

تأثیر احداث شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان بر منابع آب زیرزمینی دشت

میان دربند با استفاده از مدل **GMS 6.5**

رسول قبادیان^{۱*}، علی فتاحی چقباگی و محمد زارع

دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه رازی کرمانشاه.

rsglobal@gmail.com

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه رازی.

ali.fattahi.ch@gmail.com

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه رازی.

mzare896@gmail.com

چکیده

یکی از چالش‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی تأثیر کارکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی بر این منابع است. با شبیه‌سازی‌های ریاضی می‌توان شرایطی مشابه آنچه در طبیعت موجود است را به وجود آورد و به نتایج رضایت‌بخشی دست یافت. در این تحقیق، برای بررسی اثر احداث شبکه آبیاری و زهکشی پائین دست سد گاوشان بر منابع آب زیرزمینی دشت میان‌دربند، از بسته نرم‌افزاری **GMS6.5** استفاده شد. بدین منظور ابتدا پارامترهای هواشناسی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی منطقه میان‌دربند برای شبیه‌سازی آبخوان مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از لوگ حفاری چاه‌های اکتشافی، نحوه لایه‌بندی طبقات زمین به دست آمد. مدل برای بازه زمانی اردیبهشت تا اسفند ۱۳۸۵ در شرایط جریان غیرماندگار اجرا و با مقایسه سطح آب شبیه‌سازی شده به وسیله مدل با سطح آب اندازه‌گیری شده در چاه‌های پیزومتری و انسجی شد. برای صحت‌سنجی مدل از داده‌های مشاهداتی بار آبی در فروردین ماه ۱۳۸۷ استفاده شد. نتایج نشان داد که مقدار ضریب نکویی برازش (R^2) بین داده‌های اندازه‌گیری و محاسبه شده در مرحله صحت‌سنجی برابر با ۰/۹۹۶ است. بعد از و انسجی و ارزیابی مدل، اثر بهره‌برداری از شبکه آبیاری سد گاوشان بر منابع آب زیر زمینی منطقه میان‌دربند برای ۱، ۵ و ۱۰ سال بعد به دست آورده شد. نتایج نشان داد که بعد از یکسال، سطح آب زیرزمینی آبخوان در نواحی مرکزی دشت تا ۱/۸ متر بالا می‌آید این مقدار برای پنج سال و ۱۰ سال به ترتیب برابر با ۳/۲ و ۵/۲ متر است. همچنین بعد از یکسال، ۶/۵۹ درصد اراضی زه‌دار می‌شوند. این مقدار برای پنج و ۱۰ سال بعد به ترتیب برابر با ۳۷/۹۱ و ۵۶/۲۸ درصد از اراضی دشت است.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی آب زیر زمینی، آبخوان میان‌دربند، چاه پیزومتری، شرایط غیرماندگار، هیدروژئولوژی.

۱- آدرس نویسنده مسئول: کرمانشاه، برزگراه امام خمینی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی آب

* - دریافت: شهریور ۱۳۹۱ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۳

مقدمه

تغییرات روی داده در شرایط هیدرولوژیک و افزایش بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی منجر به تغییر اساسی در تداوم جریان سطحی و افت شدید سطح آب زیرزمینی شده است. پاسخگویی به تمامی نیازها و تبدیل نقاط ضعف و تهدیدها به توانمندی‌ها و فرصت‌ها ضرورت شناخت و بررسی منابع آب را بیش از پیش نمایان می‌کند. بنابراین پیدا کردن روش‌ها و الگوهای مناسب استفاده تلفیقی از منابع آب که بالاترین بازده را داشته باشد اصلی‌ترین اولویت در مدیریت منابع آب است.

از اینرو مطالعات گسترده‌ای در سطح جهان در این خصوص انجام شده است. گرچه ممکن است هیدروژئولوژیست‌ها و مهندسين آب که در این پروژه‌ها کار می‌کنند، به طور مستقیم از روش‌های تحلیلی و عددی استفاده نکنند ولی درک جامع چگونگی توسعه مدل‌های مفهومی و مدل‌های عددی جریان آب زیرزمینی، برای آنها خیلی مهم است.

چوبی (۱۹۹۶) با استفاده از فناوری سنجش از دور به بررسی مناطق وسیعی از اراضی زهدار شده در کشور هندوستان پرداخت نتایج وی نشان داد که عمق سطح ایستابی همبستگی معنی‌داری با میزان هدایت الکتریکی منطقه اشباع خاک دارد که با استفاده از این موضوع مناطق حساس به زهدار شدن قابل شناسایی می‌باشند. آرورا و گوپال (۱۹۹۲) به بحث در مورد عوامل زهدار شدن اراضی در کشور هندوستان پرداختند و استفاده از سیستم‌های آبیاری سطحی و عدم استفاده از منابع آب زیرزمینی را مهمترین عامل زهدار شدن اراضی شناختند.

کیم و سلطان (۲۰۰۲) به بررسی اثر شبکه نوین آبیاری بر لایه آبدار نوین کشور مصر و پیش‌بینی روند بالا آمدن سطح ایستابی با استفاده از مدل MODFLOW پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در صورت عدم اعمال مدیریت صحیح بسیاری از زمین‌های این منطقه زهدار می‌شوند. عسگر و همکاران (۱۳۸۱) به بررسی مرز آب‌های شیرین و شور در پنجاب پاکستان با استفاده از دو مدل عددی

MODFLOW و MT3D پرداختند. نتایج نشان داد که برای برداشت از آب‌های شیرین آبخوان آزاد باید چاه‌هایی با عمق ۱۵ تا ۱۸ متر و با سرعت تخلیه ۱۸-۱۰ متر بر ثانیه برای زمان عملکرد ۲۴-۸ ساعت در روز حفر کرد. همچنین وانگ و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از تلفیق MODFLOW و برنامه سامانه اطلاعات جغرافیایی MAPGIS، وضعیت آبخوان دشتی در شمال چین را مورد بررسی قرار دادند.

نتایج نشان داد وضعیت منابع آب زیرزمینی این دشت در اثر برداشت بی‌رویه در شرایط بحرانی به سر می‌برد. رسولی (۱۳۸۰) شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی دشت فشاویه را با استفاده از مدل MODFLOW انجام داد. مقایسه روند تغییرات هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای و نتایج محاسباتی مدل و همچنین منحنی‌های هم‌تراز محاسبه‌ای و مشاهده‌ای نشان می‌دهند که مدل در طول دوره تطبیق و اعتبار خود در حد خیلی خوبی واسنجی شده است. مدل تهیه شده قادر به ارائه بیلان آب منطقه‌ای و محلی است و می‌توان از آن به عنوان یک مبنای مناسب برای ساخت مدل منابع آب دشت فشاویه در دوره‌های بلند مدت بهره گرفت. سروری و اسکافی (۱۳۸۷) به بررسی مشکلات زهکشی اراضی شبکه آبیاری مارون بهبهان پرداختند.

نتایج نشان داد که بالا آمدن سطح آب زیرزمینی با بهره‌برداری از شبکه مدرن، روند صعودی بیشتری داشته، لذا تأثیرات منفی را روی تولید محصولات کشاورزی گذاشته است. همچنین نتیجه گرفتند یکی از عوامل مهم در زهدار شدن اراضی کم بودن راندمان آبیاری است. سحاب بهشتی (۱۳۸۵) با مطالعه هیدروژئولوژی دشت ملایر و ارائه مدل ریاضی آن با استفاده از MODFLOW، نشان داد که تراز سطح آب زیرزمینی در طی مدت ۱۱ سال ۱۴/۲۹ متر افت داشته، لذا کنترل برداشت از سفره از مهمترین مسائلی است که باید مورد توجه باشد.

