Archive of SID

نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال نهم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۸

ISSN 2251-7480

تحلیل هیدرولیکی شبکه آبیاری بارانی با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS

یونس شکریان فرد[۱] و شهرام شاه‌محمدی کلالق[۲*]

۱) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.

۲*) استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات: shahmohammadi_sh@iaut.ac.ir.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۹

چکیده

در این تحقیق، شبکه آبیاری بارانی منطقه سیسان واقع در شهرستان بستان‌آباد استان آذربایجان‌شرقی با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS تحلیل هیدرولیکی گردید. این شبکه بر اساس موقعیت لوله‌های اصلی، نیمه اصلی و لترال‌ها به سه منطقه A، B و C تقسیم‌بندی شد. سپس با توجه به دور آبیاری، تعداد استقرار و آبپاش‌های شبکه، ۹ سناریو تعریف شد. پارامترهای هیدرولیکی فشار و سرعت به‌ترتیب در گره‌ها و لوله‌ها قبل و بعد از بهینه‌سازی با نرم‌افزار WaterGEMS تحلیل شدند. نتایج تحلیل هیدرولیکی نشان داد؛ باتوجه به فشار مورد نیاز کارکرد آبپاش (۴۰ متر آب) و فشار حداکثر تأمین پمپ انتخابی شبکه (۷۰ متر آب)، از نظر تأمین فشار شبکه مشکلی یا محدودیتی وجود نداشت. به عبارتی، فشار در دامنه مجاز قرار داشت ولی با توجه به دامنه سرعت مجاز در خطوط اصلی و نیمه اصلی سیستم آبیاری بارانی، سرعت‌های بحرانی در ۴ سناریو در منطقه B و ۵ سناریو در منطقه C مشاهده شدند. با اعمال تغییرات لازم در قطر لوله‌ها و البته به شرط تغییرات مجاز در مقدار فشار (کمتر از ۲۰ ٪)، مقادیر سرعت، بهینه شده و در دامنه مجاز قرار گرفتند. با توجه به این‌که پارامترهای هیدرولیکی سامانه با کاهش در اندازه قطر لوله‌ها بهینه شدند، لذا سیستم طراحی شده بهینه با نرم‌افزار WaterGEMS، در مقایسه با سیستم طراحی و اجرا شده مورد مطالعه، منتج به کاهش ۷/۳ درصدی در هزینه‌های طرح گردید.

کلید واژه‌ها: آبیاری بارانی؛ بهینه‌سازی؛ پارامترهای طراحی؛ سرعت؛ فشار

مقدمه

با توجه به گسترش روزافزون شبکه‌های تحت فشار، ضروری است ارزیابی عملکرد این گونه سامانه‌ها مورد توجه قرار گیرد. با توجه به تفاوت مبانی طراحی، اجرا و بهره‌برداری این سامانه‌ها در مقایسه با شبکه‌های ثقلی، لازم است روش‌های ارزیابی و بهبود عملکرد خاص این نوع از شبکه‌ها ارائه و به‌کار گرفته شوند (Keller, 1990). مناسب‌ترین روش ارزیابی سیستم‌های هیدرولیکی، تحلیل هیدرولیکی آن‌ها است. تحلیل هیدرولیکی یک شبکه

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری عبارت است از یافتن تمام پارامترهای مجهول مربوط به خط لوله و گره‌های شبکه با استفاده از اطلاعات اولیه مربوط به گره‌ها و خطوط لوله‌ها (توکلی، ۱۳۹۴).

با توسعه روش‌های نوین آبیاری در کشور، لزوم استفاده از نرم‌افزارهای کاربردی به‌منظور دستیابی به طراحی مناسب و دقیق، امری اجتناب‌ناپذیر است. در راستای تحقق این مهم، استفاده از نرم‌افزارهای مناسب برای طراحی شبکه‌های آبیاری تحت فشار باعث دسترسی به تحلیلی دقیق از شرایط هیدرولیکی و فشار تأمین شده در شبکه خواهد شد. به کار بردن این نرم‌افزارها به خصوص در پروژه های بزرگ و دارای شرایط خاص از نظر دقت و سرعت عمل در مقایسه با سایر روش‌های محاسبات مرسوم، برتری کاملی دارد (نظری، ۱۳۹۰). نرم‌افزار WaterGEMS (نسخه ارتقاء یافته WaterCad) (Bentley, 2007) باتوجه به قابلیت‌های ویژه از جمله قابلیت ترکیب شدن با نرم‌افزارهای ArcGIS، AutoCAD و Excel، حذف محاسبات دستی و اضافی، فناوری محاسبه و ارائه گزارش هزینه‌ها، مدیریت فشار شبکه با نصب فرضی انواع شیرها و رسم انواع خطوط هم-تراز پروفیل طولی و همچنین باتوجه به قابلیت‌های گرافیکی بالا و توانایی نمایش و تحلیل هیدرولیکی موقعیت‌های مختلف عملکرد شبکه‌های آبیاری، جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است و در قالب تحقیقات مختلف بکار رفته است. آجری و همکاران (۱۳۸۷) به منظور مدیریت هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب شهری، با تلفیق نرم‌افزارهای GIS و WaterGEMS به بررسی لزوم پیاده‌سازی، اهداف و مزایای سیستم مدیریت دینامیک آب شهری پرداختند. آن‌ها مشاهده کردند نرم-افزار WaterGEMS که روی ArcGIS اجرا می‌شود، یکی از بهترین گزینه‌ها جهت انجام محاسبات هیدرولیکی و کیفی شبکه است. جهانگیر و همکاران (۱۳۹۱) به‌منظور مدیریت هوشمند فشار و کاهش نشت شبکه‌های آبرسانی در محیط WaterGEMS، در مجتمع آبرسانی دو حصاران خراسان جنوبی طی پژوهشی نشان دادند کنترل هوشمند فشار توسط شیرها روشی مناسب برای مدیریت مصرف بهینه آب و کاهش قابل توجه نشت شبکه است طوری که با کاهش ۴۱/۳۲ درصدی میانگین فشار، مقدار ۳۸۲۶۲ مترمکعب آب در سال صرفه جویی شده (۴۲/۵۲ درصد) و ۳۵/۱۱ درصد از میزان نشت کاهش یافت.

