

订座







طراحی و بهره‌برداری شبکه آب با  
**WaterGEMS**

مهندس یار

مؤلف  
محسن امیری



نشر دانشگاهی کیان  
Kian Publication

سرشناسه  
عنوان و نام پدیدآور  
وضعیت ویراست  
مشخصات نشر  
مشخصات ظاهری  
شابک  
وضعیت فهرست نویسی  
موضوع  
موضوع  
موضوع  
رده بندی کنگره  
رده بندی دیویی  
شماره کتابشناسی ملی

امیری، محسن، ۱۳۵۹.  
طراحی و بهره‌برداری شبکه آب با WaterGEMS مهندس یار / مولف محسن امیری.  
ویراست ۲.  
تهران: انتشارات دانشگاهی کیان، ۱۳۹۶.  
۹۶۰ ص.: مصور، جدول.  
۹۷۸-۶۰۰-۳۰۷-۲۰۱-۵  
قیپا.  
آب — مهندسی. Hydraulic engineering.  
آب — مهندسی — نرم‌افزار. Hydraulic engineering -- Software.  
آب — مهندسی — داده‌پردازی. Hydraulic engineering -- Data processing.  
۱۳۹۶ ط ۱۷۶ الف / ۱۴۵ TC.  
۶۲۷  
۵۰۶۹۱۴۱



## انتشارات دانشگاهی کیان

نام کتاب : طراحی و بهره‌برداری شبکه آب با WaterGEMS «ویراست دوم»  
مؤلف : محسن امیری  
ناظر فنی : علی محمودی  
ویراستار علمی : محمود محمدرضاپور طبری  
ویراستار ادبی : فاطمه علی‌اکبری  
صفحه آرا : مرضیه امانت  
طراح جلد : شیلا هوشیاری  
چاپ اول : ۱۳۹۷  
تیراژ : ۵۰۰  
چاپ : ستاره سبز  
صحافی : نمونه  
قیمت : ۷۵۰۰۰ تومان (به همراه DVD هدیه)  
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۳۰۷-۲۰۱-۵



خرید اینترنتی آسان از:

[www.kianpub.com](http://www.kianpub.com)

بر اساس قانون حقوق مولفان و مصنفان، کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب به‌طور انحصاری به نشر دانشگاهی کیان تعلق دارد و هرگونه استفاده و برداشت از محتوای این اثر به هر شکلی اعم از چاپ، کپی، اسکن، لوح فشرده، نشر الکترونیک و اینترنتی با به صورت هرگونه فایل رایانه‌ای، بدون مجوز رسمی ناشر ممنوع و حرام شرعی است و پیگرد قانونی دارد.



kianpublication

برای دریافت اخبار و اطلاعات مفید و شرکت در قرعه‌کشی، ما را در این شبکه‌ها دنبال کنید.

## سخن ناشر

بشر قرن ۲۱ بی‌وقفه و به‌سرعت در تکاپوی توسعه‌ی همه‌جانبه‌ی مرزهای دانش در تمامی حوزه‌هاست و در این مسیر از تلاش باز نمی‌ایستد؛ چرا که اثرگذارترین ابزار برتری‌جویی در فضای رقابتی امروز را دستیابی به فناوری‌های پیشرفته، علوم نوین و گسترش صنایع پیشرفته، کارآمد و منحصربه‌فرد یافته است. براساس چنین نگرشی است که رشد سریع علوم و فنون کاربردی در گستره‌ی عظیمی از زمینه‌های تحقیقاتی در دستورکار بازی‌گردانان نظام جهانی قرار گرفته است.

در شرایط ویژه و پیچیده‌ای که کشور ما با آن روبه‌روست، گام برداشتن در مسیر پیشرفت و رشد و توسعه‌ی داخلی و نیز کسب جایگاه درخور و تاثیرگذار در عرصه‌ی بین‌المللی منوط به اصلاح دید کلان نسبت به توسعه‌ی علمی و پژوهشی با هدف ارتقای شاخص‌های پیشرفت و توسعه‌ی کشور است و این جز با حمایت ویژه و مستمر از بخش‌های دانشگاهی و پژوهشی امکان‌پذیر نخواهد بود.

انتشارات دانشگاهی کیان، به عنوان یکی از بسترهای مستعد تحقق بومی‌سازی فناوری‌های پیشرفته (High Technology) قصد دارد با استفاده از همت بلند متخصصان صنعتی و دانشگاهی کشور و با استفاده از تجارب خود در زمینه چاپ و نشر بیش از سیصد عنوان کتاب‌های فنی و مهندسی، بخشی هرچند کوچک از این وظیفه‌ی خطیر را به انجام برساند.


