدهای زراعی یا مزارع (متر مکعب)؛

V_d : حجم آب ورودی به شبکه توزیع از سامانه انتقال (متر مکعب)؛

V_3 : حجم آب تحویلی برای مصارف غیر آبیاری از طریق شبکه توزیع (متر مکعب)؛

V_4 : حجم جریان ورودی از منابع دیگر به شبکه توزیع (متر مکعب).

۳-۴-۴-۳- راندمان کاربرد آبیاری (E_a)

هنگامی که ارزیابی راندمان یک نوبت آبیاری مورد نظر باشد، مفهوم راندمان کاربرد آبیاری یا راندمان کاربرد مزرعه، درصدی از آب آبیاری تحویل شده به قطعه زراعی است که توسط گیاه مصرف شود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴). منبع اخیر به نقل از دورنباس و پروت (۱۹۷۷) راندمان کاربرد آب در نشریه فنی شماره ۲۴ آبیاری و زهکشی FAO به صورت نسبت آبی که به طور مستقیم قابل استفاده گیاه است، به آب دریافتی در آبگیر قطعه زراعی تعریف شده است. به نقل از باس و همکاران (۱۹۹۴) راندمان کاربرد آب را به صورت نسبت نیاز آبی گیاه به آب تحویلی قطعه زراعی تعریف کرده‌اند. آنان حاصل ضرب راندمان کانال مزرعه (توزیع) و راندمان کاربرد آبیاری را راندمان مزرعه نامیده‌اند.

در این پژوهش راندمان کاربرد با رابطه زیر محاسبه شد:

$$E_a = \frac{v_m}{v_f} \times 100$$

E_a : راندمان کاربرد (درصد)

V_m : حجم آب مورد نیاز برای تأمین رطوبت خاک در محدوده توسعه ریشه گیاه (متر مکعب)

V_f : حجم آب ورودی به واحدهای زراعی یا مزارع (متر مکعب)

صورت کسر در رابطه فوق مقدار آب قابل استفاده برای گیاه را نشان می‌دهد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۳-۴-۴- راندمان کل آبیاری^۱ (Ep)

راندمان کل آبیاری که راندمان کل سامانه آبیاری^۲ و راندمان کلی طرح^۳ نیز نامیده می‌شود، راندمان عملیات کامل بهره‌برداری آب آبیاری از محل انحراف (رودخانه یا منابع دیگر) تا محل مصرف را نشان می‌دهد. بر اساس تفکیک عملیات آبیاری به سه فرایند انتقال، توزیع و کاربرد در مزرعه، راندمان کلی طرح با استفاده از راندمان‌های انتقال (Ec)، توزیع (Ed) و کاربرد آب در مزرعه (Ea) به صورت زیر محاسبه می‌شود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴).

$$E_p = E_c \times E_d \times E_a$$

که در آن:

Ea راندمان کل آبیاری (درصد) می‌باشد.

در رابطه فوق فرض می‌شود که بارندگی و جریان ورودی پیش‌بینی نشده به سامانه آبیاری وجود ندارد.

۳-۳-۵- تخمین کمبود آب برای هر ناحیه با توجه به نیاز آبی و تلفات آب و دبی موجود

با استفاده از نرم‌افزار NETWAT نیاز آبی گیاهان و هیدرومدول آبیاری برآورد گردید. این هیدرومدول در واقع اندازه آب درخواستی در واحد منطقه است که به صورت واحد جریان در واحد سطح (لیتر در ثانیه در هکتار l/s/ha) نشان داده می‌شود. سپس با اندازه‌گیری راندمان انتقال و توزیع به صورت میدانی میزان تلفات اندازه‌گیری و این مقادیر در محاسبات مربوط به هر ناحیه لحاظ گردید. ضمناً با توجه به آب موجود، کمبود آب در هر ناحیه برای محاسبه میزان برداشت آب زیرزمینی موردنیاز و تعداد چاه‌های لازم و مکان موردنیاز پیش‌بینی شد.

۳-۴- جمع‌آوری اطلاعات لایه‌های آبخوان

۳-۴-۱- ضریب ذخیره

در این پژوهش ضریب ذخیره یا ضریب آبدهی ویژه از طریق تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش پمپاژ چاه‌های اکتشافی و یا از طریق روش‌های غیرمستقیم حاصل شده و به صورت نقشه منحنی‌های ضریب ذخیره برای استفاده مدل تهیه شد.

1 - Overall Irrigation Efficiency

2 - Overall Irrigation System Efficiency

3 - Overall Project Efficiency

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۴-۲- ضریب قابلیت انتقال

نقشه ضریب قابلیت انتقال با توجه به ضخامت لایه آبدار و نقشه ضریب هدایت هیدرولیکی در قسمت‌های مختلف آبخوان تهیه شد.

۳-۴-۳- نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی

دستیابی به عملکرد بهینه محصولات کشاورزی مستلزم شناسایی ظرفیت و قابلیت منابع آب و خاک موجود می‌باشد. در این راستا، پایش مکانی و زمانی وضعیت منابع مذکور با استفاده از اطلاعات پایه و داده‌های به‌دست آمده از بررسی‌های صحرایی و میدانی و تغییرات نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی با استفاده از اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای در سال‌های مختلف آماری و در طول سال بدست آمده است.

۳-۴-۳-۱- تراز آب زیرزمینی

در قسمت‌هایی از شبکه در اثر آب‌های نفوذیافته از آبیاری، تراز آب زیرزمینی بالا بوده و موجب زه‌دار شدن اراضی می‌گردد. با بررسی‌های دقیق میزان کمبودهای آب در شبکه، وضعیت تراز آب زیرزمینی در مناطق مختلف شناسایی شد تا در ماه‌هایی از فصل زراعی (بعضاً در مراحل حساس رشد که کاهش محصول به طور معنی‌داری وجود دارد) از آب‌های زیرزمینی استفاده شده و از خسارت‌های مالی به کشاورزان جلوگیری شود. بررسی و تجزیه تحلیل تراز آب زیرزمینی از طریق ارتفاع مطلق سطح آب زیرزمینی میسر است. لازم به ذکر است این داده از طریق اندازه‌گیری سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای و با استفاده از میزان تراز سطح زمین در آن نقطه محاسبه می‌شود. با استفاده از داده‌های عمق سطح ایستابی در سطح چاه‌های مشاهده‌ای، نقشه منحنی‌های تراز سطح ایستابی یا خطوط هم‌پتانسیل تهیه شدند.

در پژوهش حاضر بر اساس اندازه‌گیری‌های موجود از قرائت عمق سطح ایستابی نقشه‌های هم‌تراز خطوط جریان در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. همچنین نمودار تغییرات تراز سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای برای استفاده در مدل آماده و هیدروگراف معرف تراز آب زیرزمینی در طول دوره انتخاب شده برای مطالعات مدل تهیه شد، سپس با پایش عمق سطح ایستابی ریسک‌هایی که توجه مدیریت آبیاری و زهکشی را برای تولیدات بخش کشاورزی در این نواحی که سطح ایستابی بالا است تحلیل شد. از طرفی پایش عمق سطح ایستابی، در کنار استفاده از مدل‌های معرفی شده در پژوهش صورت گرفت تا اطلاعات به‌دست آمده بتواند در برنامه‌ریزی مدیریت آب موثر باشد و این داده‌ها به‌شکلی مفید در اختیار مدیران و متولیان بخش

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

آب قرار گیرد. در نهایت خروجی‌های به‌دست آمده از نتایج پژوهش می‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها و چاره‌اندیشی برای تغییر وضع موجود به سمت استفاده مناسب و یا مکان‌یابی درست و به‌جا از برداشت منابع آب زیرزمینی مؤثر واقع شود. بدیهی است که گام‌های بعدی چگونگی در برنامه‌ریزی برای تلفیق منابع آب زیرزمینی با منابع آب سطحی و زمان‌بندی میزان مصرف از شبکه آبیاری و زهکشی خواهد بود. در خصوص موضوع اخیر راهکارهای پیشنهادی در پژوهش حاضر با استعانت از نرم‌افزارهای آماری و با تکیه بر خروجی مدل‌های معرفی شده و تحلیل‌های گرافیکی، ارائه گردیده‌است.

۳-۴-۲- جهت جریان آب زیرزمینی

لایه‌های مختلف زمین دارای ضریب هدایت‌های هیدرولیکی مختلف ناشی از ناهمگنی و نامتجانس بودن خاک بوده و از این رو آب همواره به صورت عمودی نفوذ نمی‌کند و حتی گاهی ممکن است به صورت افقی در زیرزمین و موازی آب‌های سطحی حرکت کند. بنابراین شناسایی جهت جریان آب زیرزمینی و مناطق فعال آب‌شناختی (هیدرولوژیکی) بخش مهمی از روش‌های کنترل منابع آب در منطقه پروژه است. در منطقه پروژه با استفاده از نقشه‌های تراز خطوط جریان و پتانسیل، حرکت آب در زیرزمین بررسی شد.

۳-۴-۳- عمق آب زیرزمینی و تغییرات آن در طول سال بیان

پایش تغییرات عمق سطح ایستابی از طریق اندازه‌گیری یا با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی موجب بهبود تصمیم‌گیری‌ها در مدیریت آبیاری و زهکشی برای افزایش تولیدات کشاورزی در مناطقی از شبکه که احتمال بالا آمدن سطح ایستابی بالا است می‌گردد. بخش وسیعی از اراضی کشاورزی منطقه از طریق پمپاژ آب از چاه‌های موجود برای آبیاری اراضی کشاورزی استفاده می‌گردد. به نظر می‌رسد تصمیمات و برنامه‌ریزی‌هایی که در گذشته برای تخصیص آب از شبکه و یا تصمیماتی که برای اجرای پروژه‌های زهکشی گرفته شده است، نیاز به بازنگری دارد. زیرا احتمال تغییرات عمق آب زیرزمینی و عدم تطابق آن با الگوی تغییرات در سنوات قبل وجود دارد. از این رو در پژوهش حاضر روند تغییرات عمق سفره در پیکره دشت مورد مطالعه در زمان‌های متوالی و در مناطق مختلف بررسی شد و امید است نتایج حاصل از این پردازش‌ها موجب افزایش آگاهی تصمیم‌گیرندگان از واکنش سامانه آب زیرزمینی نسبت به میزان پمپاژ از چاه‌ها و همچنین اثرات متقابل ناشی از کاربرد منابع آب سطحی و زیرزمینی گردد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۴-۴- دسته بندی چاه‌های منطقه از نظر میزان آبدهی

در این پژوهش به بررسی وضعیت چاه‌ها از نظر میزان آبدهی پرداخته شد و از آنجا که برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی برای اراضی کشاورزی منطقه اجتناب‌ناپذیر است، رابطه بین ویژگی‌های چاه با میزان آبدهی آنها مورد مطالعه قرار گرفته و پس از تهیه و آماده‌سازی نقشه‌های مربوط به آبدهی چاه‌ها دسته‌بندی مقادیر مربوط به هر یک از آنها بر اساس میزان آبدهی صورت گرفت.

۳-۵- شبیه سازی آب زیرزمینی آبخوان در منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش شبیه‌سازی آب زیرزمینی (کالیبراسیون، آنالیز حساسیت، واسنجی و اعتبارسنجی) با استفاده از مدل GMS صورت پذیرفت و برآورد پارامترهای موردنیاز آن نیز با تطبیق سطح آب زیرزمینی با چاه‌های مشاهده‌ای صورت گرفت. در فرآیند شبیه‌سازی آب زیرزمینی با تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات، توصیف و تشریح سیستم آب زیرزمینی در حالت‌های مختلف به منظور دستیابی به یک مدل مفهومی و مناسب از سیستم مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله حدود، اصول و فرضیات قابل قبول برای محدوده مورد مطالعه که در آزمون‌های مختلف در مرحله واسنجی مورد استفاده قرار می‌گیرند، تعیین گردید. بدیهی است، پذیرش این اصول و فرضیات و احیاناً تجدیدنظر در آنها از تجزیه و تحلیل آزمون‌های مختلف در مرحله واسنجی مدل حاصل شد. این کار برای اطمینان هرچه بیشتر و بهتر از فرضیات و اصول مدنظر برای سیستم آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه است تا در فرآیند شبیه‌سازی به نتایجی دست یابیم که به واقعیت نزدیکتر باشد و تطابق بیشتری با شرایط منطقه داشته و در نتیجه مرحله واسنجی مدل با سهولت بیشتری انجام شود. با انجام این کار یک مدل مفهومی از سیستم آب زیرزمینی تهیه شد که از آن برای تحلیل سیستم آب زیرزمینی منطقه استفاده شد. پس از تهیه مدل مفهومی و اجرای مدل، آنالیز حساسیت صورت گرفته و پارامترهای حساس را به دست آمد. با واسنجی و اجرای مکرر مدل با تغییر پارامترها با استفاده از مدل PEST پارامترهای بهینه با حداقل خطای برازش منتج از برازش هیدروگراف به دست آمده مدل با هیدروگراف سطح آب زیرزمینی منطقه، محاسبه گردید که با این مراحل مدل کالیبره شده و در یک دوره زمانی جدا از دوره زمانی کالیبراسیون مجدد اجرا و اعتبارسنجی صورت پذیرفت و قابلیت مدل برای بکارگیری آن در منطقه و امکان استفاده و کاربردی بودن آن مورد ارزیابی قرار گرفته و امکان استفاده اجرایی و کاربردی شدن آن برای مدیریت و استفاده بهینه از آب‌های زیرزمینی در شبکه آبیاری و زهکشی فراهم گردید.

۳-۵-۱- واسنجی و ارزیابی مدل

در این مرحله بر اساس سیستم مرجع انتخابی اندازه‌های متناظر با متغیرها و پارامترهای ساختاری تعیین شده در مرحله قبل تهیه شد و به‌عنوان داده‌های ورودی به مدل ریاضی که در برگیرنده روابط حاکم بر عملکرد سیستم است، وارد شدند. سپس با تغییر در پارامترهای سیستم و فرضیات و داده‌های مربوط به شرایط مرزی، اختلاف بین جواب‌های محاسباتی مدل و اطلاعات مشاهده شده سیستم مرجع به حداقل ممکن و حد قابل قبول رسید. عملکرد مدل در فرایند واسنجی و اعتبارسنجی با استفاده از آماره‌های راندمان مدل (EF)، درصد خطا (PE)، ضریب تعیین (R²)، خطای معیار (SE) یا جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین انحراف (AD) یا میانگین خطای مطلق ارزیابی شد. این آماره‌ها به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$$

$$PE = \frac{\sum_{i=1}^n P_i - \sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \times 100$$

$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P}))^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}$$

$$SE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}$$

$$AD = \frac{\sum_{i=1}^n |O_i - P_i|}{n}$$

که در آن‌ها؛ O_i و P_i به ترتیب مقدار مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده در زمان t ، n تعداد مشاهدات، \bar{O} متوسط مقادیر مشاهده شده در طول دوره زمانی و \bar{P} متوسط مقادیر پیش‌بینی شده در طول دوره زمانی است.

لازم به توضیح است در صورتی که EF برابر یک باشد مدل کامل، PE برابر صفر باشد مدل دارای بهترین مقدار، R^2 برابر یک باشد مدل دارای تطابق کامل، SE برابر صفر و AD برابر صفر باشد مدل دارای بهترین مقدار می‌باشد (مقدار کمتر نشان‌دهنده عملکرد بهتر است).

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۵-۲- وضعیت و برآورد میزان آب موجود در آبخوان

برای برآورد میزان آب موجود در آبخوان منطقه، در ابتدا حجم آب نفوذ یافته از سطح زمین به درون آبخوان برآورد می‌گردد. اینها ممکن است هم بطور طبیعی شامل نفوذ از بستر رودخانه آبگیر و ... و هم به صورت غیرطبیعی شامل مصرف آب کشاورزی، تغذیه مصنوعی، مصرف آب شرب و صنعتی باشند. برخی از موارد مهمی که در این پژوهش مورد توجه و بررسی قرار گرفته عبارتند از:

- نفوذ از طریق آب مصرفی برای کشاورزی

- نشت و نفوذ از کانال‌های سنتی و مدرن

- نفوذ از بستر مسیل‌ها و رودخانه‌ها

- نفوذ از تالاب‌ها و آبگیرها

- نفوذ از طریق مصارف شهری و صنعتی

- نفوذ به واسطه تغذیه مصنوعی

مقدار نفوذ محاسبه شده به عنوان حجم آب ورودی به آبخوان بر حسب مترمکعب در روز، ماه یا سال می‌باشد.

۳-۵-۳- مکان یابی محل برداشت آب زیرزمینی و تحلیل وضعیت چاه‌های موجود در منطقه

چاه‌ها در اکثر اراضی از منطقه مورد مطالعه نقش مهمی در تأمین آب کشاورزی ایفا می‌کنند. با توجه به پایین رفتن سطح آب زیرزمینی بر اثر برداشت‌های غیرمجاز در بسیاری از موارد، دبی چاه‌ها پس از مدت زمان کوتاهی (چند سال) به میزان زیادی کاهش پیدا می‌کند و برای دستیابی به دبی اولیه چاه، یا بایستی چاه‌های جدید حفر نمود و یا با کف شکنی چاه‌های موجود مجدداً به همان دبی دست یافت. با انجام پژوهش حاضر مکان‌یابی مناسب چاه‌ها برای برداشت آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌های مورد استفاده در پژوهش صورت گرفته و عمق بهینه چاه‌ها به نحوی انتخاب شد که ضمن تأمین آب مورد نیاز کشاورزی، با افت سفره آب زیرزمینی هزینه کمتری صرف انجام پروژه‌های زهکشی در منطقه گردد. از این رو پایین انداختن سطح آب زیرزمینی به عنوان یکی از مهمترین خروجی از مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفت. همچنین وضعیت چاه‌های موجود در منطقه تحلیل شد و با انطباق میزان بهره‌برداری منطقه با پتانسیل موجود، در صورت امکان کاهش بهره‌برداری مجاز چاه‌ها پیشنهاد. ضمن انتقال و ذخیره‌سازی آب در مجاری و مخازن شبکه آبیاری منطقه نیز از جمله گزینه‌های دیگر مورد بررسی در مدل مورد استفاده در این پژوهش است.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

- با توجه به نظرات کارشناسان شرکت آب منطقه ای و قابلیت اجرایی بهره برداری مکانیابی برای حفر چاه‌های جدید در محدوده مورد مطالعه با اعمال یک سری سناریوها اعمال گردید که عبارتند از:
- ۱- حداقل دبی برای چاه‌های پیش‌بینی شده ۵ لیتر در ثانیه باشد.
 - ۲- حداقل فاصله چاه‌ها از هم ۲۵۰ متر باشد.
 - ۳- عمق چاه‌های پیش‌بینی شده ۲۰ متر و سطح آب ۱۵ متر در نظر گرفته شد.
 - ۴- فاصله چاه‌های پیش‌بینی شده از رودخانه براساس میانگین فاصله چاه‌های مشاهده‌ای اطراف رودخانه ۱۳۳ متر از رودخانه در نظر گرفته شد.
 - ۵- در بالادست چشمه‌ها حفر چاه نداشته باشیم.
 - ۶- رعایت حداقل فاصله ۱۰۰۰ متری از پایین دست چشمه‌ها.
- با اعمال سناریوهای فوق و در نظر گرفتن شرایط فیزیولوژیک منطقه مکانیابی چاه‌های جدید صورت گرفت، که نتیجه نهایی آن در شکل‌های فصل نتایج آورده شده است.

۳-۴-۵- اجرای مدل با تغییر مکان و میزان دبی برداشت و تثبیت عمق آب زیرزمینی در رقوم‌های

مشخص شده

پس از ورود اطلاعاتی از قبیل مکان و میزان دبی برداشت و تثبیت عمق آب زیرزمینی در رقوم‌های مشخص شده به مدل از آن بهره‌برداری می‌گردد. در پژوهش حاضر بر اساس شرایط و فرضیاتی که برای آینده در نظر گرفته شد داده‌های ورودی مدل تنظیم و پس از کالیبراسیون و شبیه‌سازی و اجرای مکرر مدل اطلاعات خروجی که معرف جبران کمبود آب در شبکه، مکان برداشت و میزان برداشت و رفتار آتی سیستم آب زیرزمینی است به صورت دقیق مشخص و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بنابراین می‌توان برای حالت‌های مختلف بهره‌برداری و فرضیات مختلف رفتار سیستم را در زمان و مکان مورد بررسی و ارزیابی قرار داد و در نهایت از ایجاد بحران در افت بیش از حد در اثر برداشت و یا عدم استفاده بهینه از ظرفیت برداشت آب که منجر به افزایش هزینه است ممانعت خواهد شد و قابلیت مدل برای جایگزینی زهکش‌های عمودی به جای زهکش‌های زیر سطحی برای تثبیت سطح آب زیر زمینی در حد معلوم مورد ارزیابی قرار گرفت.

۳-۶- مدل‌سازی محدوده مورد مطالعه

۳-۶-۱- هدف از ساخت مدل

اولین گام در ساخت مدل، تعیین هدف از ساخت آن مدل می‌باشد. یکی از مهمترین اهداف در ساخت هر مدل آبخوان، پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان تحت تأثیر عوامل طبیعی موجود در منطقه و یا نوع و شدت واکنش به عوامل خارجی که قرار است در آینده به آبخوان اعمال شود می‌باشد. در ساخت مدل آبخوان دشت چمچمال (شبکه آبیاری دینور) به‌طور کلی اهداف زیر دنبال می‌شوند:

- مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه آبیاری و زهکشی
- بهینه‌سازی تخصیص منابع آب
- ارائه راهکارهای مدیریتی جهت بهره‌برداری بهینه از آبخوان با استفاده از نتایج به‌دست آمده

۳-۶-۲- تهیه مدل مفهومی محدوده مورد مطالعه

دومین مرحله مدل‌سازی تهیه مدل مفهومی سیستم می‌باشد. هدف از تهیه مدل مفهومی، ساده‌انگاری مسائل صحرائی و درک آسانتر قوانین فیزیکی حاکم بر سیستم طبیعی می‌باشد. تهیه شمای یک مدل مفهومی با توجه به آنچه در طبیعت آبخوان وجود دارد مانند مولفه‌های جریان، فرآیند حل مواد، مکانیسم حاکم بر محیط و خصوصیات طبیعی آبخوان انجام می‌پذیرد. با تهیه مدل مفهومی می‌توان سیستم را در ساده‌ترین حالت مورد بررسی قرار داد. به دلیل آنکه برپایی سیستم صحرائی بسیار دشوارتر و اغلب غیرممکن است، ساده کردن مسائل در تهیه مدل مفهومی ضروری می‌باشد (اندرسون و ووئسنر، ۱۹۹۲). به منظور تهیه مدل مفهومی دشت چمچمال گزارشات مختلف هیدروژئولوژی، هیدرولوژی، لوگ‌های حفاری، اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای، تخلیه، نفوذ از بارش و محاسبه بیلان سطحی و زیرزمینی محدوده، نمایی کلی در ساده‌ترین شکل ممکن از سیستم به‌دست آمد. جریان‌های ورودی به سیستم آب زیرزمینی دشت شامل تغذیه از بارندگی، تغذیه از طریق جریان آب رودخانه‌های گاماسیاب و دینه‌ور، تغذیه آب زیرسطحی و تغذیه از آب برگشتی کشاورزی می‌باشد. جریان‌های خروجی شامل جریان خروجی زیرسطحی و تخلیه توسط چاه‌ها و چشمه‌ها می‌باشد. با توجه به نتایج زمین‌شناسی و ژئوفیزیک، آبخوان دشت چمچمال در حالت کلی آبخوان آزادی است که با توجه به مدل سه بعدی ساخته شده از آبخوان، نوع آبخوان تغییرپذیر (Convertible) در نظر گرفته شد. در این پژوهش مدل مفهومی جریان شامل سه لایه اطلاعاتی عوامل مؤثر در جریان (Source & Sink)، تغذیه (Recharge) و اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای (Observation Wells) است.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۶-۳- شرایط اولیه و مرزی

با استفاده از آمار پیژومترهای موجود در منطقه، رقوم سطح آب اندازه‌گیری شده به‌عنوان شرط اولیه به مدل معرفی شد. شرایط مرزی در نظر گرفته شده در این تحقیق به‌صورت مرزهای بدون جریان و مرزهای بار عمومی (GHB) است. البته لازم به ذکر است که چاه‌های پمپاژ، رودخانه‌ها و نواحی با نرخ‌های تغذیه مختلف نیز شرایط مرزی داخلی دشت محسوب می‌شوند. مرز بدون جریان یا مرز نفوذناپذیر با جریان صفر، مرز بین سازندهای نفوذناپذیر با آبخوان است که هیچ جریانی از آن عبور نمی‌کند. این مرز بر خطوط هم‌پتانسیل عمود می‌باشد. مرزهای بدون جریان، شرط مرزی نیومن محسوب می‌شوند. مرز بار عمومی، همان مرزهای جریان وابسته به بار هیدرولیکی است (شرط مرزی کوشی) و موازی با خطوط تراز سطح ایستابی است. جریان عبوری از مرز بار عمومی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_b = C_b \times (h_b - h)$$

که در آن، Q_b : مقدار جریان از مرز بار عمومی برحسب مترمکعب در روز

C_b : توانایی مرز برای عبور آب برحسب مترمربع در روز

h_b : بار هیدرولیکی در مرز برحسب متر

h : بار هیدرولیکی در آبخوان برحسب متر

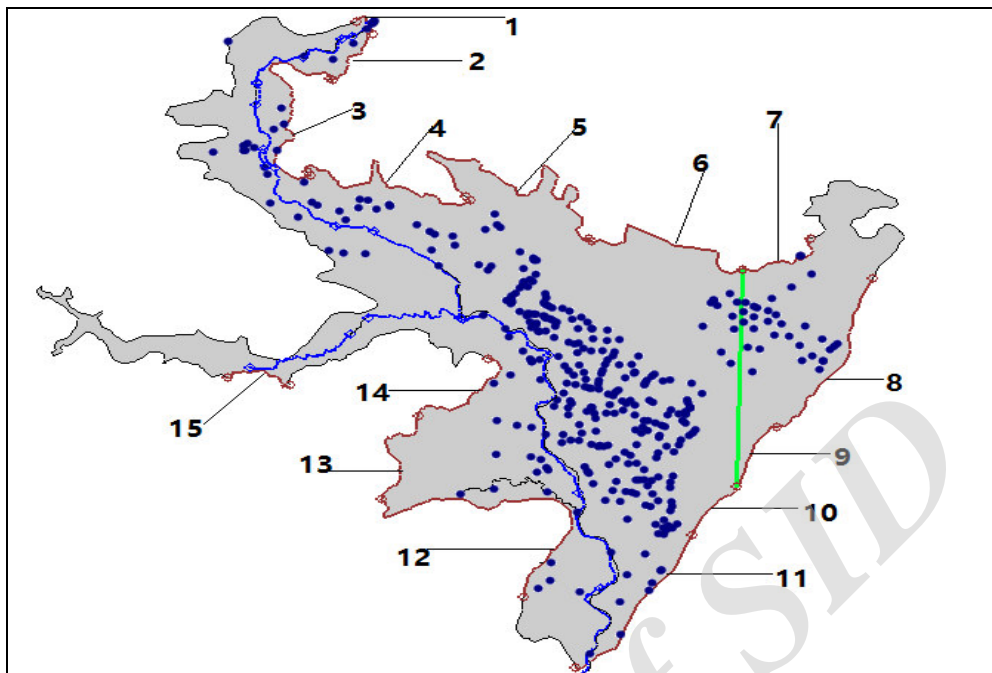
۳-۵-۴- ساخت لایه اطلاعاتی مربوط به عوامل مؤثر بر جریان (Source & Sink)

در این لایه، داده‌های مربوط به مرزهای بار عمومی، چاه‌ها و رودخانه‌ها به ترتیب زیر به مدل معرفی شد:

۳-۵-۴-۱- مرزهای بار عمومی

برای مشخص کردن مرزهای باز و بسته، ابتدا خطوط تراز سطح ایستابی ترسیم و سپس با توجه به اینکه کدامیک از مرزها موازی با خطوط تراز سطح ایستابی است آن منطقه به‌عنوان مرز باز و مرزهایی که عمود بر خطوط تراز سطح ایستابی است مرز بدون جریان تعیین شدند. در این مدل تعداد ۱۵ مرز بار عمومی شناخته شد که در شکل زیر آورده شده است. لازم به ذکر است که برای شناخت مرزها از نقشه زمین‌شناسی منطقه نیز استفاده شد. بعد از تعیین مرزهای باز و بسته، باید برای مرزهای باز اطلاعات لازم از قبیل توانایی مرز برای عبور جریان آب و عمق مرز باز (از چه لایه تا چه لایه‌ای) برای مدل تعریف شود. باید در نظر داشت که در حالت شرایط جریان غیرماندگار، پارامتر ضریب کونداکتانس به‌صورت متغیر در واحد زمان در طول دوره‌های تنش به مدل ارائه شود.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...



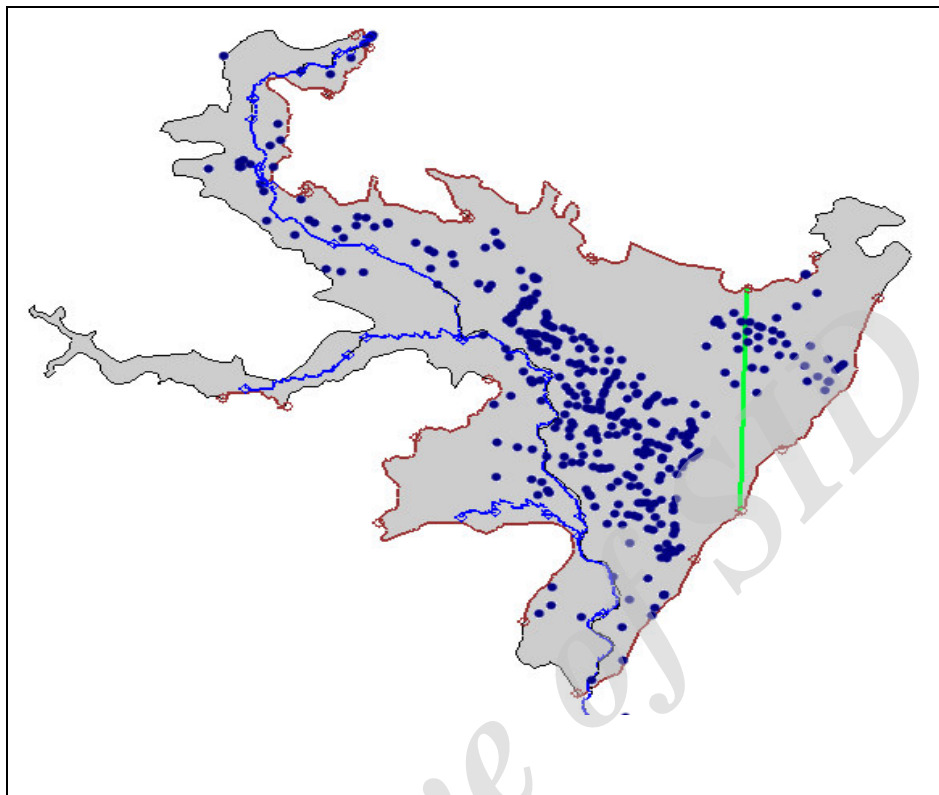
شکل شماره ۳-۶ مرزهای بار عمومی و خروجی محدوده مورد مطالعه شبکه دینور

۳-۵-۴-۲-چاه‌ها

طبق آمار و اطلاعات به‌دست‌آمده از شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه، در محدوده مورد مطالعه از دشت چمچمال ۳۳۰ حلقه چاه وجود دارد که همگی به مدل معرفی شدند و اطلاعات لازم از قبیل موقعیت جغرافیایی قرارگیری چاه‌ها و دبی پمپاژ آنها به مدل معرفی شد.

۳-۵-۴-۳-رودخانه‌ها

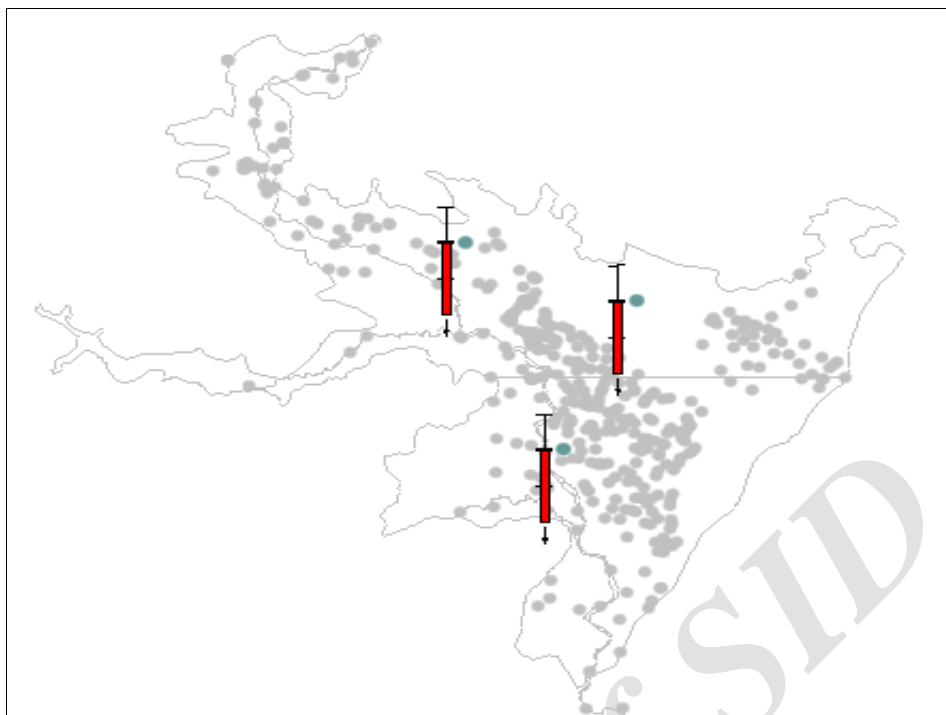
در محدوده مورد مطالعه دشت چمچمال رودخانه‌های دینه‌ور و گاماسیاب جریان دارند. برای تعریف این رودخانه‌ها در لایه اطلاعاتی مربوطه باید در سلول‌های درگیر، توانایی کف رودخانه برای عبور جریان آب (C_{Riv})، بار آبی در رودخانه (Head Stage) و رقوم کف رودخانه (Bot Elevation) به مدل معرفی شد. در شکل زیر لایه اطلاعاتی (Source & Sink) آورده شده است.



شکل شماره ۳-۷، لایه Snik & Source محدوده مورد مطالع دشت چمچمال

۳-۵-۵- ساخت لایه اطلاعاتی مربوط به مقادیر سطح آب مشاهده‌ای (Observation)

در این لایه موقعیت جغرافیایی پیزومترهای دشت و رقوم سطح آب اندازه‌گیری شده به مدل ارائه شد. در حالت غیرماندگار برای هر پیزومتر رقوم سطح آب اندازه‌گیری شده در طول دوره‌های تنش از آمار استخراج و به مدل معرفی شد.



شکل شماره ۳-۸ موقعیت چاه‌های مشاهداتی (پیزومترها)

۳-۵-۶- شبکه‌بندی آبخوان

در این پژوهش به منظور شبکه‌بندی افقی بر روی محدوده دشت، ساختار شبکه‌ای با ۱۰۰ ردیف و ۱۰۰ ستون در نظر گرفته شد. دلیل استفاده از شبکه‌بندی افقی عبارت است از:

۱- در شبکه‌های منظم و یکنواخت خطای قطع کردن محاسبات در حل عددی معادلات جریان و حمل مواد، کمتر از شبکه‌های نامنظم است.

۲- اکثر نرم‌افزارهای میانمایی (میانمایی برای مقادیر مشاهده‌ای) برای شبکه‌های منظم تهیه شده‌اند.

۳- مقادیر سطح آب و غلظت محاسباتی در شبکه‌های منظم می‌تواند مستقیماً به عنوان داده‌های ورودی در GIS استفاده شود (بدون نیاز به درونمایی).