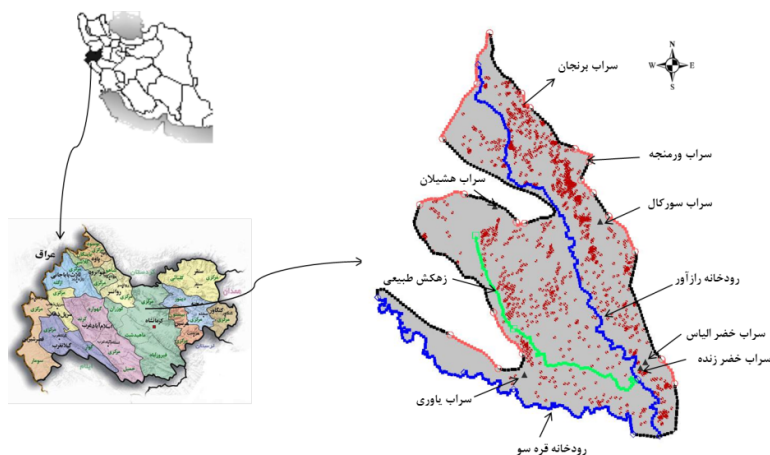
نصری و دادمهر (۱۳۸۶) برای سنجش تأثیر نفوذ آب از طریق شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد بر آب زیرزمینی دشت مهاباد، از مدل کامپیوتری منابع آب

در حال حاضر منبع اصلی تأمین آب آبیاری اراضی دشت میان دربند منابع آب زیر زمینی هستند که توسط احداث چاه و عملیات پمپاژ انجام استحصال می‌شود. نظر به اینکه احداث شبکه مدرن و تغییر منبع تأمین کننده از آب زیرزمینی به آب سطحی رژیم استفاده از منبع زیرزمینی را تغییر می‌دهد. از این رو در این پژوهش بررسی تأثیر احداث شبکه آبیاری و زهکشی گاوشان بر سفره آبخوان دشت میان‌دربند مورد توجه است که در این راستا از مدل GMS(Ground Water Modeling System) استفاده شد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

دشت میان‌دربند در غرب ایران و در شمال شهر کرمانشاه قرار دارد. این منطقه از شمال به یال جنوبی کوه‌های قرال و بلوچ و از جنوب به رودخانه قره‌سو محدود شده است. عمده‌ترین جریان سطحی ناحیه رودخانه رازآور است که از طریق تنگه پیرمزد وارد دشت شده و در طول دشت جریان داشته و در محل دوآب به رودخانه قره‌سو می‌پیوندد. شکل (۱) موقعیت محدوده مطالعاتی میان‌دربند را در کشور و استان کرمانشاه نشان می‌دهد.



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

این محاسبات مستقیماً در تهیه بیلان و پس از آن در تهیه مدل آب زیرزمینی مؤثر است. در جدول (۱) مقادیر متوسط

زیرزمینی MODFLOW بهره گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط کشاورزی و آبیاری جاری در سطح شبکه، مشکل شوری و ماندآبی در نقاطی وجود دارد. اکبرپور و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از مدل MODFLOW در محیط GMS مدل ریاضی سفره آب زیرزمینی دشت مختاران بیرجند را تهیه کردند. آنها در این پژوهش از یک مدل دو بعدی به ابعاد ۲۵۰ متر در ۲۵۰ متر شامل ۱۰۳ ردیف و ۱۷۵ ستون استفاده نمودند.

نتایج نشان داد که با توجه به شرایط آبخوان هرگونه برداشت جدید از آبخوان باعث تشدید روند خسارت فعلی به منابع آب زیر زمینی و تا حدی غیر اقتصادی شدن بهره‌برداری از آبخوان می‌شود. یاری و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی اثر تخلیه و تغذیه از طریق شبکه آبیاری و زهکشی دشت زرینه‌رود روی سیستم آب زیرزمینی دشت با استفاده از MODFLOW پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط موجود اختلاف زیادی بین تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی وجود ندارد. اما با افزایش برداشت ۲۰ و ۵۰ درصدی پمپاژ چاه‌های منطقه سطح آبخوان به ترتیب ۱/۲۳ و ۳/۳۰ متر افت خواهد داشت.

بررسی‌های هواشناسی و هیدرولوژی در تهیه مدل ریاضی آب زیرزمینی بسیار حائز اهمیت است. چرا که نتایج

بلند مدت بارش، تبخیر و درجه حرارت، برای یک دوره حداقل ۳۵ ساله در محدوده دشت میان‌دربند ارائه شده است.

جدول ۱ - مقادیر متوسط بلند مدت پارامترهای هواشناسی برای محدوده دشت میان‌دربند

پارامتر	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	متوسط سالیانه
بارش (میلی‌متر)	۷۶/۱	۴۱/۴	۲/۱	۰/۱	۰/۲۵	۰/۷	۱۱/۲	۴۹/۲	۶۰/۵	۴۹/۹	۷۶/۶	۷۹/۱	۴۴۷
تبخیر (میلی‌متر)	۱۰۷/۹	۱۴۹	۲۳۱/۵	۳۰۸/۸	۳۱۲/۴	۲۵۵/۶	۱۵۷/۴	۷۸/۶	۳۲/۷	۳۲/۷	۳۴/۲	۵۵/۶	۱۷۴۷/۲
دما (سلسیوس)	۱۱/۶	۱۶/۱	۲۱/۵	۲۶/۴	۲۶/۵	۲۱/۹	۱۶/۱	۱۰/۱	۵	۲/۱	۲/۵	۶/۵	۱۳/۸

همچنین، اطلاعات و آمار دبی‌های ورودی و خروجی دشت بر اساس آمار بلند مدت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. به منظور استفاده از این آمار ایستگاه پیرمزد (سراسیاب) به عنوان ورودی دشت و ایستگاه حجت آباد (حسین آباد) به عنوان خروجی دشت در نظر گرفته

جدول ۲ - دبی متوسط ماهانه و سالانه رودخانه‌های محدوده دشت میان‌دربند (متر مکعب بر ثانیه)

ایستگاه آبیاری	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	متوسط سالیانه
پیرمزد	۲۲/۴۱	۱۰/۳۴	۱/۷۱	۰/۴۲	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۱۷	۱/۲۶	۴/۹۲	۴/۹۴	۹/۶۰	۶۰/۷۲	۵/۹۳
حجت آباد	۲۲/۴۹	۱۳/۹۳	۴/۶۶	۲/۲۹	۱/۵۹	۱/۳۶	۱/۴۶	۲/۷۱	۵/۳۶	۷/۰۸	۱۲/۱۹	۱۹/۱۵	۷/۸۶
دوآب مرگ	۱۵/۲۳	۸/۶۰	۳/۰۵	۱/۸۴	۱/۱۶	۰/۹۵	۱/۱۹	۲/۳۷	۳/۹۵	۴/۲۲	۶/۳۳	۱۳/۰۶	۵/۱۵