مجموعه کتاب‌های مهندسیار، با هدف دسترسی دانشجویان، اساتید، پژوهشگران و علاقمندان به دانش فنی و تخصص روز دنیا در حوزه‌ی فنی و مهندسی با نگاه ویژه‌ای تدوین شده است. در این آثار سعی شده است تا تجارب و دستاوردهای علمی و پژوهشی مولفان به‌نام و فرهیخته‌ی کشور، به شیوه‌ای آموزشی و استاندارد و با بالاترین کیفیت فنی و محتوایی، به مخاطبان علاقمند انتقال یابد. این مجموعه، گستره‌ی وسیعی از علوم فنی و مهندسی را دربر می‌گیرد و تلاش بر آن است تا در آینده‌ی نزدیک در سایه‌ی الطاف الهی و با تکیه بر دانش و تخصص بومی، عناوین کاملی از کتاب‌های کاربردی و ارزشمند در این مجموعه پوشش داده شود.

انتشارات دانشگاهی کیان در این مسیر دست‌یکایک اساتید و پژوهشگران حوزه‌ی فنی و مهندسی را به گرمی می‌قشارد و از پیشنهادهای ارزنده‌ی تالیف و ترجمه در این چارچوب استقبال می‌کند و از مخاطبان این مجموعه خواهشمند است نقدها و نظرهای سازنده‌ی خود را از طریق پل‌های ارتباطی موجود در جهت ارتقای محتوایی و کیفی آثار مطرح نمایند.

نشر دانشگاهی کیان

[www.kianpub.com](http://www.kianpub.com)

[info@kianpub.com](mailto:info@kianpub.com)



اوصیکم بے... نظم



## بخش اول: کلیات

۱۷.....	فصل اول: مقدمه
۲۱.....	فصل دوم: علاءالدین و چراغ جادو
۲۷.....	فصل سوم: تعاریف و روابط حاکم بر جریان
۳۳.....	فصل چهارم: WaterGEMS در یک فصل

## بخش دوم: معرفی اجزای شبکه، مشخصات فنی و کلیک‌راست روی آن‌ها

۶۵.....	فصل پنجم: شروع کار
۶۶.....	لوله (Pipe)
۸۱.....	گره (Junction)
۹۱.....	فشار منفی شبکه
۹۵.....	شیر آتش‌نشانی (Hydrant)
۹۷.....	مخزن تعادلی (Tank)
۱۱۱.....	مخزن (Reservoir)
۱۱۶.....	عنصر Customer Meter
۱۳۷.....	عنصر SCADA
۱۴۱.....	Periodic Head-Flow
۱۴۲.....	تلمبه (Pump)
۱۵۸.....	طراحی تلمبه
۱۶۳.....	تلمبه‌های ایستگاهی (Variable Speed Pump Battery)
۱۶۴.....	تلمبه‌خانه (Pump Station)
۱۶۶.....	توربین (Turbine)
۱۶۷.....	شیر فشارشکن (PRV)
۱۸۲.....	شیر تثبیت فشار (PSV)

۱۸۷.....	شیر گلوب (PBV)
۱۸۹.....	شیر تنظیم دبی (FCV)
۱۹۰.....	شیر ضریب افت (TCV)
۱۹۲.....	شیر دبی- افت (GPV)
۱۹۵.....	شیر Valve With Area Linear Change (VLA)
۱۹۶.....	شیر یکطرفه (Check Valve)
۱۹۸.....	روزنه (Orifice between Pipes)
۱۹۸.....	شیر تخلیه به اتمسفر (Discharge to Atmosphere Valve)
۲۰۲.....	مخزن ضربه‌گیر (Surge Tank)
۲۰۳.....	مخزن ضربه‌گیر تحت فشار (Hydropneumatic Tank)
۲۰۴.....	شیر هوا (Air Valve)
۲۰۷.....	شیر اطمینان (Surge Valve)
۲۰۸.....	درپوش اطمینان (Rupture Disk)
۲۰۸.....	شیر قطع و وصل (Isolation Valve)
۲۱۳.....	ارتفاع زن (Spot Elevation)
۲۱۴.....	خط دورتادوری (Border)
۲۱۵.....	متن نویسی (Text)
۲۱۶.....	خط (Line)

### بخش سوم: سربرگ‌ها

۲۲۱.....	فصل ششم: سربرگ File
۲۲۱.....	New
۲۲۱.....	Open
۲۲۲.....	Close
۲۲۵.....	Close All