معمولاً در مدل‌سازی آب زیرزمینی ابعاد شبکه‌ها را از ۵۰۰ متر تا ۲ کیلومتر در نظر می‌گیرند. البته می‌توان در نقاط بحرانی کمتر از ۱۰۰ متر هم طراحی کرد (نشریه شماره ۳۳۷-الف). در این مطالعه شبکه‌بندی عمودی یکنواخت نبوده و ضخامت آبخوان در نقاط مختلف، متفاوت است و هر لایه

می‌تواند در نقاط مختلف دارای ضخامت و ابعاد مختلف باشد. در واقع هر شبکه‌ی عمودی، خود می‌تواند به عنوان یک آبخوان عمل کند، بنابراین در مدل‌های MT3DMS و MODFLOW مدل‌سازی به صورت سه‌بعدی نیست، بلکه به صورت شبه سه‌بعدی انجام می‌شود. با توجه به نتایج نقشه‌های هم ضخامت آبخوان، ضخامت آبخوان دشت چمچمال از حدود ۶۰ متر تا حدود ۲۵۰ متر متغیر است.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۵-۷- ساخت مدل شبیه‌ساز جریان (MODFLOW)

بعد از پایان شبکه‌بندی، مدل MODFLOW برای آبخوان موردنظر ساخته شد. در مدل MODFLOW ساخته شده، باید شرایط جریان (مانند گار و یا غیرماندگار)، شرایط اولیه و نوع شرایط مرزی، نوع بسته جریان، تقسیم‌بندی دوره‌های تنش و گام‌های زمانی، انتخاب محاسبه‌گر برای حل سامانه‌های معادلات به‌وسیله روش‌های تکرار و تنظیمات مربوط به زیربرنامه جریان انتخابی و روش محاسبه‌گر انتخابی به مدل معرفی شوند. نرم‌افزار GMS پنج بسته نرم‌افزاری (محاسبه‌گر) برای حل سامانه‌های معادلات به‌وسیله روش‌های تکرار دارا می‌باشد که عبارتند از:

1. (SIP) Strongly Implicit Procedure
2. (SSOR) Slice-Successive Over Relaxation
3. (PCG2) Preconditioned Conjugate-Gradient 2
4. (GMG) Geometric Multi Grid
5. (LMG) Link - AMG

در این پژوهش محاسبه‌گر PCG2 انتخاب شد. در روش تکرار PCG2 یک سری پارامترها باید مشخص شوند که به شرح زیر می‌باشند:

MXITER: عبارت از حداکثر تکرارهای خارجی بوده و برای مسائل خطی بایستی مساوی یک باشد مگر اینکه بیش از پنجاه تکرار داخلی موردنیاز باشد. تعداد زیادتر آن (عموماً بیشتر از صد تکرار) برای مسائل غیرخطی به کار می‌رود. تکرارهای خارجی تا زمانی که معیار همگرایی نهایی در اولین تکرار داخلی حاصل شود، ادامه خواهد یافت.

ITER1: عبارت از حداکثر تکرارهای داخلی است. سیستم معادلات $A \times X = B$ با مجموعه جدیدی از A و B در تکرارهای داخلی حل می‌شود. تکرارهای داخلی تا زمانی که تکرارهای ITER1 اجرا شوند یا معیار همگرایی نهایی حاصل شود، ادامه پیدا خواهد کرد.

تغییر بار هیدرولیکی (L): معیار تغییر بار هیدرولیکی برای همگرایی است. وقتی که مقدار حداکثر مطلق تغییر بار هیدرولیکی در تمام گره‌ها در طی یک تکرار کمتر یا مساوی تغییر بار هیدرولیکی شده و مقدار باقیمانده‌ها رضایت‌بخش شود، تکرار متوقف می‌گردد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

باقیمانده‌ها L3/T: معیار باقیمانده‌ها برای همگرایی را نشان می‌دهد. باقیمانده‌ها بر اساس $A \times X = B$ برای هر تکرار داخلی محاسبه می‌شوند. وقتی که مقدار حداکثر مطلق باقیمانده‌ها در تمام گره‌ها در طی یک تکرار کمتر یا مساوی باقیمانده‌ها شود و معیار تغییر بار هیدرولیکی رضایت‌بخش باشد، تکرار متوقف می‌شود. پارامتر Relaxation: در گزینه MICC (Modified InComplete Cholesky) استفاده می‌شود. معمولاً این پارامتر مساوی یک است اما برای بعضی مسائل مقدار ۰/۹۹، ۰/۹۸ یا ۰/۹۷ تعداد تکرارهای موردنیاز را برای همگرایی کاهش خواهد داد. نوع بسته جریان نیز در این پژوهش (LPF (Layer Property Flow) انتخاب شد که باید نوع آبخوان، مشخصات فیزیکی خاک و... تعیین شود. برای ساخت کامل مدل MODFLOW باید مدل مفهومی و T-PROGS ساخته شده به مدل MODFLOW تبدیل شوند.

۳-۵-۸- اجرای مدل

بعد از مدل‌سازی محدوده مورد مطالعه، با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده پیزومترها مدل در شرایط زیر اجرا شد:

شرایط جریان ماندگار برای سال ۱۳۹۳

شرایط جریان غیرماندگار برای سال ۱۳۹۳

کالیبراسیون مدل در حالت ماندگار و غیرماندگار سال ۱۳۹۳

۳-۵-۸-۱- اجرای مدل در شرایط جریان ماندگار

مدل ساخته‌شده در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۳ اجرا شد. در نهایت با مقایسه مکرر سطح آب محاسباتی و سطح آب مشاهداتی در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳، مدل به روش سعی و خطا (روش دستی) واسنجی شد و مقادیر کالیبره شده هدایت هیدرولیکی و ضریب توانایی مرز در عبور جریان (در مرزهای عمومی و رودخانه‌ها) به‌دست آمد که در ادامه آورده شده است. بعد از کالیبره کردن مدل، سطح آب اولیه برای اجرای مدل در حالت غیرماندگار به‌دست خواهد آمد.

۳-۵-۸-۲- اجرای مدل در شرایط جریان غیرماندگار

بعد از واسنجی مدل در حالت ماندگار، باید مدل به حالت غیرماندگار تبدیل شود؛ به این ترتیب که باید ابتدا پارامترهای تنش‌زا در مدل مفهومی مثل دبی پمپاژ، نرخ تغذیه، ضرایب مربوط به مرزها و... به حالت متغیر زمانی تبدیل شود، همچنین نوع جریان به غیرماندگار تغییر یابد. در این تحقیق از داده‌های اردیبهشت ۱۳۹۳ برای صحت سنجی مدل خارج از بازه استفاده شد. بعد از اجرای مدل جریان غیرماندگار، به روش سعی و خطا مدل واسنجی و ضرایب آبدهی ویژه و ضریب ذخیره ویژه کالیبره شدند.

۳-۵-۹- پارامترهای آماری سنجش دقت مدل

جهت بررسی دقت مدل کمی در حالت ماندگار و غیرماندگار در شبیه‌سازی سطح آب زیرزمینی و نیز برای سنجش دقت مدل کیفی آبخوان، ارزیابی‌های آماری با استفاده از شاخص‌هایی چون مجذور ضریب همبستگی، شیب خط رگرسیون، متوسط جذر مربعات خطا و متوسط خطای مطلق انجام شد.

شاخص‌های آماری فوق به صورت زیر می‌باشند:

۱- R^2 و α که به ترتیب عبارتند از مجذور ضریب همبستگی و شیب خط رگرسیون، زمانی که عرض از مبدأ آن صفر باشد. دقت هر مدل به پارامترهای فوق بستگی دارد. بدین صورت که هر چه α و R^2 به یک نزدیکتر باشند مدل بهتر می‌تواند مقادیر اندازه‌گیری شده را تخمین بزند.

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_{pi} - x_{mi}| \quad \text{۲- متوسط خطای مطلق (Absolute Mean Error)}$$

که در آن n تعداد داده‌ها، x_p مقدار شبیه‌سازی شده و x_m مقدار اندازه‌گیری شده

$$RMSE = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{pi} - x_{mi})^2} \quad \text{۳- متوسط جذر مربعات خطا (Root Mean Square Error)}$$

در هر روش هر اندازه مقادیر محاسبه شده AME و RMSE به صفر نزدیکتر باشد دقت روش برای تخمین مقادیر اندازه‌گیری شده بالاتر است.

۳-۵-۱۰- پهنه‌بندی پارامترهای هیدروژئولوژیکی آبخوان

تخمین پارامترهای هیدروژئولوژیکی آبخوان (T ، K ، S_y و مواردی از این قبیل) برای ارزیابی، مدیریت و مطالعات منابع آب‌های زیرزمینی ضرورت دارد. روش‌های گوناگونی مانند آزمون پمپاژ، شبیه‌سازی یا مدل آب‌های زیرزمینی، روش‌های ژئوفیزیکی برای ارزیابی این پارامترها وجود دارند. اگرچه تعبیر و تفسیر داده‌های به‌دست‌آمده از آزمون پمپاژ، بهترین روش تخمین پارامترهای هیدروژئولوژیکی آبخوان است، اما این روش پرهزینه و وقت‌گیر است و نتایج آن برای نقاط محدودی کاربرد دارد. در این مطالعه پارامترهای هیدروژئولوژیکی آبخوان با روش شبیه‌سازی آب زیرزمینی به‌دست‌آمده است و نقشه پهنه‌بندی پارامترها تهیه گردید. در این پژوهش برای مشخص شدن روش مناسب میان‌یابی از دو معیار ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی (R) استفاده شده است. در نهایت با توجه به اینکه روش کریجینگ دارای R بالاتر و RMSE پایین‌تر نسبت به سایر روش‌ها بود لذا روش کریجینگ به‌عنوان روش مناسب جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی انتخاب شد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۳-۵-۱۱- بهینه‌سازی تخصیص منابع آب سطحی و زیرزمینی با مدیریت سطح تراز آب زیرزمینی :

این مهم پس از استخراج محدودیت‌های موجود در منطقه و با بکارگیری مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی با تأکید بر برنامه‌ریزی خطی به دست می‌آید. در این شیوه برنامه‌ریزی علاوه بر دستیابی به حداکثر سود با رعایت محدودیت‌های برداشت منابع آب برای الگوی کشت موجود در منطقه، قابلیت مدیریت سطح تراز آب زیرزمینی در سطح مطلوب برنامه‌ریزی میسر می‌گردد.

۳-۵-۱۱-۱- گردآوری داده‌های آماری و انجام مطالعات کتابخانه‌ای

در این مرحله کلیه داده‌های آماری، اطلاعات و نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده در منطقه گردآوری شد. کلیه آمار و اطلاعات چاه‌های اکتشافی و مشاهده‌ای و نیز نقشه‌های پایه منابع آب و زمین‌شناسی تهیه و اطلاعات توصیفی مربوط به آن ارزیابی شده و اطلاعات اصلاح و به‌روز گردید. در این بخش، از گزارش نهایی آماربرداری از منابع آب محدوده مطالعاتی دینور از آب منطقه‌ای استان کرمانشاه استفاده گردید. اطلاعات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، هواشناسی و فیزیوگرافی منطقه و نیز نقشه‌های پایه مربوط به موقعیت جغرافیایی دشت، محدوده‌های دشت و ارتفاعات تفکیک شده از گزارش‌های موجود در شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه استخراج گردید.

۳-۵-۱۱-۲- تعیین الگوی بهینه با توجه به وضعیت منابع آبی و الگوی کشت

با توجه به کشت‌های مختلف موجود در منطقه، وضعیت منابع آبی، بهره‌برداری منابع آب و مسائل اقتصادی و اجتماعی حاکم، بررسی الگوی کشت موجود و تحلیل‌های اقتصادی سود و هزینه صورت می‌پذیرد (Moa و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج این بخش به عنوان ضرایب تابع هدف و نیز محدودیت‌های حاکم به عنوان توابع محدودیت فرمول‌بندی می‌گردد. پس از تهیه اطلاعات مورد نیاز برای حل مسئله و تعیین محدودیت‌های موجود در منطقه، مسئله بهینه‌سازی در دشت دینور به صورت رابطه زیر فرمول‌بندی گردید:

$$\text{تابع هدف: } \text{Max}(Z) = \sum_1^n C_{Bi} X_i$$

توابع محدودیت شامل روابط زیر است که به شرح زیر ارائه می‌شود:

$$C_{WU1} \leq B_1$$

$$X_1 + X_2 + \dots + X_{13} \leq B_2$$

$$X_1 + X_2 + X_3 = X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12}$$

$$X_1 \geq B_3$$

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

$$X_{13} \geq B_4$$

$$X_{13} \leq B_5$$

$$X_4 \geq B_6$$

$$X_4 \leq B_7$$

$$X_5 \geq B_8$$

$$X_6 \leq B_9$$

$$X_6 \geq B_{10}$$

$$X_4 \leq B_{11}$$

$$X_1, X_2, \dots, X_{14} \geq 0$$

که در آن Z درآمد خالص سالانه، CWU_i ، CBi ، X_i به ترتیب مساحت زیرکشت، درآمد خالص و نیاز آبی هر محصول، B_1 حجم آب قابل بهره‌برداری، B_2 سطح کل اراضی دشت، B_3 سطح حداقل کشت گندم، B_4 ، B_6 ، B_8 و B_{10} سطح اراضی باغی، گشنیز کاری، یونجه کاری و شیدر کاری و B_3 ، B_5 ، B_7 ، B_9 و B_{11} نیز به ترتیب بیشترین سطح اراضی باغی، گشنیز کاری، یونجه کاری و شیدر کاری است.

۳-۱۴- اجرای مدل بهینه‌سازی

برای دست‌یابی به مناسب‌ترین وضعیت سطح کشت اراضی برای رسیدن به اهداف تحقیق با استفاده از روش سیمپلکس و با کمک نرم‌افزار Lingo نسخه ۱۱، مسئله برنامه‌ریزی خطی موجود، مدل‌سازی و اجرا گردید. به منظور شناسایی مؤثرترین محدودیت منابع و همچنین محصولات کشاورزی در تغییر مقدار تابع هدف از تحلیل حساسیت استفاده شد. برای این منظور میزان درصد تغییر تابع هدف مرتبط با درصد تغییرات (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد) هر یک از منابع محدودیت بررسی و حساسیت تابع هدف نسبت به آنها ارزیابی شد و مقایسات میزان سطوح اختصاص یافته به هر کاربری و تولید و درآمد آنها در وضعیت موجود و شرایط پیشنهادی انجام شد.

فصل چهارم

نتایج

Archive of SID

۴- نتایج دست آمده از مدل ها

۴-۱- مقدمه

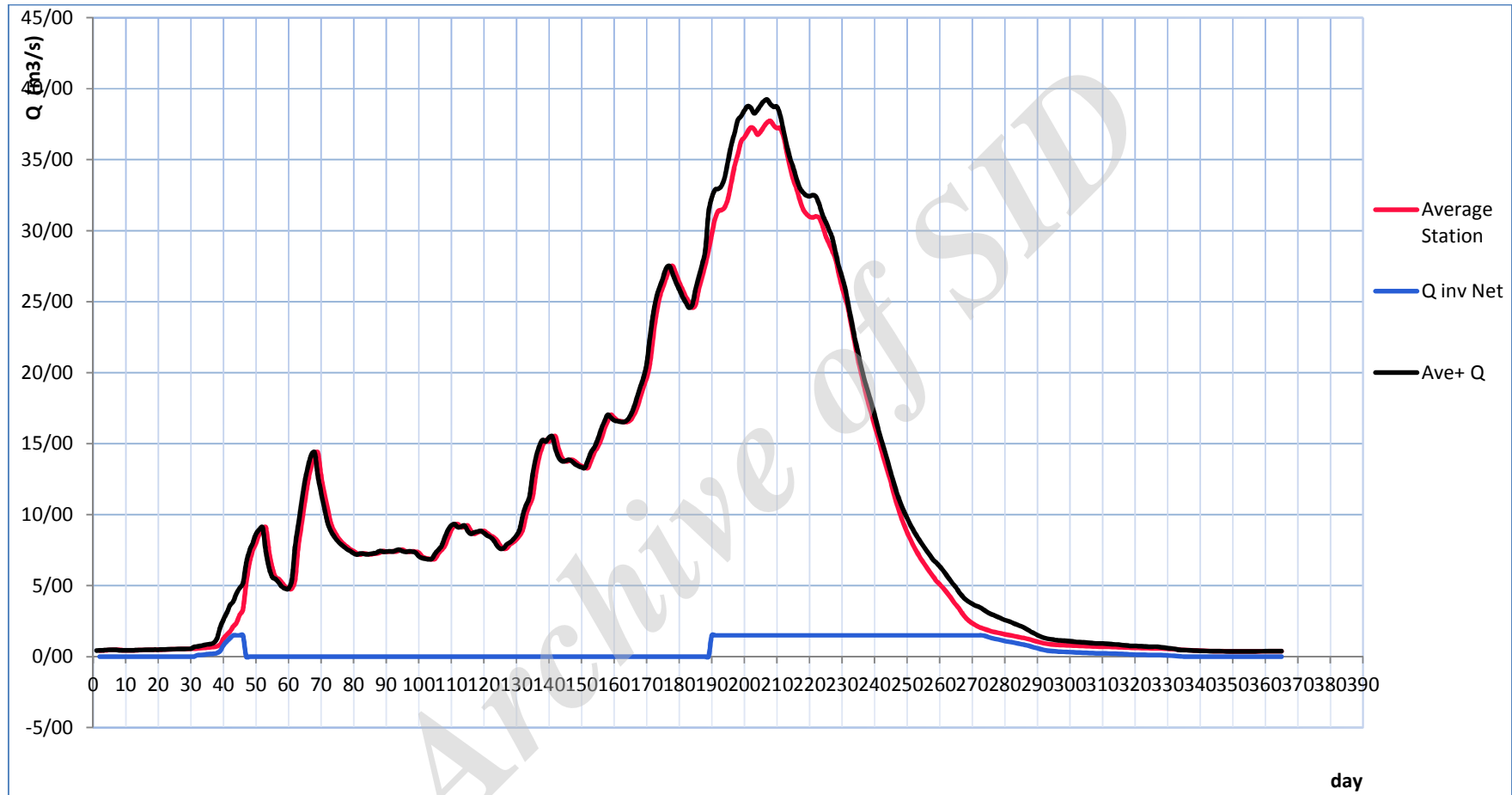
نتایج تحقیق شامل مقادیر جریان محاسبه شده از رودخانه و چشمه های منطقه می باشد و نیازآبی در کشت‌های مختلف در مناطق ۵ گانه تقسیم شده‌ی شبکه محاسبه شد و با لحاظ نمودن مقادیر راندمان های مختلف انتقال و توزیع و کاربرد آب در شبکه آبیاری مقادیر آبیاری مورد نیاز برآورد گردید همچنین نتایج حاصل از شبیه سازی آبهای زیر زمینی در منطقه مقادیر آب زیر زمینی موجود و قابل برداشت را نشان می دهد و در نهایت با توجه به محدودیت های اعمال شده مقادیر اب موجود برآورد شد و مقادیر آب مصرفی در منطقه نیز محاسبه گردید و با توجه به الگوی کشت موجود م منابع اب قابل دسترس بدون اینکه منطقه دچار مشکل شود بهینه سازی تخصیص آب انجام و الگوی کشت بهینه با استفاده از نرم افزار Lingo انجام پذیرفت.

۴-۲- جریان ورودی به شبکه

برای بررسی میزان جریان ورودی به شبکه داده‌های جریان ایستگاه هیدرومتری حیدرآباد نزدیکترین ایستگاه پایین دست به محل بند انحرافی که نازلان تأمین کننده‌ی آب شبکه آبیاری دینه‌ور انتخاب شد و داده‌های مربوط به سال‌های ۸۲-۹۳ یعنی ۲۰ سال اخیر جمع‌آوری شود و کمبودهای داده‌های آماری به روش‌های رگرسیونی با استفاده از ایستگاه‌های مجاور تکمیل شد. میانگین متحرک‌های ۷ روزه داده‌های روزانه ایستگاه هیدرومتری محاسبه گردید و میانگین ۲۱ ساله میانگین متحرک‌های ۷ روزه محاسبه شد و به عنوان متوسط آبدهی جریان مد نظر قرار گرفت. میزان ماکزیمم دبی ورودی آب از دو کانال اصلی شبکه کانال ساحل چپ DL با دبی ۱۲۰۰ لیتر بر ثانیه و کانال ساحل راست DR با دبی ۳۰۰ لیتر بر ثانیه که در مجموع ۱۵۰۰ لیتر بر ثانیه است. در نمودار شکل یک دبی‌های جریان ورودی به شبکه و دبی جریان رودخانه و دبی جریان پس از آبیگری شبکه نشان داده شده است.

نتایج حاصله از اطلاعات میدانی و دبی موجود در بند انحرافی و میانگین آمار جریان موجود نشان می‌دهد که در ماه مهرماه امکان آبیگری از رودخانه وجود ندارد و در نیمه اول آبان ماه دبی جریان می‌تواند نیاز کانال اصلی آبیاری را تأمین نماید اگر چه دبی قابل انتقال از کانال اصلی بسیار کمتر از نیاز واقعی شبکه آبیاری می‌باشد و هیدروگراف آبدهی رودخانه نشان می‌دهد که می‌توان تا نیمه اول تیر ماه آبدهی کامل از رودخانه داشت ولی در ماه‌های اردیبهشت و خرداد اگر چه رودخانه چندین برابر نیاز شبکه آبدهی دارد ولی محدود بودن میزان انتقال آب به دلیل کوچک بودن کانال موجب شده است که همواره شبکه با مشکل کم آبی حتی برای کشت‌های پاییزه گندم و کلزا مواجه باشد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...



شکل ۴-۱ منحنی‌های هیدروگراف جریان رودخانه در ایستگاه و جریان ورودی به شبکه و مجمع جریان ایستگاه با شبکه

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

۴-۳- راندمان‌های انتقال و توزیع آب

برای اندازه‌گیری راندمان‌های انتقال و توزیع آب در نقاط مختلف با استفاده از مولینه اندازه‌گیری سرعت آب انجام در مقاطع مختلف کانال‌های انتقال و توزیع شبکه به روش میانگین سرعت در پروفیل عرضی در میانگین مساحت مقاطع دبی‌سنجی آب انجام پذیرفت.

در اندازه‌گیری راندمان انتقال و توزیع آب به ترتیب زیر عمل گردیده است:

الف) مرحله اول انجام عملیات تحقیقی، سپس انجام بازدیدهای مکرر صحرایی و آشنایی با شبکه و مصاحبه با کارشناسان و تکنسین‌های امور آب استان و شناسایی کلیه کانال‌های اصلی و فرعی

ب) با استفاده از GPS^{۲۴} موقعیت‌ها اندازه‌گیری و برداشت گردید.

ج) دبی کانال‌های اصلی و فرعی با استفاده از مولینه اندازه‌گیری و مسیر کانال‌ها و نقاطی که سازه‌های انتقال وجود داشت با GPS برداشت شد.

د) فاصله بین نقاط اندازه‌گیری شده در طول مسیر برای محاسبه راندمان کانال‌ها با استفاده از نرم افزار ArcGIS به دست آمد، و راندمان آنها محاسبه گردید.

ه) به صورت وزنی از راندمان‌های مقاطع در طول مسیر، راندمان کل در واحد کیلومتر محاسبه شد.

سپس مطابق با طول کانال‌های انتقال، راندمان‌های انتقال در نواحی N_1 و N_2 و N_3 تقسیم شده از شبکه شبکه به دست آمد و با توجه به طول متوسط کانال‌های توزیع درجه ۲ راندمان متوسط توزیع محاسبه شد و مطابق با جدول زیر راندمان‌های انتقال و توزیع آب به دست آمد. با توجه به مطالعات مشاور در طراحی شبکه و ارزیابی‌های قبلی به عمل آمده از راندمان کاربرد آب در منطقه برابر ۰/۵۵ راندمان کل برآورد و در محاسبه‌ی نیاز آبی به کار گرفته شد. در راندمان‌های انتقال چون کل مسیر جهت انتقال آب استفاده شد تمام کانال‌ها در نظر گرفته شد و در کانال‌های توزیع که از قسمت‌های مختلف کانال اصلی کانال‌های فرعی منشعب می‌گردد متوسط طول کانال‌ها در نظر گرفته شد و به عنوان معیار برای محاسبه راندمان متوسط کانال‌های توزیع در نظر گرفته شد.

^{۲۴}- Global Positioning System

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۱ طول کانال‌های انتقال و توزیع آب در شبکه آبیاری دینه‌ور

| ناحیه نوجبران | طول کانال اصلی (m) | طول کانال فرعی (m) | طول متوسط کانال فرعی (m) | ناحیه برناج | طول کانال اصلی (m) | طول کانال فرعی (m) | طول متوسط کانال فرعی (m) |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| | ۲۲۵۸ | ۶۷۸ | | | ۳۷۱۲ | ۳۷۸ | |
| | ۲۲۷۶ | ۱۷۸۰ | | | ۳۵۴۴ | ۶۰۷ | ۴۱۱ |
| | ۴۱۲۷ | ۱۸۸۷ | ۱۴۳۴/۳۳ | | | ۲۴۸ | |
| | | ۱۵۸۳ | | | ۳۶۲۸ | | |
| | | ۶۶۳ | | | | | |
| | ۴۵۳۴ | ۲۰۱۵ | | | | | |

| ناحیه N1 | طول کانال اصلی (m) | طول کانال فرعی (m) | طول متوسط کانال فرعی (m) | ناحیه N2 | طول کانال اصلی (m) | طول کانال فرعی (m) | طول متوسط کانال فرعی (m) |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| | ۳۳۴۵ | | | | ۱۶۹۹ | ۱۳۷۶ | |
| 1200 L | ۴۶۵ | ۷۰۹ | | | ۷۰۹ | ۱۹۶۰ | |
| 300 L | ۵۲۲ | ۳۷۰ | | | | ۴۳۲۸ | |
| | ۶۴۰ | | | | | ۱۱۵۳ | ۱۷۳۳ |
| | ۸۴۲ | | | | | ۲۱۵۹ | |
| | ۹۵۹ | | | | | ۱۸۰ | |
| | ۵۷۴ | | | | | ۹۷۵ | |
| | ۴۳۲۲ | ۷۰۹ | ۱۰۳۷/۷ | | ۲۴۰۸ | | |
| | ۴۵۰ | | | | | | |
| | ۵۱۹ | | | | | | |
| | ۶۲۴ | | | | | | |
| | ۱۲۲۳ | | | | | | |
| | ۱۷۱۵ | | | | | | |
| | ۹۷۶ | | | | | | |
| | ۱۳۷۷ | | | | | | |
| | ۶۰ | | | | | | |
| | ۳۲۹ | | | | | | |
| | ۶۳ | | | | | | |
| | ۱۹۳ | | | | | | |
| | ۱۵۵۶ | | | | | | |

| ناحیه N3 | طول کانال اصلی (m) | طول کانال فرعی (m) | طول متوسط کانال فرعی (m) | ناحیه N3 | طول کانال اصلی (m) | طول کانال فرعی (m) | طول متوسط کانال فرعی (m) |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| | ۶۶۴۰ | ۴۵۷۶ | | | | | |
| | ۳۱۸۳ | ۱۸۵۴ | | | | | |
| | ۲۶۳۰ | | | | | | |
| | ۲۵۵۶/۵ | ۳۲۵ | | | | | |
| | | ۲۳۰۲ | | | | | |
| | | ۲۶۸۷ | | | | | |
| | | ۱۲۵۲ | | | | | |
| | | ۱۴۳۳ | | | | | |
| | | ۶۹۸۴ | | | | | |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۲ نیاز آبی گیاهان الگوی کشت با استفاده از مدل Netwat

| سیب | هلو | گردو | انگور | آفتابگردان | سیب زمینی | گوچه فرنگی | باقلا | ذرت دانه ای | چغندر قند | شیدر | یونجه | گشنیز | کلزا | جو | گندم | |
|-----|-----|------|-------|------------|-----------|------------|-------|-------------|-----------|------|-------|-------|------|----|------|----------|
| ۳۵ | ۳۰ | ۴۹ | ۲۸ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۲ | ۱۶ | ۳۹ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | مهر |
| ۲۵ | ۲۲ | ۳۴ | ۱۹ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۱ | ۱۳ | ۳۱ | ۰ | ۱۲ | ۰ | ۱۰ | |
| ۱۱ | ۰ | ۱۵ | ۶ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴ | ۱۷ | ۰ | ۳ | ۱ | ۱ | |
| ۰ | ۰ | ۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۶ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | آبان |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۷ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | آذر |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | دی |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | بهمن |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | اسفند |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۶ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۷ | ۳ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۸ | ۰ | ۰ | ۱۹ | ۱۲ | ۳۰/۷ | ۰ | ۰ | ۰ | فروردین |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۴ | ۰ | ۰ | ۲۵ | ۱۸ | ۴۱/۹ | ۱۰ | ۰ | ۰ | |
| ۶ | ۶ | ۸ | ۱ | ۰ | ۴ | ۴ | ۳۱ | ۱ | ۰ | ۳۳ | ۲۳ | ۴۰/۹ | ۳۴ | ۲۹ | ۲۹ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۰ | ۰ | ۰ | ۲۲ | ۱۳ | ۴۴/۱ | ۲۳ | ۲۰ | ۲۰ | اردیبهشت |
| ۱۵ | ۱۶ | ۱۴ | ۹ | ۴ | ۶ | ۶ | ۳۲ | ۴ | ۴ | ۳۵ | ۲۵ | ۴۸/۳ | ۳۸ | ۲۷ | ۳۳ | |
| ۳۹ | ۴۰ | ۳۸ | ۳۰ | ۱۶ | ۲۳ | ۲۴ | ۴۰ | ۲۵ | ۱۶ | ۵۳ | ۴۱ | ۴۹/۶ | ۴۸ | ۳۰ | ۴۳ | |
| ۴۴ | ۴۲ | ۴۷ | ۳۷ | ۲۶ | ۳۴ | ۳۵ | ۳۰ | ۳۸ | ۲۷ | ۵۴ | ۴۱ | ۶۶/۵ | ۳۰ | ۱۷ | ۳۰ | خرداد |
| ۵۱ | ۴۹ | ۵۹ | ۴۶ | ۴۲ | ۵۰ | ۵۲ | ۲۲ | ۵۶ | ۴۳ | ۶۲ | ۴۷ | ۷۷/۸ | ۱۹ | ۰ | ۱۹ | |
| ۶۶ | ۶۲ | ۷۶ | ۵۹ | ۶۹ | ۷۵ | ۷۸ | ۰ | ۷۷ | ۷۰ | ۷۸ | ۵۹ | ۸۴/۶ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۶۷ | ۶۳ | ۷۷ | ۵۹ | ۷۸ | ۷۶ | ۷۹ | ۰ | ۷۸ | ۷۹ | ۷۹ | ۵۸ | ۸۴/۶ | ۰ | ۰ | ۰ | تیر |
| ۷۲ | ۶۷ | ۸۲ | ۶۳ | ۸۳ | ۸۱ | ۸۵ | ۰ | ۸۳ | ۸۴ | ۸۱ | ۶۱ | ۵۶/۱ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۹۰ | ۸۴ | ۱۰۲ | ۷۹ | ۱۰۳ | ۱۰۰ | ۱۰۴ | ۰ | ۱۰۳ | ۱۰۳ | ۹۰ | ۷۵ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۷۸ | ۷۳ | ۸۹ | ۶۹ | ۸۹ | ۸۷ | ۹۱ | ۰ | ۸۲ | ۹۰ | ۰ | ۶۶ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | مرداد |
| ۷۷ | ۷۲ | ۸۸ | ۶۸ | ۸۵ | ۸۶ | ۹۰ | ۰ | ۵۹ | ۸۹ | ۰ | ۶۵ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۷۵ | ۶۹ | ۸۷ | ۶۷ | ۶۲ | ۷۹ | ۸۰ | ۰ | ۳۵ | ۸۸ | ۰ | ۶۵ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۶۱ | ۵۶ | ۷۵ | ۵۷ | ۳۱ | ۵۸ | ۵۶ | ۰ | ۰ | ۷۱ | ۰ | ۵۷ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | شهریور |
| ۵۴ | ۴۹ | ۷۱ | ۴۹ | ۰ | ۴۶ | ۴۱ | ۰ | ۰ | ۵۹ | ۰ | ۵۳ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۴۹ | ۴۴ | ۶۷ | ۴۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۵۰ | ۰ | ۵۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------------------|
| ۹۱۵۰ | ۸۴۴۰ | ۱۰۸۰۰ | ۷۸۸۰ | ۶۸۸۰ | ۸۰۵۰ | ۸۲۵۰ | ۲۱۷۰ | ۶۴۱۰ | ۹۲۶۰ | ۶۷۷۰ | ۹۳۵۰ | ۶۲۵۱ | ۲۱۸۰ | ۱۲۴۰ | ۱۸۵۰ | نیاز آبی بر حسب M ³ /ha |
|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------------------|

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۳ برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت ناحیه نوجبران

| نیازخالص آبیاری | نیازخالص آبیاری | سیب | هلو | گردو | انگور | آفتابگردان | سیب زمینی | گوجه فرنگی | باقلا | ذرت دانه ای | چغندر قند | شیدر | یونجه | گشیز | کلزا | جو | گندم | |
|---------------------|---------------------|------|------|------|-------|------------|-----------|------------|-------|-------------|-----------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| M ³ /dec | M ³ /dec | ۶ | ۷ | ۱۱ | ۱۶ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲ | ۶۷ | ۸۳ | ۰/۵ | ۱ | ۱۱ | ۶ | ۳۰/۵ | ۳۰۳ | سطح |
| ۱۰۶۰۸۶/۴۲ | ۴۱۱۰۰ | ۲۱۰۰ | ۲۱۰۰ | ۵۳۹۰ | ۴۴۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۶۵۶۰ | ۸۰ | ۳۹۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | مهر |
| ۱۵۱۳۷۳/۱۹ | ۵۸۶۴۵ | ۱۵۰۰ | ۱۵۴۰ | ۳۷۴۰ | ۳۰۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۷۴۳۰ | ۶۵ | ۳۱۰ | ۰ | ۷۲۰ | ۰ | ۳۰۳۰۰ | |
| ۱۸۰۰۳/۷۱۷ | ۶۹۷۵ | ۶۶۰ | ۰ | ۱۶۵۰ | ۹۶۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۰ | ۱۷۰ | ۰ | ۱۸۰ | ۳۰۵ | ۳۰۳۰ | |
| ۸۷۷/۶۰۰۵۴ | ۳۴۰ | ۰ | ۰ | ۲۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۶۰ | ۰ | ۶۰ | ۰ | ۰ | آبان |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۱۸۰/۶۸۲۴۶ | ۷۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۷۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | آذر |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | دی |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | بهمن |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۲۵/۸۱۱۷۸ | ۱۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | اسفند |
| ۱۰۳/۲۴۷۱۲ | ۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۰ | ۱۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۱۶۷/۷۷۶۵۷ | ۶۵ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۵ | ۳۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۴ اطلاعات مربوط به نیاز خالص و ناخالص آبیاری و میزان بهره برداری ناحیه نوجبران

| نوجبران | | | | | | | | | ناخالص آبیاری | خالص آبیاری |
|--|---------|--------|----------------|-------------|--------|-------|---------|------|---------------|-------------|
| | | | بهره برداری | بهره برداری | | | | | L/s | L/s |
| تخلیه سالانه | Q max | Q min | سالانه | سالانه | زمستان | پاییز | تابستان | بهار | ۱۲۲/۷۸۵ | ۴۷/۵۶۹ |
| m ³ | l/s | l/s | m ³ | ساعت | ساعت | ساعت | ساعت | ساعت | ۱۷۵/۲۰۰ | ۶۷/۸۷۶ |
| ۲۲۳۲۷۴۸/۸ | ۳۵۴ | ۲۱۲/۴۷ | ۱۲۲۳۴۲۴ | ۴۸۰۰ | ۰ | ۷۲۰ | ۲۲۳۲ | ۱۸۴۸ | ۲۰/۸۳۸ | ۸۰/۷۳ |
| ۳۳۷۴۳۵/۲ | ۴۲/۸ | ۳۲/۱ | ۱۷۸۴۲۴/۶۴ | ۴۶۳۲ | ۰ | ۷۲۰ | ۲۲۳۲ | ۱۶۸۰ | ۱/۰۱۶ | ۰/۳۹۴ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| ۲۵۷۰۱۸۴ | ۳۹۶/۸ | ۲۴۴/۵۷ | ۱۴۰۱۸۴۸/۶۴ | ۹۴۳۲ | ۰ | ۱۴۴۰ | ۴۴۶۴ | ۳۵۲۸ | ۰/۲۰۹ | ۰/۰۸۱ |
| <p>جمع بهره برداری</p> <p style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">۱۴۰۱۸۴۸/۶۴</p> | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۱۲ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۱۱۹ | ۰/۰۴۶ |
| | | | | | | | | | ۰/۱۹۴ | ۰/۰۷۵ |
| | | | | | | | | | ۱۱/۸۰۶ | ۴/۵۷۴ |
| | | | | | | | | | ۱۷/۹۰۷ | ۶/۹۳۸ |
| | | | | | | | | | ۳۱۸/۹۴۰ | ۱۲۳/۵۶۴ |
| | | | | | | | | | ۲۱۹/۷۹۱ | ۸۵/۱۵۲ |
| | | | | | | | | | ۳۸۲/۰۴۷ | ۱۴۸/۰۱۳ |
| | | | | | | | | | ۵۷۷/۷۸۱ | ۲۲۳/۸۴۴ |
| ۵۱۰/۹۱۸ | ۱۹۷/۹۴۰ | | | | | | | | | |
| ۴۸۴/۰۸۴ | ۱۸۷/۵۴۴ | | | | | | | | | |
| ۴۳۶/۳۹۸ | ۱۶۹/۰۶۹ | | | | | | | | | |
| ۴۶۱/۴۱۸ | ۱۷۸/۷۶۳ | | | | | | | | | |
| ۴۷۹/۸۶۶ | ۱۸۵/۹۱۰ | | | | | | | | | |
| ۵۷۰/۱۳۰ | ۲۲۰/۸۸۰ | | | | | | | | | |
| ۴۸۰/۷۴۴ | ۱۸۶/۲۵۰ | | | | | | | | | |
| ۴۳۱/۰۰۳ | ۱۶۶/۹۷۹ | | | | | | | | | |
| ۳۷۸/۶۹۲ | ۱۴۶/۷۱۳ | | | | | | | | | |
| ۲۵۲/۲۹۲ | ۹۷/۷۴۳ | | | | | | | | | |
| ۲۱۴/۵۶۰ | ۸۳/۱۲۵ | | | | | | | | | |
| ۱۸۵/۵۸۲ | ۷۱/۸۹۸ | | | | | | | | | |
| ۲۲۵۴۱۹۶ | | | | | | | | | | |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۵ برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت ناحیه برناج

| نیاز خالص آبیاری | نیاز خالص آبیاری | سیب | هلو | گردو | انگور | آفتابگردان | سیب زمینی | گوجه فرنگی | باقلا | ذرت دانه ای | چغندر قند | شیدر | یونجه | گشنیز | کلزا | جو | گندم | |
|---------------------|---------------------|-------|-----|------|-------|------------|-----------|---------------|-------|-------------|-----------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| m ³ /Dec | M ³ /Dec | ۱.۶۶ | ۳ | ۲ | ۸ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۹ | ۳۲ | ۴۴ | ۱.۹ | ۳ | ۲۷.۵ | ۲ | ۲۱.۵ | ۱۹۱.۵ | سطح |
| ۴۴۷۱۹.۵۱ | ۲۰۲۵۵ | ۵۸۱ | ۹۰۰ | ۹۸۰ | ۲۲۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۴۰۸۰ | ۳۰۴ | ۱۱۷۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | مهر |
| ۷۳۰۳۹.۲۸ | ۳۳۰۸۲ | ۴۱۵ | ۶۶۰ | ۶۸۰ | ۱۵۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۹۲۴۰ | ۲۴۷ | ۹۳۰ | ۰ | ۲۴۰ | ۰ | ۱۹۱۵۰ | |
| ۱۲۵۴.۱۸ | ۳۷۳۸.۶ | ۱۸۲.۶ | ۰ | ۳۰۰ | ۴۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۷۶ | ۵۱۰ | ۰ | ۶۰ | ۲۱۵ | ۱۹۱۵ | |
| ۵۲۹.۸۸ | ۲۴۰ | ۰ | ۰ | ۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۸۰ | ۰ | ۲۰ | ۰ | ۰ | آبان |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۴۶۳.۶۴ | ۲۱۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۱۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | آذر |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | دی |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | بهمن |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۶۶.۲۳ | ۳۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | اسفند |
| ۳۱۷.۹۳ | ۱۴۴ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۱۴ | ۳۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۴۹۲.۳۵ | ۲۲۳ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۳۳ | ۹۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