به منظور شناخت ضخامت آبرفت و تعیین ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان از مشخصات هشت حلقه چاه اکتشافی به همراه پیرومترهای مربوطه و نتایج آزمایش‌های پمپاژ انجام شده روی شش حلقه از آنها استفاده شد. خلاصه اطلاعات آنها در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳ - اطلاعات و ضرایب هیدرودینامیک محاسبه شده در چاههای اکتشافی محدوده مطالعاتی میان‌دربند (۸)

مختصات (UTM)	محل چاه	عمق چاه (متر)	ضرایب سفره	عمق برخورد (متر)	جنس سنگ کف
X	Y				
۳۸۲۴۲۱۰ - ۶۷۷۴۷۰	احمدآباد پایین	۲۴۰	T = ۱۷۵۰	۲۳۹	کنگلومرا و رادیولاریت
۳۸۲۵۳۱۸ - ۶۸۲۹۲۹	تپه افشار	۱۹۸	انلازه گیری نشده	۱۸۳	کنگلومرا
۳۸۲۶۷۵۳ - ۶۷۲۸۰۷	هشیلان	۱۵۶	S = ۰/۴ و T = ۱۲۰۰	۱۴۸	مارن
۳۸۳۱۲۱۰ - ۶۷۵۶۶۰	سرتپ‌آباد	۱۳۲	T = ۱۰۰۰۰	-	برخورد نکرده
۳۸۱۵۵۰۰ - ۶۸۶۸۵۰	احمدوند	۸۲	S = ۲/۵ و T = ۶۰۷	۷۷	کنگلومرا
۳۸۱۱۳۷۸ - ۶۸۶۷۵۳	پیرحیاتی	۷۱	T = ۱۵۷۰	۶۷/۵	رادیولاریت
۳۸۱۵۵۰۶ - ۶۶۸۵۵۲	کوربلاغ	۸۶	انلازه گیری نشده	۸۶	آهک
۳۸۱۱۶۶۱ - ۶۸۱۷۷۰	نظرآباد علیا	۲۰۹	S = ۰/۰۳ و T = ۷۵۰	۱۹۸	شیل

T: ضریب انتقال (متر بر روز) و S: ضریب ذخیره (بدون بعد)

در محدوده میان‌دربند، جمعاً تعداد ۱۱۶۰ حلقه چاه و تعداد هفت دهنه چشمه فعال وجود دارد. با توجه به آمار برداری از منابع آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۲ سالانه حجمی معادل ۱۵۱/۹۲۸ میلیون مترمکعب برای مصارف کشاورزی از آبخوان برداشت می‌شود که به طور میانگین آبدهی هر چاه برابر با ۴/۱۵ لیتر بر ثانیه می‌شود. در جدول (۴) آمار دبی چشمه‌های فعال در سال ۱۳۸۵ ارائه شده است.

جدول ۴- آمار آبدهی چشمه‌های فعال در محدود میاندر بند بر حسب لیتر بر ثانیه

نام سراب	مختصات (UTM)		فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
	X	Y												
برنجان	۳۸۳۷۵۴۱	۶۷۴۷۳۴	۲۴	۱۸	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۵	۱۲	۲۰	۳۹
خضر زنده	۳۸۱۷۵۱۹	۶۸۴۳۳۶	۱۸	۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۴	۱۰	۲۲	۲۰
خضرالیاس	۳۸۱۷۱۲۱	۶۸۳۹۶۷	۵۸	۴۷	۰	۰	۰	۰	۲	۶	۱۰	۳۴	۵۸	۵۴
هشیلان	۳۸۲۸۵۷۸	۶۷۳۶۲۳	۷۸	۶۸	۳۱	۳۴	۳۷	۱۴	۱۴	۲۸	۵۵	۶۲	۱۲۹	۱۰۹
سورکال	۲۸۲۷۵۰۷	۶۸۱۱۱۸	۲۰	۲۲	۷	۶	۵	۴	۴	۷	۱۰	۲۳	۳۹	۳۲
ورمنجه	۳۸۳۳۱۱۰	۶۸۰۳۶۰	۴۷۰	۳۳۲	۲۸	۲۴	۲۰	۳۴	۳۸	۷۰	۱۱۰	۱۷۴	۱۳۹	۹۶۸
یاوری	۳۸۱۶۶۲۰	۶۷۵۷۲۴	۳۴۶	۲۸۷	۱۱۴	۸۲	۶۰	۳۴	۸۳	۱۱۳	۸۱	۲۴۸	۳۳۱	۳۸۷

نتایج و بحث

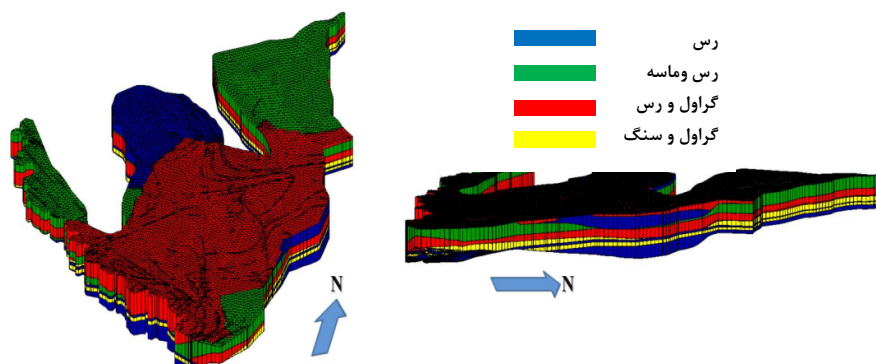
لایه‌بندی طبقات زمین

با استفاده از لوگ حفاری چاه‌های اکتشافی نحوه لایه‌بندی طبقات آبخوان به دست آمد. بدین صورت که ترکیب لایه‌ها از چهار نوع رس، رس و ماسه، گراول و رس و در نهایت گراول و سنگ است. بر این اساس دشت میان-در بند به ۱۱ لایه تقسیم‌بندی شد که در شکل (۲) ارائه شده است. در این قسمت هدایت هیدرولیکی بر حسب نوع لایه به مدل داده شد.