Serajizadeh و همکاران (۲۰۱۲) مقایسه اقتصادی و هیدرولیکی لوله‌های آزبست و پلی‌اتیلن را در شبکه توزیع آب کرج با استفاده از نرم‌افزار WaterGems انجام دادند. در تحقیق آن‌ها مقدار فشار در لوله‌های پلی‌اتیلن در حدود ۰/۵ تا ۳ متر بیشتر از فشار در لوله‌های آزبست به‌دست آمد که به‌واسطه کاهش افت اصطکاک ۰/۲ تا ۰/۶ متر لوله‌های پلی‌اتیلن در مقایسه با لوله‌های آزبست بود. همچنین بررسی اقتصادی آن‌ها نشان داد هزینه خرید لوله‌های پلی‌اتیلن بیشتر از لوله‌های آزبست بوده که منجر به افزایش هزینه اولیه آن‌ها نیز شده است ولی در مجموع هزینه‌های اجرایی لوله‌هلی پلی‌اتیلن کمتر از لوله‌های آزبست است. Ghadami-Firouzabadi و Arabfard (۲۰۱۳) با کاربرد مدل WaterGEMS در تحلیل هیدرولیکی شبکه آبیاری قطره‌ای در اراضی روستای ایرا در شهرستان ساری اظهار داشتند قابلیت‌های گرافیکی این نرم‌افزار از جمله مزایا و اولویت‌های آن بوده و در تعیین محدودیت‌های شبکه و ارزیابی عملکرد آن استفاده می‌شود. همچنین به این نتیجه رسیدند که وجود توپوگرافی غیریکنواخت (حفرات دره مانند) باعث شده که استفاده از نرم‌افزار که قادر به غلبه بر محدودیت‌های موجود در طراحی است، تبدیل به امری ضروری شده و تضمین بیشتری در مورد دقت محاسبات فراهم می‌کند. بنابراین با اشاره به قابلیت های مدل WaterGEMS، از آن می‌تواند به منظور انجام محاسبات هیدرولیکی و کنترل دبی جریان و فشار هر گره در هر یک از مسیرهای آبیاری استفاده شود. Sumithra و همکاران (۲۰۱۳) امکان سنجی تحلیل و طراحی سیستم توزیع آب منطقه تامینلند (Taminland) هند را با کمک نرم‌افزارهای Loop و WaterGems انجام دادند. بدین منظور سناریوهای

www.SID.ir

Archive of SID

مختلفی از قطر لوله‌ها، فشار در گره‌ها و ... را جهت تامین مقدار ۱۳۵ لیتر آب با حداقل فشار ۷ متر برای مدت زمان ۳۰ سال انجام دادند و نتیجه گرفتند هردو نرم‌افزار جهت انجام تجزیه و تحلیل هیدرولیکی کارآمد هستند ولی نرم-افزار WaterGems بواسطه تحلیل هیدرولیکی و گرافیکی، بسیار کاربرپسند و از نظر زمانی نیز مقرون به‌صرفه است. ستارزاده و همکاران (۱۳۹۳) نرم‌افزار مدل‌سازی WaterGEMSرا در طرح‌های اصلاح و توسعه شبکه‌های توزیع آب به منظور کاهش هدر رفت واقعی و ارائه مدل هیدرولیکی پایلوت شهر نسیم‌شهر بکار بردند. آنها ضمن توضیح قابلیت‌های نرم‌افزارWaterGems، به نقش آن در تصمیم‌گیری جهت بهبود، اصلاح و بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع پرداخته و پیشنهاد کردند به منظور کالیبراسیون مدل هیدرولیکی از دستگاه‌های ثبات فشار و جریان سنج و ارتفاع سنج استفاده شده و در مواقعی که پمپاژ مستقیم به شبکه وجود دارد، به منظور جلوگیری از افزایش حوادث شبانه از مبدل‌های فرکانس (کنترل دور موتور) و راه‌اندازی نرم پمپ (Soft starter) استفاده شود. صفوی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳) طی تحقیقی به منظور آنالیز طرح خطوط انتقال آب با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS، در مجتمع روستایی خوسف خراسان جنوبی، تحلیل هیدرولیکی مجتمع آبرسانی خوسف که ۱۵ روستا را تحت پوشش دارد، به عنوان نمونه انتخاب کرده سپس تحلیل هیدرولیکی خطوط اصلی انتقال آب برمبنای سه مقدار دبی شامل دبی طراحی طرح اولیه مجتمع، دبی محاسبه شده به روش فوق، دبی اندازه‌گیری شده به صورت میدانی با نرم-افزار WaterGEMS مدل شد و نتایج مدل هیدرولیکی با محدودیت‌های سرعت، فشار و گرادیان هیدرولیکی خطوط انتقال اصلی شبکه ارائه گردید. شجاعی و همکاران (۱۳۹۴) بهینه‌سازی هیدرولیکی شبکه‌های آبیاری قطره‌ای در اراضی شیب‌دار را با نرم‌افزار WaterGEMS مبتنی بر الگوریتم ژنتیک انجام داده و اظهار داشتند این نرم‌افزار علاوه بر طراحی و شبیه‌سازی شبکه‌های آبرسانی، قابلیت بهینه کردن قطر و زبری لوله‌های شبکه و همچنین به حداقل رساندن هزینه‌ها را نیز دارا است. همچنین نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد در شبکه‌های آبیاری با وسعت بالا، از نظر هیدرولیکی بهترین روش طراحی، خرد نمودن شبکه به چند شبکه کوچک‌تر است. Roy و همکاران (۲۰۱۵) سیستم توزیع آب نواحی تحت تنش و متاثر از وجود آرسنیک واقع در منطقه بنگال غربی هند را با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS تحلیل هیدرولیکی و باز طراحی کردند. آنها در طراحی شبکه آب آشامیدنی سالم با پمپاژ آب به روش ثقلی جهت تامین مداوم ۲۴ ساعت در روز آب، به نتایج رضایت‌بخشی دست یافتند. Sonaje و Joshi (۲۰۱۵) مروری بر تحقیق‌های صورت گرفته از مدل‌سازی و کاربرد نرم‌افزارهای شبکه‌های توزیع آب انجام دادند. آنها اظهار داشتند در بین نرم‌افزارهای موجود، WaterGEMS باتوجه به امکان انتخاب متعدد آنالیزهای گرافیکی و هیدرولیکی و نیز امکان بازطراحی و تحلیل هیدرولیکی مجدد، از نظر زمانی مقرون به‌صرفه بوده و کاربرپسند است.