ادامه جدول شماره ۴-۵ برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت ناحیه برناج

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------|--------|-------|-------|-------|---|---|-------|-------|--------|--------|-------|---------|--------|------|-------|----------|---------|
| ۳۱۷۵۶.۲۶ | ۱۴۳۸۳.۵ | . | . | . | . | . | . | . | ۵۲۲۰ | . | . | ۳۶۱ | ۳۶۰ | ۸۴۴۲.۵ | . | . | . | فروردین |
| ۴۳۴۸۸.۶۴ | ۱۹۶۹۷.۵ | . | . | . | . | . | . | ۶۹۶۰ | . | . | ۴۷۵ | ۵۴۰ | ۱۱۵۲۲.۵ | ۲۰۰ | . | . | | |
| ۱۸۷۳۲۰.۹۷ | ۸۴۸۴۴.۱ | ۹۹.۶ | ۱۸۰ | ۱۶۰ | ۸۰ | . | . | ۸۹۹۰ | ۳۲۰ | . | ۶۲۷ | ۶۹۰ | ۱۱۲۴۷.۵ | ۶۸۰ | ۶۲۳۵ | ۵۵۵۳۵ | | |
| ۱۳۶۴۳۳.۶۸ | ۶۱۷۹۵.۵ | . | . | . | . | . | . | ۵۸۰۰ | . | . | ۴۱۸ | ۳۹۰ | ۱۲۱۳۷.۵ | ۴۶۰ | ۴۳۰۰ | ۳۸۳۰۰ | اردیبهشت | |
| ۲۱۷۴۸۵.۱۶ | ۹۸۵۰۶.۵ | ۲۴۹ | ۴۸۰ | ۲۸۰ | ۷۲۰ | . | . | ۹۲۸۰ | ۱۲۸۰ | ۱۷۶۰ | ۶۶۵ | ۷۵۰ | ۱۳۲۸۲.۵ | ۷۶۰ | ۵۸۰۵ | ۶۳۱۹۵ | | |
| ۳۰۳۰۸۸.۹۶ | ۱۳۷۲۷۹ | ۶۴۷.۴ | ۱۲۰۰ | ۷۶۰ | ۲۴۰۰ | . | . | ۱۱۶۰۰ | ۸۰۰۰ | ۷۰۴۰ | ۱۰۰۷ | ۱۲۳۰ | ۱۳۳۶۰ | ۹۶۰ | ۶۴۵۰ | ۸۲۳۴۵ | | |
| ۲۶۶۸۱۷.۵۲ | ۱۲۰۸۷۹ | ۷۳۰.۴ | ۱۲۶۰ | ۹۴۰ | ۲۹۶۰ | . | . | ۸۷۰۰ | ۱۲۱۶۰ | ۱۱۸۸۰ | ۱۰۲۶ | ۱۲۳۰ | ۱۸۲۸۷.۵ | ۶۰۰ | ۳۶۵۵ | ۵۷۴۵۰ | خرداد | |
| ۲۴۵۳۸۷.۸۸ | ۱۱۱۱۴۵ | ۸۴۶.۶ | ۱۴۷۰ | ۱۱۸۰ | ۳۶۸۰ | . | . | ۶۳۸۰ | ۱۷۹۲۰ | ۱۸۹۲۰ | ۱۱۷۸ | ۱۴۱۰ | ۲۱۳۹۵ | ۳۸۰ | . | ۳۶۳۸۵ | | |
| ۲۰۱۲۴۹.۰۳ | ۹۱۱۵۲.۶ | ۱۰۹۵.۶ | ۱۸۶۰ | ۱۵۲۰ | ۴۷۲۰ | . | . | . | ۲۴۶۴۰ | ۳۰۸۰۰ | ۱۴۸۲ | ۱۷۷۰ | ۲۳۲۶۵ | . | . | . | | |
| ۲۱۰۸۲۱.۲۸ | ۹۵۴۸۸.۲ | ۱۱۱۲.۲ | ۱۸۹۰ | ۱۵۴۰ | ۴۷۲۰ | . | . | . | ۲۴۹۶۰ | ۳۴۷۶۰ | ۱۵۰۱ | ۱۷۴۰ | ۲۳۲۶۵ | . | . | . | تیر | |
| ۲۰۳۵۶۵.۲۶ | ۹۲۲۰۱.۷ | ۱۱۹۵.۲ | ۲۰۱۰ | ۱۶۴۰ | ۵۰۴۰ | . | . | . | ۲۶۵۶۰ | ۳۶۹۶۰ | ۱۵۳۹ | ۱۸۳۰ | ۱۵۴۲۷.۵ | . | . | . | | |
| ۲۰۸۸۹۱.۲۰ | ۹۴۶۱۴ | ۱۴۹۴ | ۲۵۲۰ | ۲۰۴۰ | ۶۳۲۰ | . | . | . | ۳۲۹۶۰ | ۴۵۳۲۰ | ۱۷۱۰ | ۲۲۵۰ | . | . | . | . | | |
| ۱۷۳۵۴۵.۶۸ | ۷۸۶۰۴۸ | ۱۲۹۴.۸ | ۲۱۹۰ | ۱۷۸۰ | ۵۵۲۰ | . | . | . | ۲۶۲۴۰ | ۳۹۶۰۰ | . | ۱۹۸۰ | . | . | . | . | مرداد | |
| ۱۵۵۹۳۴.۷۴ | ۷۰۶۲۸.۲ | ۱۲۷۸.۲ | ۲۱۶۰ | ۱۷۶۰ | ۵۴۴۰ | . | . | . | ۱۸۸۸۰ | ۳۹۱۶۰ | . | ۱۹۵۰ | . | . | . | . | | |
| ۱۳۷۵۱۴.۴۱ | ۶۲۲۸۵ | ۱۲۴۵ | ۲۰۷۰ | ۱۷۴۰ | ۵۳۶۰ | . | . | . | ۱۱۲۰۰ | ۳۸۷۲۰ | . | ۱۹۵۰ | . | . | . | . | | |
| ۹۲۰۷۲.۰۶ | ۴۱۷۰۲.۶ | ۱۰۱۲.۶ | ۱۶۸۰ | ۱۵۰۰ | ۴۵۶۰ | . | . | . | . | ۳۱۲۴۰ | . | ۱۷۱۰ | . | . | . | . | شهریور | |
| ۷۷۸۳۹.۹۸ | ۳۵۲۵۶.۴ | ۸۹۶.۴ | ۱۴۷۰ | ۱۴۲۰ | ۳۹۲۰ | . | . | . | . | ۲۵۹۶۰ | . | ۱۵۹۰ | . | . | . | . | | |
| ۶۷۰۳۷.۰۹ | ۳۰۳۶۳.۴ | ۸۱۳.۴ | ۱۳۲۰ | ۱۳۴۰ | ۳۳۶۰ | . | . | . | . | ۲۲۰۰۰ | . | ۱۵۳۰ | . | . | . | . | | |
| ۳۰۸۸۱۹۴.۷۹ | ۱۳۹۸۷۵۰ | ۱۵۱۸۹ | ۲۵۳۲۰ | ۲۱۶۰۰ | ۶۳۰۴۰ | . | . | . | ۶۲۹۳۰ | ۲۰۵۱۲۰ | ۴۰۷۴۴۰ | ۱۲۸۶۳ | ۲۸۰۵۰ | ۱۷۱۹۰۳ | ۴۳۶۰ | ۲۶۶۶۰ | ۳۵۴۲۷۵ | جمع |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۶ اطلاعات مربوط به نیاز خالص و ناخالص آبیاری و میزان بهره برداری ناحیه برناج

| برناج | | | | | | | | | ناخالص آبیاری | خالص آبیاری |
|--|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-------|---------|------|---------------|-------------|
| | | | بهره برداری سالانه | بهره برداری سالانه | | | | | L/s | L/s |
| تخلیه سالانه | Q max | Q min | M ³ | ساعت | زمستان | پاییز | تابستان | بهار | ۵۱.۷۵۹ | ۲۳.۴۴۳ |
| M ³ | M ³ /s | M ³ /s | M ³ | ساعت | ساعت | ساعت | ساعت | ساعت | ۸۴.۵۳۶ | ۳۸.۲۸۹ |
| ۱۰۸۴۸۳۸/۴ | ۱۰۳.۲ | ۶۸/۴ | ۵۷۳۶۲۶/۸۸ | ۴۶۳۲ | ۰ | ۷۲۰ | ۲۲۳۲ | ۱۶۸۰ | ۹/۵۵۳ | ۴/۳۲۷ |
| ۹۳۸۱۹۶۰ | ۸۹۲.۵ | ۵۹۵ | ۴۹۶۰۸۷۲ | ۴۶۳۲ | ۰ | ۷۲۰ | ۲۲۳۲ | ۱۶۸۰ | ۰/۶۱۳ | ۰/۲۷۸ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۵۳۷ | ۰/۲۴۳ |
| ۱۰۴۶۶۷۹۸/۴ | ۹۹۵/۷ | ۶۶۳/۴ | ۵۵۳۴۴۹۸/۸۸ | ۹۲۶۴ | ۰ | ۱۴۴۰ | ۴۴۶۴ | ۳۳۶۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px;">۵۵۳۴۴۹۸/۹</div> | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۳۵ |
| | | | | | | | | | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | | | | | | | | ۰/۳۶۸ | ۰/۱۶۷ |
| | | | | | | | | | ۰/۵۷۰ | ۰/۲۵۸ |
| | | | | | | | | | ۳۶/۷۵۵ | ۱۶/۶۴۸ |
| | | | | | | | | | ۵۰/۳۳۴ | ۲۲/۷۹۸ |
| | | | | | | | | | ۲۱۶/۸۰۷ | ۹۸/۱۹۹ |
| | | | | | | | | | ۱۵۷/۹۰۹ | ۷۱/۵۲۳ |
| | | | | | | | | | ۲۵۱/۷۱۹ | ۱۱۴/۰۱۲ |
| | | | | | | | | | ۳۵۰/۷۹۷ | ۱۵۸/۸۸۸ |
| | | | | | | | | | ۳۰۸/۸۸۸ | ۱۳۹/۹۰۶ |
| | | | | | | | | | ۲۸۴/۰۱۴ | ۱۲۸/۶۴۰ |
| ۲۳۲/۹۲۷ | ۱۰۵/۵۰۱ | | | | | | | | | |
| ۲۴۴/۰۰۶ | ۱۱۰/۵۱۹ | | | | | | | | | |
| ۲۳۵/۶۰۸ | ۱۰۶/۷۱۵ | | | | | | | | | |
| ۲۴۱/۷۷۲ | ۱۰۹/۵۰۷ | | | | | | | | | |
| ۲۰۰/۸۶۳ | ۹۰/۹۷۸ | | | | | | | | | |
| ۱۸۰/۴۸۰ | ۸۱/۷۴۶ | | | | | | | | | |
| ۱۵۹/۱۶۰ | ۷۲/۰۸۹ | | | | | | | | | |
| ۱۰۶/۵۶۵ | ۴۸/۲۶۷ | | | | | | | | | |
| ۹۰/۰۹۳ | ۴۰/۸۰۶ | | | | | | | | | |
| ۷۷/۵۸۹ | ۳۵/۱۴۳ | | | | | | | | | |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۷ اطلاعات مربوط به نیاز خالص و ناخالص آبیاری و میزان بهره برداری نواحی نوجبران و برناج

| دبی چشمه ها | | دبی ناخالص آبیاری | دبی خالص آبیاری | نیاز ناخالص آبیاری | نیاز خالص آبیاری |
|------------------|------------------|-------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| Q _{max} | Q _{min} | L/s | L/s | m ³ /dec | m ³ /dec |
| ۱۳۹۲/۵ | ۹۰۷/۹۷ | ۱۷۴/۵۴ | ۷۱/۰۱ | ۱۵۰۸۰۵/۹۲ | ۶۱۳۵۵ |
| | | ۲۵۹/۷۴ | ۱۰۶/۱۷ | ۲۲۴۴۱۲/۴۷ | ۹۱۷۲۷ |
| | | ۳۰/۳۹ | ۱۲/۴۰ | ۲۶۲۵۷/۸۹ | ۱۰۷۱۳/۶ |
| | | ۱/۶۳ | ۰/۶۷ | ۱۴۰۷/۴۸ | ۵۸۰ |
| | | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰ |
| | | ۰/۷۵ | ۰/۳۲ | ۶۴۴/۳۳ | ۲۸۰ |
| | | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰ |
| | | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰ |
| | | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰ |
| | | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰ |
| | | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰ |
| | | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰ |
| | | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰ |
| | | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰ |
| | | ۰/۱۱ | ۰/۰۵ | ۹۲/۰۵ | ۴۰ |
| | | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰ |
| | | ۰/۴۹ | ۰/۲۱ | ۴۲۱/۱۷ | ۱۸۴ |
| | | ۰/۷۶ | ۰/۳۳ | ۶۶۰/۱۲ | ۲۸۸ |
| | | ۴۸/۵۶ | ۲۱/۲۲ | ۴۱۹۵۷/۰۷ | ۱۸۳۳۵/۵ |
| | | ۶۸/۲۴ | ۲۹/۷۴ | ۵۸۹۶۰/۲۲ | ۲۵۶۹۱/۵ |
| | | ۵۳۵/۷۵ | ۲۲۱/۷۶ | ۴۶۲۸۸۴/۹۵ | ۱۹۱۶۰۳/۱ |
| | | ۳۷۷/۷۰ | ۱۵۶/۶۷ | ۳۲۶۳۳۳/۵۳ | ۱۳۵۳۶۶/۵ |
| | | ۶۳۳/۷۷ | ۲۶۲/۰۲ | ۵۴۷۵۷۳/۹۵ | ۲۲۶۳۸۹/۵ |
| | | ۹۲۸/۵۸ | ۳۸۲/۷۳ | ۸۰۲۲۹۱/۳۷ | ۳۳۰۶۸۰/۴ |
| | | ۸۱۹/۸۱ | ۳۳۷/۸۵ | ۷۰۸۳۱۲/۵۹ | ۲۹۱۸۹۸/۹ |
| | | ۷۶۸/۱۰ | ۳۱۶/۱۸ | ۶۶۳۶۳۶/۸۱ | ۲۷۳۱۸۲/۶ |
| | | ۶۶۹/۳۳ | ۲۷۴/۵۷ | ۵۷۸۲۹۷/۲۰ | ۲۳۷۲۲۸/۶ |
| | | ۷۰۵/۴۲ | ۲۸۹/۲۸ | ۶۰۹۴۸۶/۸۱ | ۲۴۹۹۳۹/۲ |
| | | ۷۱۵/۴۷ | ۲۹۲/۶۲ | ۶۱۸۱۶۹/۵۷ | ۲۵۲۸۲۷/۷ |
| | | ۸۱۱/۹۰ | ۳۳۰/۳۹ | ۷۰۱۴۸۳/۲۲ | ۲۸۵۴۵۴ |
| | | ۶۸۱/۶۱ | ۲۷۷/۲۳ | ۵۸۸۹۰۸/۸۵ | ۲۳۹۵۲۴/۸ |
| | | ۶۱۱/۴۸ | ۲۴۸/۷۲ | ۵۲۸۳۲۱/۳۰ | ۲۱۴۸۹۸/۲ |
| | | ۵۳۷/۸۵ | ۲۱۸/۸۰ | ۴۶۴۷۰۴/۵۴ | ۱۸۹۰۴۵ |
| | | ۳۵۸/۸۶ | ۱۴۶/۰۱ | ۳۱۰۰۵۲/۵۵ | ۱۲۶۱۵۲/۶ |
| | | ۳۰۴/۶۵ | ۱۲۳/۹۳ | ۲۶۳۲۲۰/۱۹ | ۱۰۷۰۷۶/۴ |
| | | ۲۶۳/۱۷ | ۱۰۷/۰۴ | ۲۲۷۳۷۹/۸۷ | ۹۲۴۸۳/۴ |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۸ برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت قسمت اول شبکه

| ناخالص آبیاری | خالص آبیاری | 1267/62 | سیب | هلو ... | گردو | انگور | آفتابگردان | سیب زمینی | گوجه فرنگی | باقلا | ذرت دانه ای | چغندر قند | شیدر | یونجه | گشیز | کلزا | جو | گندم | |
|---------------|-------------|---------|------|------------|------|-------|------------|--------------|---------------|-------|----------------|--------------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| m3/dec | m3/dec | ۱۱۵۱/۱ | ۲۰ | ۳۵ | ۱۰ | ۴۶ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۵ | ۱۱۷ | ۹۵ | ۲ | ۸ | ۲۴ | ۱۶/۷ | ۵۰/۴ | ۷۱۲ | سطح |
| ۱۴۵۹۲/۶۸ | ۶۹۱۲۰ | | ۷۰۰۰ | ۱۰۵۰۰ | ۴۹۰۰ | ۱۲۸۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۴۰۰ | ۳۲۰ | ۳۱۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | مهر |
| ۲۵۴۸۸۴/۰۸ | ۱۲۰۷۳۴ | | ۵۰۰۰ | ۷۷۰۰ | ۳۴۰۰ | ۸۷۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۹۹۵۰ | ۲۶۰ | ۲۴۸۰ | ۰ | ۲۰۰۴ | ۰ | ۷۱۲۰۰ | |
| ۳۳۸۳۰/۷۱ | ۱۶۰۲۵ | | ۲۲۰۰ | ۰ | ۱۵۰۰ | ۲۷۶۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۸۰ | ۱۳۶۰ | ۰ | ۵۰۱ | ۵۰۴ | ۷۱۲۰ | |
| ۱۷۸۸/۱۲ | ۸۴۷ | | ۰ | ۰ | ۲۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴۸۰ | ۰ | ۱۶۷ | ۰ | ۰ | آبان |
| ۱۱۸۲/۲۳ | ۵۶۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۵۶۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | آذر |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | دی |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | بهمن |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۱۶۸/۸۹ | ۸۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | اسفند |
| ۴۲۲/۲۲ | ۲۰۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۲۰ | ۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۸۰۲/۲۳ | ۳۸۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۴۰ | ۲۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

ادامه جدول شماره ۴-۸ برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت قسمت اول شبکه

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|--|--------|--------|--------|--------|---|---|------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|
| ۲۴۰۸۳/۶۶۷۹۵ | ۱۱۴۰۸ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۷۰۰ | ۰ | ۰ | ۳۸۰ | ۹۶۰ | ۷۳۶۸ | ۰ | ۰ | ۰ | فروردین |
| ۳۶۴۵۰/۶۱۴۵۵ | ۱۷۲۶۶ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۶۰۰ | ۰ | ۰ | ۵۰۰ | ۱۴۴۰ | ۱۰۰۰۵۶ | ۱۶۷۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۵۲۶۶۶۱/۳۴۶۶ | ۲۴۹۴۷۰ | | ۱۲۰۰ | ۲۱۰۰ | ۸۰۰ | ۴۶۰ | ۰ | ۰ | ۴۶۵۰ | ۱۱۷۰ | ۰ | ۶۶۰ | ۱۸۴۰ | ۹۸۱۶ | ۵۶۷۸ | ۱۴۶۱۶ | ۲۰۶۴۸۰ | | |
| ۳۶۱۸۱۴/۴۶۶۲ | ۱۷۱۳۸۵ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰۰ | ۰ | ۰ | ۴۴۰ | ۱۰۴۰ | ۱۰۰۵۸۴ | ۳۸۴۱ | ۱۰۰۰۸۰ | ۱۴۲۴۰۰ | اردیبهشت | |
| ۶۲۶۲۱۳/۳۶۶۸ | ۲۹۶۶۲۶ | | ۳۰۰۰ | ۵۶۰۰ | ۱۴۰۰ | ۴۱۴۰ | ۰ | ۰ | ۴۸۰۰ | ۴۶۸۰ | ۳۸۰۰ | ۷۰۰ | ۲۰۰۰ | ۱۱۵۹۲ | ۶۳۴۶ | ۱۳۶۰۸ | ۲۳۴۹۶۰ | | |
| ۹۱۹۱۶۰/۹۵۶۱ | ۴۳۵۳۹۰ | | ۷۸۰۰ | ۱۴۰۰۰ | ۳۸۰۰ | ۱۳۸۰۰ | ۰ | ۰ | ۶۰۰۰ | ۲۹۲۵۰ | ۱۵۲۰۰ | ۱۰۶۰ | ۳۲۸۰ | ۱۱۹۰۴ | ۸۰۱۶ | ۱۵۱۲۰ | ۳۰۶۱۶۰ | | |
| ۷۷۵۴۷۳/۸۴۱۱ | ۳۶۷۳۲۸ | | ۸۸۰۰ | ۱۴۷۰۰ | ۴۷۰۰ | ۱۷۰۲۰ | ۰ | ۰ | ۴۵۰۰ | ۴۴۴۶۰ | ۲۵۶۵۰ | ۱۰۸۰ | ۳۲۸۰ | ۱۵۹۶۰ | ۵۰۱۰ | ۸۵۶۸ | ۲۱۳۶۰۰ | خرداد | |
| ۶۸۸۶۵۸/۲۱۳۷ | ۳۲۶۲۰۵ | | ۱۰۲۰۰ | ۱۷۱۵۰ | ۵۹۰۰ | ۲۱۱۶۰ | ۰ | ۰ | ۳۳۰۰ | ۶۵۵۲۰ | ۴۰۸۵۰ | ۱۲۴۰ | ۳۷۶۰ | ۱۸۶۷۲ | ۳۱۷۳ | ۰ | ۱۳۵۲۸۰ | | |
| ۵۳۳۷۲۰/۹۳۵۱ | ۲۵۲۸۱۴ | | ۱۳۲۰۰ | ۲۱۷۰۰ | ۷۶۰۰ | ۲۷۱۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۹۰۰۹۰ | ۶۶۵۰۰ | ۱۵۶۰ | ۴۷۲۰ | ۲۰۳۰۴ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۵۵۵۴۸۶/۵۹۲۳ | ۲۶۳۱۲۴ | | ۱۳۴۰۰ | ۲۲۰۵۰ | ۷۷۰۰ | ۲۷۱۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۹۱۲۶۰ | ۷۵۰۵۰ | ۱۵۸۰ | ۴۶۴۰ | ۲۰۳۰۴ | ۰ | ۰ | ۰ | تیر | |
| ۵۷۴۰۲۲/۲۳۴۳ | ۲۷۱۹۰۴ | | ۱۴۴۰۰ | ۲۳۴۵۰ | ۸۲۰۰ | ۲۸۹۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۹۷۱۱۰ | ۷۹۸۰۰ | ۱۶۲۰ | ۴۸۸۰ | ۱۳۴۶۴ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۶۷۵۷۶۹/۸۲۰۳ | ۳۲۰۱۰۰ | | ۱۸۰۰۰ | ۲۹۴۰۰ | ۱۰۲۰۰ | ۳۶۳۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۲۰۵۱۰ | ۹۷۸۵۰ | ۱۸۰۰ | ۶۰۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۵۶۶۸۵۷/۰۸۹۸ | ۲۶۸۵۱۰ | | ۱۵۶۰۰ | ۲۵۵۵۰ | ۸۹۰۰ | ۳۱۷۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۹۵۹۴۰ | ۸۵۵۰۰ | ۰ | ۵۲۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | مرداد | |
| ۵۰۵۵۲۹/۰۲۵۸ | ۲۳۹۴۶۰ | | ۱۵۴۰۰ | ۲۵۲۰۰ | ۸۸۰۰ | ۳۱۲۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۶۹۰۳۰ | ۸۴۵۵۰ | ۰ | ۵۲۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۴۳۹۹۹۹/۸۳۱۱ | ۲۰۸۴۲۰ | | ۱۵۰۰۰ | ۲۴۱۵۰ | ۸۷۰۰ | ۳۰۸۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴۰۹۵۰ | ۸۳۶۰۰ | ۰ | ۵۲۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۲۹۰۳۴۲/۴۶۶ | ۱۳۷۵۳۰ | | ۱۲۲۰۰ | ۱۹۶۰۰ | ۷۵۰۰ | ۲۶۲۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۶۷۴۵۰ | ۰ | ۴۵۶۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | شهریور | |
| ۲۴۸۸۵۸/۹۳۹۱ | ۱۱۷۸۸۰ | | ۱۰۸۰۰ | ۱۷۱۵۰ | ۷۱۰۰ | ۲۲۵۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۵۶۰۵۰ | ۰ | ۴۲۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۲۱۷۰۲۳/۲۳۵ | ۱۰۲۸۰۰ | | ۹۸۰۰ | ۱۵۴۰۰ | ۶۷۰۰ | ۱۹۳۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴۷۵۰۰ | ۰ | ۴۰۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۹۰۰۵۱۲۵/۸۰ | ۴۲۶۵۵۶۶ | | ۱۸۳۰۰۰ | ۲۹۵۴۰۰ | ۱۰۸۰۰۰ | ۳۶۲۴۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۲۵۵۰ | ۷۴۹۹۷۰ | ۸۷۹۷۰۰ | ۱۳۵۴۰ | ۷۴۸۰۰ | ۱۵۰۰۲۴ | ۳۶۴۰۶ | ۶۲۴۹۶ | ۱۳۱۷۲۰۰ | جمع |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۹ محاسبات کمبود مقدار آب در قسمت اول شبکه

| کمبود | ورودی به شبکه | خالص آبیاری | |
|--------------|---------------|-------------|----------|
| | | L/s | L/s |
| -۰/۱۶۸۸۹۶۷۷ | ۰ | ۰/۱۶۸۸۹ | ۰/۰۸ |
| -۰/۲۹۵۰۰۴۷۲ | ۰ | ۰/۲۹۵۰۰۵ | ۰/۱۳۹۷۳۸ |
| -۰/۰۳۹۱۵۵۹۱۸ | ۰ | ۰/۰۳۹۱۵۶ | ۰/۰۱۸۵۴۷ |
| ۲۹۹۶۷۶/۹۷۱۶ | ۲۹۹۶۷۶/۹۷۳۷ | ۰/۰۰۲۰۷ | ۰/۰۰۰۹۸ |
| ۶۳۱۲۸۵/۴۵۳۵ | ۶۳۱۲۸۵/۴۵۴۹ | ۰/۰۰۱۳۶۸ | ۰/۰۰۰۶۴۸ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| -۰/۰۰۰۱۹۵۴۷۴ | ۰ | ۰/۰۰۰۱۹۵ | ۹/۲۶۶-۰۵ |
| -۰/۰۰۰۴۸۸۶۸۵ | ۰ | ۰/۰۰۰۴۸۹ | ۰/۰۰۰۲۳۱ |
| -۰/۰۰۰۹۲۸۵۰۲ | ۰ | ۰/۰۰۰۹۲۹ | ۰/۰۰۰۴۴ |
| ۲۵۹۱۹۹/۹۷۲۱ | ۲۵۹۲۰۰ | ۰/۰۲۷۸۷۵ | ۰/۰۱۳۲۰۴ |
| ۱۲۹۵۹۹۹/۹۵۸ | ۱۲۹۶۰۰۰ | ۰/۰۴۲۱۸۸ | ۰/۰۱۹۹۸۴ |
| ۱۲۹۵۹۹۹/۳۹ | ۱۲۹۶۰۰۰ | ۰/۶۰۹۵۶۲ | ۰/۲۸۸۷۳۸ |
| ۱۲۹۵۹۹۹/۵۸۱ | ۱۲۹۶۰۰۰ | ۰/۴۱۸۷۶۷ | ۰/۱۹۸۳۶۲ |
| ۱۲۹۵۹۹۹/۲۷۵ | ۱۲۹۶۰۰۰ | ۰/۷۲۴۷۸۴ | ۰/۳۴۳۳۱۷ |
| ۱۲۹۵۹۹۸/۹۳۶ | ۱۲۹۶۰۰۰ | ۱/۰۶۳۸۴۴ | ۰/۵۰۳۹۲۴ |
| ۱۲۹۵۹۹۹/۱۰۲ | ۱۲۹۶۰۰۰ | ۰/۸۹۷۵۳۹ | ۰/۴۲۵۱۴۸ |
| ۱۲۹۵۹۹۹/۲۰۳ | ۱۲۹۶۰۰۰ | ۰/۷۹۷۰۵۸ | ۰/۳۷۷۵۵۲ |
| ۱۲۹۵۹۹۹/۳۸۲ | ۱۲۹۶۰۰۰ | ۰/۶۱۷۷۳۳ | ۰/۲۹۲۶۰۹ |
| ۱۱۱۴۷۵۵/۵۴۴ | ۱۱۱۴۷۵۶/۱۸۶ | ۰/۶۴۲۹۲۴ | ۰/۳۰۴۵۲۲ |
| ۶۸۱۲۴۶/۴۴۵۴ | ۶۸۱۲۴۷/۱۰۹۸ | ۰/۶۶۴۳۷۸ | ۰/۳۱۴۷۰۴ |
| ۳۱۷۷۴۲/۶۸۸۵ | ۳۱۷۷۴۳/۴۷۰۷ | ۰/۷۸۲۱۴۱ | ۰/۳۷۰۴۸۶ |
| ۲۱۹۸۷۶/۳۰۰۳ | ۲۱۹۸۷۶/۹۵۶۴ | ۰/۶۵۶۰۸۵ | ۰/۳۱۰۷۷۵ |
| ۱۵۴۹۳۶/۷۰۲۱ | ۱۵۴۹۳۷/۲۸۷۲ | ۰/۵۸۵۱۰۳ | ۰/۲۷۷۱۵۳ |
| ۹۴۱۴۸/۸۵۶۱۵ | ۹۴۱۴۹/۳۶۵۴۱ | ۰/۵۰۹۲۵۹ | ۰/۲۴۱۲۲۷ |
| ۹۸۳۶/۲۷۱۴۷۴ | ۹۸۳۶/۶۰۷۵۱۹ | ۰/۳۳۶۰۴۵ | ۰/۱۵۹۱۷۸ |
| -۰/۲۸۸۰۳۱۱۸ | ۰ | ۰/۲۸۸۰۳۱ | ۰/۱۳۶۴۴۵ |
| -۰/۲۵۱۱۸۴۳ | ۰ | ۰/۲۵۱۱۸۴ | ۰/۱۱۸۹۸۱ |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۱۰ برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت قسمت دوم شبکه

| ناخالص آبیاری | خالص آبیاری | ۱۸۵۳/۹۶ | سیب | هلو | گردو | انگور | آفتابگردان | سیب زمینی | گوچه فرنگی | باقلا | ذرت دانه‌ای | چغندر قند | شبدر | یونجه | گشنیز | کلزا | جو | گندم | | | |
|---------------|-------------|---------|--------|------|------|-------|------------|-----------|------------|-------|-------------|-----------|------|-------|-------|------|-----|-------|------|-------|------|
| m3/dec | m3/dec | ۱۴۵۶/۸ | ۵ | ۱۳/۵ | ۵ | ۱۰ | ۷ | ۱۶/۳ | ۵ | ۷ | ۲۲۸ | ۹۰ | ۵ | ۱۰ | ۱۲ | ۲۸ | ۶۵ | ۹۵۰ | سطح | | |
| ۱۰۹۱۹۶/۸۰ | ۴۴۵۵۰ | ۱۴۵۶/۸ | ۱۷۵۰ | ۴۰۵۰ | ۲۴۵۰ | ۲۸۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۸۸۰۰ | ۸۰۰ | ۳۹۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | مهر | | |
| ۳۱۵۷۷۶/۰۶ | ۱۲۸۸۳۰ | | ۱۲۵۰ | ۲۹۷۰ | ۱۷۰۰ | ۱۹۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۸۹۰۰ | ۶۵۰ | ۳۱۰۰ | ۰ | ۳۳۶۰ | ۰ | ۹۵۰۰۰ | | | |
| ۳۶۲۵۱/۸۷ | ۱۴۷۹۰ | | ۵۵۰ | ۰ | ۷۵۰ | ۶۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۰۰ | ۱۷۰۰ | ۰ | ۸۴۰ | ۶۵۰ | ۹۵۰۰ | | | |
| ۲۴۰۲/۰۸ | ۹۸۰ | | ۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۶۰۰ | ۰ | ۲۸۰ | ۰ | ۰ | آبان | | |
| ۱۷۱۵/۷۷ | ۷۰۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۷۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | | |
| ۰ | ۰ | | ۱۴۵۶/۸ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | آذر | |
| ۰ | ۰ | | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۰ | ۰ | | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۰ | ۰ | | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | دی |
| ۰ | ۰ | | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | بهمن |
| ۰ | ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۰ | ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۲۴۵/۱۱ | ۱۰۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | اسفند | |
| ۹۸۰/۴۴ | ۴۰۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | |
| ۱۵۹۳/۲۱۹ | ۶۵۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۵۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | | |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

ادامه جدول شماره ۴-۱۰ برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت قسمت دوم شبکه