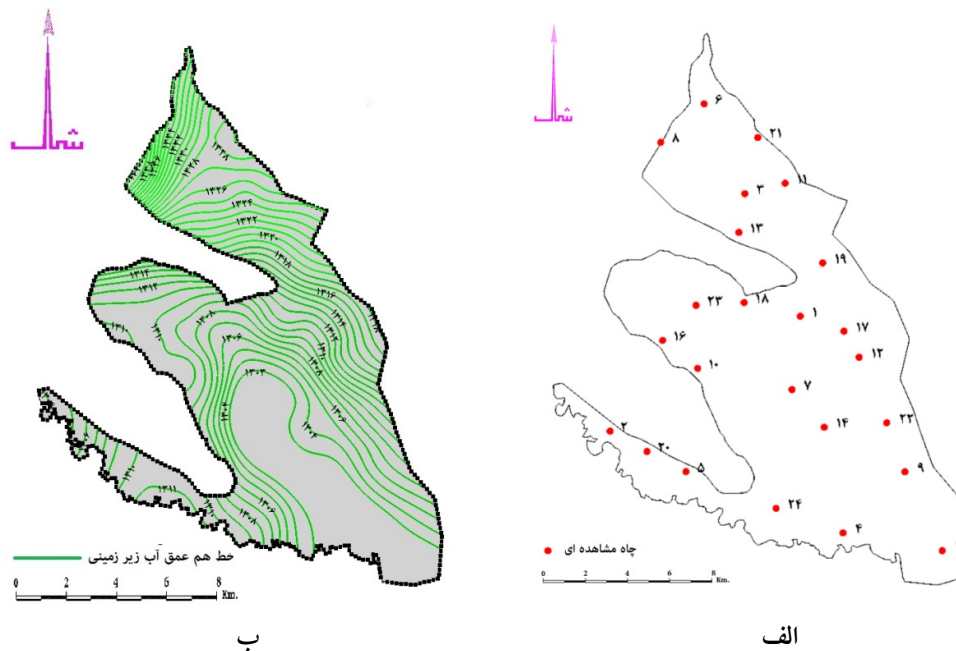
هیدروژئولوژی

با استفاده از داده‌های مربوط به به ۲۴ حلقه چاه مشاهده‌ای در محدوده مدل سازی تغییرات سطح آب زیرزمینی، برای جریان آب زیرزمینی، محل‌های تغذیه و تخلیه، تبادلات هیدرولیکی منابع آب سطحی و زیرزمینی و سایر ارزیابی‌های هیدروژئولوژیکی بدست آمده مکان این پیژومترها و برای نمونه منحنی‌های هم تراز آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۵ در شکل (۳) ارائه شده است.

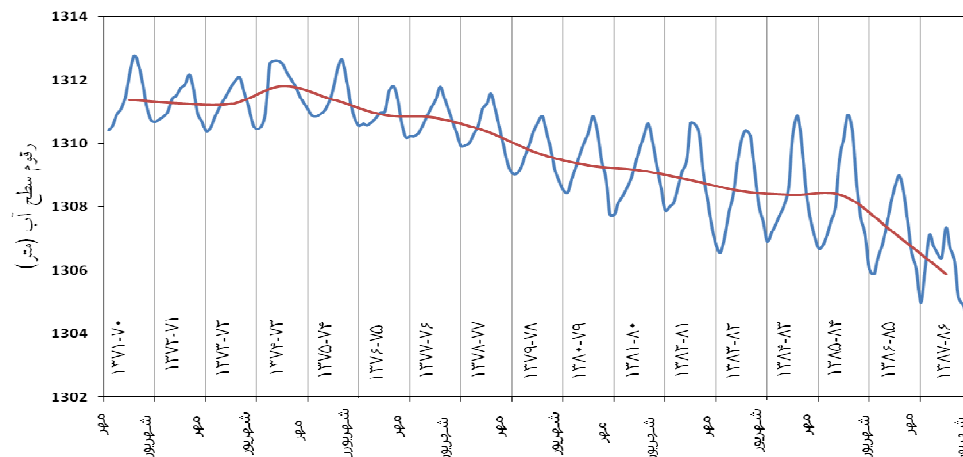
برای مشخص نمودن نوسانات سالیانه آب زیرزمینی، هیدروگراف واحد پیژومترهای موجود در سطح دشت (از سال آبی ۱۳۷۰-۷۱ تا ۱۳۸۶-۸۷) رسم شد و سپس با توجه به سطح تاثیر هر پیژومتر، هیدروگراف واحد دشت در شکل (۴) ارائه شده است.



شکل ۲ - لایه‌بندی زمین در دشت میان‌در بند



شکل ۳- الف) موقعیت مکانی چاههای مشاهده ای در دشت میان دربند ب) نقشه خطوط هم عمق آب زیرزمینی در دشت میان دربند



شکل ۴- هیدروگراف واحد آبخوان دشت میان دربند طی سال های ۷۱-۱۳۷۰ تا ۸۷-۱۳۸۶

تهیه مدل مفهومی

هدف از تهیه مدل مفهومی ساده‌انگاری مسائل صحرایی و درک آسانتر قوانین فیزیکی حاکم بر سیستم طبیعی می‌باشد. به دلیل آنکه برپایی کامل سیستم صحرایی بسیار دشوارتر و اغلب غیر ممکن است، ساده کردن مسائل در تهیه مدل مفهومی ضروری می‌باشد (۳). به منظور تهیه مدل مفهومی دشت میان دربند گزارش‌های مختلف هیدروژئولوژی، هیدرولوژی، لوگ‌های زمین شناسی چاه‌های اکتشافی مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از اطلاعات

چاه‌های مشاهده‌ای، تخلیه، نفوذ از بارش و نیز محاسبه بیلان محدوده مورد مطالعه، نمای کلی سیستم بدست آمد. جریان-های ورودی به سیستم آب زیرزمینی دشت در حال حاضر، شامل تغذیه از بارندگی، تغذیه از طریق جریان آب در رودخانه قره‌سو (با توجه به منحنی‌های هم عمق آب زیرزمینی رودخانه رازآور بصورت زهکش عمل می‌کند و تاثیری در تغذیه آب زیرزمینی ندارد) و تغذیه آب زیرسطحی است. جریان‌های خروجی شامل جریان خروجی زیرسطحی و تخلیه به وسیله چاه‌ها و چشمه‌ها است. یکی از اهداف

$C = 0.6917 \times T^{0.3981}$ ، T: متوسط دمای ماهیانه ($\bar{C}$)

بر این اساس، میزان نفوذ سالیانه (F_{Total}) برابر $44/03$ میلی متر بدست می‌آید که تقریباً $8/5$ درصد از میزان بارش سطح دشت را شامل می‌شود. میزان حجم آب نفوذ یافته سالیانه برابر با $12/33$ میلیون مترمکعب است. در جدول (۵) مقدار پارامترهای تغذیه از طریق نزولات جوی ارائه شده است. با توجه به کمیت و کیفیت داده‌های پایه یک شبکه‌بندی سه بعدی به ابعاد 220 در 300 در 23 متر روی دشت میان‌در بند در نظر گرفته شد. شبکه‌بندی مذکور شامل 100 ردیف در جهت X ، 100 ردیف در جهت Y و 11 ردیف در جهت Z است. بعد از مدل‌بندی محدوده مورد مطالعه مدل در شرایط زیر اجرا شد:

شرایط جریان غیرماندگار برای سال 1385

شرایط جریان غیر ماندگار برای فروردین ماه سال 87 برای

صحت‌سنجی مدل در خارج از دوره

واسنجی شرایط جریان غیرماندگار برای 1 ، 5 و 10 سال بعد

از بهره برداری از شبکه آبیاری و زهکشی گاوشان

واسنجی مدل

شرایط حاکم بر آبخوان‌ها اساساً شرایطی ناپایدار و غیرماندگار است و اصولاً مدل‌های شبیه‌سازی شده باید در شرایط غیرماندگار کالیبره شوند. واسنجی مدل جریان در محدوده مطالعاتی با استفاده از تراز سطح آب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده صورت پذیرفت. بعد از اجرای مدل و به دست آمدن نتایج (سطح آب شبیه‌سازی شده) اقدام به کالیبراسیون مدل شد. از بین داده‌های ورودی به مدل، ضریب هدایت هیدرولیکی و آبدی ویژه دارای بیشترین اهمیت و حساسیت در واسنجی مدل جریان می‌باشند. در مرحله اجرای مدل در شرایط جریان غیرماندگار مقادیر آبدی ویژه و توانایی مرز برای عبور آب (C_{RIV}) از بستر رودخانه‌ها و زهکش‌ها و مرزهای بار عمومی اصلاح گردید

مهم در تهیه مدل مفهومی تعیین نوع مدل و نوع آبخوان است. با توجه به نتایج زمین‌شناسی و ژئوفیزیک نوع مدل سه بعدی و نوع آبخوان آزاد در نظر گرفته شد. در مطالعات مدل‌سازی آنچه بیشتر اهمیت دارد معلوم بودن شرایط مرزی است. بدین معنی که با معلوم بودن شرایط مرزی هیچ محدودیتی در انتخاب مرز وجود ندارد.