تحلیل هیدرولیکی سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار جهت حصول اطمینان از طراحی مناسب آن‌ها (انتخاب مناسب پارامترهای طراحی اعم از فشار، سرعت، قطر و طول لوله-ها) امری ضروری است که می‌تواند منتج به عملکرد مناسب سیستم و همچنین کاهش هزینه‌های اقتصادی طرح شود. از طرفی اغلب تحقیقات مشابه انجام گرفته به کاربرد نرم‌افزار WaterGEMS در شبکه توزیع آب شهری محدود بوده است و در مورد سیستم‌های آبیاری بارانی تا کنون گزارشی در دسترس نیست (هرچند تحقیق‌های محدودی در مورد سیستم آبیاری قطره‌ای ارائه شده‌اند). در این راستا، تحلیل هیدرولیکی و بهینه‌سازی پارامترهای طراحی شبکه آبیاری بارانی ۲۰ هکتاری منطقه سیسان که به‌صورت دستی طراحی و اجرا شده بود، با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS در قالب تحقیق حاضر، انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، شبکه آبیاری بارانی اجرا شده (در سال ۱۳۹۵) منطقه سیسان به مساحت ۲۰ هکتار واقع در شهرستان بستان آباد با مختصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴۴ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی واقع در استان آذربایجان شرقی است. ارتفاع منطقه از سطح آزاد دریا ۱۷۴۰ متر، متوسط بارندگی سالانه ۳۲۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه ۸ درجه سانتی-گراد است. باتوجه به بارندگی زیاد در منطقه، منابع آبی مختلفی در آن وجود دارد که مهم‌ترین منبع استحصال آب منطقه، رودخانه اوجان چای است.

مشخصات و پارامترهای طراحی شبکه آبیاری بارانی

مطابق دفترچه طراحی شرکت مشاور طرح، تمامی منطقه زیرکشت به محصول یونجه اختصاص داده شده است به طوری که مشخصات و پارامترهای سامانه اجرا شده طرح مورد مطالعه، مطابق جدول ۱ است.

جدول ۱. مشخصات و پارامترهای سیستم آبیاری بارانی منطقه سیسان

نوع	شرح پارامتر	واحد	مقدار	نماد یا رابطه
آبپاش	نوع آبپاش	-	Ambo	–
	قطر نازل آبپاش	mm	۷*۸	e
	فشار سر نازل آبپاش	m	۴۰	Pa
	دبی آبپاش	lit/s	۲/۳۰	qa
	قطر پاشش اسمی	m	۴۲	Dw
	قطر پاشش مؤثر	m	۴۲	Dw
	حداکثر سرعت باد در منطقه	Km/hr	۱۲	V
	فواصل بهینه آبپاش	m*m	۲۲*۲۲	Sl*Sm
	مساحت تحت پوشش یک آبپاش	m2	۴۸۴	a
	شدت پخش آب آبیاری	mm/hr	۱۷/۱	Ia
سیستم آبیاری	نوع سیستم انتخابی	-	کلاسیک ثابت- آبپاش متحرک	–
	حداکثر عمق خالص آب آبیاری	mm	۹۰	Ix=Aw*Z*MAD
	حداکثر دور آبیاری	day	۱۷/۶۴	Fx
	دور آبیاری طراحی	day	۹	F
	نیاز خالص آبیاری (برای‌هر دور)	mm	۴۵/۹	In = F * Tr
	راندمان آبیاری	%	۰/۷۵	Ea
	نیاز ناخالص آبیاری (برای‌هر دور)	mm	۶۱/۲	Ig = In / Ea
	مدت زمان آبیاری	hr	۳/۵۷	t = Ig / Ia
	مدت آبیاری پیشنهادی(۸۰ درصد)	hr	۲/۸۶	T
	حد اکثر مدت زمان آبیاری در شبانه روز	hr	۱۷/۲	T
	تعداد استقرار در شبانه روز	عدد	۶	Ns
	حد اکثر دبی مجاز	lit/s	۱۵	Qe
	حداکثر شیر خودکار قابل آبیاری	عدد	۴۴۰	–
	تعداد شیر خودکار طرح	عدد	۴۲۶	–
	حداقل تعداد آبپاش مورد نیاز	عدد	۸/۴۵	Na max
	تعداد آبپاش طرح	عدد	۹	Na
	هیدرومدول طرح	lit/s/ha	۱/۰۸	–
	دبی طراحی	lit/s	۲۰/۷	Qs

اطلاعات منابع آب و خاک

آب مورد نیاز پروژه از طریق دو حلقه چاه عمیق با دبی استحصالی هرکدام ۱۵ لیتر در ثانیه (دارای گواهی حقابه) تأمین شده است. این آب به داخل استخر ذخیره به ابعاد

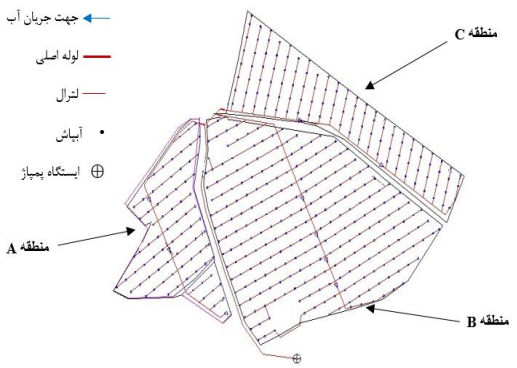
www.SID.ir

Archive of SID

۸×۵×۱/۳ مترمکعب که در محل ایستگاه پمپاژ احداث شده است، هدایت می‌شود. کیفیت آب از لحاظ شوری در حد متوسط بوده و از نظر درجه‌بندی ویلکوکس، جزو کلاس C2S1 می‌باشد. همچنین با توجه به گزارش شرکت مهندسین مشاور طرح، بافت خاک منطقه عمدتا" لومی شنی و متوسط می‌باشد.

وضعیت جانمایی

شبکه آبیاری بارانی مورد مطالعه با توجه به شکل زمین، موقعیت لوله‌های اصلی و لترال‌ها به سه منطقه A، B و C تقسیم‌بندی شد. چون منبع ذخیره آب در پایین‌دست طرح قرار دارد در نتیجه آب از طریق خطوط اصلی به بالاترین نقطه طرح پمپاژ شده و از آنجا توسط شیرهای قطع و وصل آبدهی شبکه به سه منطقه تقسیم بندی شده (A، B و C)، اعمال می‌شود. موقعیت قرارگیری منبع ذخیره آب، پمپاژ، آرایش لوله‌ها و اتصالات، در شکل ۱ مشخص شده است.