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|
| ۱۷۳۸۸/۱۵ | ۷۰۹۴ | . | . | . | . | . | . | . | ۱۲۶۰ | . | . | ۹۵۰ | ۱۲۰۰ | ۳۶۸۴ | . | . | . | فروردین |
| ۳۰۷۸۱/۰۱ | ۱۲۵۵۸ | . | . | . | . | . | . | . | ۱۶۸۰ | . | . | ۱۲۵۰ | ۱۸۰۰ | ۵۰۲۸ | ۲۸۰۰ | . | . | |
| ۷۸۳۴۷۱/۶۹ | ۳۱۹۶۴۰ | ۳۰۰ | ۸۱۰ | ۴۰۰ | ۱۰۰ | . | ۶۵۲ | ۲۰۰ | ۲۱۷۰ | ۲۲۸۰ | . | ۱۶۵۰ | ۲۳۰۰ | ۴۹۰۸ | ۹۵۲۰ | ۱۸۸۵۰ | ۲۷۵۵۰۰ | |
| ۵۳۵۶۴۵/۲۲ | ۲۱۸۵۳۲ | . | . | . | . | . | . | . | ۱۴۰۰ | . | . | ۱۱۰۰ | ۱۳۰۰ | ۵۲۹۲ | ۶۴۴۰ | ۱۳۰۰۰ | ۱۹۰۰۰۰ | اردیبهشت |
| ۹۱۳۶۸۴/۲۸ | ۳۷۲۷۶۴ | ۷۵۰ | ۲۱۶۰ | ۷۰۰ | ۹۰۰ | ۲۸۰ | ۹۷۸ | ۳۰۰ | ۲۲۴۰ | ۹۱۲۰ | ۳۶۰۰ | ۱۷۵۰ | ۲۵۰۰ | ۵۷۹۶ | ۱۰۶۴۰ | ۱۷۵۵۰ | ۳۱۳۵۰۰ | |
| ۱۳۳۹۹۲۴/۳۶ | ۵۴۶۶۶۱ | ۱۹۵۰ | ۵۴۰۰ | ۱۹۰۰ | ۳۰۰۰ | ۱۱۲۰ | ۳۷۴۹ | ۱۲۰۰ | ۲۸۰۰ | ۵۷۰۰۰ | ۱۴۴۰۰ | ۲۶۵۰ | ۴۱۰۰ | ۵۹۵۲ | ۱۳۴۴۰ | ۱۹۵۰۰ | ۴۰۸۵۰۰ | |
| ۱۱۱۵۹۹۳/۷۲ | ۴۵۵۳۰۲ | ۲۲۰۰ | ۵۶۷۰ | ۲۳۵۰ | ۳۷۰۰ | ۱۸۲۰ | ۵۵۴۲ | ۱۷۵۰ | ۲۱۰۰ | ۸۶۶۴۰ | ۲۴۳۰۰ | ۲۷۰۰ | ۴۱۰۰ | ۷۹۸۰ | ۸۴۰۰ | ۱۱۰۵۰ | ۲۸۵۰۰۰ | خرداد |
| ۹۸۳۵۸۲/۴۹ | ۴۰۱۲۸۱ | ۲۵۵۰ | ۶۶۱۵ | ۲۹۵۰ | ۴۶۰۰ | ۲۹۴۰ | ۸۱۵۰ | ۲۶۰۰ | ۱۵۴۰ | ۱۲۷۶۸۰ | ۳۸۷۰۰ | ۳۱۰۰ | ۴۷۰۰ | ۹۳۳۶ | ۵۳۲۰ | . | ۱۸۰۵۰۰ | |
| ۷۳۷۳۸۳/۵۴ | ۳۰۰۸۳۷ | ۳۳۰۰ | ۸۳۷۰ | ۳۸۰۰ | ۵۹۰۰ | ۴۸۳۰ | ۱۲۲۲۵ | ۳۹۰۰ | . | ۱۷۵۵۶۰ | ۶۳۰۰۰ | ۳۹۰۰ | ۵۹۰۰ | ۱۰۱۵۲ | . | . | . | |
| ۷۶۵۳۳۴۵/۷۷ | ۳۱۲۲۴۵ | ۳۳۵۰ | ۸۵۰۵ | ۳۸۵۰ | ۵۹۰۰ | ۵۴۶۰ | ۱۲۳۸۸ | ۳۹۵۰ | . | ۱۷۷۸۴۰ | ۷۱۱۰۰ | ۳۹۵۰ | ۵۸۰۰ | ۱۰۱۵۲ | . | . | . | تیر |
| ۸۰۴۰۳۶/۴۸ | ۳۲۸۰۳۰ | ۳۶۰۰ | ۹۰۴۵ | ۴۱۰۰ | ۶۳۰۰ | ۵۸۱۰ | ۱۳۲۰۳ | ۴۲۵۰ | . | ۱۸۹۲۴۰ | ۷۵۶۰۰ | ۴۰۵۰ | ۶۱۰۰ | ۶۷۳۲ | . | . | . | |
| ۹۷۳۳۰۹/۹۰ | ۳۹۷۰۹۰ | ۴۵۰۰ | ۱۱۳۴۰ | ۵۱۰۰ | ۷۹۰۰ | ۷۲۱۰ | ۱۶۳۰۰ | ۵۲۰۰ | . | ۲۳۴۸۴۰ | ۹۲۷۰۰ | ۴۵۰۰ | ۷۵۰۰ | . | . | . | . | |
| ۷۹۵۶۹۲/۹۲ | ۳۲۴۶۲۶ | ۳۹۰۰ | ۹۸۵۵ | ۴۴۵۰ | ۶۹۰۰ | ۶۲۳۰ | ۱۴۱۸۱ | ۴۵۵۰ | . | ۱۸۶۹۶۰ | ۸۱۰۰۰ | . | ۶۶۰۰ | . | . | . | . | مرداد |
| ۶۶۲۶۷۶/۲۷ | ۲۷۰۳۵۸ | ۳۸۵۰ | ۹۷۲۰ | ۴۴۰۰ | ۶۸۰۰ | ۵۹۵۰ | ۱۴۰۱۸ | ۴۵۰۰ | . | ۱۳۴۵۲۰ | ۸۰۱۰۰ | . | ۶۵۰۰ | . | . | . | . | |
| ۵۱۶۷۷۱/۷۰ | ۲۱۰۸۳۲ | ۳۷۵۰ | ۹۳۱۵ | ۴۳۵۰ | ۶۷۰۰ | ۴۳۴۰ | ۱۲۸۷۷ | ۴۰۰۰ | . | ۷۹۸۰۰ | ۷۹۲۰۰ | . | ۶۵۰۰ | . | . | . | . | |
| ۲۵۵۱۲۰/۹۷ | ۱۰۴۰۸۴ | ۳۰۵۰ | ۷۵۶۰ | ۳۷۵۰ | ۵۷۰۰ | ۲۱۷۰ | ۹۴۵۴ | ۲۸۰۰ | . | . | ۶۳۹۰۰ | . | ۵۷۰۰ | . | . | . | . | شهریور |
| ۲۱۰۰۹۱/۷۰ | ۸۵۷۱۳ | ۲۷۰۰ | ۶۶۱۵ | ۳۵۵۰ | ۴۹۰۰ | . | ۷۴۹۸ | ۲۰۵۰ | . | . | ۵۳۱۰۰ | . | ۵۳۰۰ | . | . | . | . | |
| ۱۶۱۸۷۱/۰۸ | ۶۶۰۴۰ | ۲۴۵۰ | ۵۹۴۰ | ۳۳۵۰ | ۴۲۰۰ | . | . | . | . | . | ۴۵۰۰۰ | . | ۵۱۰۰ | . | . | . | . | |
| | | ۴۵۷۵۰ | ۱۱۳۹۴۰ | ۵۴۰۰۰ | ۷۸۸۰۰ | ۴۸۱۶۰ | ۱۳۱۲۱۵ | ۴۱۲۵۰ | ۱۵۱۹۰ | ۱۴۶۱۴۸۰ | ۸۳۳۴۰۰ | ۳۳۸۵۰ | ۹۳۵۰۰ | ۷۵۰۱۲ | ۶۱۰۴۰ | ۸۰۶۰۰ | ۱۷۵۷۵۰۰ | جمع |

جدول شماره ۴-۱۱ محاسبات کمبود مقدار آب در قسمت دوم شبکه

| کمبود | ورودی به شبکه | ناخالص آبیاری | خالص آبیاری |
|----------|---------------|---------------|-------------|
| | | L/s | L/s |
| -۰/۱۲۶۴ | . | ۰/۱۲۶۳۹۹ | ۰/۰۵۱۵۶۲۵ |
| -۰/۳۶۵۵۲ | . | ۰/۳۶۵۵۲۱ | ۰/۱۴۹۱۰۸۷۹۶ |
| -۰/۰۴۱۹۶ | . | ۰/۰۴۱۹۶۳ | ۰/۰۱۷۱۱۸۰۵۶ |
| ۲۹۷۸۸۸/۸ | ۲۹۷۸۸۸/۷۷۱۲ | ۰/۰۰۲۷۸ | ۰/۰۰۱۱۳۴۲۵۹ |
| ۶۳۱۲۸۵/۵ | ۶۳۱۲۸۵/۴۵۴۹ | ۰/۰۰۱۹۸۶ | ۰/۰۰۰۸۱۰۱۸۵ |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| -۰/۰۰۰۲۸ | . | ۰/۰۰۰۲۸۴ | ۰/۰۰۰۱۱۵۷۴۱ |
| -۰/۰۰۱۱۳ | . | ۰/۰۰۱۱۳۵ | ۰/۰۰۰۴۶۲۹۶۳ |
| -۰/۰۰۱۸۴ | . | ۰/۰۰۱۸۴۴ | ۰/۰۰۰۷۵۲۳۱۵ |
| ۲۳۵۱۱۵/۲ | ۲۳۵۱۱۵/۲۱۳۴ | ۰/۰۲۰۱۲۷ | ۰/۰۰۸۲۱۰۶۴۸ |
| ۱۲۵۹۵۴۸ | ۱۲۵۹۵۴۷/۶۹۲ | ۰/۰۳۵۶۳ | ۰/۰۱۴۵۳۴۷۲۲ |
| ۷۶۹۳۱۳/۳ | ۷۶۹۳۱۴/۱۹۱۶ | ۰/۹۰۶۸۹۴ | ۰/۳۶۹۹۵۳۷۰۴ |
| ۹۳۴۱۶۸/۱ | ۹۳۴۱۶۸/۷۲۸۶ | ۰/۶۲۰۰۲۷ | ۰/۲۵۲۹۳۰۵۵۶ |
| ۶۶۹۷۵۶/۵ | ۶۶۹۷۵۷/۵۴۷۶ | ۱/۰۵۷۶۱۹ | ۰/۴۳۱۴۳۹۸۱۵ |
| ۳۷۶۷۹۴/۸ | ۳۷۶۷۹۶/۳۵۱۸ | ۱/۵۵۱۰۰۶ | ۰/۶۳۲۷۰۹۴۹۱ |
| ۵۲۰۴۸۸/۸ | ۵۲۰۴۹۰/۱۴۰۶ | ۱/۲۹۱۷۹۹ | ۰/۵۲۶۹۹۹۹۰۷ |
| ۶۰۷۳۰۸/۷ | ۶۰۷۳۰۹/۸۰۰۳ | ۱/۱۳۸۵۲۸ | ۰/۴۶۴۴۴۵۶۰۲ |
| ۷۶۲۲۵۳/۴ | ۷۶۲۲۵۴/۲۷۵۲ | ۰/۸۵۳۵۴۵ | ۰/۳۴۸۱۹۰۹۷۲ |
| ۵۵۹۲۴۲/۹ | ۵۵۹۲۴۳/۷۹۳۶ | ۰/۸۸۵۹۱۲ | ۰/۳۶۱۳۹۴۶۷۶ |
| ۱۰۷۱۹۷/۳ | ۱۰۷۱۹۸/۲۱۳۹ | ۰/۹۳۰۶۹۸ | ۰/۳۷۹۶۴۴۳۵۲ |
| -۱/۱۲۶۶۴ | . | ۱/۱۲۶۶۳۸ | ۰/۴۵۹۵۹۴۹۰۷ |
| -۰/۹۲۱۰۴ | . | ۰/۹۲۱۰۴ | ۰/۳۷۵۷۲۴۵۳۷ |
| -۰/۷۶۷۰۷ | . | ۰/۷۶۷۰۶۹ | ۰/۳۱۲۹۱۴۳۵۲ |
| -۰/۵۹۸۱۸ | . | ۰/۵۹۸۱۸ | ۰/۲۴۴۰۱۸۵۱۹ |
| -۰/۲۹۵۳۱ | . | ۰/۲۹۵۳۱۱ | ۰/۱۲۰۴۶۷۵۹۳ |
| -۰/۲۴۴۱۹ | . | ۰/۲۴۴۱۸۸ | ۰/۰۹۹۲۰۴۸۶۱ |
| -۰/۱۸۷۳۷ | . | ۰/۱۸۷۳۷۱ | ۰/۰۷۶۴۳۵۱۸۵ |

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۱۲ برآورد نیاز آبیاری گیاهان الگوی کشت قسمت سوم شبکه

| ناخالص آبیاری | خالص آبیاری | ۱۹۳۳/۷۴ | سیب | هلو | گردو | انگور | آفتابگردان | سیب زمینی | گوجه فرنگی | باقلا | ذرت دانه ای | چغندر قند | شبدرد | یونجه | گشنیز | کلزا | جو | گندم | |
|---------------|-------------|---------|-----|-----|------|-------|------------|-----------|------------|-------|-------------|-----------|-------|-------|-------|------|-----|-------|-------|
| m3/dec | m3/dec | ۱۱۳۵/۵ | ۱ | ۳ | ۰/۲ | ۲ | ۷۵ | ۳۴ | ۵ | ۰ | ۳۴ | ۱۲/۳ | ۰ | ۶ | ۳ | ۶۵ | ۶۵ | ۸۳۰ | سطح |
| ۲۰۴۳۷/۶۳ | ۶۲۸۱/۳ | | ۱ | ۲ | ۰/۳ | ۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۹۳۶ | ۰ | ۲۳۴۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | مهر |
| ۳۱۴۳۱۳/۱ | ۹۶۶۰۱ | | ۲۵۰ | ۶۶۰ | ۶۸ | ۳۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۵۸۳ | ۰ | ۱۸۶۰ | ۰ | ۷۸۰۰ | ۰ | ۸۳۰۰۰ | |
| ۳۹۶۳۰/۳۸ | ۱۲۱۸۰ | | ۱۱۰ | ۰ | ۳۰ | ۱۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۰۲۰ | ۰ | ۱۹۵۰ | ۶۵۰ | ۸۳۰۰ | |
| ۳۲۹۹/۲۷۸ | ۱۰۱۴ | | ۰ | ۰ | ۴ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۶۰ | ۰ | ۶۵۰ | ۰ | ۰ | آبان |
| ۱۳۶۶/۵۶۵ | ۴۲۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | آذر |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | دی |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | بهمن |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۰ | ۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۱۹۵/۲۲۳۵ | ۶۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۶۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | اسفند |
| ۱۹۵/۲۲۳۵ | ۶۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۶۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |
| ۵۸۵/۶۷۰۶ | ۱۸۰ | | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۸۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | |

۴-۴- نتایج اجرای مدل در شرایط جریان ماندگار

بعد از ساخت مدل کمی در حالت ماندگار، مدل اجرا شد و با توجه به اینکه مدل‌های شبیه‌ساز جریان آب زیرزمینی نسبت به پارامترهای تأثیرگذار بر معادله جریان آب زیرزمینی از جمله: هدایت هیدرولیکی، ضریب آبدهی ویژه، ضریب ذخیره ویژه (ضرایب آبدهی ویژه و ذخیره ویژه مربوط به معادله جریان آب زیرزمینی در حالت غیرماندگار می‌باشند)، ضریب توانایی مرز برای عبور جریان از بستر رودخانه و مرزهای عمومی، نرخ تغذیه ناشی از بارش و آب برگشتی و ... حساس می‌باشد؛ کالیبراسیون مدل با روش سعی و خطا (روش دستی) انجام شد و مقدار دو پارامتر هدایت هیدرولیکی و ضریب توانایی مرز (مرزهای بار عمومی و بستر رودخانه) در عبور جریان در طی عمل واسنجی، پس از تغییرات بسیار در نهایت مقادیر سطح آب شبیه‌سازی شده بیشترین نزدیکی را با سطح آب اندازه‌گیری شده در محل پیزومترها پیدا کرد.

جدول شماره ۴-۱۵ مقادیر هدایت هیدرولیکی واسنجی شده مواد آبخوان

| هدایت هیدرولیکی (m/day) | ماده |
|-------------------------|-----------------|
| ۰/۰۰۶۹۶۵ | رس |
| ۰/۰۹۶۶ | رس، ماسه |
| ۰/۲۰۱۷ | رس، سیلت، ماسه |
| ۱/۹۶۱۲۴ | ماسه، رس |
| ۲۴/۸۹۸۷ | ماسه، گراول، رس |

جدول شماره ۴-۱۶ مقادیر کالیبره شده ضریب توانایی مرز عمومی و بستر رودخانه برای عبور جریان آب

| مقدار ضریب توانایی مرز در عبور جریان ($m^2/d/m$) | نوع شرط مرزی | |
|--|--------------|---------------|
| ۱۳/۷۳ | رودخانه | |
| ۳۵۰ | ۱ | مرز بار عمومی |
| ۳۵۰ | ۲ | |
| ۳۵۰ | ۳ | |
| ۳۵۰ | ۴ | |
| ۲۵ | ۵ | |
| ۳۵۰ | ۶ | |
| ۳۵۰ | ۷ | |
| ۳۵۰ | ۸ | |
| ۳۵۰ | ۹ | |
| ۳۵۰ | ۱۰ | |
| ۳۵۰ | ۱۱ | |
| ۳۰ | ۱۲ | |
| ۴۵ | ۱۳ | |
| ۲۶۰ | ۱۴ | |
| ۳۵۰ | ۱۵ | |

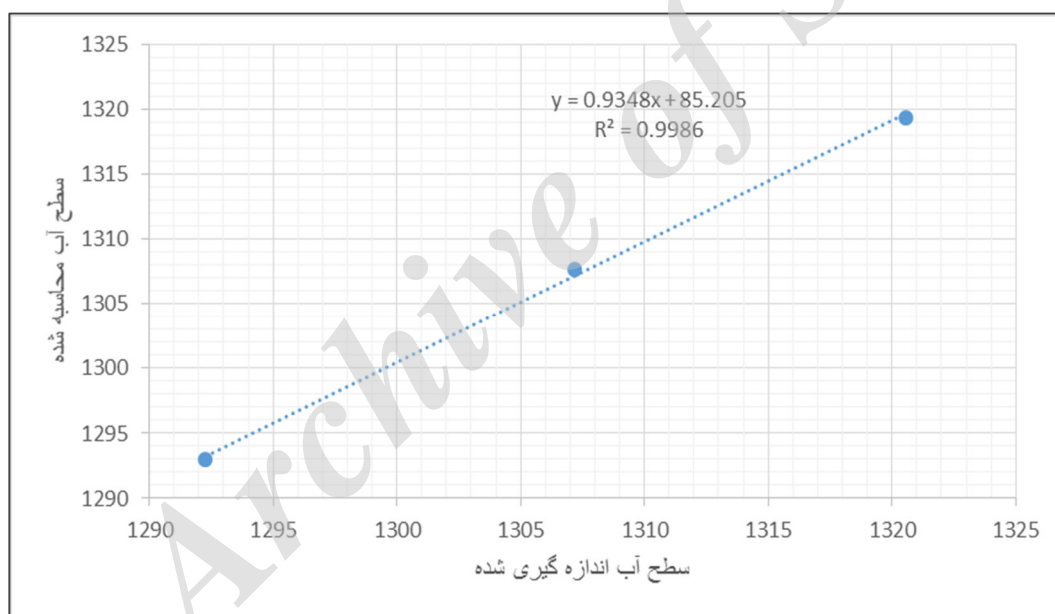
پس از اجرای مکرر مدل برای محدوده مورد مطالعه از دشت چمچمال، نتایج حاکی از آن بودند که مدل نسبت به میزان هدایت هیدرولیکی و بار هیدرولیکی در مرزها بیشترین حساسیت را نشان می‌دهد. در این مدل تحلیل حساسیت برای بررسی تغییرات هدایت هیدرولیکی انجام گردید.

بعد از واسنجی مدل، نتایج مربوط به رقوم سطح آب شبیه‌سازی شده با مقادیر اندازه‌گیری شده آن در محل پیزومترها مقایسه و نتایج در جدول زیر آورده شده است. با توجه به جدول مذکور می‌توان گفت که مدل تخمین نسبتاً دقیقی از سطح آب زیرزمینی در آبخوان ارائه داده است. نتایج نشان می‌دهد که کمترین اختلاف $۰/۵۵۳$ - متر در محل پیزومتر سفید چقا و بیشترین اختلاف $۱/۱۸۲$ متر در محل پیزومتر قشلاق بالا است. این اختلاف به دلایل متعددی از جمله: خطای ابزاری و انسانی در اندازه‌گیری سطح آب در محل پیزومترها، خطا در مدل‌سازی (تقریب زدن بعضی از پارامترهای تأثیرگذار بر سطح آب زیرزمینی) می‌تواند رخ دهد. نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری نیز نشان‌دهنده آن است که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی وجود ندارد. همانطور که در ادامه در نمودارهای زیر آورده شده ضریب همبستگی $۰/۹۹۸۶$ نشان‌دهنده دقت بالای شبیه‌سازی در حالت ماندگار می‌باشد.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

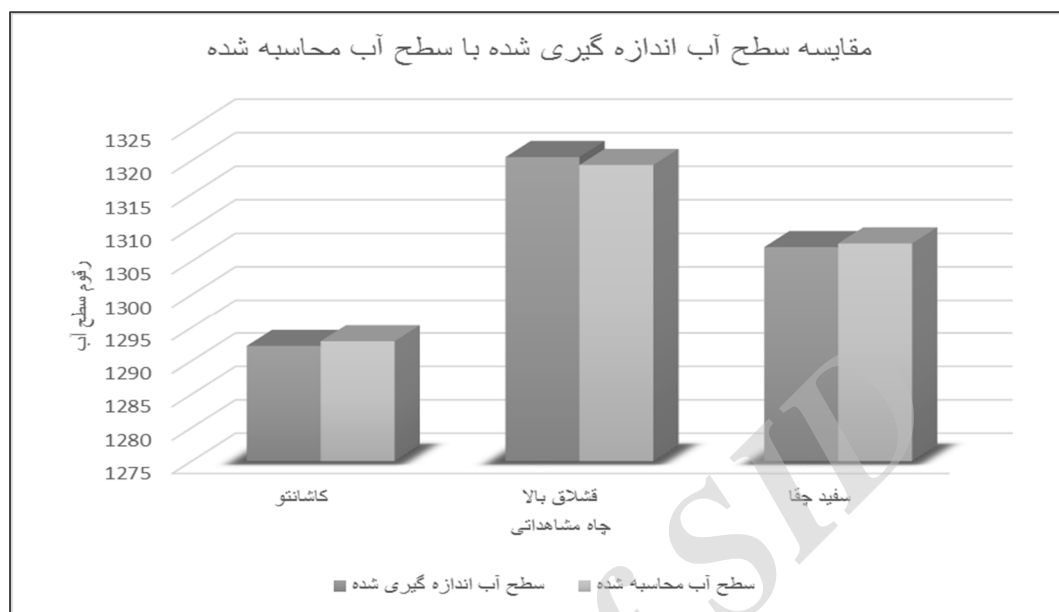
جدول شماره ۴-۱۷ نتایج سطح آب محاسباتی و مشاهداتی در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ (جریان ماندگار)

| پیزومتر | سطح آب مشاهداتی | سطح آب محاسباتی | اختلاف (m) |
|------------|-----------------|-----------------|------------|
| کاشانتو | ۱۲۹۲/۲۸ | ۱۲۹۲/۹۷۲ | -۰/۶۹۲ |
| قشلاق بالا | ۱۳۲۰/۵۸ | ۱۳۱۹/۳۹۸ | ۱/۱۸۲ |
| سفید چقا | ۱۳۰۷/۱۶ | ۱۳۰۷/۷۱۳ | -۰/۵۵۳ |



شکل شماره ۴-۲ مقایسه نتایج سطح آب مشاهداتی و محاسباتی در اردیبهشت ۱۳۹۳ در حالت جریان ماندگار

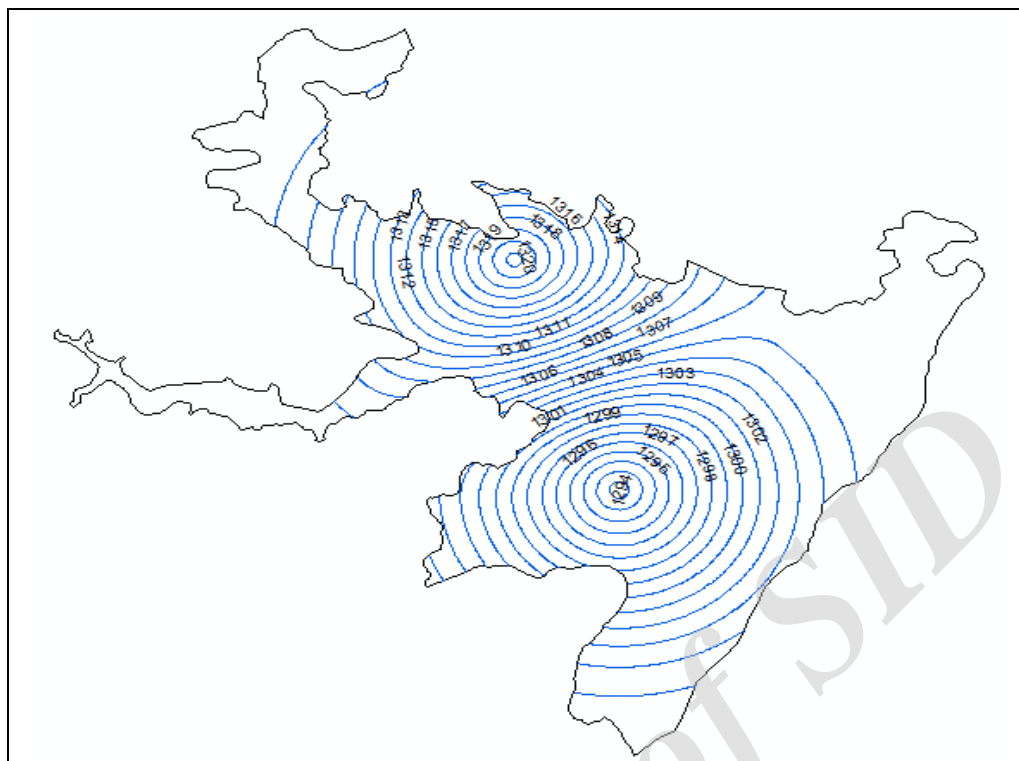
مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...



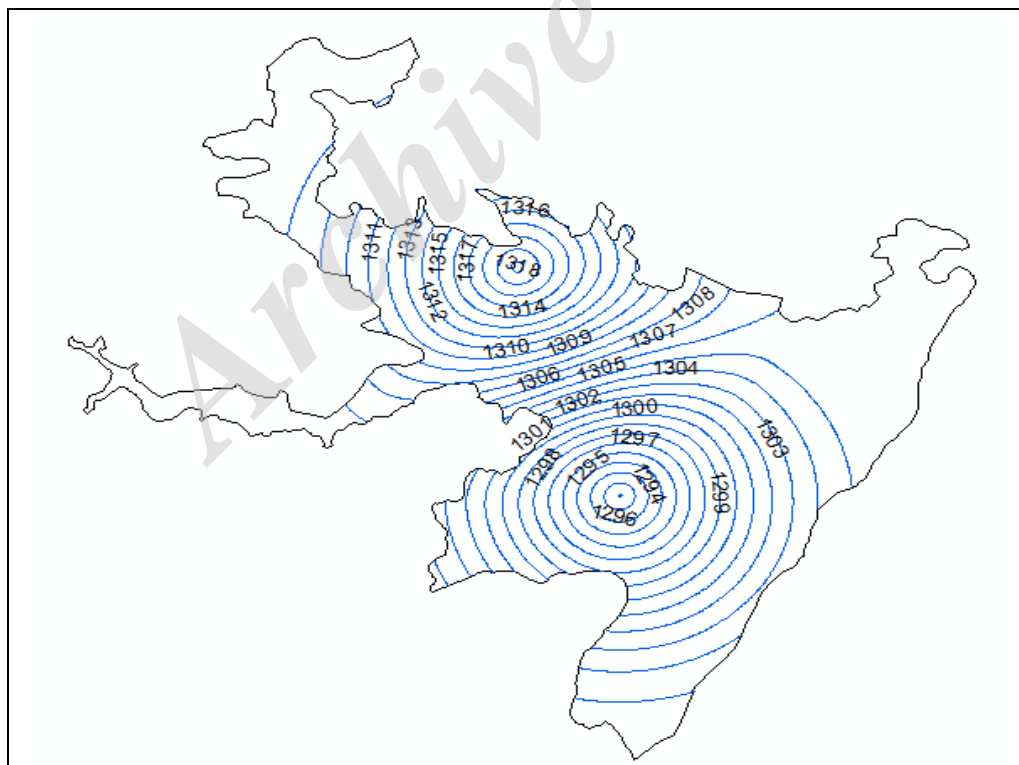
شکل شماره ۳-۴ مقایسه نتایج سطح آب مشاهداتی و محاسباتی در اردیبهشت ۱۳۹۳ در حالت جریان ماندگار

در نقشه‌های ترسیم شده خطوط سطح ایستابی در اشکال زیر جهت کلی حرکت آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه آبخوان چمچمال مشخص شده است.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...



شکل شماره ۴-۴ نقشه خطوط سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در اردیبهشت ۱۳۹۳



شکل شماره ۴-۵ نقشه خطوط سطح ایستابی محاسبه شده در اردیبهشت ۱۳۹۳

۴-۵- نتایج اجرای مدل در شرایط جریان غیرماندگار

جهت واسنجی مدل در حالت غیرماندگار، مدل غیرماندگار با شرط اولیه سطح آب شبیه‌سازی شده ساخته و اجرا شد.

با توجه به اینکه در حالت غیرماندگار پارامترهای تأثیرگذاری چون ضریب آبدهی ویژه و یا ضریب ذخیره ویژه به سمت راست معادله حرکت آب زیرزمینی اضافه می‌شود؛ برای آبخوان محدوده مورد مطالعه چمچمال از دو روش واسنجی دستی و خودکار برای رسیدن به بهترین نتیجه منطقی برای پارامترهای هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه استفاده شد. که هر بار با تغییر مقدار پارامترهای ضریب آبدهی ویژه و ضریب ذخیره ویژه، مدل اجرا و نتایج سطح آب شبیه‌سازی شده در ماه‌های مختلف با مقادیر اندازه‌گیری شده متناظر آن مورد مقایسه قرار گرفت. این روند تا زمانی که اختلاف بین سطح آب مشاهداتی و محاسباتی به کمترین مقدار خود رسید ادامه داشت. مقادیر واسنجی شده ضرایب آبدهی ویژه و ذخیره ویژه در جدول زیر ارائه شده است.

جدول شماره ۴-۱۸ مقادیر واسنجی شده ضریب آبدهی ویژه (S_y) و ضریب ذخیره ویژه (S_s)

| ماده | ضریب آبدهی ویژه (S_y) | ضریب ذخیره ویژه (S_s) |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|
| رس | ۰/۰۹۸۹ | ۰/۰۰۱۴۹ |
| رس، ماسه | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۰۱۲ |
| رس، سیلت، ماسه | ۰/۰۹۰۱ | ۰/۰۰۰۳۱۷ |
| ماسه، رس | ۰/۱۸۵ | ۰/۰۰۰۹۶ |
| ماسه، گراول، رس | ۰/۳ | ۰/۰۰۰۴۱۳ |

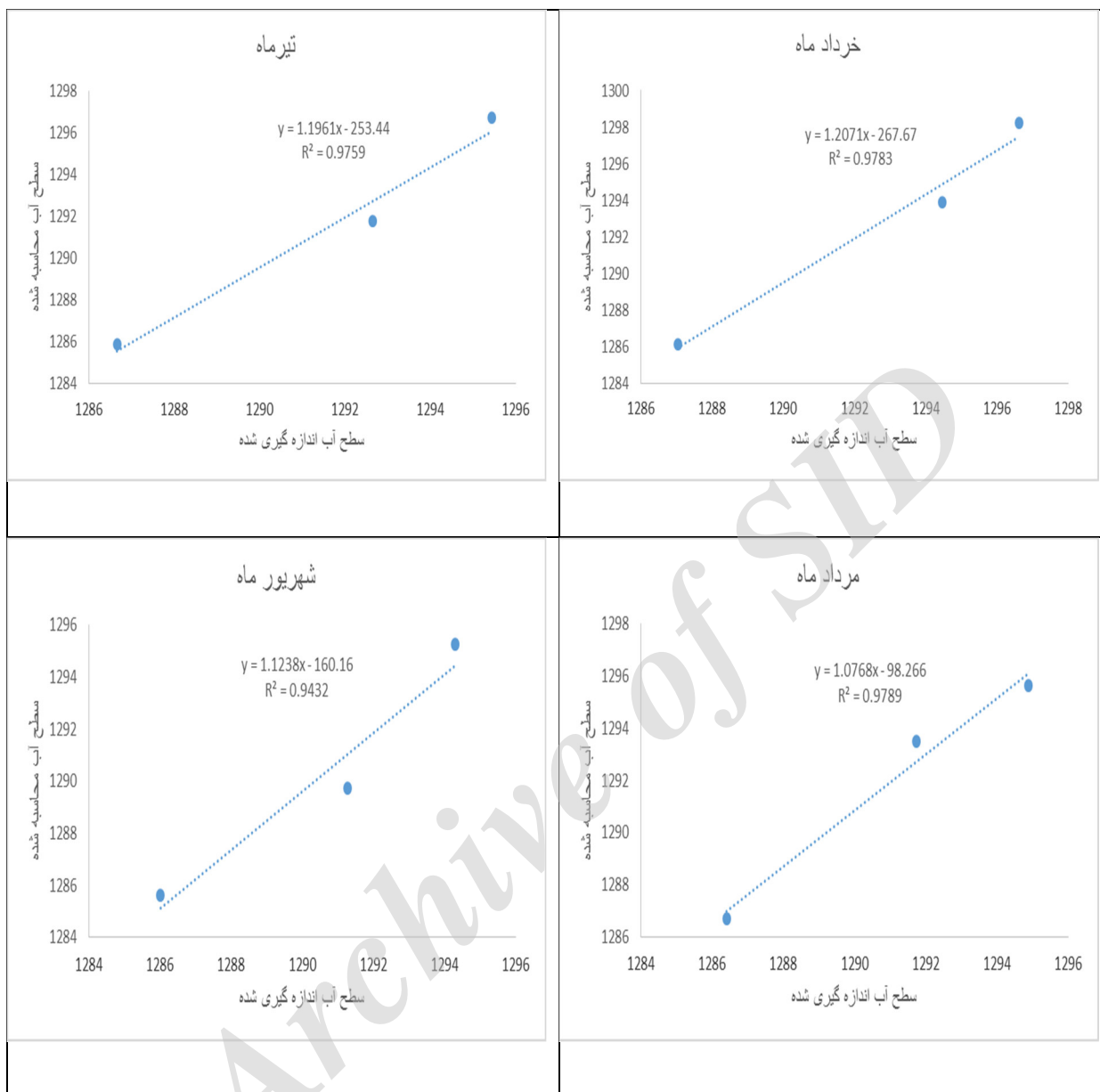
با واسنجی مدل در حالت جریان غیرماندگار، مقادیر سطح آب شبیه‌سازی شده با مدل MODFLOW با مقادیر سطح آب اندازه‌گیری شده در محل پیزومترها، در ماه‌های مختلف مقایسه و مقادیر ضریب همبستگی در ماه‌های دوره واسنجی در جدول زیر آورده شده است. رقوم سطح آب شبیه‌سازی شده در ۳ پیزومتر در هرماه با سطح آب مشاهده‌ای در این ۳ نقطه، مقایسه شد. در طول یک ماه در روند مدل‌سازی خطای خیلی کمی رخ می‌دهد، از طرفی دامنه اعداد (رقوم سطح آب مشاهداتی و محاسباتی در کل آبخوان) از گستردگی بالایی برخوردار است. لذا شبیه‌سازی با این دقت و ضریب همبستگی بالا، چندان دور از انتظار نیست.