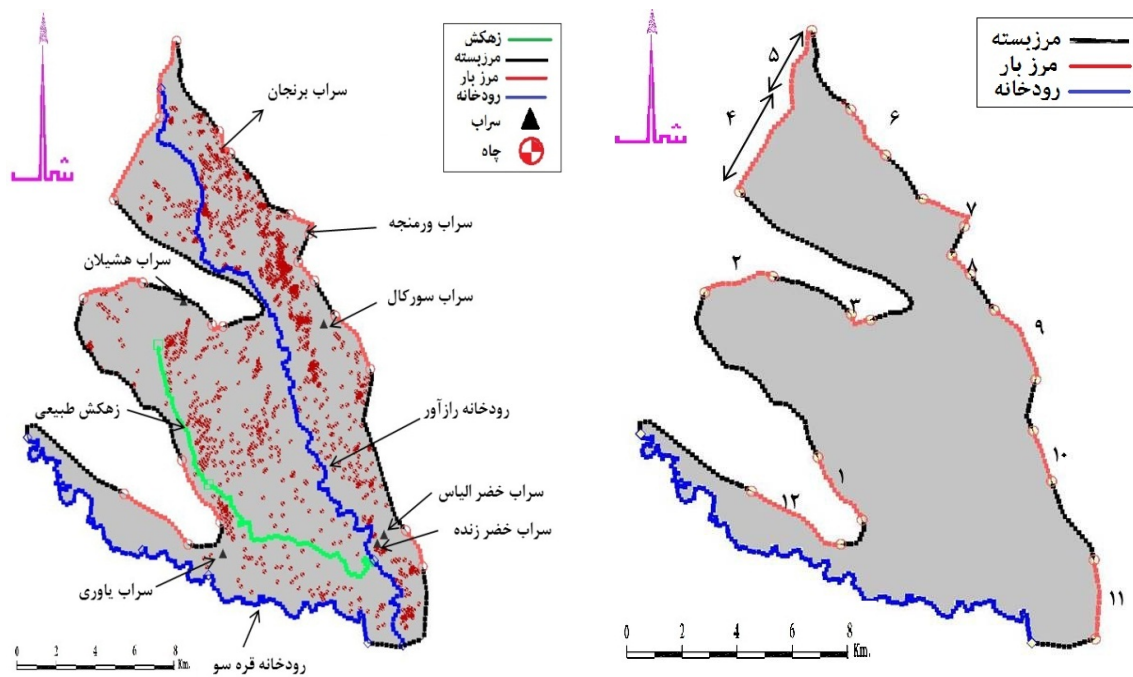
مرزهای شبیه‌سازی شده در این پژوهش شامل مرز بدون جریان یا جریان صفر است که به نام مرز نفوذناپذیر نیز خوانده شده است و همچنین مرز بار عمومی برای شبیه‌سازی مرزهای جریان وابسته به بار (شرایط مرزی کوشی) بکار می‌رود. شکل (۵) مرزهای موجود در مدل ساخته شده را نشان می‌دهد. مرزهای 1 تا 11 مرز بار عمومی (ورودی) و مرز 12 مرز بار عمومی (خروجی) است بقیه مرزها بدون جریان است.

مجموعه رودخانه در نرم‌افزار GMS برای شبیه‌سازی جریان بین یک آبخوان و آب‌های سطحی مانند رودخانه‌ها، برکه‌ها و یا مخازن استفاده می‌شود. میزان تغذیه از طریق جریانات سطحی، علاوه بر حجم جریان‌های سطحی ورودی به دشت، به مشخصات بستر رودخانه و توانایی مرز برای عبور آب در بستر رودخانه و جنس آبرفت بستگی دارد. در محدوده دشت یک رودخانه فصلی وجود دارد که به صورت زهکش عمل می‌کند. در شکل (۶) کل لایه اطلاعاتی Source & sink ارائه شده است. در این لایه، تمامی عوامل تخلیه از آبخوان و همچنین بسیاری از عوامل تغذیه آبخوان به مدل داده شد به منظور تعیین تغذیه از نزولات جوی از فرمول فائو رابطه (۱) استفاده شده است (علیزاده، ۱۳۸۱).

$$F = \sum_{i=1}^{12} 0.8(R - C \log E)^{0.5} \quad (1)$$

که در آن:

F: میزان نفوذ سالیانه بر حسب mm، E: تبخیر و تعرق پتانسیل ماهیانه بر حسب mm، R: بارندگی ماهیانه بر حسب mm، C: ضریب ثابت وابسته به دما



شکل ۵ - مرزهای بار عمومی ورودی و خروجی آبخوان دشت میان-در بند

شکل ۶ - لایه اطلاعاتی Source & Sink آبخوان دشت میان-در بند

جدول ۵ - تغذیه از طریق نزولات جوی در محدوده مطالعاتی میان-در بند

پارامتر	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
R(mm)	۸۰/۷۵	۴۵/۵	۰	۰	۰	۰	۰	۸۶/۲۵	۱۸/۲۵	۸۸/۷۵	۱۸۴/۷۵	۱۶/۵
E(mm)	۷۵/۶۷	۹۰/۰۹	—	—	—	—	—	۵۲/۷۱	۲۳/۳۸	۸/۳۳	۱۸/۵۵	۵۲/۱۵
T(c)	۱۱/۵۵	۱۶/۰۵	—	—	—	—	—	۱۰/۱	۵	۲/۱۵	۲/۵	۶/۴۵
C	۱/۸۳	۲/۰۹	—	—	—	—	—	۱/۷۴	۱/۳۱	۰/۹۴	۱	۱/۴۵
F(mm)	۷/۰۳	۵/۱۵	—	—	—	—	—	۷/۳	۳/۲۴	۷/۵	۱۰/۸۴	۲/۹۷
V(MCM)	۱/۹۷	۱/۴۴	—	—	—	—	—	۲/۰۴	۰/۹۱	۲/۱	۳/۰۳	۰/۸۳

جدول (۷) مقادیر بهینه توانایی مرز برای عبور آب (C_{RIV}) از بستر رودخانه‌ها و زهکش‌ها و مرزهای بار عمومی برحسب مترمربع بر روز بر متر ارائه شده است. در این مطالعه ابتدا فروردین ماه ۱۳۸۵ (بالاترین تراز آب زیرزمینی) به صورت جریان ماندگار اجرا شد که از نتایج آن برای مقادیر بار آبی اولیه برای اجرای مدل در شرایط جریان غیر ماندگار استفاده شد. برای اطمینان از نتایج مدل مقادیر سطح آب محاسبه شده با استفاده از مدل و مشاهده شده در تمام پیژومترهای در شکل (۷) ارائه شده است. همانطور که در شکل ملاحظه می‌شود پراکندگی نقاط محاسبه شده توسط مدل نسبت به خط $x=y$ بسیار کم است و از مقدار ضریب