شکل ۱. موقعیت قرارگیری منبع ذخیره آب، پمپاژ، لوله‌ها و اتصالات و تقسیم‌بندی مناطق طرح

نرم‌افزار WaterGEMS

نرم‌افزار WaterGEMS نسخه ارتقاء یافته نرم‌افزار WaterCad می‌باشد که توسط شرکت‌های Haestade و Bently طراحی شده است (Bentley, 2007). این محصول با قابلیت پشتیبانی با نرم‌افزار اطلاعات جغرافیایی ArcGIS توانایی انجام و انتقال نتایج حاصل از محاسبات جغرافیایی را دارا است. تمام کارایی برنامه WaterCad در برنامه WaterGEMS موجود بوده و علاوه بر آن فناوری محاسبه و گزارش مقدار هزینه‌های اجرایی و هزینه مصرف انرژی در آن وجود دارد. این محصول قابلیت‌های دیگری هم‌چون پشتیبانی نرم‌افزار HAMMER را دارا است که یکی از برنامه‌های قدرتمند در امر تحلیل و محاسبه ضربه قوچ است. علاوه بر مدل‌سازی‌های هیدرولیکی، برنامه قابلیت مدل‌سازی کیفی و انجام تحلیل‌های مربوط به آن را نیز دارا است. از جمله قابلیت‌های کیفی آن می‌توان به محاسبه سن آب و ردیابی غلظت کلر در طول یک مسیر اشاره کرد. یکی دیگر از قابلیت‌های این برنامه انجام پروسه کالیبراسیون به روش داروین (الگوریتم ژنتیک) است (Bentley, 2007).

کالیبراسیون و بهینه‌سازی

در بحث مدل‌سازی سیستم‌های توزیع آب، WaterGEMS مدلی است که علاوه بر تحلیل هیدرولیکی، دارای توانایی انجام پروسه کالیبراسیون با استفاده از الگوریتم ژنتیک نیز است. پروسه کالیبراسیون مدل تحلیل شبکه به‌صورت انجام بهینه‌سازی یک تابع هدف با قیودی مطرح می‌گردد که حل آن منجر به تعیین پارامترهای مجهول می‌شود. در برنامه WaterGEMS از سه تابع؛ کمینه کردن مربع اختلاف‌ها، کمینه کردن قدر مطلق اختلاف‌ها و کمینه کردن بیشینه اختلاف‌ها، به‌عنوان تابع هدف مساله بهینه‌سازی، استفاده شده است (Bentley, 2007؛ نامداری و طالب بیدختی، ۱۳۸۸).

مراحل انجام کار کالیبراسیون

اولین گام در کالیبراسیون، تعریف طرح شبکه مورد نظر، محل مسیر لوله‌ها، گره‌ها و ایستگاه پمپاژ (یا منبع تامین فشار) است. به‌منظور رسیدن به این هدف، بهتر است طرح شبکه روی نقشه‌های توپوگرافی تعریف و به منظور انجام شبیه‌سازی‌های مربوطه بر اساس محاسبات اولیه و به دست

www.SID.ir

Archive of SID

آوردن نتایج دقیق، محاسبات هیدرولیکی اولیه از جمله قطر لوله، فشار گره‌ها و غیره انجام شود. در این راستا مراحل زیر انجام گرفت:

۱) جمع‌آوری آمار و اطلاعات: اطلاعات مربوط به آب، گیاه، خاک، منبع آب و همچنین نقشه‌های توپوگرافی، جانمایی شبکه آب با مقیاس مناسب و با استفاده از نرم‌افزار اتوکد جهت کار با نرم افزار WaterGEMS آماده و فراخوانی شدند.

۲) ترسیم خطوط شبکه لوله گذاری: خطوط اصلی و فرعی، تعیین نقاط برداشت آب، منبع آب، ایستگاه پمپاژ و جزئیات مربوطه ترسیم گردیدند.

۳) تعیین مختصات ارتفاعی برای کلیه نقاط شبکه: منبع آب، پمپ و نقاط برداشت آب با استفاده از دستور مربوطه و فایل توپوگرافی با استفاده از نرم‌افزارAutocad فراخوانی شدند.

۴) تعیین مشخصات هیدرولیکی: در این مرحله با توجه به وضع موجود لوله‌ها (لوله‌های اصلی و فرعی) قطر مربوط به هر لوله وارد نرم‌افزار شد. همچنین در این مرحله مشخصات پمپ به نرم‌افزار معرفی شد.

پس از اجرای مدل و در مرحله بعد، اطلاعات مشاهده شده از طریق منو Analysis و دستور Darwin Calibration به مدل داده شد. سپس ضریب زبری لوله‌ها به‌عنوان متغیری که دارای عدم قطعیت است، در نظر گرفته شد و با استفاده از منو Option در Darwin Calibration، تابع کمینه کردن قدرمطلق اختلاف‌ها به‌عنوان تابع هدف بهینه‌سازی انتخاب و مدل در چهارچوب قیود زیر (رابطه ۱) مجدد اجرا شد. به‌منظور بررسی و ارزیابی نتایج حاصل از عملیات کالیبراسیون مطابق رابطه (۲)، از شاخص آماری جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد.

$$\begin{cases} 130 \le C_H \le 150 \\ 0.7 \le V \le 2.5\left(\frac{m}{s}\right) \\ \Delta H \le 20\% \end{cases} \qquad (۱)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Pi - Oi)^2} \qquad (۲)$$

در روابط فوق، C_H ضریب‌زبری یا ضریب معادلهٔ هیزن – ویلیامز، V سرعت جریان آب در لوله‌ها (متر بر ثانیه)، ΔH افت فشار، N تعداد کل مشاهدات، Oi مقادیر مشاهداتی و Pi مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل، هستند.