۲۲۵.....	Save
۲۲۶.....	Save As...
۲۲۶.....	Save All
۲۲۶.....	Import
۲۲۷.....	Export
۲۳۳.....	Seed
۲۳۴.....	Repository Management
۲۳۶.....	Page Setup
۲۳۶.....	Print Preview
۲۳۷.....	Print
۲۳۷.....	Project Properties
۲۳۷.....	Recent Files
۲۳۷.....	Exit
۲۳۹.....	فصل ہفتم: سرپرگ Edit
۲۳۹.....	Undo
۲۳۹.....	Redo
۲۳۹.....	Delete
۲۴۰.....	Select By Polygon
۲۴۰.....	Select All
۲۴۰.....	Invert Selection
۲۴۰.....	Select by Element
۲۴۰.....	Select by Attribute
۲۴۴.....	Clear Selection
۲۴۴.....	Clear Highlight
۲۴۴.....	Find Element

۲۴۵	.....	فصل هشتم: سربرگ Analysis
۲۴۷	.....	Scenarios
۲۵۰	.....	Alternatives
۲۶۱	.....	سناریو برای تحلیل کیفی آب (سن)
۲۶۷	.....	سناریو برای تحلیل کیفی آب (ردیابی)
۲۶۹	.....	سناریو برای تحلیل کیفی آب (کلر باقی مانده)
۲۷۲	.....	سناریو برای تحلیل مصارف آتش نشانی
۲۸۶	.....	گزینه‌ی Fire Flow Results Browser
۲۸۶	.....	Calculation Options
۲۹۸	.....	Totalizing Flow Meters
۳۰۰	.....	Hydrant Flow Curves
۳۰۲	.....	System Head Curves
۳۰۵	.....	Combination Pump Curves
۳۰۷	.....	Post Calculation Processor
۳۱۱	.....	Scenario Energy Cost...
۳۳۲	.....	Energy Management...
۳۵۵	.....	Darwin Calibrator...
۳۸۹	.....	Darwin Designer...
۴۲۳	.....	Darwin Scheduler...
۴۴۶	.....	Flushing...
۴۶۲	.....	Criticality...
۴۸۷	.....	Pressure Zone...
۵۰۱	.....	Water Quality Batch Run
۵۳۵	.....	Pipe Break...
۵۴۵	.....	Pipe Renewal Planner...

۵۶۰	Time Browser
۵۶۳	Fire Flow Results Browser
۵۶۳	Flushing Results Browser
۵۶۳	Calculation Summary
۵۶۶	User Notifications
۵۶۸	Validate
۵۶۹	Compute
۵۷۱	فصل نهم: سرپرگ Components
۵۷۱	Controls...
۵۸۶	Zones...
۵۸۷	SCADA Signals...
۶۰۴	Alerts...
۶۱۱	Patterns...
۶۱۷	Pressure Dependent Demands Functions...
۶۳۱	Unit Demands...
۶۳۴	Pump Definitions...
۶۴۲	Minor Loss Coefficients...
۶۴۳	GPV Headloss Curves...
۶۴۳	Constituents...
۶۴۷	Valve Characteristics...
۶۴۹	Air Flow Curves...
۶۴۹	Pipe Break Groups...
۶۴۹	Time Series Field Data...
۶۵۳	Engineering Libraries...

۶۵۹	.....	فصل دهم: سربرگ View
۶۵۹	.....	Element Symbology
۶۷۱	.....	Background Layers
۶۷۶	.....	Network Navigator
۶۸۸	.....	Selection Sets
۶۹۱	.....	Queries
۶۹۵	.....	Prototypes
۶۹۶	.....	External Customer Meter Data
۷۰۰	.....	Flex Tables
۷۱۱	.....	Graphs
۷۱۸	.....	Profiles
۷۲۱	.....	Contours
۷۲۵	.....	Named Views
۷۲۶	.....	Aerial View
۷۲۷	.....	Properties
۷۲۷	.....	Property Grid Customizations
۷۲۸	.....	Zoom
۷۳۰	.....	Pan
۷۳۰	.....	Toolbars
۷۳۱	.....	Reset Workspace...
۷۳۳	.....	فصل یازدهم: سربرگ Tools
۷۳۳	.....	Active Topology Selection
۷۳۵	.....	Modelbuilder...
۷۳۶	.....	الف: فراخوانی فایل *.dxf توسط ModelBuilder