که بعد از بیش ۲۰۰ بار اجرای مدل، سطح آب شبیه‌سازی شده به سطح آب مشاهده‌ای نزدیک گردید. در این قسمت ضریب هدایت هیدرولیکی در مدل از مواد گرفته شد نه از لایه‌ها. به عبارت دیگر، با استفاده از امکانات مدل GMS در شبیه‌سازی به هر ماده (رس، گراول و رس، ماسه و رس، گراول و سنگ) یک ضریب هدایت هیدرولیکی داده شد. از مزایای این روش این است که اگر لایه‌ای از مواد مختلف تشکیل شده باشد، در هر قسمت هدایت هیدرولیکی متفاوتی دارد. در جدول (۶) مقادیر بهینه برای ضریب هدایت هیدرولیکی هر ماده آورده شده است. مقدار آبدهی ویژه نیز از دو درصد اولیه به ۲/۲ در مرحله واسنجی رسید. در

درصد استفاده شد. در واقع، این آزمون سخت‌گیرانه‌ترین آزمون مقایسات میانگین برای قبول فرض صفر (تفاوت معنا داری بین داده‌های مشاهداتی و محاسباتی وجود ندارد) می‌باشد. نتایج این مقایسات که برای هر یک از پیزومترها بصورت جداگانه در جدول (۸) ارائه شده است.

نکویی برازش (R^2) محاسبه شده می‌توان به دقت بالای مقادیر محاسبه شده توسط مدل و نزدیکی این مقادیر با سطح آب مشاهده ای پی برد.

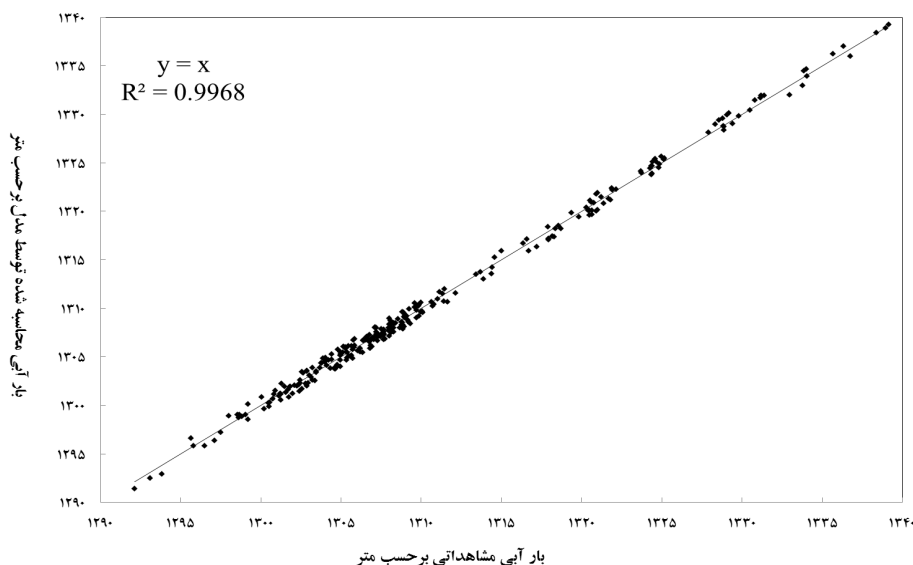
به منظور مقایسه آماری داده‌های مشاهداتی و محاسباتی رقوم سطح آب پیزومترها از آزمون مقایسه میانگین حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح اعتماد ۹۹

جدول ۶ - مقادیر هدایت هیدرولیکی واسنجی (متر بر روز)

ماده	مقادیر اولیه	مقادیر نهایی
رس	۰/۰۳	۰/۰۵
ماسه و مقدار کمی رس	۱/۰۰	۱/۰۰
گراول و مقدار کمی رس	۱/۰۰	۲/۰۰
گراول و سنگ	۰/۰۲	۰/۰۱

جدول ۷ - مقادیر بهینه توانایی مرز برای عبور آب (C_{RIV}) از بستر رودخانه‌ها و زهکش‌ها و مرزهای بار عمومی

شرط مرزی	مقادیر اولیه ($m^2/d/m$)	مقادیر نهایی ($m^2/d/m$)
بستر رودخانه	۲۵	۱۰
کف زهکش	۲۵	۱۰
مرز بار عمومی	۱۰	۵



شکل ۷ - مقایسه سطح آب مشاهداتی و محاسباتی در پیزومترهای میان‌در بند در سال ۱۳۸۵

صحت سنجی مدل

حد، تصحیحات لازم بر روی آن صورت می‌گیرد. بدین منظور، برای صحت‌سنجی مدل از داده‌های مشاهداتی بار آبی در فروردین ماه سال ۸۷ استفاده شد. در واقع با استفاده از مدل کالیبره شده، مقادیر بار آبی پیزومترها در فروردین ۸۷ محاسبه شد. در این ماه آمار ۱۹ پیزومتر موجود است. در

پس از کالیبراسیون مدل، باید آن را برای استرس - های خارج از بازه زمانی کالیبراسیون، اجرا و نتایج آن را با مشاهدات مقایسه نمود. در صورت مشاهده اختلاف بیش از

شکل (۸) منحنی‌های هم‌عمق آب زیرزمینی محاسبه شده با استفاده از مدل نشان داده شده است. همچنین، در شکل (۹) مقادیر محاسباتی سطح آب در مقابل مقادیر سطح آب مشاهداتی در ۱۹ پیزومتر نشان داده شده است. ضریب نکویی برازش برابر ۰/۹۹۶ بین داده‌های مشاهداتی و محاسباتی نشان از کالیبراسیون و واسنجی صحیح مدل دارد.

جدول ۸- تحلیل آماری مقایسه نتایج مدل با مقادیر مشاهداتی بار آبی در پیزومترهای میان‌دریبد