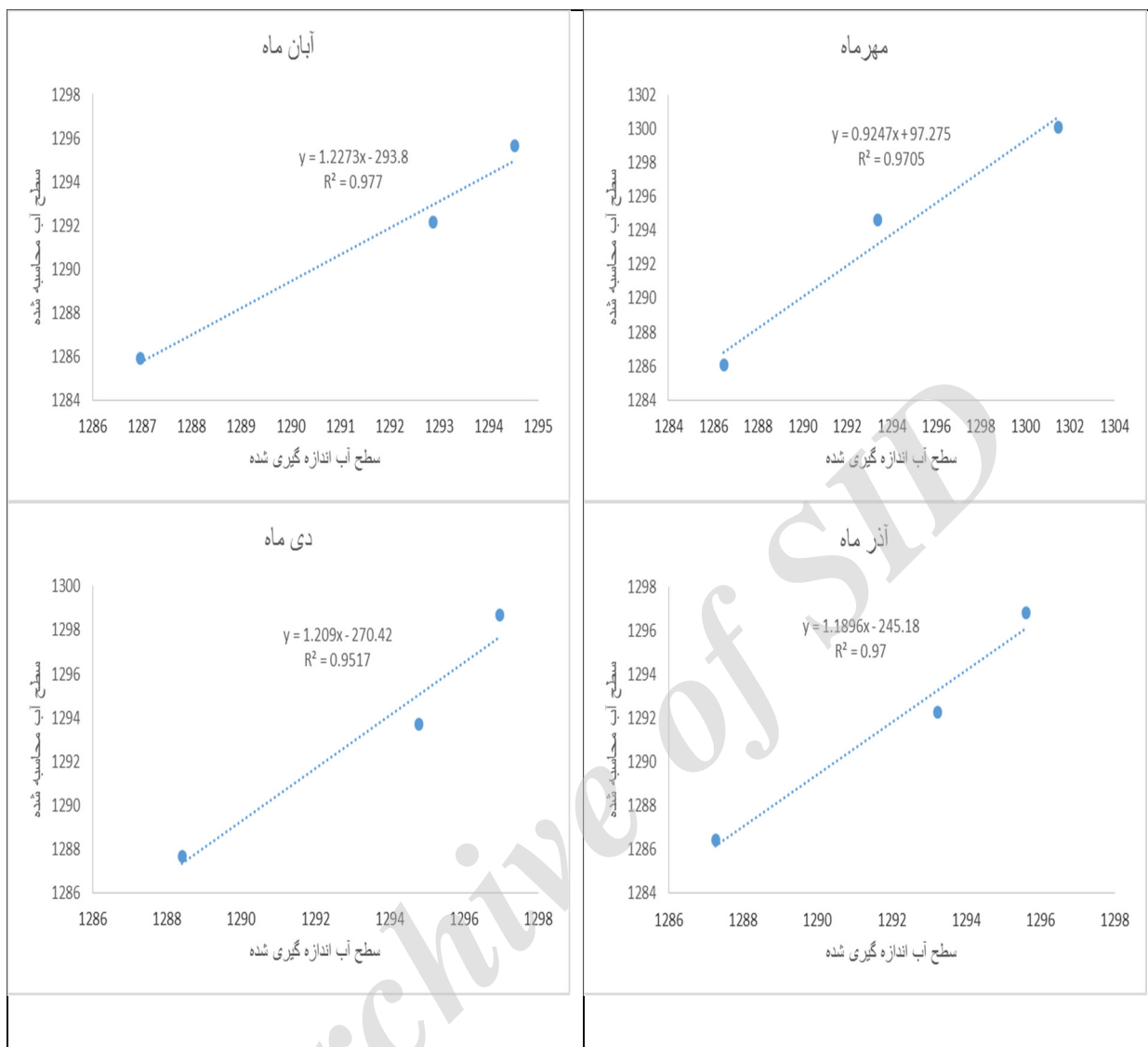
مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

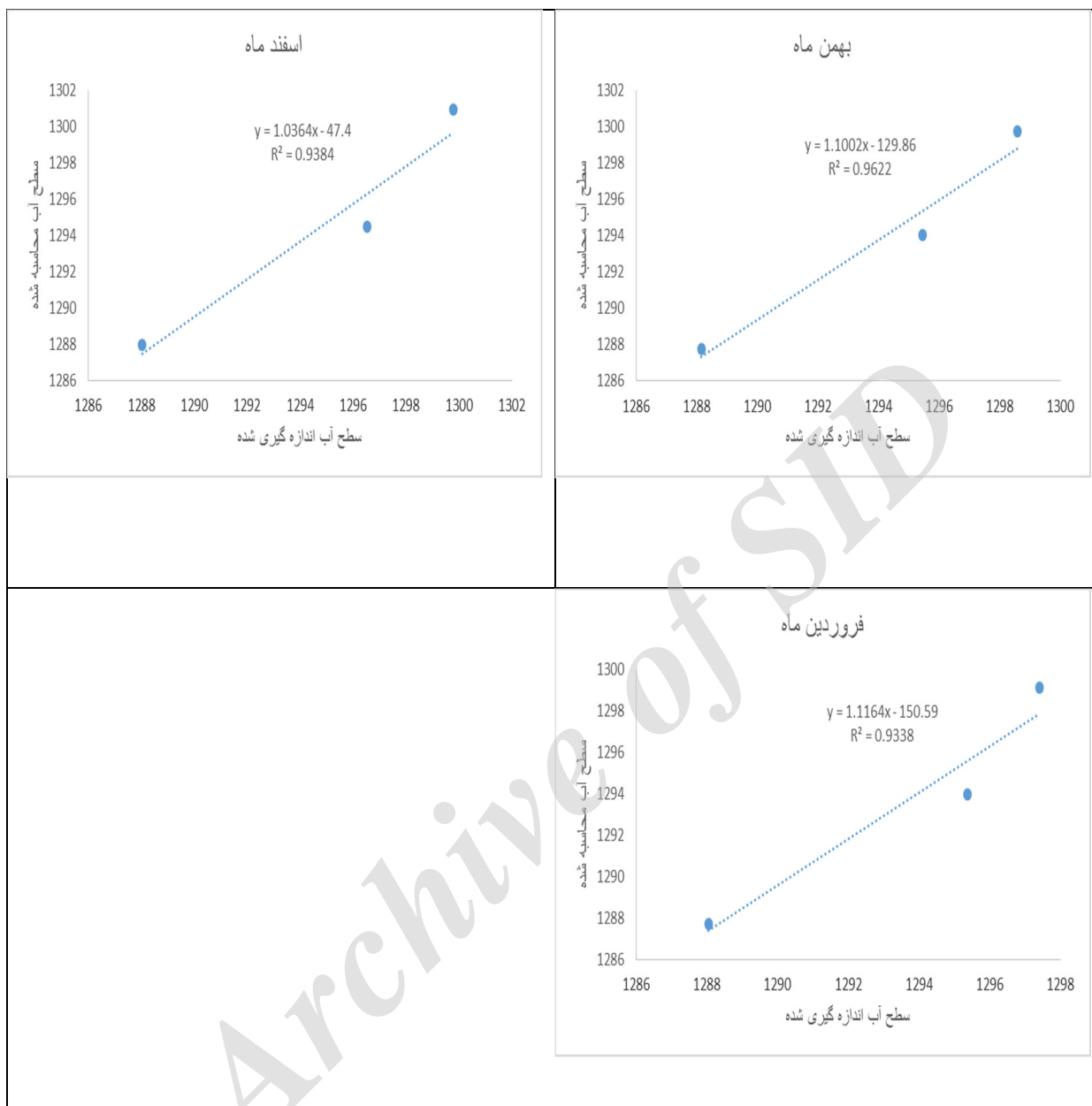
جدول شماره ۴-۱۹ نتایج آماری مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهداتی آبخوان در ماه‌های مدلسازی در سال ۱۳۹۳

| ماه | ضریب همبستگی | شیب خط رگرسیون | میانگین قدر مطلق خط (cm) |
|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| خرداد | ۰/۹۹۶ | ۱/۱۷۶۴ | ۱۰۴ |
| تیر | ۰/۹۹۴ | ۱/۱۲۵۲ | ۹۸ |
| مرداد | ۰/۹۹۴ | ۱/۰۲۰۷ | ۹۳ |
| شهریور | ۰/۹۸۴ | ۱/۰۶۱۵ | ۹۸ |
| مهر | ۰/۹۸۹ | ۱/۰۹۲۴ | ۱۰۲ |
| آبان | ۰/۹۹۸ | ۱/۱۲۹۳ | ۹۷ |
| آذر | ۰/۹۹۴ | ۱/۱۱۹۴ | ۱۰۰ |
| دی | ۰/۹۸۸ | ۱/۱۴۸۷ | ۱۱۸ |
| بهمن | ۰/۹۸۲ | ۱/۰۹۴۱ | ۹۸ |
| اسفند | ۰/۹۵۶ | ۱/۰۶۲۱ | ۱۰۹ |
| فروردین | ۰/۹۷۸ | ۱/۱۲۰۰ | ۱۱۴ |

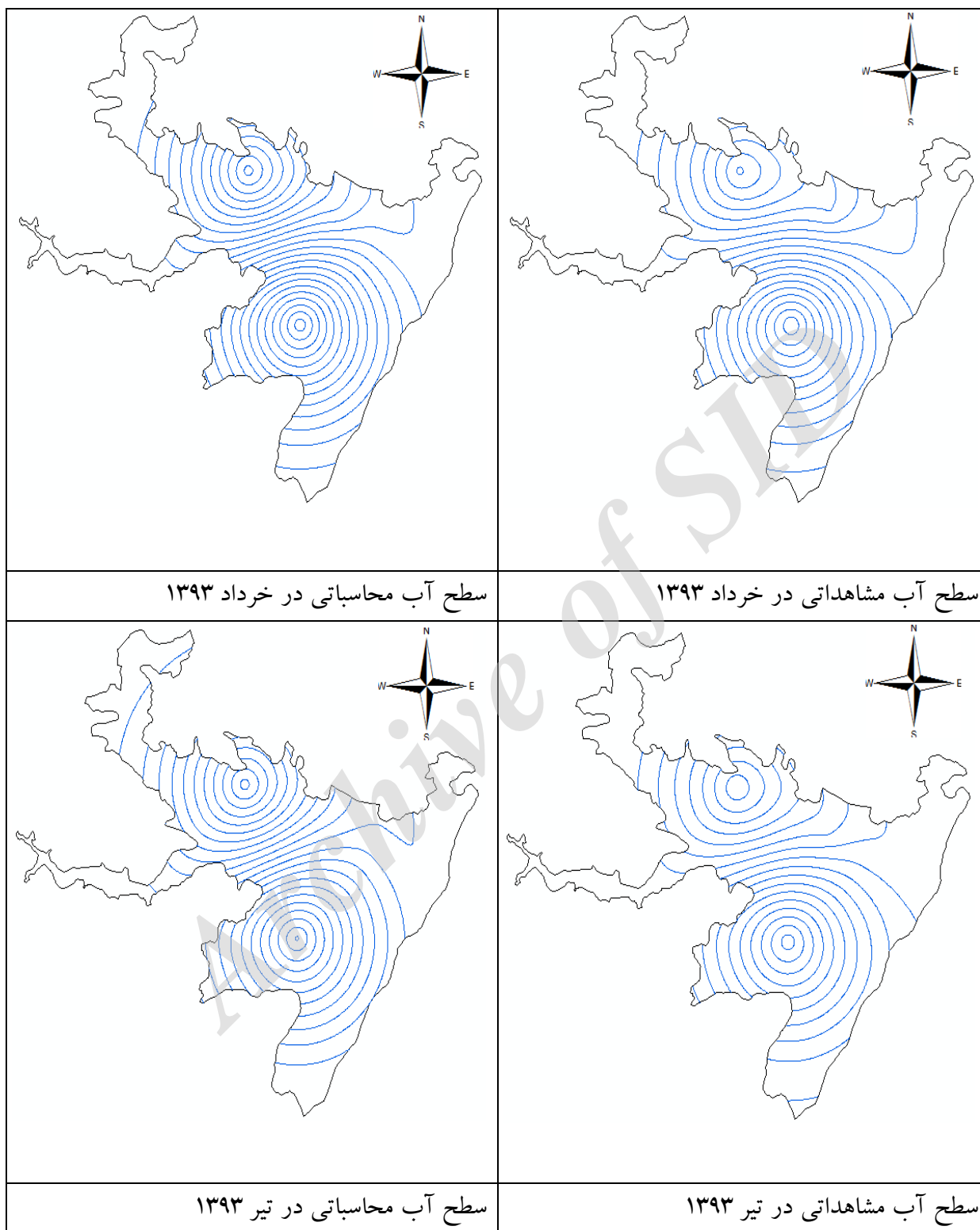
در هر ماه (از خرداد ۱۳۹۳ تا فروردین ۱۳۹۴) نتایج سطح آب مشاهداتی و محاسباتی، جهت مقایسه ترسیم شدند که در ادامه در شکل ۴-۲۱ آورده شده است. که با استناد به این شکل‌ها، به دقت بالای مدل کمی در شبیه‌سازی پی برده می‌شود. علاوه بر این آنالیزهای آماری گفته شده برای هر ماه انجام شد، که خلاصه نتایج این بررسی‌ها در جدول زیر ارائه شده است. با توجه به جدول می‌توان گفت که مدل کمی در حالت کلی از دقت بالایی برخوردار است، مدل در هر ماه رقوم سطح آب در کل آبخوان را شبیه‌سازی می‌کند.

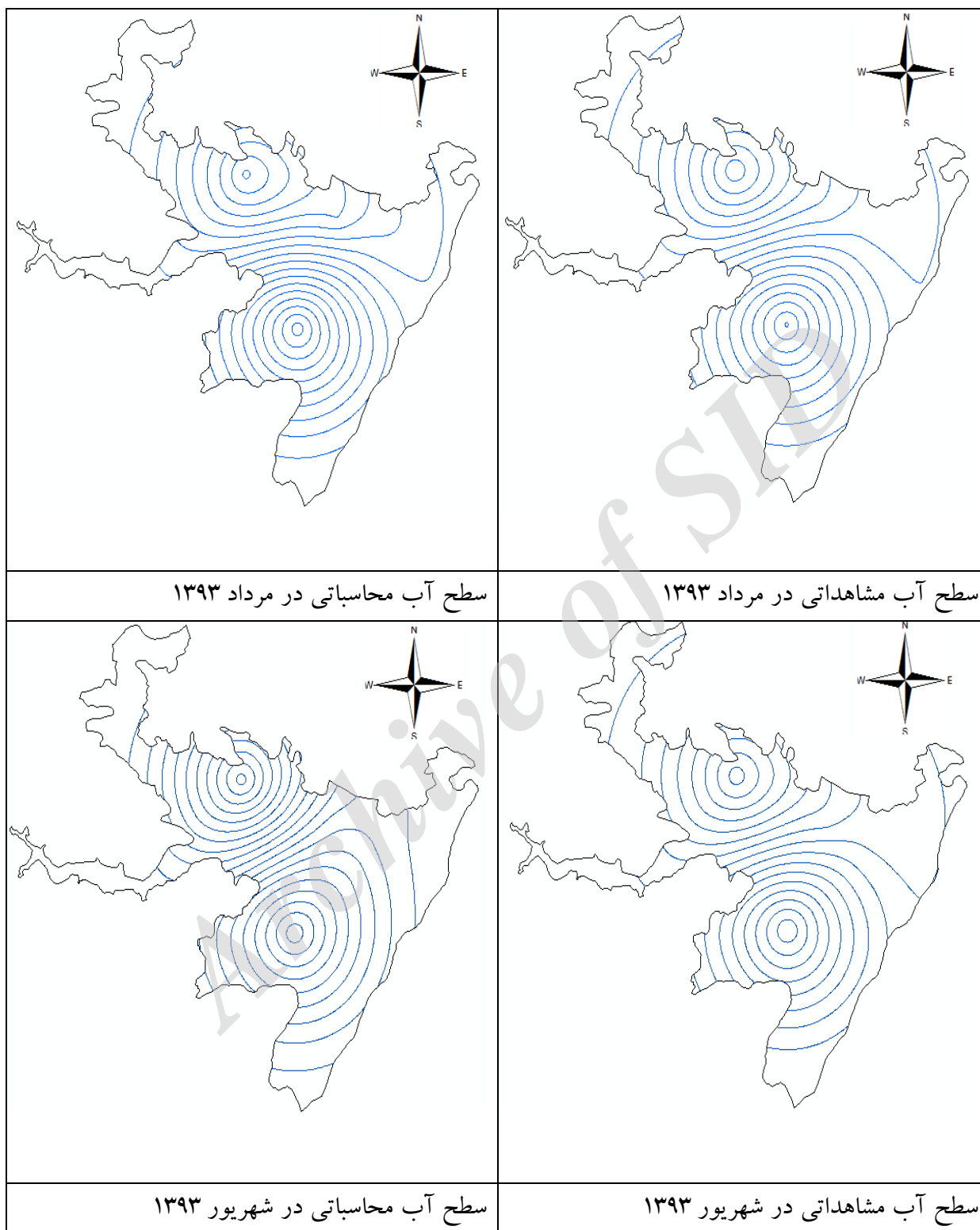


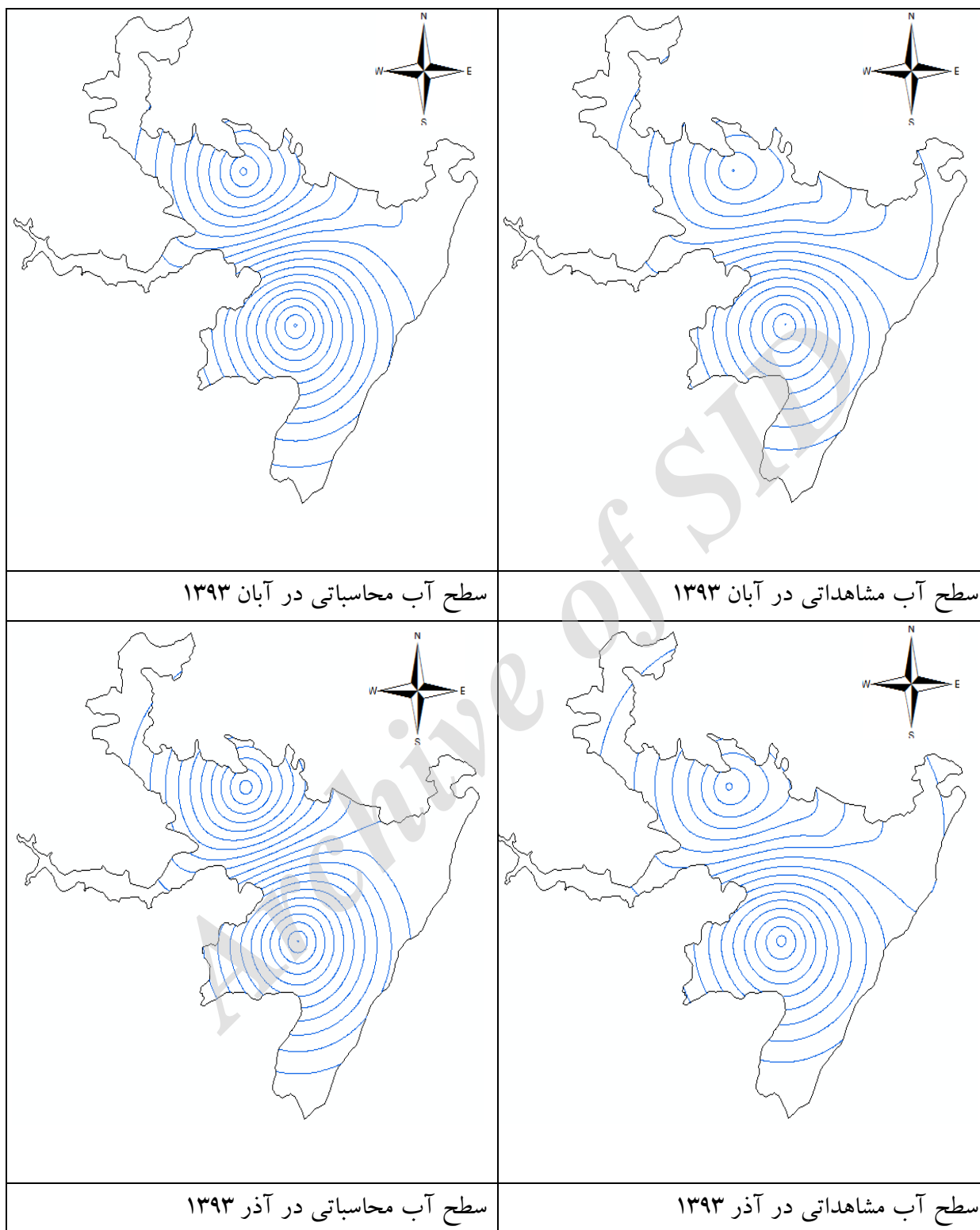


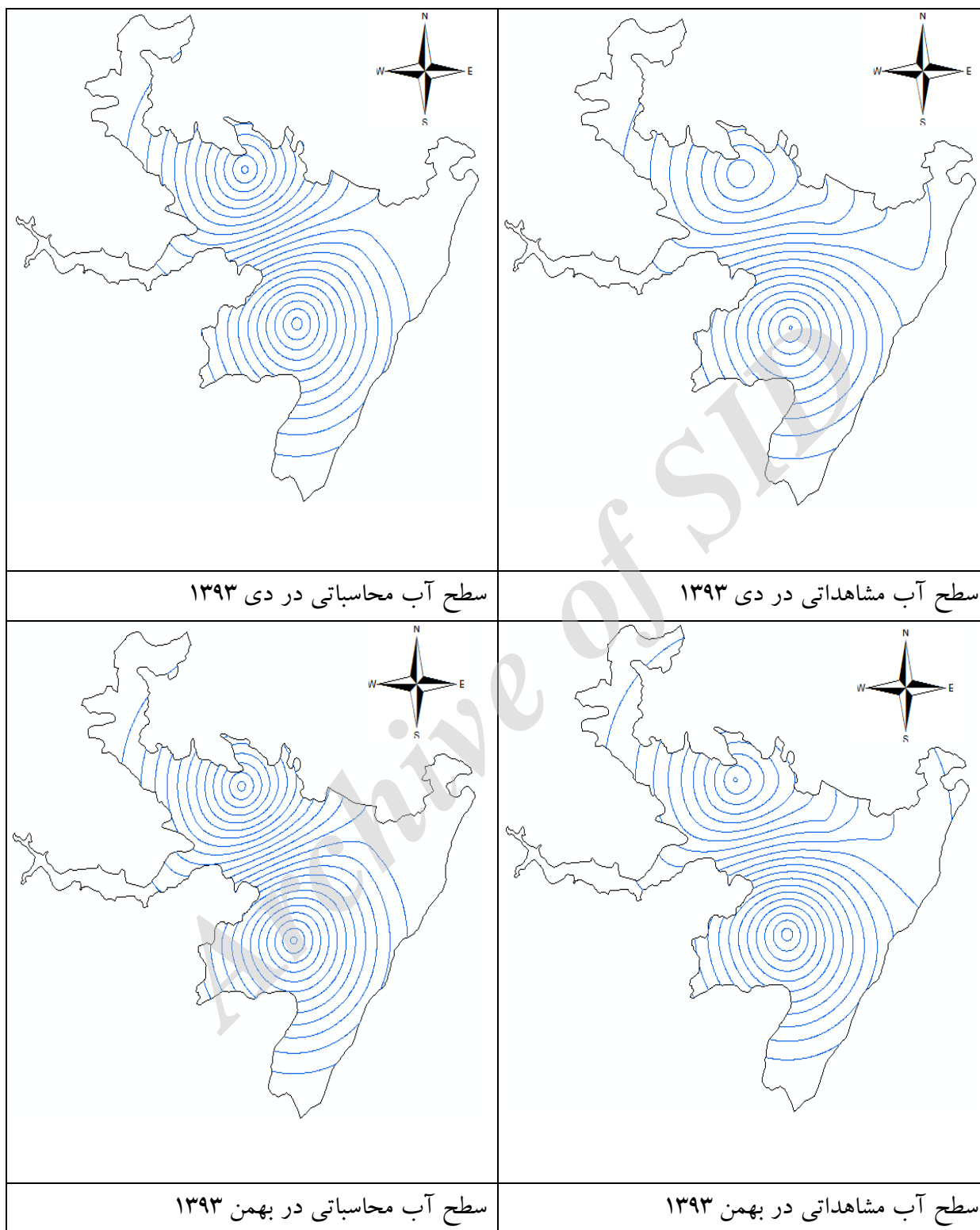


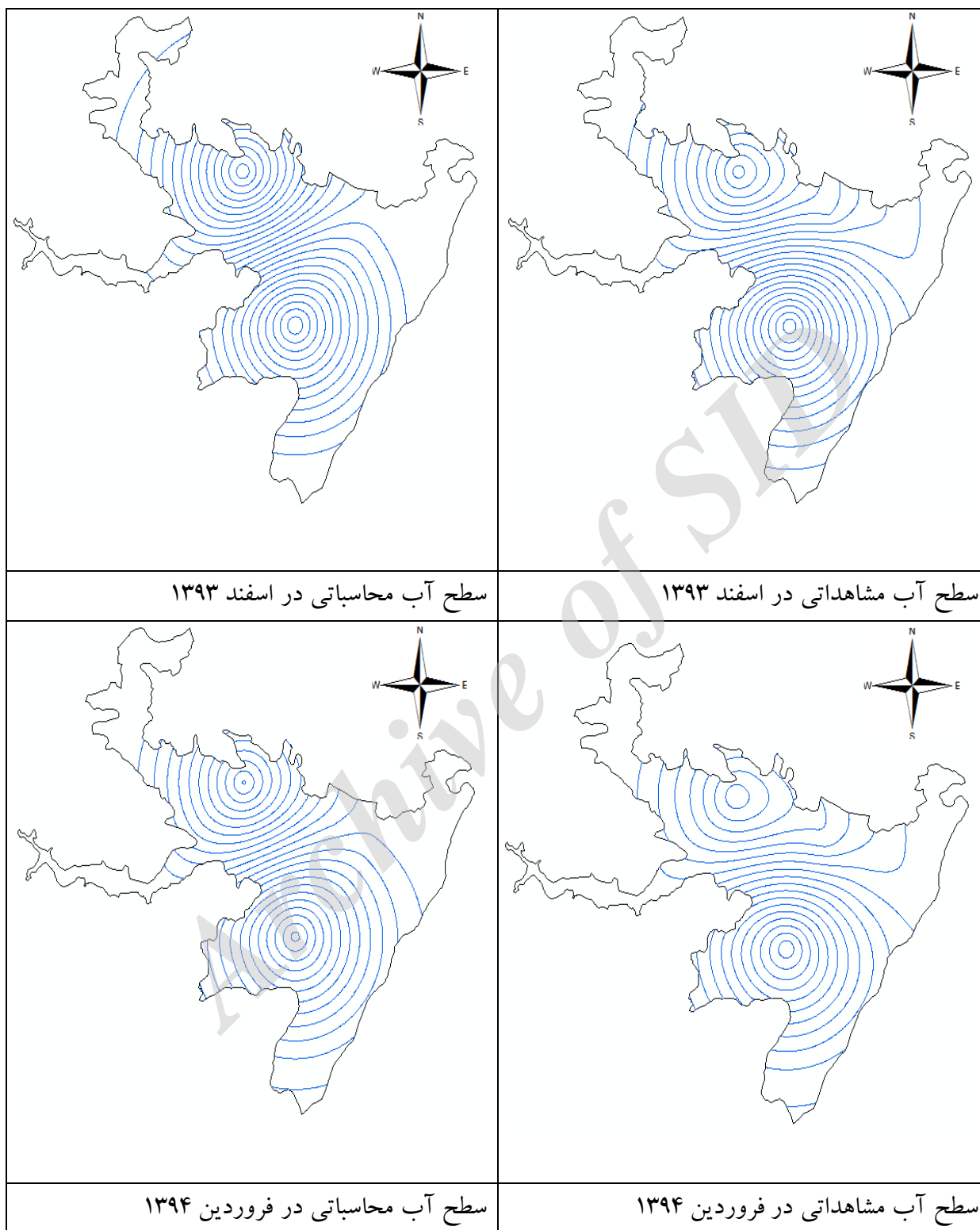
شکل شماره ۴-۶ مقایسه نتایج سطح آب مشاهداتی و محاسباتی از خرداد ۱۳۹۳ تا فروردین ۱۳۹۴









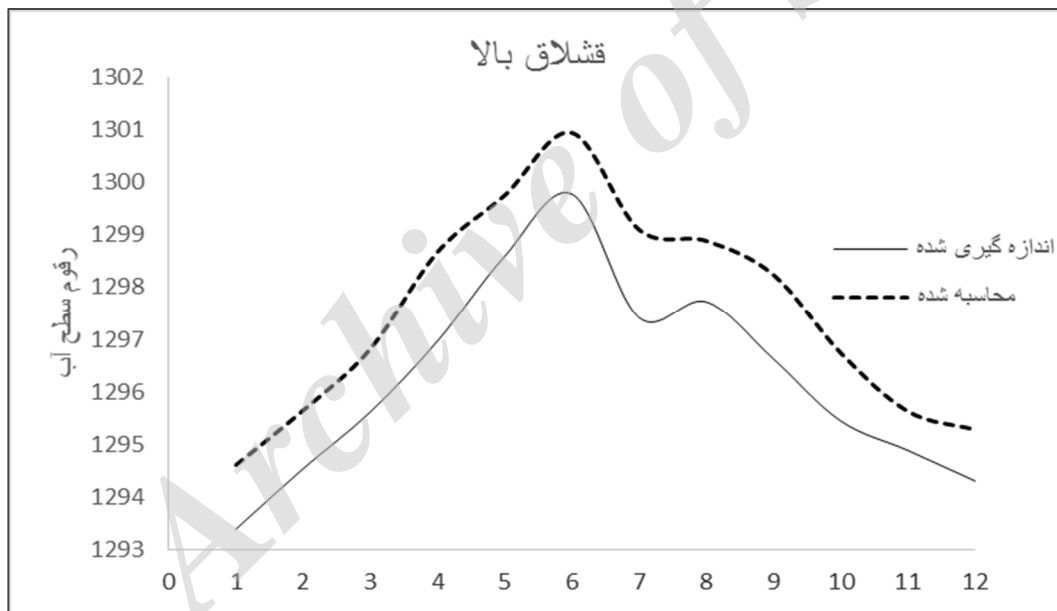
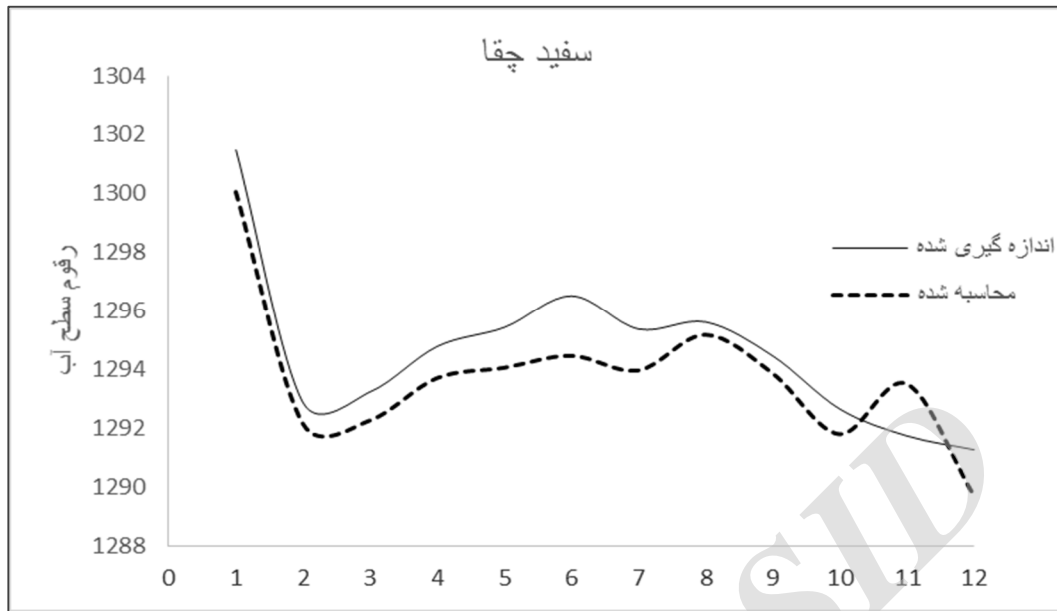


شکل شماره ۴-۷ مقایسه نتایج سطح آب مشاهداتی و سطح آب محاسباتی از خرداد ۱۳۹۳ تا فروردین ۱۳۹۴

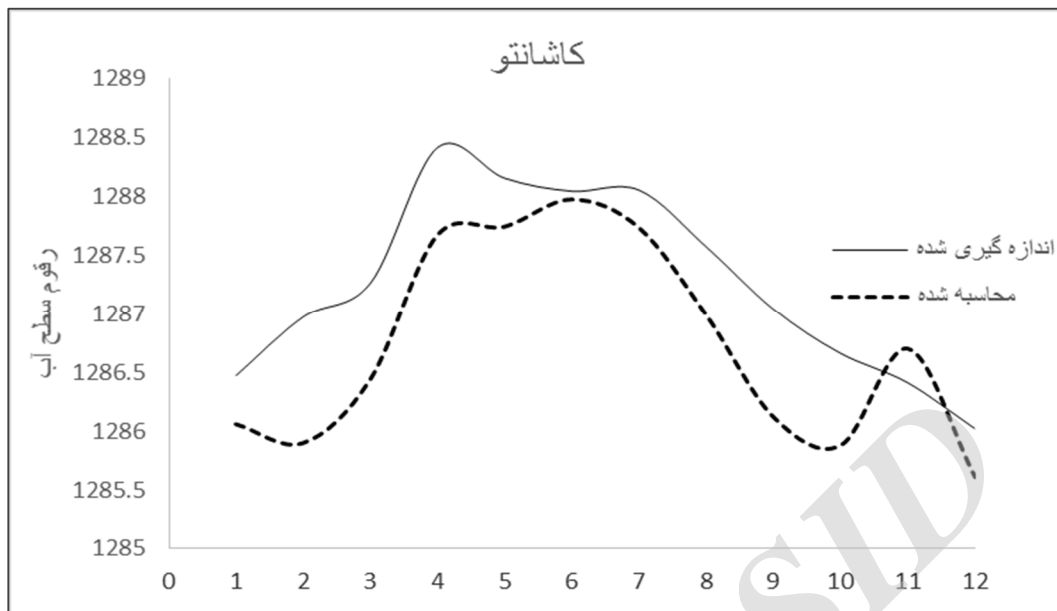
در محل هر پیزومتر در طول کل مدت زمان شبیه‌سازی نتایج سطح آب شبیه‌سازی شده با مقادیر اندازه‌گیری شده آن مقایسه شد. بدیهی است که در طول یک دوره ۱۲ ماهه علاوه بر اینکه ممکن است در قرائت سطح ایستابی در محل پیزومترها، دچار خطا (ابزاری یا انسانی) شده باشند. با توجه به اینکه داده‌های ورودی به صورت غیر ماندگار به مدل داده شده‌اند؛ چنانچه کوچکترین خطایی در این داده‌ها باشد در یک دوره ۱۱ ماهه تأثیر این خطا در یک نقطه مشخص افزایش می‌یابد. به عنوان مثال، به علت عدم داشتن اطلاعات کافی از میزان تغییرات ماهیانه ضریب توانایی مرز در عبور جریان، مقدار این پارامتر در رودخانه‌ها و مرزها ثابت در نظر گرفته شد. در مدل‌سازی به علت عدم داشتن داده‌ها و اطلاعات کافی، بسیاری از پارامترها را باید تقریبی در نظر گرفت و این خود باعث تفاوت‌ها می‌شود. همچنین در محل هر پیزومتر، نوسانات سطح آب بسیار کمتر از متوسط در کل دشت است. بنابراین ضرایب همبستگی در طول دوره شبیه‌سازی در محل هر پیزومتر، کمتر از مقادیر ماهانه در آبخوان است. مقایسه‌های آماری در محل پیزومترهای محدوده انجام گردید، که نتایج آنالیزهای آماری آن در جدول ۴-۲۰ و نتایج گرافیکی سطح آب شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده در شکل ۴-۶ آورده شده است.