۷۴۹	ب: فراخوانی فایل *.shp توسط ModelBuilder
۷۵۶	ج: فراخوانی فایل Excel توسط ModelBuilder
۷۶۴	Trex...
۷۶۶	نحوه‌ی تبدیل فایل DXF به SHP
۷۷۳	SCADAConnect Simulator...
۷۹۷	Skelebrator Skeletonizer...
۸۴۳	LoadBuilder...
۸۵۲	Thiessen Polygon...
۸۵۶	نحوه‌ی تبدیل محدوده‌ی شبکه از Polyline به Polygon
۸۶۱	نحوه‌ی اختصاص دبی به چندضلعی‌ها
۸۶۵	Demand Control Center...
۸۷۲	Scenario Comparison...
۸۷۹	Hyperlinks
۸۸۱	User Data Extensions...
۸۸۷	Assign Isolation Valves to Pipes...
۸۸۸	Batch Pipe Split...
۸۹۰	Batch Morph...
۸۹۱	Database Utilities
۸۹۲	Layout
۸۹۲	External Tools
۸۹۴	Options...
۹۰۹	فصل دوازدهم: سربرگ Report
۹۰۹	Element Tables
۹۱۰	Scenario Summary



# بخش اول



کلیات





## فصل

## مقدمه

### درباره‌ی طراحی شبکه

اولین نسخه‌ی نرم‌افزار WaterGEMS در سال ۲۰۰۰ منتشر شد. طراحان شبکه پیش از آن از WaterCAD برای طراحی استفاده می‌کردند. WaterCAD توسط شرکت Haestad Methods و در اواسط دهه‌ی ۹۰ میلادی تولید شد. این شرکت در سال ۱۹۷۹ توسط آقای John Haestad تأسیس شده بود و با ۱۰۰ کارمند و درآمد سالانه‌ی ۱۶ میلیون دلار در تاریخ دوم آگوست ۲۰۰۴ به شرکت Bentley پیوست و آقای Haestad نیز به عنوان یکی از مدیران ارشد به برادران Bentley ملحق شد. اولین شبکه‌سازی شبکه توسط همین شرکت (Haestad Methods) و در اواخر دهه‌ی ۸۰ و در فضای DOS صورت گرفت. طراحی‌های پیش از آن به صورت دستی و به روش Hardy Cross انجام می‌شد.

### درباره‌ی شرکت Bentley

نرم‌افزار WaterGEMS یکی از محصولات نرم‌افزاری شرکت بزرگ Bentley است. این شرکت در حال حاضر توسط برادرانی به همین نام اداره می‌شود و در بیش از ۵۰ کشور بالغ بر ۳۰۰۰ کارمند دارد. درآمد خالص این شرکت در سال ۲۰۰۳ مبلغ ۲۶۰ میلیون دلار و در سال ۲۰۱۳ معادل ۵۹۳

میلیون دلار بود. دو برادر به نام‌های Barry J. و Keith A. در سال ۱۹۸۴ شرکت را راه‌اندازی کردند. Keith از همان ابتدا یکی از مدیران اجرایی شرکت و تا سال ۱۹۹۵ مدیرکل هم بود. برادر دیگرشان - که Greg نام دارد - در سال ۱۹۹۱ به آن دو پیوست و در حال حاضر سر و مر و گنده و قبراق و سرحال، مدیرعامل و رئیس هیات مدیره‌ی شرکت است. شرکت Bentley در زمینه‌های راه، راه‌آهن، پل، سازه، بهداشت محیط، آب و فاضلاب فعالیت دارد.

## درباره‌ی WaterGEMS

واژه‌ی WaterGEMS برگرفته از واژه‌های Water Geospatial Engineering and Modeling System است. نسخه‌ای که ما در این کتاب از آن استفاده می‌کنیم، 5 SELECTseries V8i می‌باشد. در حال حاضر شرکت Bentley هر دو نرم‌افزار WaterCAD و WaterGEMS را تولید و منتشر می‌کند. علیرغم این که هر دو، کار واحدی را انجام می‌دهند، علت انتشار موازی آن‌ها در امکانات هر یک و طبعاً تفاوت در قیمت هر یک است. WaterGEMS به خودی خود دارای برنامه‌های Designer Darwin، Darwin Scheduler، Darwin Calibrator، Darwin Connect، SCADA و قابلیت برقراری با نرم‌افزار AutoCAD است؛ درحالی‌که WaterCAD به خودی خود فاقد این برنامه‌هاست و برای استفاده از آن باید هزینه‌ی مازاد پرداخت شود. ضمن این که WaterGEMS دارای قابلیت برقراری ارتباط با نرم‌افزار ArcGIS است، ولی WaterCAD اصلاً چنین قابلیتی ندارد، چه با پرداخت هزینه و چه بدون آن! هر دو نرم‌افزار قابلیت فراخوانی فایل‌های یکدیگر را نیز دارند، مشروط بر این که نسخه‌ای از نرم‌افزار که فایل در آن ساخته شده است، جدیدتر از نسخه‌ای نباشد که فایل در آن فراخوانی می‌شود.