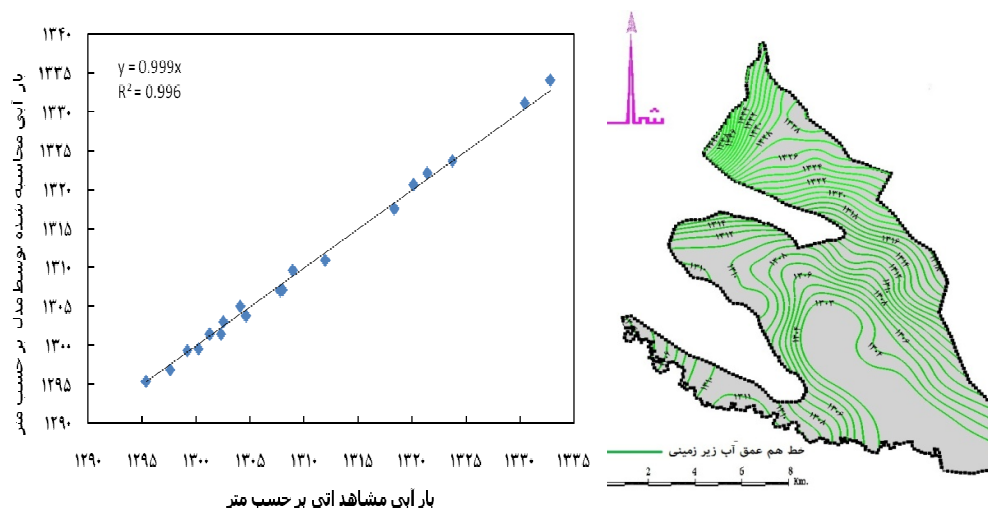
نام پیزومتر	قدر مطلق بیشینه تفاوت (متر)	LSD	شیب خط رگرسیون	ضریب نکویی برازش
احمدآباد بالا	۰/۹	۱/۸۲	۱	۰/۹۴۶۷
بریموند	۰/۹۳	۱/۵۹	۰/۹۹۹۸	۰/۸۹۲
بکناش آباد	۰/۹۴	۲/۰۲	۰/۹۹۹۹	۰/۸۷۱۱
بلک کبود	۰/۹۷	۲/۱۱	۰/۹۹۹۸	۰/۹۶۹۵
بین نفته و ریکا	۰/۹۸	۱/۷۵	۱	۰/۷۵۲
پیرمزد	۰/۹۷	۱/۸۳	۱/۰۰۰۳	۰/۸۳۹۹
تاسوله جان	۰/۹۶	۱/۴۸	۱	۰/۹۳۳۴
چقماران بی ابر	۱	۲/۳۷	۱	۰/۹۱۲۱
چقماران حجت آباد	۰/۹۵	۱/۹۹	۱/۰۰۰۲	۰/۹
خوشینان	۰/۹۴	۱/۹۴	۱/۰۰۰۳	۰/۹۰۷۷
ده باغ	۰/۹۱	۱/۶۶	۱	۰/۹۱۸۱
سرجاده تپه افشار	۰/۹۴	۱/۷	۰/۹۹۹۷	۰/۹۷۴۹
سروران	۰/۹۳	۱/۸۱	۰/۹۹۹۸	۰/۸۶۴۲
سلطان کوه	۰/۹۴	۱/۷۷	۰/۹۹۹۹	۰/۷۷۱۳
قزانچی	۰/۸۶	۱/۵	۱	۰/۸۱۳۴
کلاه کبود	۰/۶	۱/۲۶	۰/۹۹۹۹	۰/۹۰۱
گوهرچقا	۰/۹۸	۱/۷۵	۰/۹۹۹۷	۰/۹۴۹۴
لعل آباد بالا	۰/۸۶	۱/۸۹	۰/۹۹۹۹	۰/۹۴۱۶
محمود آباد	۰/۸۹	۱/۹	۰/۹۹۹۹	۰/۸۶۵۶
میمون باز	۰/۹	۱/۴۶	۰/۹۹۹۹	۰/۶۷۶
ورله	۰/۸۲	۱/۳۱	۱/۰۰۰۲	۰/۹۷۴۵

نتایج اجرای مدل پس از بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی

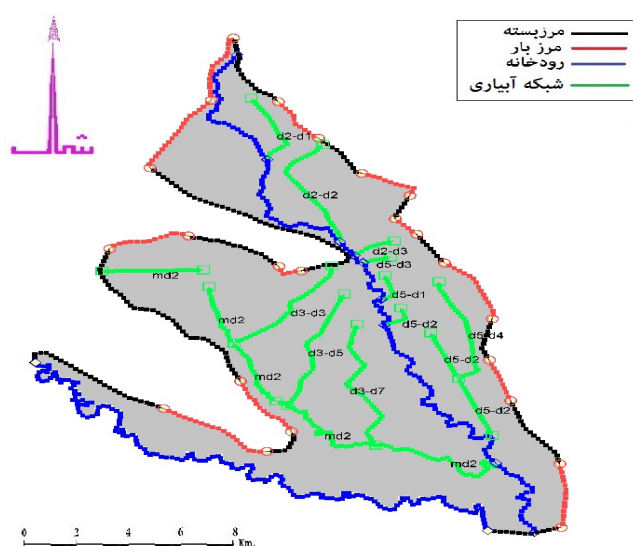
توجه به روش آبیاری و بافت خاک (نشریه شماره ۳۸ سازمان فائو ۱۹۸۰) (سالانه حدود ۵۳ میلیون مترمکعب آب به آبخوان نفوذ می‌کند. همچنین، فرض بر این بوده که استخراج از منابع آب زیرزمینی صورت نگیرد، یعنی پارامترهای تخلیه از آبخوان توسط چاه‌ها و همچنین تغذیه آبخوان حاصل از برگشت آب آبیاری توسط چاه‌های کشاورزی از مدل حذف می‌شوند. در شکل (۱۰) نحوه آرایش زهکش های روباز شبکه آبیاری و زهکشی میان‌دریبد ارائه شده است. این

در حال حاضر، آب مورد نیاز شبکه آبیاری و زهکشی گاوشان از منابع سطحی و زیرزمینی تامین می‌شود. منابع آب سطحی دشت میان‌دریبد شامل آب بهنگام رودخانه رازآور و تامین کمبودها از محل سد مخزنی گاوشان می‌باشد. در شرایط اجرای طرح سالانه مقدار ۱۷۶/۲ میلیون متر مکعب آب از محل این سد به شبکه آبیاری و زهکشی میان‌دریبد منتقل می‌شود. با احتساب نفوذ ۳۰ درصد (با

زهکش ها در شرایطی که سطح آب زیرزمینی بالا بیاید نقش اساسی در تخلیه خواهند داشت.

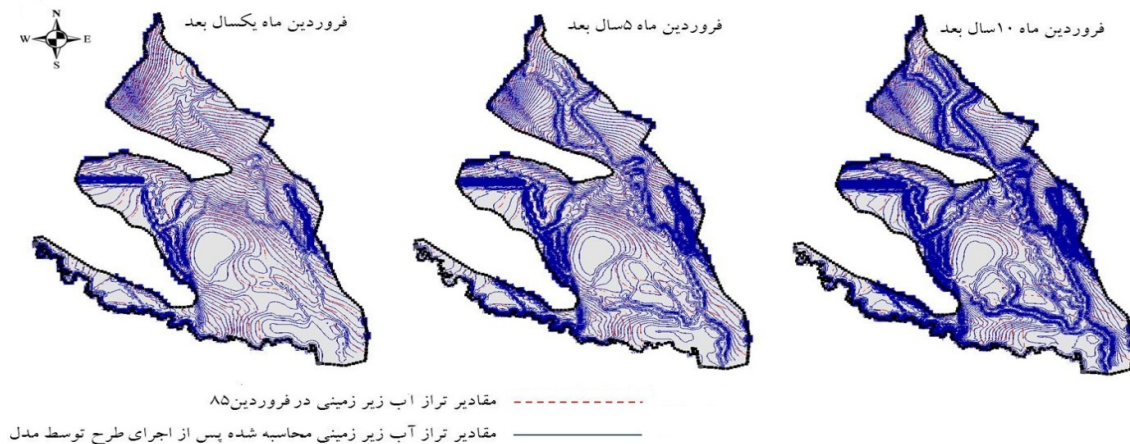


شکل ۸ - نقشه شبیه سازی شده خطوط هم عمق آب زیرزمینی در فروردین ۱۳۸۷ در مرحله صحت سنجی
شکل ۹ - مقایسه داده های مشاهداتی و محاسبه شده در پیزومترهای میان-دریغ در فروردین سال ۱۳۸۷ در مرحله صحت سنجی



نشان دهنده بالا آمدن سطح آب در آبخوان می باشد. بیشترین تغییرات سطح آب زیرزمینی در نواحی مرکزی دشت رخ می دهد و در نقاط مرتفع (نواحی شمالی محدوده) تغییرات کمتر است. نتایج نشان داد بعد از یکسال ۶/۵۹ درصد اراضی زهدار می شوند، که این مقدار برای ۵ و ۱۰ سال به ترتیب برابر با ۳۷/۹۱ و ۵۶/۲۸ درصد از اراضی است.