تعریف سناریوها

باتوجه به این‌که دور آبیاری ۹ روز و در هر روز ۶ استقرار (جابجایی آبپاش‌ها روی لترال‌ها) در نظر گرفته شده بود، جهت مدل‌سازی این وضعیت، به برنامه‌ریزی یا زمان‌بندی آبیاری که یکی از توانمندی‌های اصلی این نرم‌افزار است (محمودی و نصرالهی، ۱۳۹۳)، نیاز بود. بدین منظور، باتوجه به دبی پمپاژ (۲۰/۷ لیتر بر ثانیه)، تعداد استقرار در روز و آبپاش‌های شبکه طراحی شده، ۹ روز جهت آبیاری مزرعه اختصاص داده شد و شبکه طراحی شده به ۹ قسمت تقسیم‌بندی شد که هر قسمت می‌بایستی در هر روز آبیاری می‌شد. این ۹ روز آبیاری تحت عنوان ۹ سناریو انتخاب و به نرم‌افزار معرفی شد. هر سناریو شامل ۹ آبپاش انتخابی هم‌زمان فعال بود که براساس وسعتی که مناطق سه‌گانه A، B و C پوشش می‌دادند، برای سناریوهای ۱ تا ۷، تعداد ۲ عدد برای خط A، ۵ عدد برای خط B و ۲ عدد برای خط C، برای سناریوی ۸، تعداد ۴ عدد برای خط A، خط B بدون آبپاش و ۵ عدد برای خط C و برای سناریوی ۹، تعداد ۵ عدد برای خط A، خط B بدون آبپاش و ۴ عدد برای خط C درنظر گرفته شد. سناریوهای ایجاد شده در نرم‌افزار در این مرحله با دبی مربوط به هر نقطه برداشت با توجه به استقرار روزانه به مدت ۲/۸ ساعت و به‌صورت پشت سر هم برای هر آبپاش با لحاظ داشتن عدم تداخل پاشش آبپاش‌ها در یک واحد زمان و کارگذاری حداکثر ۱ آبپاش روی هر بال آبیاری، معرفی شد. دبی روی بال‌های تعریف شده در هر سناریو متفاوت و مختص آن سناریو بود. بنابراین در هر سناریو بایستی فشار مربوط به آن گره‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

انتخاب و بررسی می‌شدند. لترال‌های انتخابی هر سناریو یا روز آبیاری، در شکل ۲ مشخص شده‌اند.

شکل ۲. موقعیت و لترال‌های انتخابی شبکه جهت آبیاری هم‌زمان در هر سناریو یا روز (خطوط قرمز لترال‌های فعال و خطوط سبز لترال‌های غیرفعال هستند)

نتایج و بحث

پارامترهای هیدرولیکی (سرعت و فشار) قبل و بعد از بهینه‌سازی

www.SID.ir

Archive of SID

پارامترهای هیدرولیکی سرعت و فشار قبل و بعد از بهینه-سازی با نرم‌افزار WaterGEMS برای سناریوهای مختلف محاسبه و در قالب جدول ۲ آمده‌اند. به عنوان مثال، در سناریوی ۱ و قبل از بهینه‌سازی، بیشترین مقدار فشار مربوط به گره L3_J23 و برابر ۵۷/۳۵ مترآب در منطقه C و کمترین آن مربوط به گره L2_J36 و برابر ۵۰/۲۵ مترآب در منطقه B و همچنین بیشترین مقدار سرعت در مسیر لوله L2_P17 به مقدار ۳/۳۲ متر بر ثانیه و کمترین آن در مسیر L3_P23 مشاهده شدند. همچنین مطابق جدول ۲، کمینه مقدار سرعت برابر ۰/۲۹ متر بر ثانیه در سناریوی ۵ و در مسیر لوله L2_P9 و بیشینه مقدار آن برابر ۳/۳۲ متر بر ثانیه در مسیر لوله L2_P17، در سناریوی ۱ حاصل شد. در مقابل، کمینه مقدار فشار با ۴۴/۷۱ متر آب در سناریوی ۲ و در گره L2_J28 و بیشینه مقدار آن با ۶۱/۵۳ متر آب در گره L2_J27 و در سناریوی شماره ۳ به‌دست آمدند.

جدول۲. مقادیر سرعت و فشار قبل و بعد از بهینه‌سازی

		قبل از بهینه‌سازی				بعد از بهینه‌سازی			
سناریو	پارامتر	V_{min} (m/s)	V_{max} (m/s)	P_{min} (mH_2O)	P_{min} (mH_2O)	V_{min} (m/s)	V_{max} (m/s)	P_{min} (mH_2O)	P_{min} (mH_2O)
۱	مقدار	۰/۶۶	۳/۳۲	۵۷/۳۵	۵۰/۲۵	۰/۹۴	۲/۳۰	۴۴/۲۳	۵۷/۰۶
	مسیر	L3_P23	L2_P17	L3_J23	L3_J36	L2_P40	L2_P17	L2_J36	L3_J23
۲	مقدار	۰/۶۶	۲/۳۰	۶۰/۷۶	۴۴/۷۱	۰/۹۲	۲/۳۰	۴۳/۹۰	۵۵/۴۴
	مسیر	L2_P23	L2_P17	L2_J34	L2_J28	L2_P16	L2_P17	L2_J28	L3_J20
۳	مقدار	۰/۶۶	۱/۳۳	۶۱/۵۳	۵۱/۰۱	۰/۹۲	۲/۳۰	۴۸/۰۶	۵۸/۰۱
	مسیر	L3_P19	L1_P9	L2_J27	L1_J17	L2_P14	L2_P12	L2_J24	L3_J18
۴	مقدار	۰/۶۶	۱/۳۳	۵۹/۸۴	۵۰/۴۴	۰/۹۲	۱/۵۴	۴۹/۶۲	۵۹/۰۲
	مسیر	L3_P17	L2_P8	L3_J16	L1_J16	L2_P11	L2_P10	L2_J18	L3_J16
۵	مقدار	۰/۲۹	۱/۳۳	۶۰/۵۲	۵۰/۱۶	۰/۹۴	۱/۳۳	۴۹/۹۴	۶۰/۰۲
	مسیر	L2_P9	L1_P7	L3_J15	L1_J14	L1_L14	L1_P7	L1_J14	L3_J14
۶	مقدار	۰/۴۴	۱/۱۹	۶۰/۸۰	۵۰/۳۸	۰/۷۲	۱/۱۹	۵۰/۱۶	۶۰/۳۵
	مسیر	L2_P6	L2_P5	L3_J13	L1_J12	L2_P6	L2_P5	L1_J12	L3_J13
۷	مقدار	۰/۴۴	۰/۹۴	۵۹/۵۷	۵۰/۹۹	۰/۷۲	۱/۱۹	۵۰/۷۷	۵۹/۱۳
	مسیر	L2_P3	L1_L9	L3_J11	L1_J10	L2_P3	L2_P1	L1_J10	L3_J11
۸	مقدار	۰/۴۶	۱/۸۴	۵۲/۷۵	۴۸/۹۶	۰/۹۲	۱/۸۴	۴۸/۱۷	۵۳/۳۶
	مسیر	L3_P9	L1_P3	L3_J9	L1_J6	L3_P8	L1_P3	L1_J6	L3_J9
۹	مقدار	۰/۴۶	۱/۲۴	۵۹/۷۱	۵۷/۱۸	۰/۹۲	۱/۵۴	۴۸/۷۴	۵۳/۲۴
	مسیر	L3_P4	L3_P1	L3_J4	L1_J3	L3_P2	L2_P1	L1_J6	L3_J4