اشتیاه رایجی که در خصوص WaterGEMS وجود دارد این است که این نرم‌افزار غالباً نرم‌افزار «طراحی» شناخته می‌شود، در صورتی که این درست نیست. طراحان WaterGEMS همان‌قدر که به فکر طراحان هستند به فکر بهره‌برداران هم می‌باشند. نشان به آن نشان که از میان سه برنامه‌ی اساسی WaterGEMS - که مغز متفکر آن به حساب می‌آید (یعنی برنامه‌های Darwin Designer، Darwin Calibrator و Darwin Scheduler) - دو مورد آن مربوط به بهره‌برداری شبکه و تنها یکی از آن‌ها مربوط به طراحی است. بنابراین، نرم‌افزار WaterGEMS گره‌گشای توأمان مشکلات طراحان و بهره‌برداران است.

۱. قیمت WaterGEMS بالغ بر ۲۰۰۰۰۰۰۰ تومان و WaterCAD تقریباً نصف آن است.

## درباره‌ی این کتاب

قانونی هست به نام قانون بیست - هشتاد که به مهندسی ایتالیایی به نام Vilfredo Pareto نسبت داده می‌شود و در مدیریت زمان، زمین، کار و زندگی سودمند است. طبق این قانون، هشتاد درصد نتایج از بیست درصد فرضیات ناشی می‌شود و آن بیست درصد باقی‌مانده مربوط به آن هشتاد درصد دیگر است. هشتاد درصد ثروت در دست بیست درصد مردم است و بالعکس.

به نظر، قانونی بدیهی می‌رسد، اما همچون بدیهیات دیگری که در زندگی وجود دارد (و غالباً مغفول می‌ماند) غور در آن و سنجش فعالیت‌ها بر اساس آن جلوی هرز رفتن و تلف شدن وقت و هزینه‌های زیادی از زندگی را خواهد گرفت. شما به راحتی می‌توانید هشتاد درصد فعالیت‌های غیرضروری خود را به نفع آن بیست درصدی که هشتاد درصد نتایج را به بار می‌آورد، کنار بگذارید یا حداقل کم‌رنگش کنید. این یعنی یک شیوه‌ی عالی از مدیریت زندگی در دنیای مدرن که همه وقت کم دارند و خیلی زود دیر می‌شود. این کتاب هم از قانون جناب «پارتو» مستثنا نیست. یعنی با مطالعه‌ی بیست درصد از کتاب خواهید توانست به هشتاد درصد خواسته‌ها و نیازهای خود برسید. به همین منظور و برای دسترسی آسان‌تر به موضوع موردنظر، ترکیب و چیدمان این کتاب نیازمحور است. یعنی می‌توانید بدون آن که کل کتاب را مرور کنید، مستقیم به سراغ موضوع رفته و فقط همان را مطالعه کنید و رفع حاجت نمایید. در این بین اگر به مطالعه‌ی موضوع دیگری نیاز باشد، به صورت خودکار (با علامت ←) به آن ارجاع داده می‌شوید.

مطلب موردنظر خود را می‌توانید از فهرست بیابید، یا از فصل «علاءالدین و چراغ جادو» پیدا کنید و یا در صورتی که یک واژه‌ی کلیدی از مطلب مورد نظر را می‌دانید به نمایه مراجعه کنید و شماره‌ی صفحاتی را که آن واژه در آن‌ها به کار رفته است، پیدا کنید و اصلاً ضرورتی نیست که از بای بسم‌الله تا نون پایان کتاب مطالعه شود و مجبور به خواندن صفر تا صد کتاب نیستید.