جدول شماره ۴-۲۰ نتایج آماری مقایسه سطح آب مشاهداتی با محاسباتی در پیزومترها در زمان مدل‌سازی

| نام پیزومتر | ضریب همبستگی | شیب خط رگرسیون | میانگین قدر مطلق خط (cm) |
|-------------|--------------|----------------|--------------------------|
| سفید چقا | ۰/۶۷۶ | ۰/۷۴۵ | ۱۱۹ |
| قشلاق بالا | ۰/۹۸۱ | ۱/۰۴۵ | ۱۲۵ |
| کاشانتو | ۰/۸۰۷ | ۰/۹۵۶ | ۵۵ |



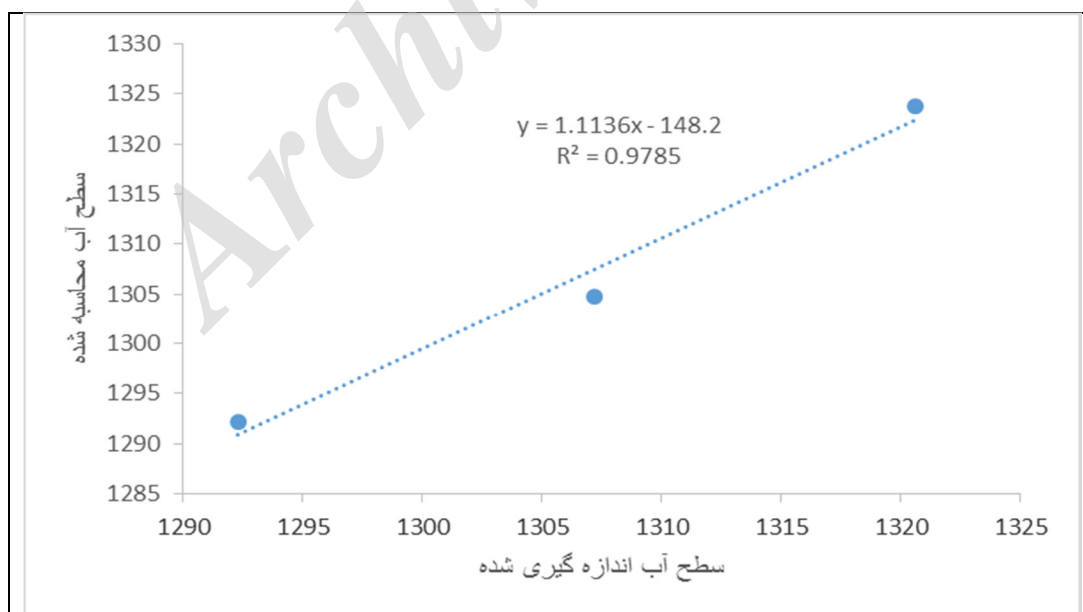
مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...



شکل شماره ۴-۸ مقایسه سطح آب شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در محل هر پیزومتر در طول دوره مدل‌سازی

۴-۶- صحت‌سنجی مدل

از نتایج سطح آب شبیه‌سازی شده در اردیبهشت ۱۳۹۴ جهت صحت‌سنجی مدل استفاده شد که در این راستا همانطور که در شکل زیر نشان داده شده ضریب همبستگی داده‌ها برابر ۰/۹۷۸۵ و شیب خط رگرسیون برابر ۱/۱۱۳۶ به دست آمد.



شکل شماره ۴-۹ نتایج صحت‌سنجی مدل در اردیبهشت ۱۳۹۴

۴-۶- تفکیک چاه‌ها بر اساس زیر حوضه‌های موجود

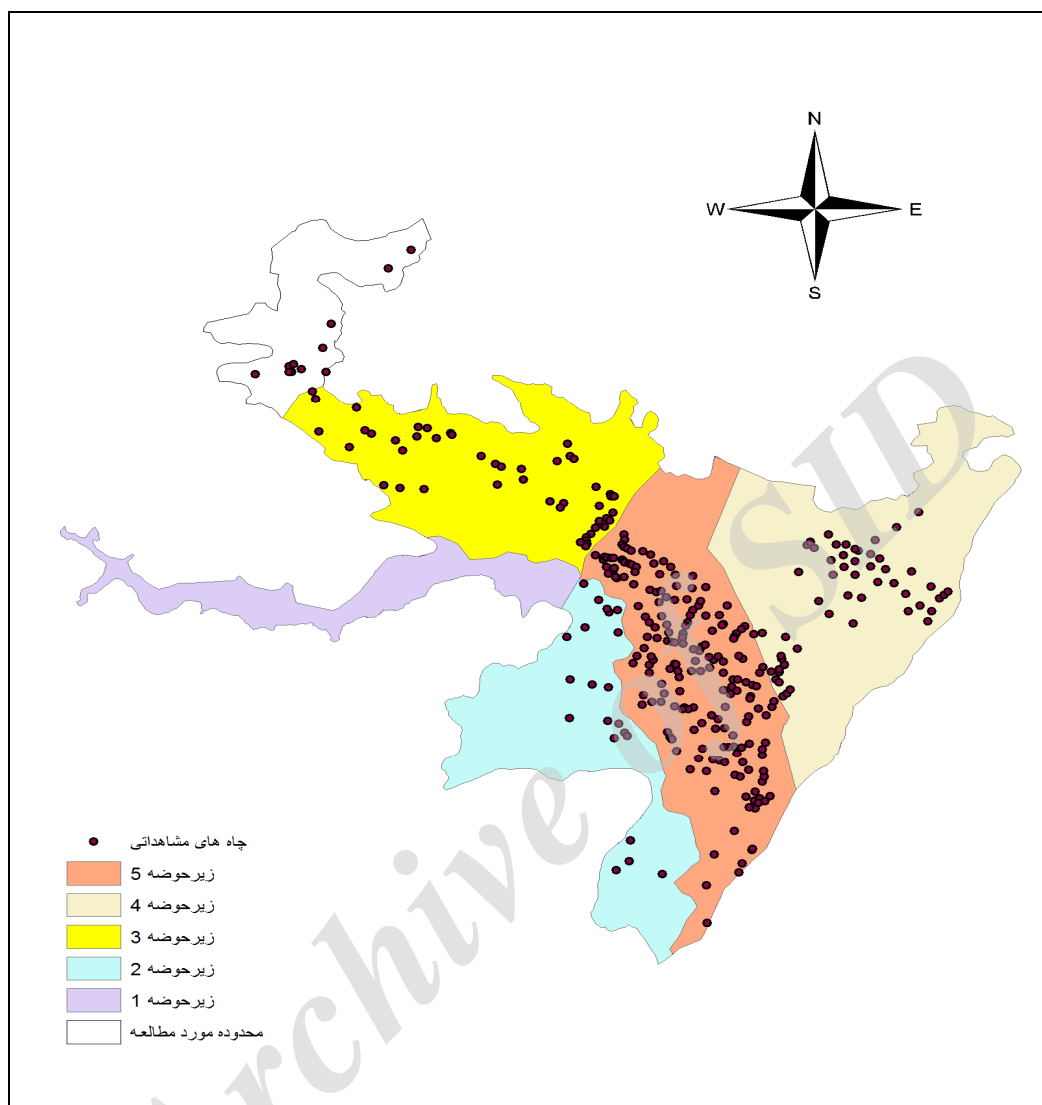
چاه‌های مشاهداتی و پیش‌بینی شده به منظور تحلیل و بررسی هرچه سریعتر و راحت‌تر، برای هر یک از پنج زیر ناحیه موجود در محدوده مورد مطالعه تفکیک شدند. که نقشه‌های تهیه شده آنها در اشکال زیر آورده شده است. با توجه به اینکه کیفیت آب‌های زیرزمینی در تمام نواحی بسیار مطلوب است و متوسط EC آب چاه‌های موجود در محدوده ۵۰۰ میکروموس بر سانتیمتر می‌باشد بنابراین علاوه بر اینکه منطقه پتانسیل تلفیق آب سطحی و زیرزمینی را دارا می‌باشد حتی از آب‌های زیرزمینی به تنهایی هم می‌توان بدون محدودیت در تمام کشت‌ها الگوی موجود برای آبیاری استفاده نمود. لذا در این تحقیق به دلیل نبود محدودیت در کیفیت آب‌های زیرزمینی نیازی به مدیریت تلفیقی از نظر کیفی وجود نداشت و در صورت پایین بودن کیفیت آب در سایر مناطق کشور می‌توان با استفاده از مدل OPDM مقادیر تلفیق آب‌های سطحی و زیرزمینی را در ناحیه‌ها و کانال‌های شبکه‌ی آبیاری برنامه‌ریزی نمود.

جدول شماره ۴-۲۱ اطلاعات چاه‌های موجود در مناطق مختلف

| ناحیه | نام لایه | جمع دبی برداشت L/s | تعداد چاه | متوسط دبی L/s | جمع تخلیه سالانه | متوسط تخلیه هر چاه |
|---------|------------|-----------------------|-----------|------------------|------------------|--------------------|
| برناج | well Sub 1 | ۰ | ۰ | ۰ | -- | -- |
| نوجبران | well Sub 2 | ۱۵۹.۲ | ۲۲ | ۷.۲۳ | ۱۵۸۸۹۷۹.۸۸ | ۷۲۲۲۶.۳۶ |
| N1 | well Sub 3 | ۵۱۸.۶ | ۴۹ | ۱۰.۵۸ | ۴۲۴۰۰۴۵.۴۴ | ۸۶۵۳۱.۵۴ |
| N2 | well Sub 5 | ۲۰۹۴.۹ | ۱۸۹ | ۱۱.۰۸ | ۱۳۸۰۷۹۳۷.۱۶ | ۷۳۰۵۷.۸۷ |
| N3 | well Sub 4 | ۴۵۸.۷ | ۵۹ | ۷.۷۷ | ۳۰۶۶۰۴۸.۳۶ | ۵۱۹۶۶.۹۲ |
| جمع | | 3231/4 | | | 22703010/84 | |

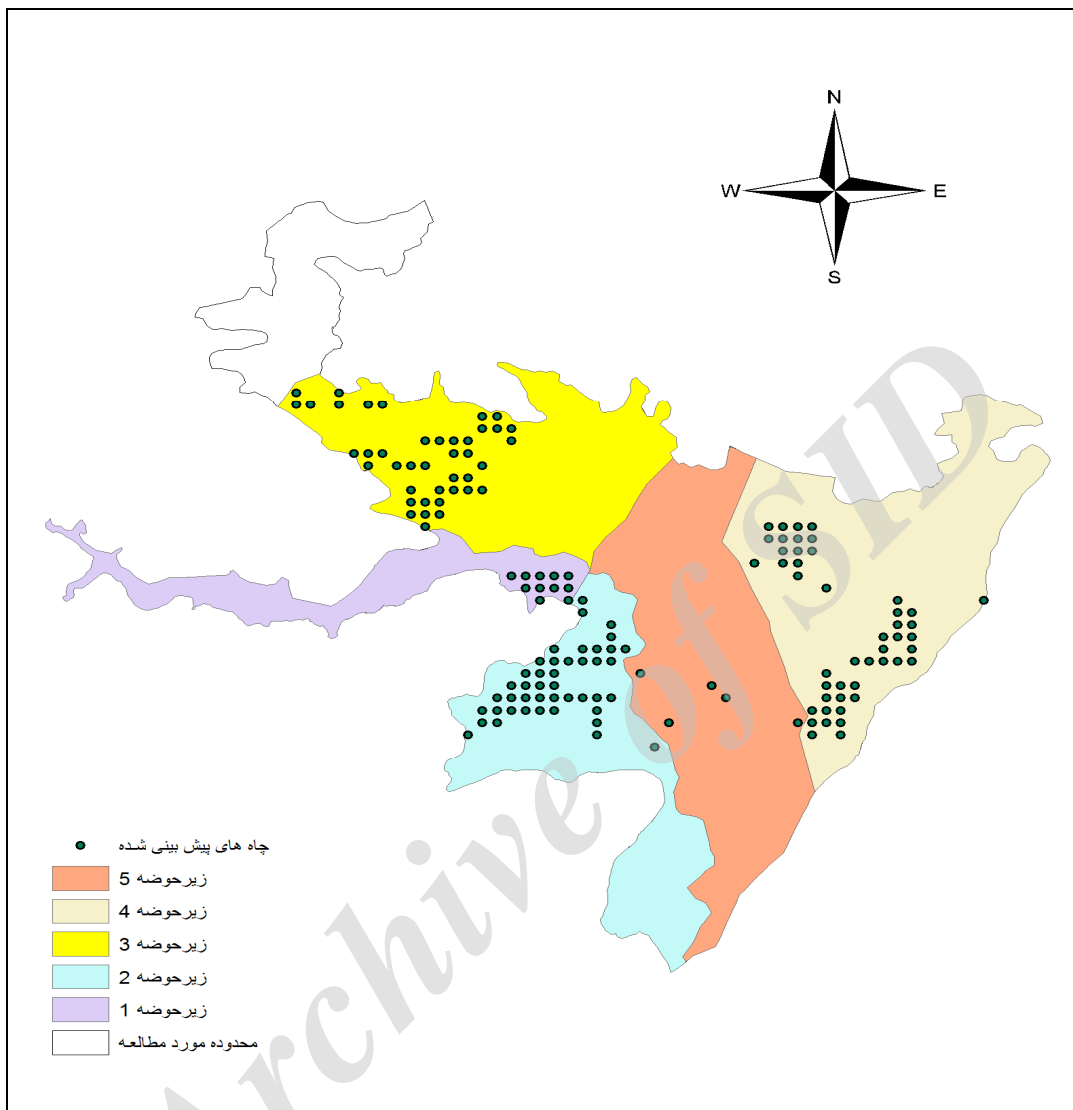
جدول شماره ۴-۲۲ اطلاعات چاه‌های پیشنهادی در نواحی مختلف شبکه

| ناحیه | نام لایه | جمع دبی برداشت | تعداد چاه | متوسط دبی |
|---|------------|----------------|-----------|-----------|
| برناج | well Sub 1 | ۹۵.۳۲ | ۱۱ | ۸.۶۶ |
| نوجبران | well Sub 2 | ۳۳۲.۳۱۷۳ | ۴۴ | ۷.۵۵ |
| N1 | well Sub 3 | ۳۰۸.۲۰۳۲۴ | ۴۱ | ۷.۵۲ |
| N2 | well Sub 5 | ۴۴.۷۸۹۷۷ | ۵ | ۸.۹۵ |
| N3 | well Sub 4 | ۳۴۷.۹۸۲۷ | ۴۷ | ۷.۴ |
| جمع | | ۱۱۲۸.۶۱۳۰۱ | | |
| جمع برداشت سالانه با حدود ۲۰۰۰ ساعت کار | | ۸۰۰۴۱۲۳.۴۷ | | |



شکل شماره ۴-۱۰ تفکیک چاه‌های موجود در زیرحوضه‌ها

شکل ۴-۱۰ نشان می‌دهد که در ناحیه برناج به دلیل عدم نیاز به آب هیچگونه چاهی حفر نشده است و در ناحیه‌ی نوحبران نیز تعداد چاه‌های موجود محدود بوده ولی در این ناحیه می‌توان از آب چشمه برناج و چاه‌های منطقه برناج به صورت تلفیقی استفاده نمود.



شکل شماره ۴-۱۱ تفکیک چاه‌های پیش‌بینی شده در زیرحوضه‌ها

در شکل ۴-۱۱ چاه‌های پیشنهادی در نواحی مختلف منطقه نشان داده شده است در ناحیه برناجاگر چه کمبود آب وجود ندارد ولی نتایج اجرای مدل نشان می‌دهد که حدود ۱۱ حلقه چاه می‌تواند حفر شود و پس از انتقال از آب آن برای منطقه نوجبران استفاده نمود.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

جدول شماره ۴-۲۳ مساحت های الگوی کشت نواحی مختلف منطقه

| شبه (قسمت اول + دوم + سوم) (سوم) | غیر شبکه (برناج + نوجبران) | قسمت سوم شبکه | قسمت دوم شبکه | قسمت اول شبکه | نوجبران | برناج | نوع کشت |
|--|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|---------|--------|-----------------------------|
| ۲۴۹۲.۰۰ | ۴۹۴.۵۰ | ۸۳۰.۰۰ | ۹۵۰.۰۰ | ۷۱۲.۰۰ | ۳۰۳.۰۰ | ۱۹۱.۵۰ | گندم |
| ۱۸۰.۴۰ | ۵۲.۰۰ | ۶۵.۰۰ | ۶۵.۰۰ | ۵۰.۴۰ | ۳۰.۵۰ | ۲۱.۵۰ | جو |
| ۱۰۹.۷۰ | ۸.۰۰ | ۶۵.۰۰ | ۲۸.۰۰ | ۱۶.۷۰ | ۶.۰۰ | ۲.۰۰ | کلزا |
| ۳۹.۰۰ | ۳۸.۵۰ | ۳.۰۰ | ۱۲.۰۰ | ۲۴.۰۰ | ۱۱.۰۰ | ۲۷.۵۰ | گشیز |
| ۲۴.۰۰ | ۴.۰۰ | ۶.۰۰ | ۱۰.۰۰ | ۸.۰۰ | ۱.۰۰ | ۳.۰۰ | یونجه |
| ۷.۰۰ | ۲.۴۰ | ۰.۰۰ | ۵.۰۰ | ۲.۰۰ | ۰.۵۰ | ۱.۹۰ | شیدر |
| ۱۹۷.۳۰ | ۱۲۷.۰۰ | ۱۲.۳۰ | ۹۰.۰۰ | ۹۵.۰۰ | ۸۳.۰۰ | ۴۴.۰۰ | چغندر قند |
| ۳۷۹.۰۰ | ۹۹.۰۰ | ۳۴.۰۰ | ۲۲۸.۰۰ | ۱۱۷.۰۰ | ۶۷.۰۰ | ۳۲.۰۰ | ذرت دانه ای |
| ۲۲.۰۰ | ۳۱.۰۰ | ۰.۰۰ | ۷.۰۰ | ۱۵.۰۰ | ۲.۰۰ | ۲۹.۰۰ | باقلا |
| ۱۰.۰۰ | ۰.۰۰ | ۵.۰۰ | ۵.۰۰ | ۰.۰۰ | ۰.۰۰ | ۰.۰۰ | گوجه فرنگی |
| ۵۰.۳۰ | ۰.۰۰ | ۳۴.۰۰ | ۱۶.۳۰ | ۰.۰۰ | ۰.۰۰ | ۰.۰۰ | سیب زمینی |
| ۸۲.۰۰ | ۰.۰۰ | ۷۵.۰۰ | ۷.۰۰ | ۰.۰۰ | ۰.۰۰ | ۰.۰۰ | آفتابگردان |
| ۵۸.۰۰ | ۲۴.۰۰ | ۲.۰۰ | ۱۰.۰۰ | ۴۶.۰۰ | ۱۶.۰۰ | ۸.۰۰ | انگور |
| ۱۵.۲۰ | ۱۳.۰۰ | ۰.۲۰ | ۵.۰۰ | ۱۰.۰۰ | ۱۱.۰۰ | ۲.۰۰ | گردو |
| ۵۱.۵۰ | ۱۰.۰۰ | ۳.۰۰ | ۱۳.۵۰ | ۳۵.۰۰ | ۷.۰۰ | ۳.۰۰ | هلو |
| ۲۶.۰۰ | ۷.۶۶ | ۱.۰۰ | ۵.۰۰ | ۲۰.۰۰ | ۶.۰۰ | ۱.۶۶ | سیب |
| ۱۷۷.۴۹ | ۳۸۳.۳۴ | ۶۵.۰۱ | ۰.۰۰ | ۱۱۲.۴۹ | ۱۱۲.۴۹ | ۲۷۰.۸۵ | مراغ |
| ۷۸.۰۱ | ۶۲.۸۵ | ۳۲.۴۲ | ۳۲.۴۲ | ۱۳.۱۷ | ۴۲.۰۳ | ۲۰.۸۲ | مسکونی |
| ۱۴۰.۸۳ | ۱۵۷.۸۰ | ۰.۰۰ | ۴۰.۸۷ | ۹۹.۹۵ | ۹۹.۹۵ | ۵۷.۸۵ | رودخانه |
| ۲۲.۹۱ | ۲۱.۲۱ | ۹.۶۵ | ۲.۵۵ | ۱۰.۷۲ | ۱۰.۷۲ | ۱۰.۵۰ | کانال اصلی |
| ۴۰.۴۵ | ۹.۶۰ | ۲۰.۳۶ | ۱۱.۵۰ | ۸.۵۹ | ۸.۵۹ | ۱.۰۱ | کانال فرعی |
| ۱۲.۵۷ | ۱۶.۶۸ | ۰.۰۰ | ۰.۰۰ | ۱۲.۵۷ | ۱۲.۵۷ | ۴.۱۱ | جاده |
| ۳۷۴۳.۴۰ | ۹۱۱.۰۶ | ۱۱۳۵.۵۰ | ۱۴۵۶.۸۰ | ۱۱۵۱.۱۰ | ۵۴۴.۰۰ | ۳۶۷.۰۶ | سطح زیر کشت ha |
| ۴۶۵۴.۴۶ | | | | | | | جمع سطح زیر کشت کل منطقه |

جدول شماره ۴-۲۴ اطلاعات جمع بندی شده منابع آب سطحی و زیرزمینی در قسمت های تفکیک شده منطقه

| توضیح | بیان حجم آب موجود | نیاز ناخالص آبیاری کل منطقه جدول ۴-۲ | جمع دبی چاه‌های پیشنهادی | برداشت زیرزمینی | | برداشت سطحی | حجم ورودی به ناحیه آبیاری | نواحی تفکیک شده |
|--|-------------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------------|------------------|-------------|---------------------------|------------------|
| | | | | چاه های موجود | چاه های پیشنهادی | | | |
| آب برناج به سمت نوجبران انتقال می یابد | ۲۴۴۶۳۰۵.۱۸ | ۳۰۸۸۱۹۳.۷۰ | ۹۵.۳۲ | ۶۷۶۰۰۹.۴۴ | ۰ | ۵۵۳۴۴۹۸.۸۸ | ۵۵۳۴۴۹۸.۸۸ | برناج |
| کمبود | -۴۴۱۶۱۷۵.۸۱ | ۵۸۱۸۰۲۴.۴۵ | ۳۳۲.۳۲ | ۲۳۵۶۷۹۴.۲۹ | ۱۵۸۸۹۷۹.۸۸ | ۱۴۰۱۸۴۸.۶۴ | ۱۴۰۱۸۴۸.۶۴ | نوجبران |
| // | -۲۵۸۴۷۸۶.۲۷ | ۹۰۰۵۱۲۵.۵۰ | ۳۰۸.۲۰ | ۲۱۸۵۷۷۷.۳۸ | ۴۲۴۰۰۴۵.۴۴ | ۶۴۲۰۳۳۹.۲۳ | ۱۴۱۵۰۷۰۹.۴۱ | N1 |
| // | -۷۱۳۷۰۳۷.۴۵ | ۱۲۰۷۰۸۹۰.۲۵ | ۴۴.۷۹ | ۲۴۶۷۸۹۳.۳۱ | ۱۳۸۰۷۹۳۷.۱۶ | ۴۹۳۳۸۵۲.۸۰ | ۷۳۰۳۷۰.۱۸ | N2 |
| // | -۷۱۱۳۷۸۱.۶۱ | ۹۹۱۰۲۹۸.۹۹ | ۳۴۷.۹۸ | ۳۱۷۶۴۹.۰۵ | ۳۰۶۶۰۴۸.۳۶ | ۲۷۹۶۵۱۷.۳۸ | ۲۷۹۶۵۱۷.۳۸ | N3 |
| // | -۱۹۶۹۸۷۰.۶۳ | ۸۹۰۶۲۱۸.۱۵ | ۴۲۷.۶۴ | ۳۰۳۲۸۰۳.۷۳ | ۱۵۸۸۹۷۹.۸۸ | ۶۹۳۶۳۴۷.۵۲ | ۶۹۳۶۳۴۷.۵۲ | نوجبران + برناج |
| // | -۱۶۸۳۵۶۰۵.۳۳ | ۳۰۹۸۶۳۱۴.۷۴ | ۷۰۰.۹۸ | ۴۹۷۱۳۱۹.۷۳۵ | ۲۱۱۱۴۰۳۰.۹۶ | ۱۴۱۵۰۷۰۹.۴۱ | ۱۴۱۵۰۷۰۹.۴۱ | کل شبکه N1+N2+N3 |
| // | | ۳۹۸۹۲۵۳۲.۸۹ | | ۸۰۰۴۱۲۳.۴۷ | ۲۲۷۰۳۰۱۰.۸۴ | ۲۱۰۸۷۰۵۶.۹۳ | | جمع کل برداشت ها |

نتایج جمع بندی شده در جدول فوق حاصله از اجرای مدل GMS در شبیه سازی جریان آب های زیرزمینی در منطقه و پتانسیل های منابع آب سطحی و زیرزمینی در وضعیت موجود و در شرایط پیشنهادی چاه های جدید است که بیان آبهای موجود در نواحی مختلف تفکیک شده با توجه به نیازهای ناخالص آبیاری برآورد شده است و در مبحث الگوی بهینه کشت و بهینه سازی تخصیص مورد استفاده و بررسی قرار می گیرد.

۴-۷- بهینه سازی تخصیص منابع آب و سطح اراضی

هدف از انجام این پژوهش، علاوه بر مدل سازی بیلان و شبیه سازی سطح آبخوان آب زیرزمینی، بهینه سازی تخصیص سطح اراضی **دشت دینور به محصولات** موجود در الگوی کشت با استفاده از برنامه ریزی خطی است که در شرایط محدودیت منابع آب قابل استحصال، میزان سود حاصل از تولیدات به بیشترین میزان ممکن برسد. این وضعیت تحت سناریوهایی شامل وضعیت مدیریت موجود و شرایط مدیریتی با پیشنهاد چاه های بهره برداری با دبی مشخص و ثبات سطح متوسط آبخوان در مقدار ثابت ۱۵ متر مورد بررسی قرار گرفت. برای دستیابی به این هدف پس از انتخاب دشت که مطالعات پایه آن توسط شرکت آب منطقه ای استان کرمانشاه تهیه شده بود وضعیت کنونی بیلان دشت تحلیل گردید. سپس تمام مواردی که در منطقه به عنوان محدودیت به شمار می آمد تعیین شده و فاکتورهای لازم جهت بهینه سازی استخراج و معادلات هدف و توابع محدودیت منابع نوشته شد. با حل مسئله به دست آمده با استفاده از مدل LINGO سطح تخصیص بهینه اراضی در منطقه تعیین و آنالیز حساسیت مربوط به آن نیز انجام شد. آنچه تاکنون در بخش های پیشین ذکر شد مواد و روش های مورد استفاده و نحوه انجام تحقیق بود در ادامه به بیان نتایج مختلف حاصل از بهینه سازی برای رسیدن به اهداف مورد نظر پرداخته خواهد شد.

نتایج تعیین سطح پراکنش محصولات کشاورزی و باغی با استفاده از اطلاعات برداشت مکانی سازمان جهاد کشاورزی با مراجعه به مراکز خدمات کشاورزی منطقه، اطلاعات بهره برداران دشت که در آن موقعیت مکانی کلیه قطعات اراضی زراعی کشاورزان به تفکیک تهیه شده اخذ گردید. در برخی مناطق محدود نیز با عملیات میدانی و حضور در منطقه و مراکز خدمات کشاورزی و نیز مصاحبه و تکمیل فرم ها و پرسش نامه های تدوین شده جهت بهنگام سازی و اصلاح داده ها، کاربری های کشاورزی به تفکیک آبی، و باغات به دست آمد. سطح زیر کشت محصولات مختلف در جدول ۴-۲۵ ارائه گردیده است.

جدول ۴-۲۵ سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و باغی در دشت دینور (بر حسب هکتار)

| محصولات مساحت | گندم | جو | کلزا | گشنیز | یونجه | شبدر | چغندر قند | ذرت دانه ای | باقلا | گوجه فرنگی | سیب زمینی | آفتابگردان | باغات میوه |
|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-----------|-------------|-------|------------|-----------|------------|------------|
| غیر شبکه | ۴۹۴.۵ | ۵۲.۰ | ۸.۰ | ۳۸.۵ | ۴.۰ | ۲.۴ | ۱۲۷.۰ | ۹۹.۰ | ۳۱.۰ | ۰.۰ | ۰.۰ | ۰.۰ | ۵۴.۷ |
| شبکه | ۲۴۹۲.۰ | ۱۸۰.۴ | ۱۰۹.۷ | ۳۹.۰ | ۲۴.۰ | ۷.۰ | ۱۹۷.۳ | ۳۷۹.۰ | ۲۲.۰ | ۱۰.۰ | ۵۰.۳ | ۸۲.۰ | ۱۵۰.۷ |
| مجموع | ۲۹۸۶.۵ | ۲۳۲.۴ | ۱۱۷.۷ | ۷۷.۵ | ۲۸.۰ | ۹.۴ | ۳۲۴.۳ | ۴۷۸.۰ | ۵۳.۰ | ۱۰.۰ | ۵۰.۳ | ۸۲.۰ | ۲۰۵.۴ |

۴-۷-۱- تعیین نیاز آبی منطقه بر حسب الگوی کشت موجود

محاسبه نیاز آبی محصولات مختلف با استفاده از نرم افزار Netwat صورت گرفت.

جدول ۴-۲۶ نیاز آبی محصولات موجود در الگوی کشت دشت دینور (متر مکعب در هکتار)

| محصولات | گندم | جو | کلزا | گشنیز | یونجه | شیدر | چغندر قند | ذرت دانه ای | باقلا | گوچه فرنگی | سیب زمینی | آفتابگردان | باغات میوه |
|----------|------|------|------|-------|-------|------|-----------|-------------|-------|------------|-----------|------------|------------|
| نیاز آبی | ۱۸۵۰ | ۱۲۴۰ | ۲۱۸۰ | ۶۲۵۱ | ۹۳۵۰ | ۶۷۷۰ | ۹۲۶۰ | ۶۴۱۰ | ۲۱۷۰ | ۸۲۵۰ | ۸۰۵۰ | ۶۸۸۰ | ۹۰۶۷.۵ |

۴-۷-۲- وضعیت منابع آب دشت دینور

بر اساس اطلاعات برداشتی منطقه، ۳۱۹ حلقه چاه بهره‌برداری و دو چشمه با نام برناج و نجوبران وجود دارد. آبدهی دو چشمه که منبع اصلی آب سطحی منطقه برای مصارف کشاورزی و باغی منطقه هستند به ترتیب کمینه و بیشینه دبی (۱/۳۹-۰/۹۱) و (۰/۳۹۷-۰/۲۴۵) متر مکعب در ثانیه است که در مجموع سالانه حجمی معادل ۵۵۳۴۴۹۸ و ۱۴۰۱۸۴۸ متر مکعب آب استحصالی در اختیار مصارف منطقه قرار دارد. در شبکه آبیاری منطقه نیز حجمی معادل ۱۴۱۵۰۷۰۹ متر مکعب آب استحصال گردیده و مصرف می‌شود. از حجم آب سطحی بهره‌برداری شده در سال بیلان، در شبکه آبیاری و سایر مناطق که جز شبکه نیستند به ترتیب مقدار ۲۱۰۸۷۰۵۶ میلیون متر مکعب به مصرف محصولات مختلف کشاورزی می‌رسد که قابل مدیریت و بهینه‌سازی است. در بخش منابع آب زیرزمینی نیز ۲۲۷۰۳۰۱۰ متر مکعب آب استحصال گردیده و مصرف کشاورزی دارد.

۴-۷-۳- بهینه‌سازی سطح تخصیص اراضی

پس از تهیه اطلاعات مورد نیاز برای حل مسئله و تعیین محدودیت‌های موجود در منطقه، مسئله بهینه‌سازی در دشت دینور به صورت زیر فرمول‌بندی گردید. با عنایت به ارتباط منابع آب سطحی نجوبران و برناج و عدم ارتباط این منابع آب سطحی با شبکه آبیاری موجود از یک طرف و از طرفی وجود آبخوان آزاد واحد در منطقه، بهینه‌سازی تخصیص منابع آب به محصولات مختلف کشاورزی در مناطق نجوبران و برناج با هم و تحت عنوان مناطق فاقد شبکه و نیط مناطق تحت شبکه آبیاری برای وضعیت موجود و با لحاظ سناریوی پیشنهادی حفر چاه‌های بهره‌برداری در منطقه، به صورت جداگانه بهینه‌سازی گردید.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

در شرایط فعلی امکان تغییر در استفاده از اراضی مسکونی، صنعتی و راه‌ها وجود ندارد. لذا مناطق مذکور از سطح کل کسر شده و سطح بهینه‌سازی (۳۷۴۳,۴ هکتار برای شبکه آبیاری و ۹۱۱,۱ هکتار در مناطق فاقد شبکه) به دست آمد. پس از محاسبه تولید، در آمد ناخالص و هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت؛ سود خالص سالانه هر محصول به عنوان ضریب در تابع هدف مورد استفاده قرار گرفت. برای محدودیت دسترسی به آب، نسبت به تعیین نیاز آبی محصولات مختلف اقدام و به عنوان ضریب برای متغیرها مورد استفاده قرار گرفت. سایر محدودیت‌ها نیز از طریق پیمایش میدانی و مصاحبه چهره به چهره در منطقه استخراج و توابع محدودیت نهایی شد. شکل عمومی مسئله در دشت دینور به صورت رابطه زیر نوشته شد:

$$\text{Max}(Z)=4.967*X1+3.697*X2+5.986*X3+4.048*X4+8.564*X5+5.709*X6+9.971*X7+4.471*X8+5.994*X9+7.982*X10+10.53*X11+5.034*X12+9.62*X13; \quad (2-4)$$

که در آن:

متغیرهای تصمیم که با اندیس i در الگوی برنامه‌ریزی خطی مشخص شده‌اند شامل ۱۳ محصول عمده زراعی و باغی به ترتیب گندم آبی ($i=1$)، جو آبی ($i=2$)، کلزا ($i=3$)، گشنیز ($i=4$)، یونجه ($i=5$)، شبدر ($i=6$)، چغندر قند ($i=7$)، ذرت دانه ای ($i=8$)، باقلا ($i=9$)، گوجه فرنگی ($i=10$)، سیب زمینی ($i=11$)، آفتابگردان ($i=12$)، باغات میوه ($i=13$) است.

۴-۷-۴- توابع محدودیت در مدل بهینه سازی

محدودیت های منطقه پس از استخراج در چهار دسته محدودیت زیر در مدل لحاظ گردید:

الف) محدودیت های دسترسی به منابع:

الف-۱: محدودیت دسترسی به منابع آب: با عنایت به وجود ۲ سناریوی موجود مدیریتی، در هر سناریو و در هر منطقه میزان آب در دسترس و قابل برنامه‌ریزی پایدار متفاوت است. لذا در سمت راست معادله برای هر سناریو میزان آب در دسترس متفاوت بوده و بر اساس آن مدل بهینه‌سازی اجرا گردید. میزان آب قابل دسترس سطحی بر اساس دبی در محل ایستگاه و آبدهی در شبکه آبیاری برای منابع آب سطحی و نیز آب استحصالی از چاه های کشاورزی در شبکه و مناطق فاقد شبکه به دست آمد. در سناریوی پیشنهادی چاه های پیشنهادی به دست آمده از اجرای مدل شبیه سازی GMS در منطقه و بر اساس آبدهی آنها نیز به میزان و حجم آب موجود در وضعیت کنونی افزوده شد.

تابع ۴-۲ تابع محدودیت دسترسی به منابع آب است که در آن نیاز آبی محصولات بر حسب هزار متر مکعب به عنوان ضرایب متغیرهای تابع در نظر گرفته شد و مقدار سمت راست معادله نماینده مقدار در اختیار بودن منبع بر

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

حسب هزار متر مکعب است و اعداد ۱۶۲۶۲,۱۴ و ۸۵۲۵,۳۳ در این ستون همان کمیت آب قابل بهره‌برداری در مناطق دارای شبکه و فاقد شبکه در وضعیت موجود است و نیز ۲۱۲۳۳,۴۶ و ۱۱۵۵۸,۱۳ در شرایط پیشنهادی است. جزئیات موضوع در جدول ۴-۲۷ ارائه گردیده است.