بر اساس محاسبات مدل ریاضی و مقایسه سطح آب در شرایط نرمال با سطح آب در شرایط اجرای طرح آبیاری، اثرات توزیع آب تنظیمی بر روی آبخوان در فروردین ماه، یک، پنج و ۱۰ سال پس از اجرای طرح به دست آمد که نتایج آن در شکل (۱۱) نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می شود در اطراف زهکش ها و رودخانه ها، خطوط هم عمق آب زیرزمینی بسیار فشرده می باشند، که



شکل ۱۱ - اثرات توزیع آب تنظیمی بر روی آبخوان دشت میان در بند در فروردین یک، پنج و ۱۰ سال پس از اجرای طرح آبیاری و زهکشی گاوشان

نامطلوبی بر روی اراضی کشاورزی خواهد گذاشت و باعث زهدار شدن اراضی می‌شود، به طوریکه بعد از ده سال تقریباً تمامی اراضی نواحی مرکزی دشت زهدار خواهند شد. در صورتیکه مدیریت صحیحی در بهره‌برداری از شبکه صورت گیرد، می‌توان با استفاده از منابع آب زیرزمینی در منطقه و همچنین آب برگشتی حاصل از آبیاری به احیای تالاب‌های موجود در منطقه که در سال‌های اخیر اکثر آنها از بین رفته‌اند و یا در حال نابودی هستند، پرداخت. همچنین با تغییر کاربری تعدادی از چاه‌های منطقه، از منابع آب زیر زمینی منطقه جهت مصارف شرب و صنعت و زیست محیطی استفاده نمود.

در شکل (۱۲)، میزان افزایش بارآبی آبخوان در فروردین یک، پنج و ۱۰ سال پس از اجرای طرح آبیاری و زهکشی گاوشان نشان داده شده است. همانطورکه ملاحظه می‌شود با بهره‌برداری از طرح شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان و به تبع آن عدم استفاده کشاورزان از چاه‌های آب، برای مصارف کشاورزی، سطح آب در آبخوان بالا می‌آید. این امر در سال اول بهره‌برداری، اثرات مثبتی بر روی آبخوان خواهد داشت، از جمله می‌توان به جبران افت سطح ایستابی در آبخوان که به دلیل خشک‌سالی‌های اخیر و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در منطقه روی داده است، اشاره نمود. ولی به مرور زمان این میزان بالاآمدگی سطح آب اثرات



شکل ۱۲ - میزان افزایش بارآبی در فروردین یک، پنج و ۱۰ سال پس از اجرای طرح آبیاری و زهکشی گاوشان

نتیجه‌گیری

مورد واسنجی قرار گرفت. در مرحله کالیبراسیون از ۱۲ دوره تنش فروردین تا اسفند سال ۱۳۸۵ و داده‌های سطح آب

در این پژوهش مدل GMS6.5 برای آبخوان دشت میان در بند کرمانشاه در شرایط غیر ماندگار کالیبره و

مشاهداتی ۲۴ پیزومتر در منطقه استفاده شد. صحت‌سنجی مدل برای فرودین ۱۳۸۷ به عنوان یک دوره خارج از بازه زمانی کالیبراسیون و سطح آب ۱۹ پیزومتر منطقه انجام شد. نتایج مدل نشان داد بعد از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان و استفاده از منابع آب سطحی به جای منابع آب زیرزمینی، بخش عمده ای از اراضی میانی دشت زهدار می شوند. به گونه ای که بعد از یکسال ۶/۵۹ درصد اراضی زهدار می شوند. این مقدار برای پنج و ۱۰ سال بعد به ترتیب برابر با ۳۷/۹۱ و ۵۶/۲۸ درصد می باشد. این موضوع لزوم توجه به استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی، بخصوص در نواحی مرکزی دشت را به همراه دارد.

فهرست منابع

۱. اکبرپور، ا. م. عزیزی و م. شیرازی. (۱۳۸۹). "مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی دشت مختاران با استفاده از مدل ریاضی GMS6.0". نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه تربیت مدرس.
۲. رسولی، ی. (۱۳۸۰). "شبیه سازی جریان آب زیرزمینی دشت فشاویه با استفاده از MODFLOW". پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
۳. سبحان بهشتی، علی. (۱۳۸۵). "مطالعه هیدروژئولوژی دشت ملایر و ارائه مدل ریاضی آن با استفاده از کد مادفلو جهت مدیریت بهینه از منابع آب زیرزمینی". پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ۱۲۰ صفحه.
۴. سروری، ح. اسکافی، پ. (۱۳۸۷). "مشکلات زهکشی اراضی شبکه آبیاری مارون بهبهان و بررسی راهکارها". دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.
۵. شرکت مهندسین مشاور گاماسیاب. (۱۳۸۶). "گزارش پیشنهاد ممنوعیت آب زیرزمینی دشت میان‌دربند و کرمانشاه-کد مطالعاتی ۲۲۲۲". ۶۴ صفحه.
۶. عزیزاده، ا. (۱۳۸۱). "اصول هیدرولوژی کاربردی"، انتشارات دانشگاه امام رضا مشهد.
۷. محمودیان شوشتری، م. (۱۳۸۹). "هیدرولیک آبهای زیرزمینی"، انتشارات دانشگاه شهید چمران.
۸. نصری، ب. و دادمهر، ر. (۱۳۸۵). "تأثیر نفوذ آب از طریق شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد بر آب زیرزمینی دشت مهاباد" پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.
۹. یاری پیلمبرایی، ا. شاعری کریمی، س. و دادمهر، ر. (۱۳۹۰). "واکنش مدل سیستم منابع آب زیرزمینی دشت زرینه رود به عوامل تغذیه و تخلیه ممکن از طریق شبکه آبیاری و زهکشی دشت". چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه امیر کبیر.
10. Anderson, M.P., and Woessner, W.W. 1992. Applied groundwater modeling flow and adjective Transport. Academic Press, Inc, 381p.
11. Arora, A.N. and Goyal, R. 2003. Conceptual groundwater modeling using GIS. GIS India 2003, National Conference on GIS/GPS/RS/Digital Photogrammetry and CAD, Jaipur.
12. Asghar, M. N., S .A. Prathapar and Shafique, M. S. 2002. Extracting relatively-fresh groundwater from aquifers underlain by salty groundwater. Agricultural Water Management, 52: 119- 137.

13. Choubey, V.K. 1996. Assessment of waterlogged area in IGNP Stage I by remotely sensed and field data. *Hydrology Journal*, XIX (2): 81-93.
14. FAO. 1980. Drainage design factors. P. J. Dieleman, *Irrigation and Drainage Paper*, No. 38, FAO. Rome. 52 p.
15. Kim, J. and M. Sultan. 2002. Assessment of long-term hydrologic impacts of Lake Nasser and related irrigation projects in Southwestern Egypt. *Journal of Hydrology* 262: 68-83.
16. U.S. Army Engineer Research and Development Center. 2008. *Groundwater Modeling System (GMS)*.
17. 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 Geo.*, 55: 1449-1462.