در خصوص برگردان واژه‌های انگلیسی به فارسی عرض شود که ترجمه‌ی برخی واژه‌ها مستند به مصوبات فرهنگستان زبان و ادب فارسی است (مانند بیشینه برای Maximum، کمینه به جای Minimum، قالب به جای Format، رونوشت به جای Copy و ...)، برخی دیگر مندرآوردی است (مانند اصلاح و انطباق برای Calibration، شبیه‌سازی شده به جای Model، سربرگ به جای Menu، جاگذاری به جای Paste و ...)، برخی دیگر را سرقت ادبی کرده‌ایم و آن را فارسی می‌دانیم؛ مانند کلیک (Click) که با واژه‌ی «کلیک» هم‌خانواده است، یا نازل (Nozzle). برخی دیگر را کاری‌اش نمی‌شد کرد و برای این که حواس خواننده از مطالعه‌ی یک کتاب آموزش نرم‌افزار به کتاب آموزش

۱. «مدیریت» مولفه‌ای مهیتر از سرعت دارد؟

ترجمه منحرف نشود، از خیر ترجمه‌ی آن گذشتیم؛ مانند سناریو که همان Scenario است، آلترناتیو که همان Alternative است، کروموزوم که همان Chromosome است، انرژی که همان Energy است، موتور که همان Motor است، هد که همان Head است، Periodic Head-Flow و ... .

## درباره‌ی خدمات پس از فروش

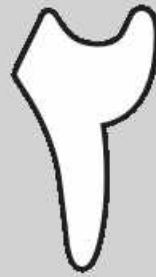
نگارنده خودش را ملزم به رعایت حقوق خریدار و ارائه‌ی خدمات پس از فروش می‌داند. این خدمات می‌تواند شامل کشف خطاهای موجود در کتاب و ارسال اصلاحیه، افزودنی‌های مجاز، فایل‌های راهنمای ضمیمه و ملحقات دیگر شود. بنابراین نشانی خود را به [mohsen.amiri@gmail.com](mailto:mohsen.amiri@gmail.com) ارسال کنید تا این خدمات در اختیارتان قرار گیرد. ضمناً در این کتاب و در حین مطالعه - البته - ممکن است اشتباهاتی از نویسنده پیدا کنید. آن‌ها را به همین نشانی ارسال نمایید. سپاسگزارم.

یک DVD همراه کتاب است که حاوی بیش از 1000 MB فایل‌های راهنمای کمکی است. سعی شده برای هر قسمتی که در کتاب توضیح داده می‌شود، حداقل یک مثال راهنمای کمکی هم ایجاد شود. علاوه بر فایل‌های کمکی، دو نرم‌افزار WaterGEMS V8i SELECTseries 5 و همچنین Bentley View V8i SELECTseries 3 نیز در DVD موجود است.

## قدردانی

از شرکت Bentley سپاسگزارم، مخصوصاً سرپرست بخش هیدرولیک و هیدرولوژی (جناب آقای مهندس Jesse Dringoli) و همکاران وی (خاصه جناب آقای دکتر Thomas Walski که مردی است بی‌نظیر).

۱. ناگفته نماند که فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای کروموزوم واژه‌ی «فانژن» را پیشنهاد کرده است.



## فصل

# علاءالدین و چراغ جادو

WaterGEMS چه کار می‌کند؟ بهتر است بپرسیم WaterGEMS چه کار نمی‌کند. WaterGEMS از سپر تا پیمان نیازهای یک مهندس طراح و بهره‌بردار شبکه‌ی آب را تأمین می‌کند. موافق نیستید؟ موافق خواهید شد!

### رسم شبکه

چه طراح شبکه باشید و چه بهره‌بردار آن، اولین کاری که باید انجام شود، شبیه‌سازی شبکه در محیط نرم‌افزار است. در واقع شبیه‌سازی شبکه، نقطه‌ی آغاز و صفرِ کارِ یک بهره‌بردار نظام‌مند (Systematic) است. WaterGEMS مغز متفکر مهندس است و بهره‌بردار بدون WaterGEMS لاجرم تبدیل به یک کارگر ساده خواهد شد. اولین امکانی هم که نرم‌افزار در اختیار کاربر قرار می‌دهد، توانایی رسم شبکه است. کاربر می‌تواند با استفاده از ابزارهای طراحی که شامل لوله (← صفحه‌ی ۶۶، لوله)، گره برداشت آب (← صفحه‌ی ۸۱، گره)، شیر برداشت آب جهت مصارف آتش‌نشانی (← صفحه‌ی ۹۵، شیر آتش‌نشانی)، منبع تأمین آب که ارتفاع سطح آب در آن متغیر باشد (← صفحه‌ی ۹۷، مخزن تعادلی)، منبع تأمین که ارتفاع سطح آب در آن ثابت باشد (← صفحه‌ی ۱۱۱، مخزن)، عنصری که معرف تکتک مصرف‌کنندگان باشد (← صفحه‌ی ۱۱۶، عنصر Customer Meter)،

۱. در این فصل به تمامی قابلیت‌ها و امکانات نرم‌افزار اشاره شده است. شرح این اشارات را در هر یک از فصل‌ها خواهید یافت. چه یادگیرنده‌ی صفرکیلو متر باشید و چه استفاده‌کننده‌ی متبحر از نرم‌افزار، لازم است این چند صفحه را مطالعه کنید. دیگر اینکه این کتاب، کتاب آموزش نرم‌افزار است نه انجام یک پروژه طراحی شبکه یا بهره‌برداری از آن. بنابراین، این انتظار را باید در جای دیگر جست.