با تحلیل هیدرولیکی شبکه مشخص شد باتوجه به فشار مورد نیاز کارکرد آبپاش (۴۰ مترآب) و فشار حداکثر تامین پمپ انتخابی شبکه (۷۰ متر آب)، از نظر تامین فشار شبکه مشکلی وجود نداشت. ولی با توجه به دامنه سرعت مجاز در خطوط اصلی و نیمه اصلی (۰/۷ تا ۲/۵ متر برثانیه) و

www.SID.ir

Archive of SID

در لترال‌ها (۰/۷ تا ۲/۱ متر بر ثانیه) (بی‌نام، ۱۳۸۳)، سرعت-های بحرانی در همه سناریوها و در مسیرهای L3_P23، L2_P32، L3_P19، L3_P17، L2_P9، L2_P6، L2_P3، L3_P9 و L3_P4 مشاهده شدند (نمادهای L، J و P به-ترتیب بیانگر لترال، گره و لوله اصلی یا نیمه‌اصلی و اعداد ۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب نشان دهنده مناطق A، B و C هسند. به عنوان مثال؛ L2_L37 بیانگر موقعیت لترال شماره ۳۷ در منطقه B و L1_P13 بیانگر موقعیت لوله اصلی یا نیمه اصلی شماره ۱۳ در منطقه A است).

پس از تحلیل هیدرولیکی شبکه، سرعت‌های بیشتر و کمتر از حد مجاز و البته مشروط به برقراری افت فشار مجاز در طول آنها (کمتر از ۲۰ ٪)، شناسایی و با اعمال تغییرات لازم در قطر لوله‌ها (مطابق جدول ۳)، پارامترهای بهینه حاصل شدند. پس از بهینه‌سازی، بیشترین میزان فشار برابر ۵۷/۰۶ مترآب در گره L3_J23 در منطقه C و کمترین آن مربوط به گره L2_J36 و برابر ۴۴/۲۳ مترآب در منطقه B به‌دست آمدند. همچنین بیشترین مقدار سرعت در مسیر لوله L2_P17 به مقدار ۲/۳۰ متر بر ثانیه و کمترین آن در مسیرهای L1_P13، L2_P19، L3_P23، L1_L21، L1_L22، L2_L35، L2_L36، L2_L37، L2_L38، L2_L39، L2_L40، L3_L22، L3_L23 به مقدار ۰/۹۴ در مناطق A، B و C مشاهده شدند که در دامنه سرعت مجاز قرار دارند. فشارهای حاصل شده بیشتر از فشار مورد نیاز جهت کارکرد آبپاش ها (۴۰ متر آب) است و هیچ محدودیتی از بابت کارکرد آبپاش‌ها در این سناریو مشاهده نشد. با اعمال تغییرات لازم در قطر لوله‌ها (مطابق جدول ۳)، در مقادیر سرعت‌ها تعدیل ایجاد شد البته اعمال این تغییرات، با شرط تغییرات مجاز فشار (کمتر از ۲۰ درصد) در طول لوله‌ها (ابتدا و انتهای لوله‌ها) انجام گرفت. همان‌طوری‌که مشهود است، مقادیر بیشینه و کمینه سرعت به‌ترتیب برابر ۰/۷۲ و ۲/۳۰ متر بر ثانیه به-دست آمد که در دامنه سرعت مجاز قرار داشت و مقادیر بیشینه و کمینه فشار نیز به‌ترتیب برابر ۴۳/۹۰ و ۶۰/۳۵ متر آب به‌دست آمدند که بیشتر از مقدار فشار کارکرد آبپاش‌ها و کمتر از حداکثر فشار قابل تامین توسط پمپ انتخابی بود. به عبارت دیگر، فشار در تمام گره‌های شبکه تامین شده و مشکلی وجود نخواهد داشت.

مقادیر قطر لوله‌ها قبل و بعد از بهینه‌سازی

چنانچه پیشتر نیز اشاره شد، تعدیل و بهینه‌سازی پارامترهای هیدرولیکی سرعت و فشار با اعمال تغییرات لازم در قطر لوله‌ها انجام گرفت. تغییرات ایجاد شده در مقادیر قطر لوله-ها قبل و بعد از بهینه‌سازی، در جدول ۳ آمده‌اند. مطابق جدول فوق، بیشترین تعداد لوله‌ای که تغییر قطر در آن صورت گرفته به سناریوی شماره ۱ با ۷ مورد و کمترین آن با ۱ مورد به سناریوهای ۸ و ۹ اختصاص دارند. تغییرات در قطر لوله‌ها به‌جز مسیرهای L2_P17 و L2_L28، جهت تعدیل پارامترهای هیدرولیکی به‌صورت کاهشی بوده است که بیشترین مقدار آن با ۴۴/۴ میلی‌متر در مسیر L2_P9 (سناریو ۵) و کمترین آن در لترال‌های واقع درسناریوهای ۲ و ۳ اتفاق افتاده است. به بیان دیگر، مقدار قطر لوله‌ها در سیستم طراحی بهینه عمدتاً کمتر از حالت موجود (سیستم اجرا شده) خواهد بود. بدیهی است کاهش قطر لوله‌ها، کاهش در مقدار هزینه خرید آن‌ها و در نتیجه کاهش هزینه کل سیستم را در پی خواهد داشت. این موضوع، موید نتایج تحقیق‌های شجاعی و همکاران (۱۳۹۴) و Sonaje و Joshi (۲۰۱۵) نیز است.