جدول ۴-۲۷ سناریوهای مدیریتی و آب قابل استحصال آبخوان دشت دینور

| مناطق تحت پوشش چشمه ها | | مناطق تحت پوشش شبکه بند نازلان | | سناریوهای شرط بهره‌برداری |
|------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--|
| حجم آب زیرزمینی | حجم آب سطحی | حجم آب زیرزمینی | حجم آب سطحی | |
| ۱۵۸۸۹۷۹.۸۸ | ۶۹۳۶۳۴۷.۵۲ | ۲۱۱۱۴۰۳۰.۹۶ | ۱۴۱۵۰۷۰۹.۴۱ | وضعیت بهره برداری از منابع در شرایط کنونی |
| ۴۶۲۱۷۸۳/۶۱ | ۶۹۳۶۳۴۷.۵۲ | ۲۶۰۸۵۳۵۰/۷ | ۱۴۱۵۰۷۰۹.۴۱ | وضعیت بهره برداری از منابع در شرایط پیشنهادی مدل |

$$1.85 * X_1 + 1.24 * X_2 + 2.18 * X_3 + 6.251 * X_4 + 9.35 * X_5 + 6.77 * X_6 + 9.26 * X_7 + 6.41 * X_8 + 2.17 * X_9 + 8.25 * X_{10} + 8.05 * X_{11} + 6.88 * X_{12} + 9.067 * X_{13} \leq 21233.46 \quad (۲-۴)$$

الف-۲: محدودیت سطح اراضی کل: از کل مساحت آبخوان منطقه، ۳۷۴۳,۴ هکتار شامل اراضی تحت پوشش شبکه و ۹۱۱,۱ هکتار مناطق فاقد شبکه است. با توجه به اینکه بهینه سازی در منطقه جداگانه انجام می شود مساحت هر بخش برای تخصیص به محصولات ۱۳ گانه الگوی کشت به صورت جداگانه در تابع مدل بهینه ساز هر بخش قرار گرفتند.

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} \leq 3743.4 \quad (۳-۴)$$

ب) محدودیت های تناوب زراعی

در تناوب زراعی الگوی کشت منطقه، ۵۰ درصد کشت های آبی به کشت های پاییزه شامل گندم، جو و کلزا اختصاص دارد و تناوب تکمیلی آنها، یکی از محصولات چغندر قند، ذرت دانه ای، باقلا، گوجه فرنگی، سیب زمینی و آفتابگردان است. لذا:

$$X_1 + X_2 + X_3 = X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} \quad (۴-۴)$$

ج) محدودیت های اجتماعی و اقتصادی

ج-۱: حداقل سطح اراضی کشت گندم: این سطح در مناطق تحت پوشش شبکه و مناطق بدون شبکه به ترتیب ۱۲۴۶,۳ و ۲۴۷,۳ هکتار بوده و این اراضی از این میزان نمی تواند کمتر باشد زیرا به علت بهره دهی مناسب و

استراتژیک بودن محصول و نیز کم بودن میزان آفات نسبت به سایر کشت‌های هم‌تناوب گندم، این سطح نمی‌تواند از ۵۰ درصد سطح کنونی کمتر شود.

$$X13 >= 1246.3$$

(۵-۴)

ج-۱: سطح اراضی باغی: این سطح در مناطق تحت پوشش شبکه و مناطق بدون شبکه به ترتیب ۱۵۰,۷ و ۵۴,۷ هکتار بوده و این اراضی از این میزان نمی‌تواند کمتر باشد زیرا به علت بهره‌دهی مناسب، مردم منطقه تمایلی به تغییر این کاربری ندارند.

$$X13 >= 150.7$$

(۷-۴)

ج-۲: بیشترین سطح اراضی باغی:

سطح اراضی باغی در مناطق تحت پوشش شبکه و مناطق بدون شبکه به ترتیب ۱۵۰,۷ و ۵۴,۷ هکتار بوده اما این میزان می‌تواند به ۱۸۰,۸ و ۶۵,۶ هکتار افزایش یابد. دلیل این افزایش که از نتایج حاصل از مصاحبه با باغداران منطقه به دست آمد این است که به دلیل شرایط اقلیمی منطقه و وقوع سرمازدگی و درصد ریسک نسبتاً بالا، باغداران تنها حاضر به افزایش سطح زیرکشت خود تا ۱,۲ برابر سطح موجود می‌باشند.

$$X13 <= 180.8$$

(۸-۴)

ج-۳: سطح اراضی گشیزکاری: این کشت در مناطق تحت پوشش شبکه و مناطق بدون شبکه منطقه ۳۹ و ۳۸,۵ هکتار بوده و این اراضی از این میزان نمی‌تواند کمتر باشد زیرا در حال حاضر به علت بهره‌دهی مناسب و چند ساله بودن برخی از گونه‌های کشت شده، مردم منطقه تمایلی به تغییر این کاربری ندارند.

$$X7 >= 39$$

(۹-۴)

ج-۴: بیشترین سطح اراضی گشیزکاری:

سطح اراضی زیر کشت گشیزکاری ۳۹ و ۳۸,۵ هکتار بوده اما نتایج حاصل از مصاحبه با کشاورزان منطقه نشان داد که این سطح تا ۱,۵ برابر قابل افزایش است. زیرا به دلیل نیاز به نیروی انسانی در طی دوره رشد و تولید محصول و نیز امکان‌پذیر نبودن نگهداری در شرایط بازار مصرف اغلب مردم حاضر به کشت این محصول نمی‌باشند. زیرا معتقدند این کشت به واسطه نیاز به حضور نیروی کار در حضور مشتری برای فروش، با نیروی کارگری نمی‌تواند به درستی مدیریت شود و نیاز به خانوارهایی است که افراد بیشتری را برای کار در مزرعه دارند بنابراین:

$$X7 <= 58.5$$

(۱۰-۴)

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

ج-۵: سطح اراضی یونجه کاری: سطح اراضی زیر کشت یونجه در مناطق تحت پوشش شبکه و مناطق بدون شبکه به ترتیب ۲۴ و ۴ هکتار بوده و این اراضی از این میزان نمی‌تواند کمتر باشد زیرا در حال حاضر به علت چند ساله بودن و بهره‌دهی مناسب، مردم منطقه تمایلی به تغییر این کاربری ندارند.

$$X6 > = 24 \quad (11-4)$$

ج-۶: بیشترین سطح اراضی یونجه کاری:

سطح اراضی زیر کشت یونجه در مناطق تحت پوشش شبکه و مناطق بدون شبکه ۲۴ و ۴ هکتار بوده اما این میزان می‌تواند به ۴۸ و ۸ هکتار افزایش یابد. دلیل این افزایش از نتایج حاصل از مصاحبه با کشاورزان منطقه به دست آمد که به دلیل شرایط آبی منطقه و طول دوره تولید این محصول امکان افزایش تا ۴۸ هکتار را دارند.

$$X10 < = 48 \quad (12-4)$$

ج-۵: سطح اراضی شبدر کاری:

سطح اراضی زیر کشت شبدر در مناطق تحت پوشش شبکه و مناطق بدون شبکه به ترتیب ۷ و ۲,۴ هکتار بوده و این اراضی از این میزان نمی‌تواند کمتر باشد زیرا در حال حاضر به علت چند ساله بودن و بهره‌دهی مناسب، مردم منطقه تمایلی به تغییر این کاربری ندارند.

$$X6 > = 7 \quad (13-4)$$

ج-۶: بیشترین سطح اراضی شبدر کاری:

سطح اراضی زیر کشت شبدر در مناطق تحت پوشش شبکه و مناطق بدون شبکه ۷ و ۲,۴ هکتار بوده اما این میزان می‌تواند به ۱۴ و ۴,۸ هکتار افزایش یابد. دلیل این افزایش از نتایج حاصل از مصاحبه با کشاورزان منطقه به دست آمد که به دلیل شرایط آبی منطقه و طول دوره تولید این محصول امکان افزایش را دارد.

$$X10 < = 14 \quad (14-4)$$

د) محدودیت غیر منفی بودن متغیرها

در شرایط مدل برنامه‌ریزی خطی سطح اختصاص یافته به هر کاربری نباید منفی باشد.

$$X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14 > = 0$$

۴-۷-۵- مدل بهینه‌سازی

با توجه به موارد گذشته و توابع هدف و محدودیتی که بیان شد به منظور دستیابی به مناسب‌ترین وضعیت سطح کشت اراضی آبی برای رسیدن به اهداف تحقیق با استفاده از روش سیمپلکس و با کمک نرم افزار LINGO نسخه ۱۱، مسأله برنامه‌ریزی خطی موجود برای دو سناریوی مدیریتی مدل‌سازی و اجرا گردید (نمونه‌ای از این عملیات در محیط نرم‌افزاری در شکل‌های پ-۸ تا پ-۱۰ بخش پیوست ارائه شده است). به منظور شناسایی مؤثرترین محدودیت منابع و همچنین محصولات کشاورزی در تغییر مقدار تابع هدف از تحلیل حساسیت استفاده شد. برای این منظور میزان درصد تغییر تابع هدف مرتبط با درصد مشخصی از تغییرات (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد) هر یک از منابع محدودیت بررسی و در نهایت حساسیت تابع هدف نسبت به آنها مورد ارزیابی قرار گرفت.

۴-۷-۶- نتایج بهینه‌سازی و آنالیز حساسیت در منطقه

نتایج توزیع بهینه محصولات مختلف کشاورزی و باغی حاصل از اجرای مدل بهینه‌ساز در جدول ۴-۲۸ آورده شده است.

جدول ۴-۲۸ توزیع سطح کشت محصولات در وضعیت موجود و شرایط بهینه سناریوهای مدیریتی (هکتار)

| بهینه‌سازی شرایط پیشنهادی | | بهینه‌سازی وضعیت موجود | | وضعیت موجود | | محصولات |
|---------------------------|----------|------------------------|----------|-------------|----------|------------------------------------|
| بدون شبکه | شبکه | بدون شبکه | شبکه | بدون شبکه | شبکه | |
| ۲۴۷.۳ | ۱۲۴۶.۳ | ۲۴۷.۳ | ۱۲۴۶.۳ | ۴۹۴.۵ | ۲۴۹۲ | گندم |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۵۲ | ۱۸۰.۴ | جو |
| ۱۵۰.۹۸ | ۴۸۸ | ۱۵۰.۹۸ | ۵۱۵.۰۵ | ۸ | ۱۰۹.۷ | کلزا |
| ۳۸.۵ | ۳۹ | ۳۸.۵ | ۳۹ | ۳۸.۵ | ۳۹ | گشنیز |
| ۸ | ۴۸ | ۸ | ۲۴ | ۴ | ۲۴ | یونجه |
| ۲.۴ | ۷ | ۲.۴ | ۷ | ۲.۴ | ۷ | شیدر |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۲۷ | ۱۹۷.۳ | چغندر قند |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۹۹ | ۳۷۹ | ذرت دانه ای |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۵۴۸۸۳۸ | ۳۱ | ۲۲ | باقلا |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۰ | گوجه فرنگی |
| ۳۹۸.۲۸ | ۱۷۳۴.۳ | ۳۹۸.۲۸ | ۱۲۱۲.۵۱۲ | ۰ | ۵۰ | سیب زمینی |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۸۲ | آفتابگردان |
| ۶۵.۶ | ۱۸۰.۸ | ۶۵.۶ | ۱۵۰.۷ | ۵۴.۶۶ | ۱۵۰.۷ | باغات میوه |
| ۷۱۹۵.۱۲۷ | ۲۹۷۲۱.۹۲ | ۷۱۹۵.۱۲۷ | ۲۷۱۸۴.۰۵ | ۵۳۲۰.۷۱ | ۲۰۳۷۰.۳۹ | میزان سود |
| ۳۵.۲۳ | ۴۵.۹ | ۳۵.۲۳ | ۳۳.۳۴ | ---- | --- | درصد تغییر سود نسبت به وضعیت موجود |

فصل پنجم

بحث و نتیجه‌گیری و پیشنهادات

Archive of SID

۵- بحث و نتیجه گیری

۵-۱- نتیجه گیری

تغییر شرایط هیدرولوژیکی روی کل داده‌ها در کل کشور (پدیده تغییر اقلیم که بارندگی‌ها را از نظر زمانی، مکانی و کمی تحت تأثیر قرار داده) و همچنین افزایش بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی منجر به تغییر اساسی در تداوم جریان سطحی و افت شدید سطح آب زیرزمینی شده‌است. پاسخگویی به تمام نیازها و تبدیل نقاط ضعف و تهدیدها به توانمندی‌ها و فرصت‌ها ضرورت شناخت و بررسی منابع آب را بیش از پیش نمایان می‌کند. با توجه به موارد گفته شده، پیدا کردن روش‌ها و الگوهای مناسب استفاده تلفیقی از منابع آب که بالاترین بازده را داشته باشد اصلی‌ترین اولویت در مدیریت منابع آب است. پیش‌نیاز مدیریت منابع آب زیرزمینی شناخت عملکرد سفره در شرایط طبیعی و سپس پیش‌بینی اثرات برداشت و یا تغذیه می‌باشد. بدون شک بهترین حالت شناخت رفتارهای یک سیستم سفره آب‌های زیرزمینی، انجام یکسری تحقیقات بلند مدت برای هر منطقه خاص می‌باشد. که با توجه به وضعیت کنونی و سقف محدود بودن بودجه‌ها عملاً امکان‌پذیر نیست. در این میان با ابزاری مانند شبیه‌سازها و یا مدل‌ها می‌توان شرایطی مشابه آنچه در طبیعت وجود دارد

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

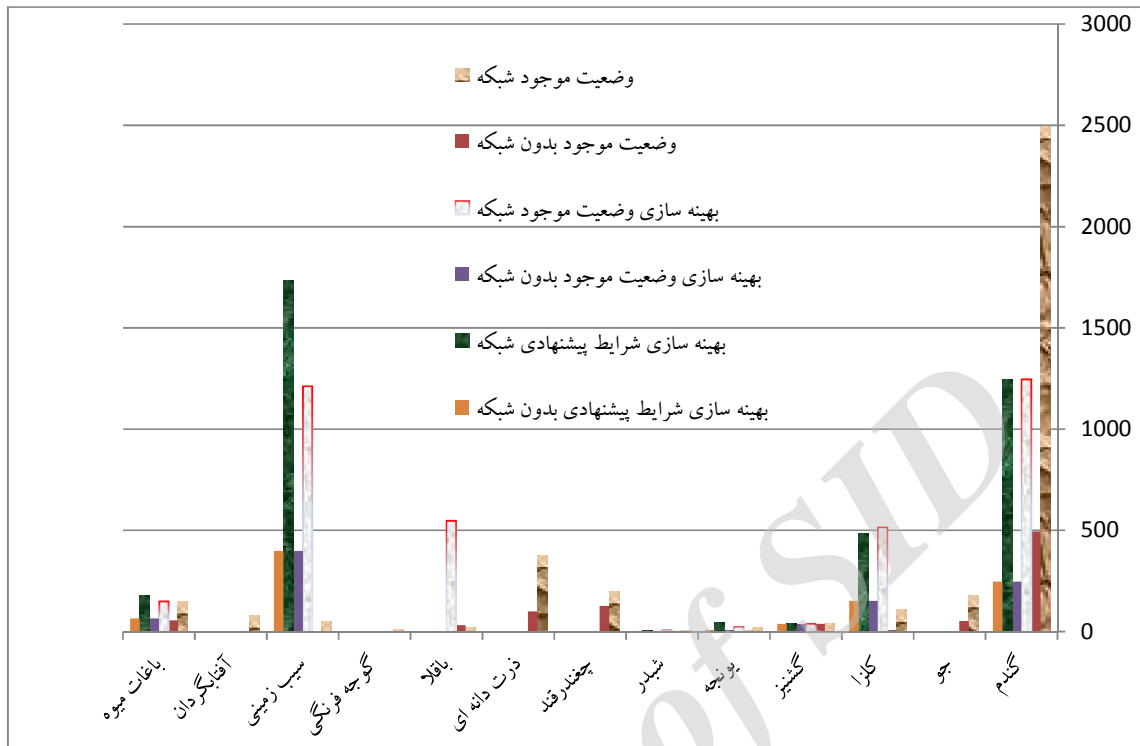
به وجود آورد. از طرفی با دسترسی به برنامه‌های کامپیوتری جدید در زمینه مدل‌سازی عددی، کاربرد مدل‌سازی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی افزایش یافته و جهت مدیریت منابع آب، مدل به ابزار توانایی تبدیل شده‌است. ارزش و اعتبار مدل شبیه‌سازی شده به کیفیت و کمیت آمار، اطلاعات ورودی به سیستم و مقایسه نتایج آن با اطلاعات مشاهده شده از همان سیستم بستگی دارد.

با توجه به موارد مذکور موضوع آب نیازمند توجه و بررسی بیشتری است. زمینه مطالعه آب‌های زیرزمینی بسیار وسیع می‌باشد، که مطالعات هیدروژئولوژیکی، هیدروشیمی، هیدرولیک، بیلان، مطالعات طرح‌های تغذیه مصنوعی از مهمترین آنهاست. به منظور مطالعه موارد مذکور و به دلیل اینکه در مطالع سفره آب زیرزمینی، آزمایش کل سفره امکان‌پذیر نمی‌باشد و همانطور که گفته شد با دسترسی به برنامه‌های کامپیوتری جدید کاربرد مدل‌سازی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی افزایش یافته است. نرم‌افزار و یا مدل GMS که ماژول اصلی آن MODFLOW می‌باشد، یکی از پرکاربردترین نرم‌افزارهای مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی است که در حال حاضر در اکثر کشورهای دنیا برای مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در همین راستا در پژوهش حاضر مطالعات مدل‌سازی آب زیرزمینی محدوده مورد بررسی دشت چمچال انجام شد و به بررسی مناطق مناسب برداشت آب زیر سطحی در شبکه آبیاری و زهکشی دینه‌ور با استفاده از بسته نرم‌افزاری GMS پرداخته شد.

بدین منظور مدل کمی آبخوان تهیه و در دو حالت جریان ماندگار (اردیبهشت ۱۳۹۳) و جریان غیر ماندگار (خردادماه ۱۳۹۳ تا فروردین ۱۳۹۴) اجرا و با نتایج رضایت‌بخش آماری واسنجی و در اردیبهشت ۱۳۹۴ صحت‌سنجی شد. مقادیر ضریب همبستگی، شیب خط رگرسیون و میانگین خطا در ماه‌های مختلف دوره شبیه‌سازی و نیز در محل پیزومترها، حاکی از کارآمد بودن مدل کمی بود.

همچنین مطالعات بررسی الگوی کشت و نیاز آبی و مقدار آب موجود در نواحی مختلف شبکه آبیاری دینور و نواحی غیر شبکه انجام شد که با توجه به مطالعات برآورد مقادیر آب موجود و مورد نیاز حاکی از عدم مدیریت صحیح الگوی کشت و متناسب با آب موجود در منطقه و مدیریت حاکم بر شبکه می‌باشد که در بازدیدهای منطقه ای و مصاحبه‌های حضوری با کشاورزان کاملاً مشهود است. همچنین در بررسی آب ورودی موجود به شبکه نمودار ۴-۱ نشان می‌دهد که در فصل زراعی از نیمه آبان تا اواسط خرداد بیش از مقدار مورد نیاز شبکه آبیاری دینور آب در رودخانه موجود است ولی به دلیل ظرفیت پائین کانال انتقال آب کشاورزان با مشکل آب مواجه می‌گردند. همچنین راندمان‌های انتقال و توزیع آب در شبکه نسبتاً پائین بوده و در بسیاری از موارد تخریب کانال و دریچه‌های نیرپیک از دلایل آن می‌باشد.



شکل ۵-۱ تغییرات سطح محصولات مختلف الگوی کشت در وضعیت موجود، بهینه سازی وضعیت موجود و بهینه سازی شرایط پیشنهادی با افزایش آب در دسترس

با دقت در جدول ۴-۲۸ مشخص است در بخش غیر شبکه در حالت بهینه پیشنهادی نسبت به بهینه سازی وضعیت موجود هیچ تغییری در الگوی کشت دیده نمی شود. اما در حالت بهینه سازی وضعیت موجود نسبت به الگوی کشت موجود حذف کشت های جو، چغندرقد و ذرت را در پی دارد. در بهینه سازی وضعیت موجود و نیز بهینه سازی وضعیت پیشنهادی و در بخش شبکه کشت های جو، چغندرقد، ذرت دانه ای، گوجه فرنگی و باقلا از الگوی کشت بهینه حذف شده است. بیشترین تغییر مشاهده شده در کاهش کشت گندم، آفتابگردان و گوجه فرنگی و افزایش کلزا و کشت سیب زمینی و باقلا است. در شبکه در وضعیت موجود و بهینه سازی آن تغییری مشاهده نمی شود اما با افزایش حجم آب در دسترس در باغات نیز افزایش سطح دیده می شود.

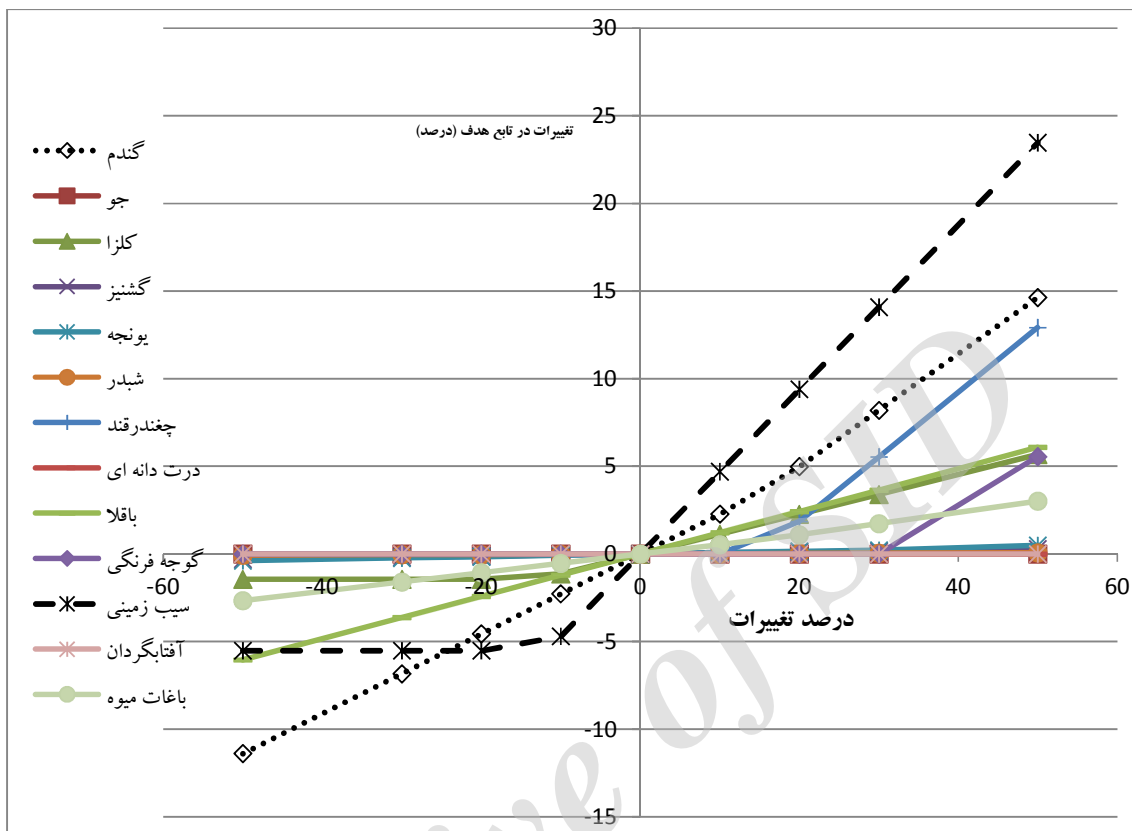
نتایج جدول ۴-۲۸ و شکل ۵-۱ گویای این مطلب است که تغییرات محصولات انجام شده بیشتر در اراضی تحت کشت سیب زمینی، گندم و کلزا روی داده است. یافته های این بررسی افزایش ۳۳/۳۴ درصدی تا ۴۵/۹ درصدی سود را در مناطق مختلف غیر شبکه و شبکه نشان می دهد. وضعیت موجود و بهینه سازی شده موجود

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

نشان دهنده افزایش ۳۳/۳۴ درصدی سود در مناطق بدون شبکه است در حالی که وضعیت پیشنهادی افزایشی را در سود این منطقه ایجاد نمی‌کند بدین معنی که افزایش حجم آب در دسترس باعث افزایش تولید نمی‌گردد و دلیل این امر کافی بودن میزان آب در دسترس در منطقه است و آب نسبت به زمین در این محدوده محدودیتی ندارد. اما در مناطق تحت پوشش شبکه در وضعیت بهینه‌سازی موجود و نیز بهینه‌سازی شرایط پیشنهادی نشان از افزایش ۳۵/۲۳ و ۴۵/۹ درصدی سود نسبت به وضعیت الگوی کشت موجود است و این نکته نیز قابل توجه است که افزایش آب در دسترس در شبکه باعث افزایش درصد سود می‌شود و نشانگر آن است که محدودیت آب در حال حاضر در منطقه وجود دارد. نتایج تحقیق Nikkami در سال ۱۹۹۹ در یکی از زیر حوضه‌های حوضه دماوند نیز مؤید افزایش ۱۳۴٪ در سودآوری کاربری‌های حوضه آبخیز پس از بهینه‌سازی آن می‌باشد. پژوهش‌های جلیلی و همکاران (۱۳۸۶) و جلیلی و همکاران (۱۳۹۶) نیز در حوضه‌های آبخیز بریموند و دشت اسلام آباد غرب در استان کرمانشاه نیز نشان دهنده افزایش سود محصولات الگوی کشت در حالت بهینه نسبت به وضعیت موجود است.

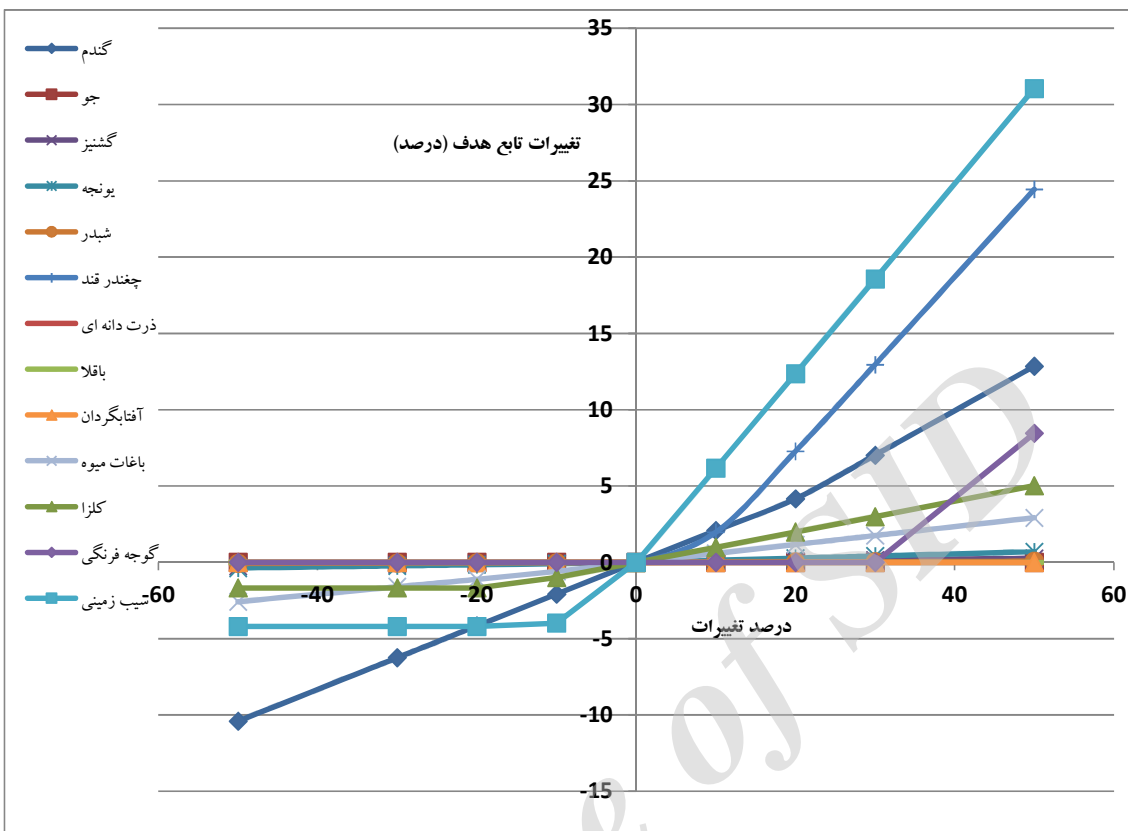
البته ممکن است اجرای الگوی بهینه به دست آمده به دلیل مسائل فرهنگی و شرایط اقتصادی حاکم بر زندگی کشاورزان قابل اجرا نباشد. به عنوان نمونه هزینه بالای کاشت تا برداشت سیب‌زمینی باعث شده که به‌رغم سود بالای این محصول، کشاورزان رغبت زیادی برای کاشت و افزایش سطح چندین برابری این محصول را نداشته باشند.

در نهایت تحلیل حساسیت برای تغییرات ۱۰ تا ۵۰ درصدی در ضرائب تابع هدف و منابع و بررسی اثر آن در تابع هدف انجام شد. نتایج حاصله در شکل‌های ۵-۱ تا ۵-۹ ارائه شده است.



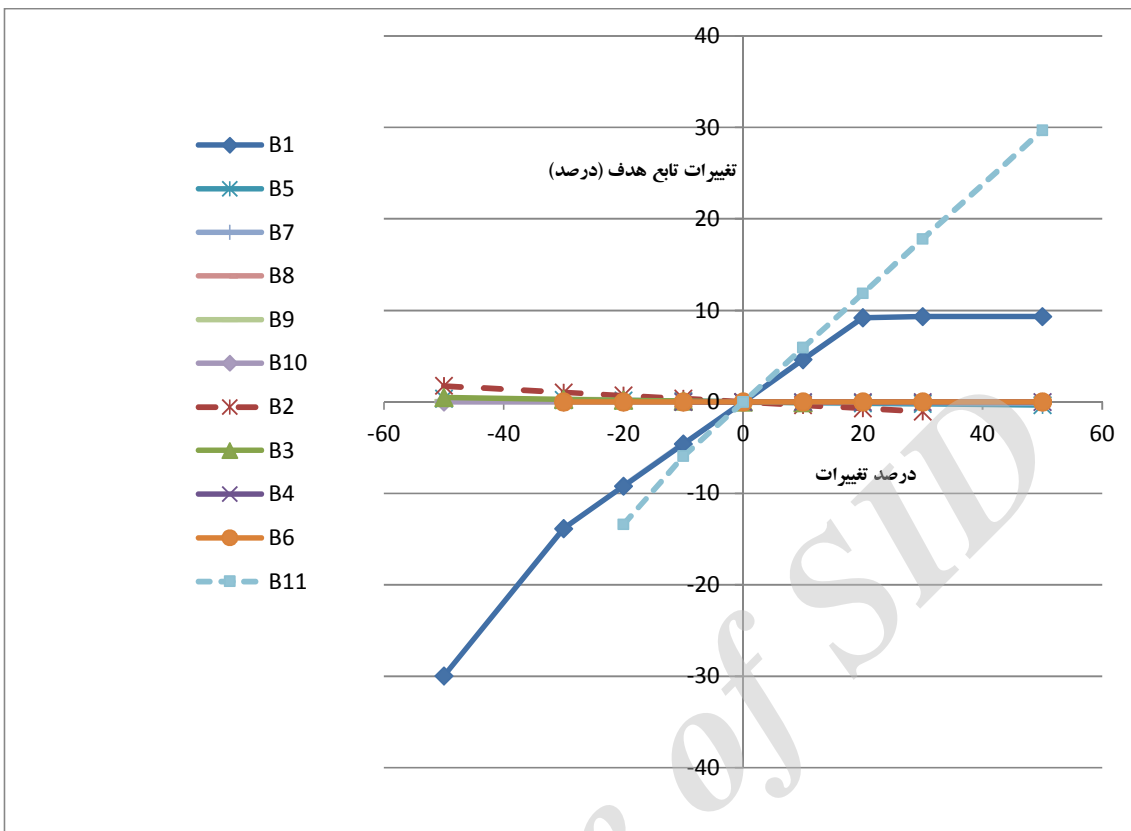
شکل ۵-۲ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در ضرایب تابع بیشینه ساز سود در وضعیت الگوی کشت موجود در مناطق تحت پوشش شبکه

با توجه به شکل ۵-۲ در خصوص آنالیز حساسیت می توان نتیجه گرفت که کاهش سود در مناطق تحت پوشش شبکه، بیشترین حساسیت را نسبت به کاهش سطح اراضی تحت کشت گندم داشته است حال آنکه افزایش سود، بیشترین حساسیت خود را نسبت به افزایش سطح کشت سیب زمینی و سپس گندم داشته است.



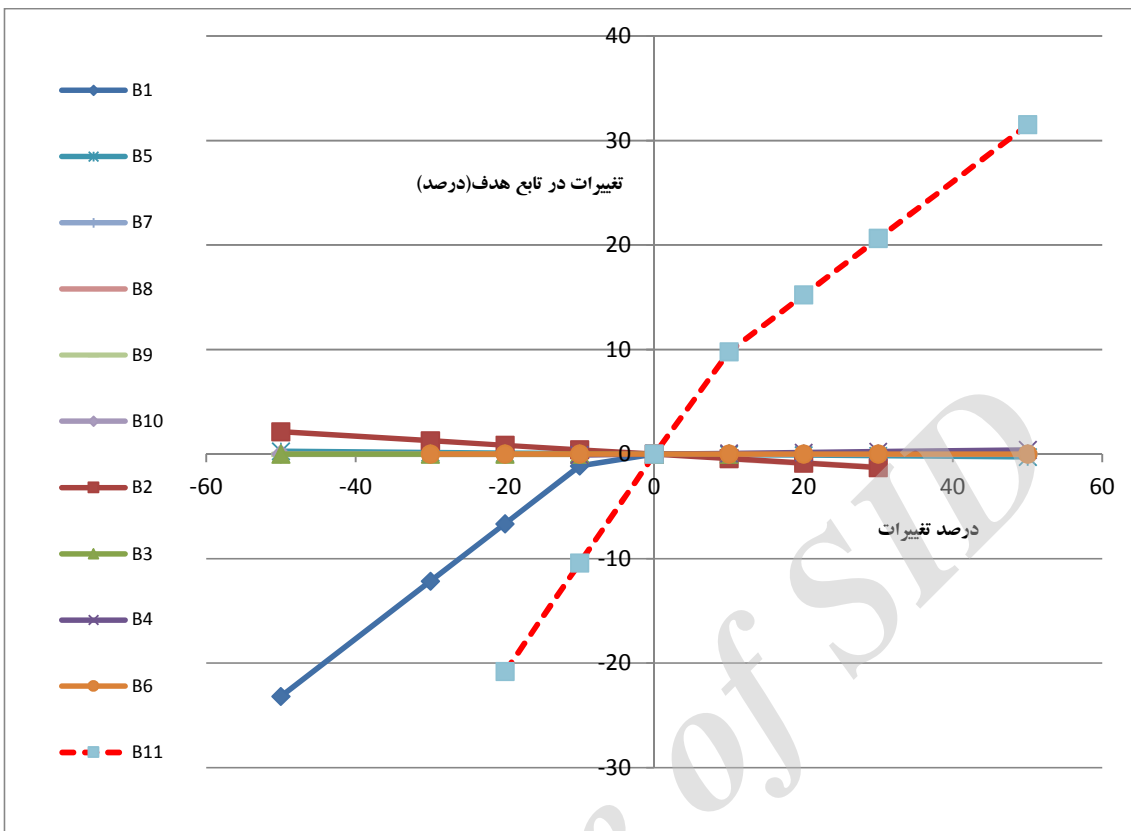
شکل ۳-۵ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در ضرایب تابع بیشینه‌ساز سود در وضعیت پیشنهادی در مناطق تحت پوشش شبکه

شکل ۳-۵ در خصوص آنالیز حساسیت نشان دهنده آنست که کاهش سود در وضعیت پیشنهادی در مناطق تحت پوشش شبکه، بیشترین حساسیت را نسبت به کاهش سطح اراضی تحت کشت گندم داشته است حال آنکه افزایش سود، بیشترین حساسیت خود را نسبت به افزایش سطح کشت سیب زمینی و سپس گندم داشته است.