عنصر ارتباط‌دهنده‌ی داده‌های دریافتی از سامانه‌ی SCADA از یک طرف و مشخصه‌ی فنی یک عنصر از طرف دیگر (← صفحه‌ی ۱۳۷، عنصر SCADA)، تلمبه جهت افزایش فشار آب (← صفحه‌ی ۱۴۲ تلمبه)، تلمبه‌های مشابه و موازی (← صفحه‌ی ۱۶۳، تلمبه‌های ایستگاهی)، تلمبه‌خانه (← صفحه‌ی ۱۶۴، تلمبه‌خانه)، شیر فشارشکن جهت ایجاد افت فشار (← صفحه‌ی ۱۶۷، شیر فشارشکن)، شیر ثابت‌نگه‌دارنده‌ی فشار جهت ایجاد فشار کافی در یک نقطه (← صفحه‌ی ۱۸۲، شیر تثبیت فشار)، شیر گلوب جهت کاستن مقدار ثابتی از فشار آب (← صفحه‌ی ۱۸۷، شیر گلوب)، شیری جهت جلوگیری از عبور دبی بیش‌تر از یک مقدار ثابت (← صفحه‌ی ۱۸۹، شیر تنظیم دبی)، شیری که بر اساس ضریب افت موضعی عمل می‌کند (← صفحه‌ی ۱۹۰، شیر ضریب افت)، شیری که بر اساس رابطه‌ی بین دبی و افت فشار عمل می‌کند (← صفحه‌ی ۱۹۲، شیر دبی-افت)، شیر جهت جلوگیری از برگشت آب و یک‌سویه کردن جریان (← صفحه‌ی ۱۹۶، شیر یکطرفه)، شیر جهت تخلیه‌ی آب از شبکه به اتمسفر (← صفحه‌ی ۱۹۸، شیر تخلیه به اتمسفر)، درپوش اطمینان (← صفحه‌ی ۲۰۸، درپوش اطمینان)، شیر قطع و وصل جریان (← صفحه‌ی ۲۰۸، شیر قطع و وصل)، عنصری جهت مشخص کردن یک عارضه جهت تخصیص ارتفاع به آن (← صفحه‌ی ۲۱۳، ارتفاع‌زن)، یک چهارضلعی بسته که دورتادور شبکه رسم شود (← صفحه‌ی ۲۱۴، خط دورتادوری)، قابلیت نوشتن متن در صفحه‌ی کار نرم‌افزار (← صفحه‌ی ۲۱۵، متن‌نویسی)، رسم خط (← صفحه‌ی ۲۱۶، خط) می‌شود، شبکه‌ی موردنظرش را با مقیاس واقعی یا مقیاسی فرضی (← صفحه‌ی ۹۰۰ Drawing mode) رسم نماید. شاید بخواهید لوله را به صورت خطوط شکسته رسم کنید. این کار ناممکن نیست (← صفحه‌ی ۶۶، Bend)، شاید هم بخواهید لوله را از یک عنصر جدا کرده و به یک عنصر دیگر وصل کنید. در این صورت مجبور نیستید که لوله را پاک و مجدداً رسم نمایید (← صفحه‌ی ۶۷، Reconnect). نرم‌افزار می‌تواند تأسیسات نقطه‌ای مجاور را در هم ادغام کند (← صفحه‌ی ۸۲، Merge Nodes in close-proximity...)، یک عنصر را به یک لوله‌ی خاص وصل نماید (← صفحه‌ی ۸۸، Batch Pipe Split...) یا چند عنصر نقطه‌ای را در هم ادغام کند (← صفحه‌ی ۸۹۰، Batch Morph...).