جدول ۳. مقادیر و موقعیت قطرهای تغییر یافته لوله‌ها در دو حالت قبل و بعد از بهینه‌سازی

سناریو	منطقه	مسیر	D_1 (mm) قبل از بهینه‌سازی	D_2 (mm) بعد از بهینه‌سازی	مقدار تغییرات قطر (mm) D_1-D_2
۱	B	L2_L37	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
	B	L2_L35	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶

www.SID.ir

Archive of SID

	B	L2_P17	۶۶/۴	۷۹/۸	-۱۳/۴
	C	L3_P22	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
	C	L3_P23	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
	A	L1_P12	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
	A	L1_P13	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
۲	C	L3_P21	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
	C	L3_P20	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
	A	L1_P12	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
	B	L2_L34	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
	B	L2_L32	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
	B	L2_L28	۵۵/۸	۶۶/۴	-۱۰/۶
۳	B	L2_L27	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
	C	L3_P19	۶۶/۴	۵۵/۸	۱۰/۶
	B	L2_P14	۹۷/۴	۷۹/۸	۱۷/۶
	B	L2_P13	۹۷/۴	۷۹/۸	۱۷/۶
	B	L2_P12	۱۱۰/۸	۷۹/۸	۳۱
۴	B	L2_P12	۱۱۰/۸	۷۹/۸	۳۱
	B	L2_P11	۱۱۰/۸	۹۷/۴	۱۳/۴
	B	L2_P10	۱۱۰/۸	۹۷/۴	۱۳/۴
۵	B	L2_P9	۱۴۱/۸	۹۷/۴	۴۴/۴
	B	L2_P8	۱۴۱/۸	۱۱۰/۸	۳۱
	B	L2_P7	۱۴۱/۸	۱۱۰/۸	۳۱
	C	L3_P15	۷۹/۸	۶۶/۴	۱۳/۴
۶	B	L2_P7	۱۴۱/۸	۱۱۰/۸	۳۱
	B	L2_P6	۱۴۱/۸	۱۱۰/۸	۳۱
	B	L2_P5	۱۴۱/۸	۱۱۰/۸	۳۱
۷	B	L2_P4	۱۴۱/۸	۱۱۰/۸	۳۱
	B	L2_P3	۱۴۱/۸	۱۱۰/۸	۳۱
	B	L2_P2	۱۴۱/۸	۱۱۰/۸	۳۱
	B	L2_P1	۱۴۱/۸	۱۱۰/۸	۳۱
۸	C	L3_P6	۹۷/۴	۷۹/۸	۱۷/۶
۹	A	L1_P2	۹۷/۴	۷۹/۸	۱۷/۶

چنانچه پیشتر نیز بیان شد، بهینه‌سازی پارامترهای هیدرولیکی در گرو اعمال تغییرات در قطرها و طول لوله‌ها است. از طرفی این تغییرات همراه با تغییرات در اتصالات، لوازم ایستگاه پمپاژ، تابلو برق مصرفی و عملیات اجرایی طرح (شامل پیاده‌سازی نقشه برای حفاری کانال‌های مسیر

www.SID.ir

Archive of SID

اصلی، فرعی و لترال‌ها، هزینه سرند، رگلاژ و بکفیل) خواهد بود. کل هزینه‌های احداث طرح، مطابق فهرست بهای آبیاری تحت فشار سال ۱۳۹۵ برای دو حالت قبل و پس از بهینه‌سازی پارامترهای هیدرولیکی مشخص شدند. مقایسه هزینه‌های طرح در دو حالت قبل و بعد از بهینه-سازی شده پارامترها مطابق جدول ۴، حدود ۷/۳ درصد کاهش در هزینه‌ها را نشان داد.

جدول ۴. تغییر در هزینه احداث شبکه آبیاری ۲۰ هکتاری در دو حالت قبل و بعد از بهینه‌سازی پارامترهای طراحی

نوع هزینه (ریال)	قبل از بهینه‌سازی	بعد از بهینه‌سازی	کل تغییرات در هزینه‌ها	
			ریال	درصد
هزینه لوازم استفاده شده طرح	۶۹۱۲۰۹۰۰۰	۶۱۰۳۷۶۸۸۳	۸۰۸۳۲۱۱۷	۱۱/۶۹
هزینه عملیات اجرایی طرح	۸۴۳۷۱۸۳۴۰	۸۱۲۵۰۰۷۶۱	۳۱۲۱۷۵۷۹	۳/۷
جمع هزینه‌ها	۱۵۳۴۹۲۷۳۴۰	۱۴۲۲۸۷۷۶۴۴	۱۱۲۰۴۹۶۹۶	۷/۳

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر تحلیل هیدرولیکی سیستم آبیاری بارانی منطقه سیسان با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS انجام گرفت. در این راستا پارامترهای طراحی سرعت و فشار در دو حالت، قبل از بهینه‌سازی (وضعیت موجود سیستم) و پس از بهینه‌سازی با نرم‌افزار تحلیل شدند. پارامتر سرعت به‌ترتیب با مقادیر بیشینه و کمینه برابر ۳/۲۳ و ۰/۲۹ متر بر ثانیه، نشان‌دهنده مقادیر خارج از دامنه مجاز یا مقادیر بحرانی سرعت بوده و دلیل محرز بر نیاز به بهینه‌سازی است. هرچند مقادیر فشار با بیشینه مقدار برابر ۶۱/۵۳ و کمینه مقدار برابر ۴۴/۷۱ در دامنه مجاز قرار داشتند. با اعمال تغییرات در قطر لوله‌ها و با تاکید بر رعایت تغییرات مجاز فشار کمتر از ۲۰ درصد در طول لوله‌ها، مقادیر سرعت و فشار در طول لوله‌ها و گره‌ها تعدیل و بهینه شدند. باتوجه به این‌که پارامترهای هیدرولیکی با کاهش در قطر لوله‌ها بهینه می‌شوند، بنابراین سیستم بهینه طراحی شده با نرم‌افزار WaterGEMS در مقایسه با سیستم طراحی و اجرا شده مورد مطالعه از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه خواهد بود. دقت و سرعت بالای نرم‌افزار WaterGEMS در برآورد، تحلیل پارامترهای هیدرولیکی و در نتیجه طراحی مطمئن و کم‌اشتباه سیستم آبیاری در تحقیق حاضر می‌تواند مشابه تاکید Sumithra و همکاران (۲۰۱۳)، شجاعی و همکاران (۱۳۹۴) و Sonaje و Joshi (۲۰۱۵) در تحقیقاتشان، دلیل محکمی بر توصیه کاربرد آن در طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار باشد.