شکل ۴-۵ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در منابع محدودیت در وضعیت الگوی کشت موجود در مناطق تحت پوشش شبکه

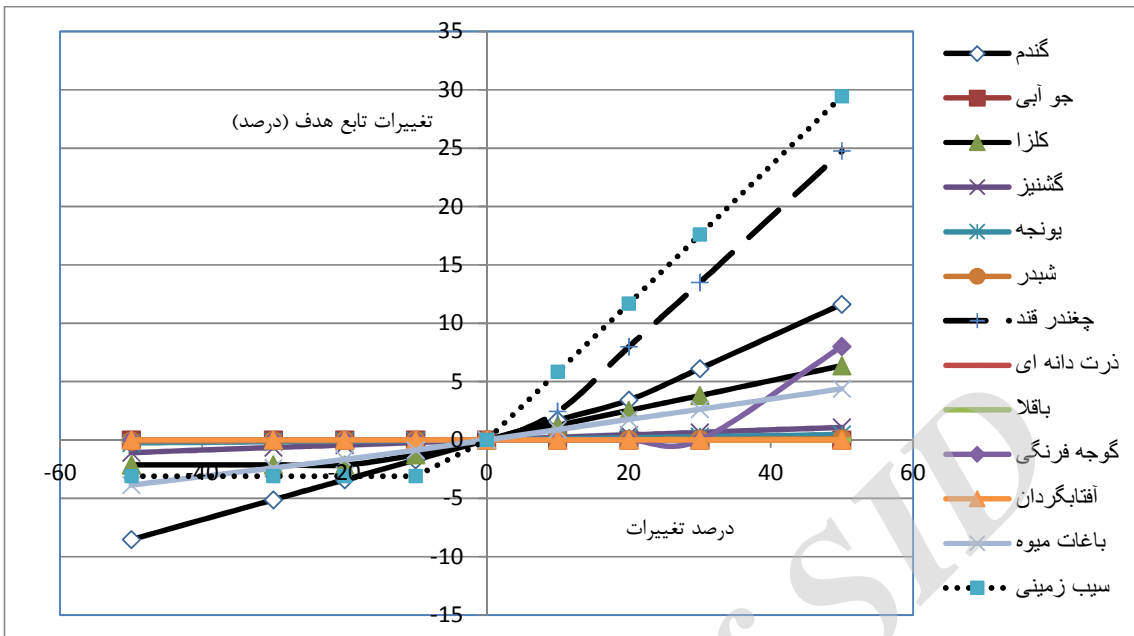
نتایج به دست آمده از شکل ۴-۵ نشان دهنده این مطلب است که افزایش سطح کل اراضی منطقه تحت پوشش شبکه در وضعیت موجود دارای بیشترین حساسیت نسبت به تغییرات منابع محدودیت است. به طوری که افزایش ۵۰ درصدی آن ۳۰ درصد افزایش را به دنبال دارد. در مرتبه بعدی افزایش تا ۲۰ درصدی حجم آب در دسترس دارای بیشترین حساسیت است. همین حساسیت منابع در تغییرات کاهش منابع نیز در این دو منبع دیده شده و دارای بیشترین حساسیت است. به طوری که کاهش ۵۰ درصدی حجم آب کاهش ۳۰ درصدی سود محصولات الگوی کشت را به دنبال دارد و افزایش ۲۰ درصدی آن ۱۰ درصد افزایش را در پی دارد اما بیشتر از این افزایش تغییری در میزان سود دیده نمی شود که این بدین معنی است که کمبود آب منطقه با ۲۰ درصد افزایش جبران شده و بیشتر از آن سطح زیر کشت محدود کننده اصلی تولید در منطقه است.



شکل ۵-۵ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در منابع محدودیت در وضعیت پیشنهادی در مناطق تحت پوشش

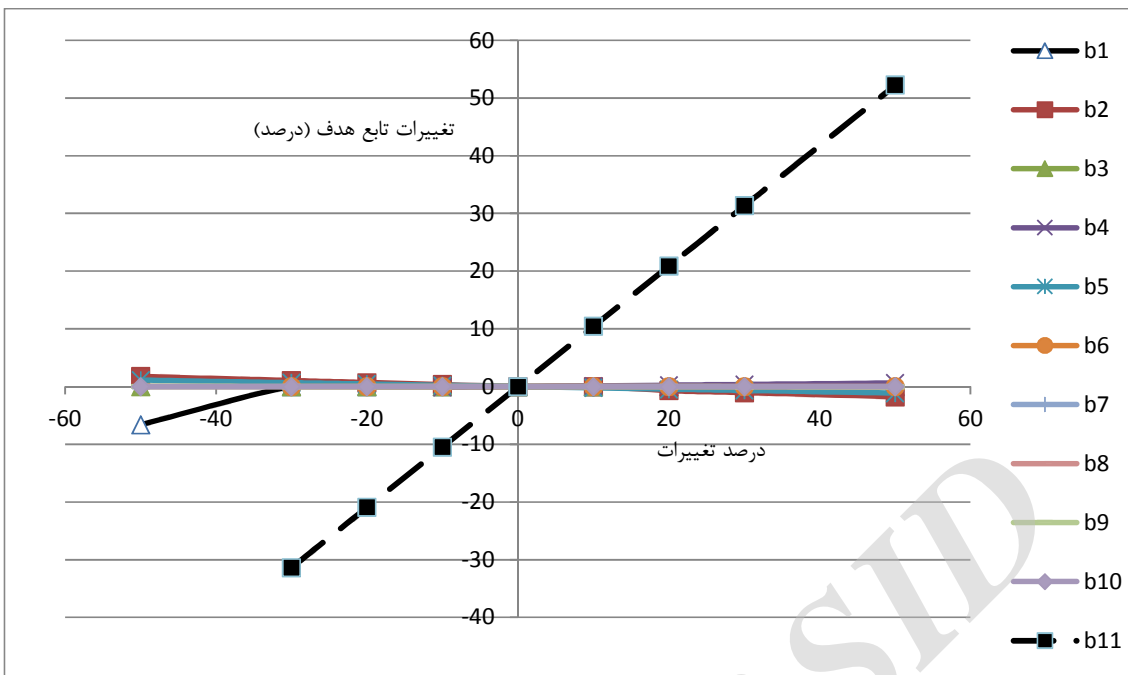
شبکه

با توجه به شکل ۵-۵ و تحلیل نتایج حاصل از آن این نکته قابل حصول است که تغییرات منابع محدودیت بیشترین حساسیت را در افزایش سطح کل اراضی منطقه و همچنین کاهش سطح کل اراضی منطقه دارد به طوری با کاهش ۲۰ درصدی ۲۰ درصد میزان تولید کم می شود. کاهش حجم آب در دسترس نیز دارای حساسیت بعدی است که کاهش ۵۰ درصدی آن سبب کاهش سود محصولات تا ۲۵ درصد می گردد اما افزایش آن سبب افزایش تولید نمی گردد چرا که وضعیت پیشنهادی افزایش حجم آب در دسترس را به دنبال داشته و لذا کمبود آب منطقه جبران می گردد و با افزایش ۱۰ تا ۵۰ درصدی این منبع محدودیت دیده می شود که تغییری در سود محصولات الگوی کشت منطقه دیده نمی شود.



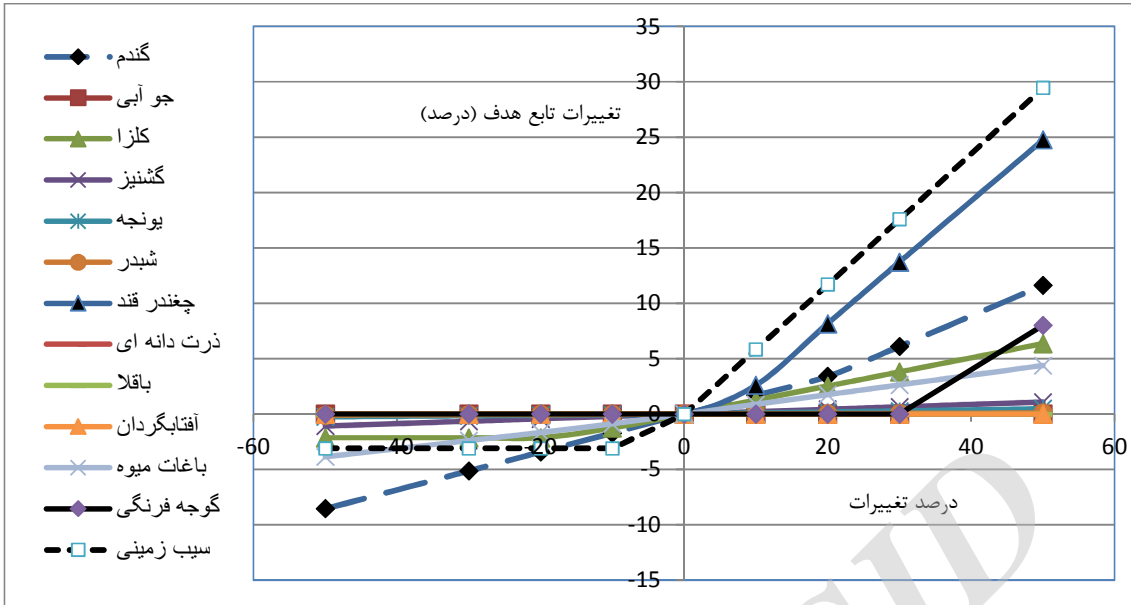
شکل ۵-۶ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در ضرایب تابع هدف در وضعیت موجود در مناطق بدون شبکه

شکل ۵-۶ تغییرات تابع هدف را نسبت به تغییرات ضرایب سود در تابع هدف در وضعیت موجود مناطق بدون شبکه نشان می‌دهد. بر اساس این شکل بیشترین حساسیت تابع هدف نسبت به افزایش ضرایب متغیرهای تابع هدف مربوط به محصول سیب زمینی است و با افزایش ۵۰ درصدی ضریب ۳۰ درصد سود تولید اضافه می‌شود و پس از آن چغندر قند و گندم است و در بین درصدهای کاهش ضرایب تابع هدف، بیشترین حساسیت مربوط به گندم است.



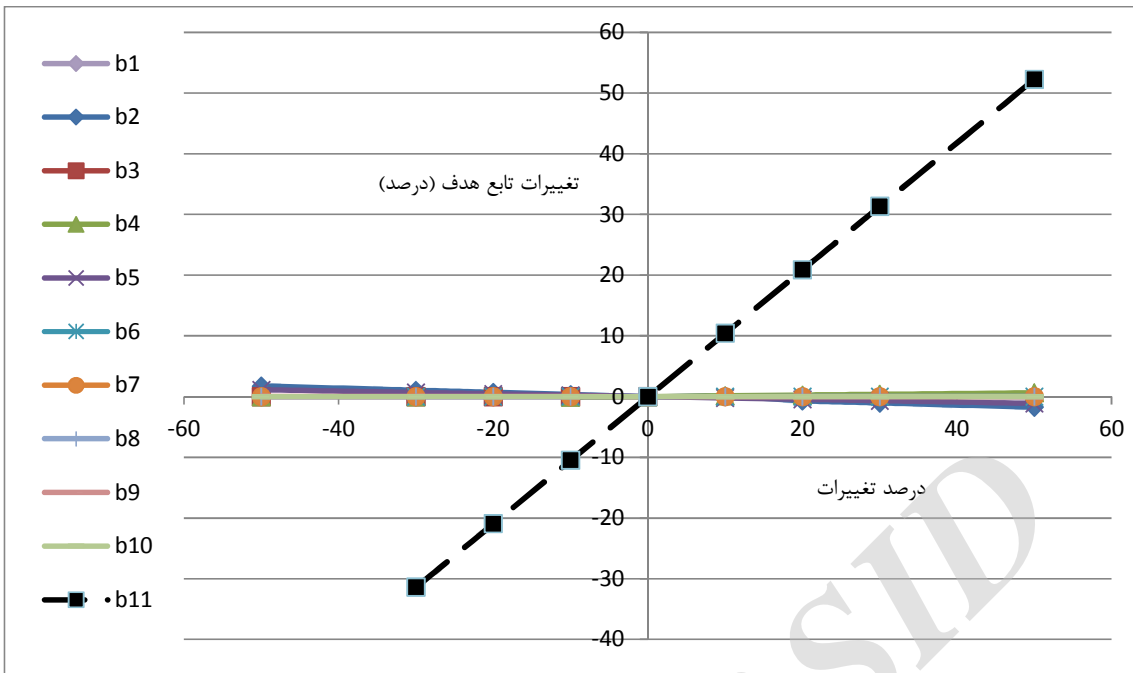
شکل ۵-۷ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در منابع محدودیت در وضعیت موجود مناطق بدون شبکه

شکل ۵-۷ نشان می‌دهد که در تحلیل حساسیت تابع هدف نسبت به تغییرات منابع محدودیت، بیشترین حساسیت مدل نسبت به سطح کل اراضی منطقه بدون شبکه است. به طوری که افزایش ۵۰ درصدی سطح افزایش بیش از ۵۰ درصدی سود تولید را به همراه دارد و کاهش ۳۰ درصدی ۳۰ درصد کاهش سود را در پی دارد. تغییرات تابع هدف نسبت به سایر منابع اندک بوده بطوری که در مقایسه با تغییرات سطح کل اراضی بسیار اندک و نزدیک به صفر است و این نشان می‌دهد بهینه‌سازی وضعیت موجود با افزایش حجم آب در دسترس سود افزایش نمی‌یابد و این به این معنی است که محدودیت منطقه آب در دسترس نیست.



شکل ۵-۸ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در ضرایب تابع هدف در وضعیت پیشنهادی در مناطق بدون شبکه

شکل ۵-۸ نشان می‌دهد که نسبت به شکل ۵-۶ تغییرات یکسانی دارد و بیشترین حساسیت تابع هدف نسبت به افزایش ضرایب متغیرهای تابع هدف مربوط به محصول سیب زمینی است و با افزایش ۵۰ درصدی ضریب ۳۰ درصد سود تولید اضافه می‌شود و پس از آن چغندر قند و گندم است و در بین درصدهای کاهش ضرایب تابع هدف، بیشترین حساسیت مربوط به گندم است. یکسان بودن وضعیت موجود و پیشنهادی در مناطق بدون شبکه که به میزان آب در دسترس مرتبط است نشان می‌دهد که محدودیت آب در منطقه وجود نداشته و با افزایش میزان آب در دسترس تولید و سود افزایش نمی‌یابد و سطح اختصاص یافته به محصولات در وضعیت بهینه موجود و شرایط پیشنهادی مشابه است.



شکل ۵-۹ تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات اعمال شده در منابع محدودیت در وضعیت پیشنهادی در مناطق بدون شبکه

شکل ۵-۹ نشان می‌دهد که در تحلیل حساسیت تابع هدف نسبت به تغییرات منابع محدودیت، بیشترین حساسیت مدل نسبت به سطح کل اراضی در منطقه بدون شبکه است. به طوری که افزایش ۵۰ درصدی سطح افزایش بیش از ۵۰ درصدی سود تولید را به همراه دارد و کاهش ۳۰ درصدی ۳۰ درصد کاهش سود را در پی دارد. تغییرات تابع هدف نسبت به سایر منابع اندک بوده بطوری که در مقایسه با تغییرات سطح کل اراضی بسیار اندک و نزدیک به صفر است و این نشان می‌دهد بهینه‌سازی وضعیت موجود با افزایش حجم آب در دسترس سود افزایش نمی‌یابد و این به این معنی است که محدودیت منطقه آب در دسترس نیست.

۵-۲- پیشنهادات

با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده از این تحقیق، پیشنهادهایی جهت تکمیل مطالعات و راهکارهای آینده ارائه شده است:

۱- حفاری چاه‌های اکتشافی: با توجه به کمبود چاه‌های اکتشافی حفاری شده در منطقه و پراکندگی نامناسب این چاه‌ها، نمی‌توان به طور دقیق از ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان اطلاعات به دست آورد. در نتیجه با این تعداد داده فقط به صورت تقریبی می‌توان خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان را برآورد نمود، همچنین افت شدید سطح آب زیرزمینی در سال‌های اخیر ممکن است باعث تغییراتی در مقادیر این ضرایب گردیده باشد. لذا برای شناسایی هر چه بهتر لایه‌های زیرسطحی در اعماق زیاد و تعیین ضرایب هیدرودینامیک و جنس و عمق سنگ کف، باید چاه‌های اکتشافی عمیق به صورت پراکنده با یک شبکه مشخص حفر گردد. که در این صورت لایه‌بندی مواد آبخوان با دقت بیشتری انجام می‌شود.

۲- آماربرداری دقیق‌تر از چاه‌های پیزومتری: با توجه به اینکه اندازه‌گیری‌های اولیه تأثیر بسزایی در نتایج تحقیقات و طرح‌های اجرایی خواهد داشت، دقت در اندازه‌گیری دقیق‌تر و منسجم‌تر این اندازه‌گیری‌ها ضروری است. از جمله این اندازه‌گیری‌ها می‌توان به اندازه‌گیری آمار چاه‌های پیزومتری تعیین دقیق توپوگرافی سطح آب و سطح زمین و مختصات دقیق محل احداث این چاه‌ها اشاره کرد.

۳- با توجه به اینکه خطوط ارتفاعی سطح آب زیرزمینی عمدتاً از توپوگرافی دشت تبعیت می‌کند (البته در موارد خاص تحت تأثیر چشمه‌ها و چاه‌های با دبی زیاد ممکن است منحرف شوند) و با توجه به اهمیت مقادیر مشاهداتی سطح آب در پیزومترها، توصیه می‌شود نقشه توپوگرافی دشت و مختصات چاه‌های پیزومتر به صورت دقیق‌تر برداشت شود.

۴- به جهت افزایش دقت در مدل‌سازی، پروفیل طولی و عرضی رودخانه تهیه و در صورت امکان ضریب توانایی مرز برای عبور جریان آب در بستر رودخانه اندازه‌گیری شود.

۵- در صورتی که بتوان از آمار و اطلاعات دوره زمانی بیشتری برای مدل‌سازی استفاده کرد، نتایج به واقعیت نزدیکتر خواهد بود. زیرا شرایط آبخوان در دوره‌های زمانی بیشتری در مدل اعمال می‌شود و می‌توان با اطمینان بیشتری شرایط آینده آبخوان را پیش‌بینی کرد.

۶- بررسی اثر تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

۷- به منظور پیش‌بینی وضعیت اقلیمی آینده منطقه، از مدل‌های جهانی مانند (GCM) استفاده شود تا از این طریق امکان پیش‌بینی بهتر و دقیق‌تر تأثیر گزینه‌های مدیریتی بر وضعیت آینده منابع آب زیرزمینی امکان‌پذیر شود.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

همچنین، با اجرای سایر مدل‌های آب زیرزمینی مانند Visual Modflow و PMWIN در این دشت، نتایج به‌دست‌آمده با تحقیق حاضر مقایسه شده و مناسب‌ترین گزینه‌های مدیریتی انتخاب شود.

۸- با توجه به کارایی GMS در زمینه شبیه‌سازی آلودگی آب زیرزمینی می‌توان در منطقه موردنظر در زمینه آلودگی با مدل MT3D شبیه‌سازی دیگری در این زمینه انجام داد و آلودگی را در اطراف چاه‌ها بررسی نمود.

۹- مطالعات جامعی جهت استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی، خصوصاً مناطقی که امکان باتلاقی شدن وجود دارد صورت گیرد.

۱۰- با توجه به اهمیت مقدار آب برگشتی کشاورزی از طریق آبیاری، مطالعات کاملی در خصوص تعیین درصد آن برای منطقه مورد مطالعه صورت گیرد.

۱۱- عملکرد آبخوان تحت شرایط مختلف مثلاً تغییر اقلیم و ... با استفاده از مدل شبیه‌سازی و تحلیل گردد.

۱۲- تعداد تعداد چاه‌های پیشنهادی در جهت افزایش آبدهی و کاهش هزینه‌ها بهینه‌سازی شود

۱۳- با توجه به فراوانی آب در ایام غیرآبیاری در سایر شبکه‌های آبیاری و شبکه دینور پیشنهاد می‌گردد از بند انحرافی و کانال‌های اصلی برای انتقال آب به مناطق پایین دست جهت تغذیه مصنوعی سفره آبهای زیرزمینی استفاده شود.

۱۴- انجام پژوهش‌های کاربردی در بخش آب زیرزمینی علیرغم وجود خطا در مدل‌سازی و یا شبیه‌سازی آبخوان‌ها به منظور شناخت گام به گام و دقیق‌تر این منابع

۱۵- توجه ویژه به بخش کشاورزی منطقه و وضعیت اقتصادی بهره‌برداران به منظور تغییر در الگوی کشت و یا رعایت الگوی کشت پیشنهادی در منطقه

۱۶- اختصاص تسهیلات در بخش کشاورزی به منظور توانمندسازی کشاورزان برای کاشت محصولات پرسود و با نیاز آبی بهینه در منطقه که نیازمند هزینه‌های بیشتر در مراحل سه‌گانه کاشت، داشت و برداشت می‌باشند.

۱۷- با عنایت به وضعیت کنونی منابع آب منطقه پیشنهاد می‌گردد وضعیت منابع آب و نیز تغییرات الگوی کشت و درآمد حاصل از آن در شرایط تغییر اقلیم نیز بررسی تا چشم‌انداز آتی منطقه نیز قابل برنامه‌ریزی باشد.

منابع مورد استفاده

در پژوهش

Archive of SID

منابع

- آذری، آ.، ع.م. آخوندعلی، ف. رادمنشوع. حقیقی. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی اندرکنش آب سطحی و زیرزمینی در شرایط بهره‌برداری تلفیقی (مطالعه موردی: دشت دز). علوم و مهندسی آبیاری (مجله‌ی علمی کشاورزی)، جلد ۳۸، شماره ۲ تابستان ۹۴.
- آنگلی، ادوین. ۱۳۸۲. مهار آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی. مترجم: محمدرضا شریعتی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- اصغرپور، م.ج. ۱۳۹۱. برنامه‌ریزی خطی، چاپ نهم، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ص ۳۱۲.
- افراخته، ح.، حجبی‌پور، م.، گرزین، م. و نجاتی، ب. ۱۳۹۲. جایگاه توسعه پایدار کشاورزی در برنامه‌های توسعه ایران (مورد: برنامه‌های پنج ساله پس از انقلاب)، فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان، (۱)۱: ۶۲-۴۳.
- افلاطونی، محمد؛ اسکندری، لیلا و دهقانی سانچ، حسین. ۱۳۹۳. واسنجی و تحلیل حساسیت رفتار هیدرولیکی آب‌خوان در شبیه‌سازی زهکش حایل دشت قزوین. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۵، شماره ۳. ص ۲۹۱-۲۸۳.
- انتظاری، م. و م. غلامی. ۱۳۹۳. پتانسیل‌یابی مناطق مناسب جهت تغذیه آب‌های زیرزمینی در حوضه رومشگان. دوفصلنامه ژئومورفولوژی کاربردی ایران، سال دوم، شماره چهارم.
- باریکانی، ا. و ص. خلیلیان. ۱۳۹۰. مدیریت پویای سفره آب زیر زمینی در بخش کشاورزی مطالعه موردی دشت قزوین. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
- بی‌نام. ۱۳۷۳. مبانی کلی طراحی شبکه اصلی آبیاری و زهکشی دینور شرکت سهامی آب منطقه ای غرب وزارت نیرو ص ۱-۹.
- تعقل، م.، ح. کرمیوس. ف. موسوی. ۱۳۹۳. مکان‌یابی محل حفر چاه آب با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی. سیزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران.
- جان پرور، م.، ج. ابریشمیوه. تشکری بهشتی. ۱۳۹۳. مدیریت بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در شبکه آبیاری دشت چمچمال. دومین همایش ملی مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار.
- جبلی، سید جلال. ۱۳۸۰. راهکارهای کاهش اثرات سوء پساب‌های کشاورزی. همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی، ۲۵ بهمن ماه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- جلیلی، ج.، خ. جلیلی، ه. حصادی و م. حدیدی. ۱۳۹۳. تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی از طریق کانال‌های زهکش سطحی با استفاده از روش AHP. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال هشتم، شماره ۲۴.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

- جلیلی، ث.، چیت سازان، م.، و ساعت ساز، م. ۱۳۹۲. بهینه‌سازی پارامترهای هیدرولیکی آبخوان دشت ابهر با استفاده از مدل تفاضلات محدود، در سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین، تهران، ۲۷-۳۰ بهمن ۱۳۹۲، ۷ صفحه.
- جواد زاده، م؛ جعفر نژادی، ع.ر. و موسوی فضل و س. م. ه. (۱۳۹۳). بررسی خواص کیفی آبهای زیرزمینی در برخی اراضی کشاورزی استان خوزستان. دومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران-مهر ۱۳۹۳.
- درزی نفتچالی، عبدالله؛ عسگری، احمد و کار اندیش، فاطمه (۱۳۹۳). تاثیر فعالیت های کشاورزی بر شور شدن سفره‌های آب سطحی در استان مازندران. دومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران-مهر ۱۳۹۳.
- رحیمی جمنایی ف م.ع. و ن. نیکبخت جهرمی. ۱۳۷۹. کاربرد مدل OPDM در مدیریت بهره برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی.
- رضایی، محسن؛ جمعه نیا، جلال و خدائی، کمال. ۱۳۹۰. مکان یابی محل مناسب اجرای تغذیه مصنوعی در آبخوان دشت حصاروئیه به کمک مدل ریاضی و GIS. مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱. جلد ۱.
- روح الهی ع. ع. شهیدی، ا. اکبر پور، ب. اعتباری ۱۳۹۰. تخمین ضرایب هیدرودینامیک آبخوان در اکیفرهای آزاد (مطالعه موردی دشت سر بیسه استان خراسان جنوبی). چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
- زارع، م. ۱۳۹۰. بررسی تأثیرات احداث شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان بر روی منابع آب زیرزمینی دشت میان دربند با استفاده از مدل مفهومی، ریاضی GMS 6.5. پایان نامه کارشناسی ارشد منابع آب. دانشکده کشاورزی. دانشگاه رازی کرمانشاه.
- سالاری، م. و م. اژدری مقدم، ۱۳۸۶. مدیریت آبخوان جلگه چاه هاشم با استفاده از مدل Visual Modflow 4.2 همایش زمین شناسی کاربردی و محیط زیست.
- شمشادی، فرزانه. ۱۳۹۵. بررسی آلودگی آب شرب شهری و نقش آن در بروز انواع بیماریها با تأکید بر بهداشت و سلامت شهروندان. اولین همایش بین‌المللی اقتصاد شهری (با رویکرد اقتصاد مقاومتی، اقدام و عمل)، انجمن علمی اقتصاد شهری ایران.
- شهبواری، علی؛ خدائی، کمال. ۱۳۸۴. تهیه مدل جریان آبخوان دشت بهبهان با استفاده از GIS. مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران. دانشگاه تربیت معلم تهران.
- عباسی، ف. ناصری، ا. سهراب، ف. باغانی، ج. عباسی، ن و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

- عزیزاده، م.ر.، م.ر. نیکو و غ.ر. رخسندرو. ۱۳۹۴. تدوین مدل تخصیص بهینه منابع آب زیرزمینی با لحاظ تعاملات ذی‌نفعان: کاربرد مدل‌های چانه‌زنی بازگشتی. مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال یازدهم، شماره ۳.
- فتحیان پور، ن.، م. حیدر پور و ل. جهانتابی. ۱۳۸۵. تحلیل حساسیت و مدیریت بهینه مصرف آب زیرزمینی در دشت کرون. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
- فرهادی، علیرضا. ۱۳۸۳. معرفی سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور ارزیابی آبهای زیرزمینی در محدوده پروژه- های بزرگ آبیاری. دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.
- قربانی سرهنگی، ز.، ع. شاه‌نظری، م.ع. غلامی سفید کوهیوس. جنت رستمی. ۱۳۹۲. بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، مطالعه موردی شبکه البرز. اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار.
- کریمی، ز.، م. حیدری زادووع. ۱. عبدهکلاهیچی. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر آبهای سطحی بر روی سطح آب زیرزمینی ماهیدشت. فصلنامه زمین. سال هفتم شماره ۲۳: ۳۷-۴۵.
- کریمی پور، احمد رضا و رخسندرو، غلامرضا. ۱۳۹۰. آنالیز حساسیت رفتار هیدرولیکی دشت شیراز با استفاده از مدل PMWIN. مجله آب و فاضلاب، شماره ۲.
- کوثر، آهنگ، (۱۳۷۴)، مقدمه ای بر مهار سیلاب ها و بهره وری بهینه از آن ها، ناشر مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.
- لهونی، ش.م. خیاط خلقیوممیراب زاده. ۱۳۸۰. مسئله معکوس در مدلسازی آبهای زیرزمینی (مطالعه موردی در منطقه کرمانشاه). سومین کنفرانس هیدرولیک ایران.
- مازاده، ی.، ع. فرید حسینی، ک. داوری. ۱۳۹۲، تهیه مدل کمی آبهای زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار GMS (مطالعه موردی: آبخانه دشت قوچان)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد.
- محمودی، ح. ۱۳۷۷. ویژگی آبخوان شمال- شمال شرق اصفهان (منطقه گرگاب- کمشجه). پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی- آب شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۱۵ ص.
- میراب زاده، مهدی؛ قبادی نیا؛ مهدی. ۱۳۸۴. ساختار مدل‌های ریاضی و کاربرد آنها در سیستم‌های آب زیرزمینی. کارگاه آموزشی مدلسازی در آبیاری و زهکشی.
- محمدی، س.، ه. جعفری عظیم آبادیو غ.ح. کریمی. ۱۳۹۱. مدل‌سازی ریاضی آبخوان میامی در استان سمنان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- محمدی، ح.، بوستانی، ف. و کفیل زاده، ف. ۱۳۹۱. تعیین الگوی بهینه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه غیر خطی فازی. آب و فاضلاب، ۴: ۴۳-۵۵.

مکانیابی مناطق مناسب برداشت آب زیرزمینی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از مدل GMS و بهینه‌سازی تخصیص ...

- محتشم، م.ا. دهقانی، ا. اکبر پورو م. مفتاح هلقی. ۱۳۹۰. پیش بینی سطح ایستایی در آبخوان با بکارگیری نرم‌افزار GMS (مطالعه موردی آبخوان بیرجند). چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
- ملکی، ر.، غ.ج. کرمی، ف. دولتی اردجانی. ح. حسینی و ف. اسدیان. ۱۳۹۰. بهینه سازی ضرائب هیدرودینامیکی دشت شاهرود با استفاده از مدل GMS 6.0. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
- مهدوی، رسول؛ عابدی کوپایی، جهانگیر؛ رضایی، مرضیه و عبدالحسینی، محمد. ۱۳۸۳. مکان‌یابی محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی از طریق RS و GIS. دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، ۲۳ و ۲۴ اردیبهشت ماه.
- مهرگان، م. ۱۳۹۴. پژوهش عملیاتی (برنامه‌ریزی خطی و کاربرد های آن). چاپ سی و چهارم، نشر کتاب دانشگاهی، تهران، ۵۳۶ ص.
- نکو آمال کرمانی، م. کشکولی، ح.ع. ۱۳۸۶. کاربرد نرم‌افزار Modflowpwin 5.1 در مطالعات آب زیرزمینی دشت بوجیر-حمیران. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر.
- ولایتی، س. ۱۳۷۴. جغرافیای آبها و مدیریت منابع آب. انتشارات خراسان، ۳۵۸ ص.

References

- Abdul Hameed M. Jawad Alobaidy, Mukheled A. Al-Sameraiy, Abass J. Kadhem, Athmar Abdul Majeed. 2010. Evaluation of treated municipal wastewater quality for irrigation. Journal of Environmental Protection, Pages: 216-225.
- Brown, L.J., Dravid, P.N., Hudson, N.A. and Taylor, C.B. 1999. Sustainable groundwater resources, Heretaunga plains, Hawke's bay, New Zealand. Hydrogeology Journal, 7: 440-453.
- Chitsazan, M. and Movahedian, A. 2015. Evaluation of Artificial Recharge on Groundwater Using MODFLOW Model (Case Study: Gotvand Plain-Iran). Journal of Geoscience and Environment Protection. No: 3, Pp: 122-132.
- Fadel, E., M. Tomaszkiwicz and M. Abou Najm. 2013. Sustainable coastal aquifer management in urban areas: The role of groundwater quality indices. 4th Global forum on urban resilience & adaptation. Bonn, Germany.
- Fallah-Mehdipour, E., Bozorg Haddad, O. and Marino, M.A. 2013. Prediction and simulation of monthly groundwater levels by genetic programming. Journal of Hydro-Environment Research, 7: 253-260.
- Ganapuram S. Kumar V. Krishna M. Kahya E. and Demirel C. 2009. Mapping of groundwater potential zones in the Musibasin using remote sensing data and GIS. Advances in Engineering Software, 40(7):506- 518.
- Gau, H.S. and Liu, C.W. 2002. Estimation of the optimum yield in Yun- area of Taiwan using loss function analysis. Journal of Hydrology, 263: 177-187.
- Hassan-Esfahani, L., Torres-Ruaand, A. McKee, M. 2015. Assessment of optimal irrigation water allocation for pressurized irrigation system using water balance approach, learning machines, and remotely sensed data. Agricultural Water Management, 153: 42-50.
- Kalavathy, S. 2001. Operation research, Vikas Publisher House PVT LTD, 506 pp.
- Karanth, K.R., 1994. Hydrogeology. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd., New Delhi, India, pp: 458.

- Lu, C., Chen, Y., Zhang, C., Luo, J. (2013). "Steady-state freshwater-seawater mixing zone in stratified coastal aquifers", *Journal of Hydrology*, 505:24-34.
- Marouane, B., Belhsain, K., Jahdi, M., El Hajjaji, S., Dahchour, A., Dousset, S. and Satrallah, A. 2014. Impact of agricultural practices on groundwater quality: Case of Gharb region-Morocco. *J. Mater. Environ. Sci.* 5: 2151- 2155.
- Molina J.L., Bromley J., Garcia-Arostegui J.L., Sullivan C., Benavete J., 2010. Integrated Water Resources Management of Overexploited Hydrological System using Objected-Oriented Bayesian Networks, *Environmental Modeling & Software*, 25(4): 383-397
- Mahdi-Moradi J., Bozorg Haddad O., Karney M.A., Marino B.W., 2007. Reservoir Operation in Assigning Optimal Multi-Crop Irrigation areas Area, *Agricultural Water Management*, 90: 149-159.
- May, R., Jinno, K. and Yusoff, I. 2013. Effects of Heavy Pumping and Artificial Groundwater Recharge Pond on the Aquifer System of Langat Basin, Malaysia. *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering* Vol:7, No:2.
- Nikkami, D. 1999. Optimizing the management of soil erosion using GIS, Ph.D dissertation. Concordia University, 108 pp.
- Pisinaras v, Patalas C, Tsihrintzis V.A , Zagana E. 2007 . A ground Water flow model for Water resources management in the Ismarida Plain North Greece . *Environmental Modeling and Assessment* .12: 75-89
- Recio, B. J. Ibanez, F. Rubio, J. A. Criado.2005. "A decision support system for analyzing the impact of water restriction policies". *Decision Support Systems*, 39, pp. 385- 402
- Sharp, J.M. 1998. Sustainable groundwater supplies—an evolving issue: examples from major carbonate aquifers of Texas, USA. In *Proceedings of the International Groundwater Conference*, Melbourne, 8-13 February 1998: pp1–12.
- Sophocleous, M A, 1991. Combining the soil water balance and water-level fluctuation methods to estimate natural ground water recharge: practical aspects. *Journal of Hydrology*, 124: 229-241.
- Taheri Tizro, A., Voudouris, K.S. and Eini, M. 2007. Groundwater balance, safe yield and recharge feasibility in a semi-arid environment: a case study from western part of Iran. *Journal of Applied Sciences*, 7: 2967-2976.
- Vedula S., Mujumdar, P.P., Sekhar G.C., 2004. Conjunctive Use Modeling for Multicrop Irrigation, *Journal of Agricultural Water Management*, 73: 193-221.
- Voudouris, K., Diamantopoulou, P., Giannatos, G. and Zannis, P. 2006. Groundwater recharge via deep boreholes in the Patras Industrial Area aquifer system (NW Peloponnesus, Greece). *Bull. Eng. Geol. Environ.*, 65: 297-308.
- Wang, S., Shao, J., Song, X., Zhang, Y., Huo, Z., Zhou, X., 2008. "Application of MODFLOW and geographical information system to groundwater flow Simulation in North Plain, China". *Environ Geol*, 55: 1449-1462
- Wang, S., Shao, J., Song, X., Zhang, Y., Huo, Z. and Zhou, X. 2008. Application of MODFLOW and geographical information system to groundwater flow simulation in North plain, China. *Environment Geology*, 55: 1449-1462.
- Zare, M. 2013. 3D-modeling of the effects of an irrigation/drainage network on groundwater table fluctuations in the Miandarband plain, Iran. *Proceedings of 2013 IAHR World Congress*.

Abstract

Archive of SID



**Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR)
Kermanshah Province Branch**

Final report (Title):

**Site selection of suitable area for groundwater exploitation in irrigation and drainage
networks using GMS model and optimization of water resources allocation
(a case study: Dinavar irrigation network)**

Code: 2351-20

**Research Group:
Hydraulic and Water Resources**

**Principal Investigator (BY):
Jalal Jalili**

**Date:
Feb 2018**