باتوجه به این‌که در تحقیق حاضر، تحلیل هیدرولیکی سیستم آبیاری مورد مطالعه، پس از اجرا و بهره‌برداری انجام شد لذا عملا" امکان اعمال بهینه‌سازی روی سیستم مقدور نبود. بنابرین، توصیه می‌شود تحلیل هیدرولیکی و درصورت لزوم بهینه‌سازی طرح بلافاصله پس از طراحی و قبل از اجرا و بهره‌برداری از سامانه انجام گیرد.

منابع مورد استفاده

آجری، ع. ح.، مهرانی، س. و بلوری، ح. ۱۳۸۷. کاربرد تلفیقی نرم‌افزارهای GIS و WaterGEMS در مدیریت هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب شهری. دومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری، تهران، دانشگاه صنعت آب و برق.

بی نام، ۱۳۸۳. ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت فشار (طراحی). نشریه شماره ۲۸۶.

www.SID.ir

Archive of SID

توکلی، ر. ۱۳۹۴. مدیریت فشار در شبکه توزیع آب روستایی جهت کاهش نشت با استفاده از شیرهای هوشمند فشار در محیط WaterGEMS (مطالعه موردی: مجتمع آبرسانی علی آباد لوله شهرستان بیرجند). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فردوس.

جهانگیر، م.، بارانی، غ. و جهانگیر، ع. ۱۳۹۱. مدیریت هوشمند فشار و کاهش نشت شبکه‌های آبرسانی در محیط WaterGEMS، مطالعه موردی مجتمع آبرسانی دوحصاران خراسان جنوبی. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری وآب، ۴(۱۳): ۵۵ – ۴۵.

ستارزاده، ا.، ذاکری نیری، م.، خضری، س. و فاضلی، م. ۱۳۹۳. کاربرد نرم‌افزار مدل‌سازی WaterGEMS در طرح‌های اصلاح و توسعه شبکه‌های توزیع آب به‌منظور کاهش هدر رفت واقعی و ارائه مدل هیدرولیکی پایلوت شهر نسیم شهر. دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست)، دانشگاه شهرکرد.

شجاعی، ع.، پناهی، م.، شیردلی، ع. و اجاقلو، ح. ۱۳۹۴. بهینه‌سازی هیدرولیکی شبکه‌های آبیاری قطره‌ای در اراضی شیب‌دار با نرم‌افزار WaterGEMS مبتنی بر الگوریتم ژنتیک. کنفرانس و نمایشگاه مهندسی آب، تهران.

صفوی نژاد، م.، حسینی، ج. و شبان، م. ۱۳۹۳. آنالیز طرح خطوط انتقال آب با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS، مطالعه موردی: مجتمع روستایی خوسف خراسان جنوبی. اولین کنگره ملی مهندسی ساخت و ارزیابی پروژه‌های عمرانی، گرگان.

محمودی، ع. و نصرالهی، م. ۱۳۹۳. آموزش جامع نرم‌افزارهای کاربردی مهندسی آب. انتشارات ناقوس.

نامداری، ط. و طالب بیدختی، ن. ۱۳۸۸. کالیبراسیون مدل تحلیلی هیدرولیکی WaterGems با استفاده از الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی روی شهر فراشبند). سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری، دانشگاه صنعت آب و برق تهران.

نظری، ع. ۱۳۹۰. طراحی شبکه‌های آبرسانی WaterGEMS . تهران، انتشارات الیاس.

Bentley Systems, Incorporated. 2007. WaterGEMS v8 Users, Haestad Methods Solution Center, 27 Siemon Co Dr. Suite200W, Watertown, CT06795, USA.

Ghadami-Firouzabadi, A. and Arabfard, M. 2013. Optimizing the hydraulic designing of pressurized irrigation network on the lands of village Era by using the computerized model WaterGems. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(10): 1045-1052.

Keller, J. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation, Springer Science and Business Media, LLC.

Roy, P.K., Konar, A., Banerjee, G., Paul, S., Mazumdar, A. and Chkraborty, R. 2015. Development and hydraulic analysis of a proposed drinking water distribution network using WaterGEMS and GIS. Pollution Research 34(2): 371-379.

Serajizadeh, M., Musavi-Jahromi, SH., Heidanejad, M. and Ghomayshi, M. 2012. Qualitative and hydraulic comparison of cement Asbestos and Polyethylene pipes using WaterGems software. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4(24): 1849-1855.

Sonaje, N.P. and Joshi, M.G. 2015. A review of modeling and application of water distribution networks (WDN) softwares. International Journal of Technical Research and Applications, 3(5):174-178.

Sumithra, R.P., Nethaji Mariappan, V.E. and Amarnath, J. 2013. Feasibility analysis and design of water distribution system for Tirunelvelli Corporation using Loop and WaterGems software. International Journal of Applied Bioengineering, Vol.7, No.1.

www.SID.ir

Archive of SID

ISSN 2251-7480

Hydraulic analysis of sprinkler irrigation network using WaterGEMS software

Younes Shokrian-Fard[1] and Shahram Shahmohammadi-Kalalagh[2*]

1) MSc, Department of Water Sciences and Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2*) Assistant Professor, Department of Environmental Science, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
*Corresponding author email: shahmohammadi_sh@iaut.ac.ir

Received: 20-04-2019 Accepted: 10-12-2019

Abstract

In this research, sprinkler irrigation network of Sysan area located in Bostanabad city in Azarbayjan Province was analyzed using WaterGEMS software. This irrigation network based on the position of the main, sub-main and lateral pipes divided into three A, B, and C zones and with regard to irrigation interval, the number of sets and sprinklers, 9 scenarios were defined. Hydraulic parameters (pressure and velocity) were analyzed in the nodes and the pipes before and after optimization with WaterGEMS, respectively. The hydraulic analysis indicated; based on the required pressure of the sprinkler operation (40 m-H2O) and the maximum supply pressure of the selective pump (70 m-H2O), there was no problem or limitation in supplying the network pressure. In the other words, the pressure aligned with standards. While according to permissible velocity in the sprinkler irrigation pipes, the critical velocities were observed in 4 scenarios in zone B and in 5 scenarios in zone C. By applying the necessary changes in the diameter of the pipes and provided that the pressure variations aligns with standards (less than 20%), the velocities were optimized and aligned with standards. Given that the hydraulic parameters were optimized by decreasing pipe diameter, the optimally designed system with WaterGEMS software led to a decrease of 7.3% in costs compared to the designed and implemented system.

Keywords: Design parameters; Optimization; Pressure; Sprinkler irrigation; Velocity

www.SID.ir