## طراحی شبکه

قدرت و امکانات WaterGEMS در طراحی شبکه به اندازه‌ی نرم‌افزارهای اتوکدمینا (مانند AutoCAD یا AutoCAD Map) نیست. به همین خاطر برنامه‌های در نرم‌افزار تعبیه شده که کاربر را قادر می‌سازد شبکه‌ی طراحی‌شده‌ی را از محیط دیگری (در قالب‌های DXF یا SHP) به محیط نرم‌افزار فراخوانی کند (← صفحه‌ی ۷۳۵، Modelbuilder...). غیر از این، بانک‌های اطلاعاتی شبکه که در

قالب‌های \*.mdb یا \*.sqlite هستند را نیز می‌توان به نرم‌افزار فراخوانی کرد (← صفحه‌ی ۲۲۶، Import). یا اگر بخواهید می‌توانید از شبکه در قالب‌های DXF، EPANET یا در قالب بانک‌های اطلاعاتی خروجی گرفته و آن را در یک فایل ذخیره کنید (← صفحه‌ی ۲۲۷، Export). برای سهولت بیشتر، برای شبکه‌ی شبیه‌سازی شده تصویر پس‌زمینه (مثلاً عکس هوایی از منطقه) قرار دهید (← صفحه‌ی ۶۷۱، Background Layers). پس از فراخوانی شبکه یا رسم آن، باید اطلاعات مورد نیاز طراحی را به عناصر و تأسیسات شبکه افزود. برای اختصاص رقوم ارتفاعی به عناصر نقطه‌ای از برنامه‌ی Trex (← صفحه‌ی ۷۶۴، Trex...) کمک بگیرید. جهت چندضلعی‌سازی - برای مشخص کردن محدوده‌های تحت پوشش هر گره - از برنامه‌ی Thiessen Polygon استفاده می‌شود (← صفحه‌ی ۸۵۲، Thiessen Polygon...) و برای اختصاص دبی به هر گره از برنامه‌ی LoadBuilder (← صفحه‌ی ۸۴۳، LoadBuilder...) پس از تکمیل اطلاعات شبکه و خطایابی و رفع گیر قبل از اجرای شبکه (← صفحه‌ی ۵۶۸، Validate) نوبت به طراحی اقطار لوله‌های شبکه می‌رسد. نرم‌افزار در این‌جا دست به دامن جناب داروین شده و مطابق الگوریتم وراثت - که ریشه در نظریه‌ی تکامل تدریجی دارد - نسبت به ارائه‌ی بهترین جواب اقدام می‌کند. به این ترتیب که برنامه‌ی قدرتمند Darwin Designer را در اختیار کاربر قرار می‌دهد تا بهترین (بهینه‌ترین) اقطار را برای شبکه طراحی کند (← صفحه‌ی ۳۸۹، Darwin Designer...). اکنون می‌توانید برنامه را اجرا کرده (← صفحه‌ی ۵۶۹، Compute) و خروجی‌های آن را مشاهده کنید (← صفحه‌ی ۷۰۰، FlexTables) یا گزارش تهیه نمایید (← صفحه‌ی ۹۰۹، سربرگ Report) یا مقطع عرضی متغیرهای شبکه (مانند HGL، فشار، دبی و ...) را رسم کنید (← صفحه‌ی ۷۱۸، Profiles) یا منحنی‌های هم‌ارز متغیرهایی مانند رقوم ارتفاعی را ترسیم نمایید (← صفحه‌ی ۷۲۱، Contours) یا اصلاً شبکه را بر اساس متغیرهای دلخواه رنگ‌آمیزی کرده و اندازه‌ی عناصر و نوشته‌های داخل صفحه‌ی کار را تغییر دهید (← صفحه‌ی ۶۵۹، Element Symbology).

## بهره‌برداری شبکه

ممکن است کاربر بخواهد بدون آن‌که وضعیت سابق شبکه را از دست داده باشد، تغییری در آن ایجاد کند (کم و زیاد کردن عناصر یا تغییر در مشخصات فنی عناصر شبکه) و وضعیت جدیدی ایجاد نماید. در این صورت ساختار Scenarios/Alternatives در خدمت اوست (← صفحه‌ی ۲۴۵، Scenarios/Alternatives). برنامه‌ای به نام Scenario Comparison وجود دارد که وظیفه‌اش مقایسه‌ی دو سناریو است و می‌تواند اختلاف داده‌های ورودی سناریوهای مختلف را مشخص کند (← صفحه‌ی ۸۷۲، Scenario Comparison...). سن آب از لحظه‌ی خروج از یک نقطه تا لحظه‌ی رسیدن

به یک نقطه‌ی دیگر توسط نرم‌افزار قابل محاسبه است [صفحه‌ی ۲۶۱، سناریو برای تحلیل کیفی آب (سن)]. می‌توانید مشخص کنید مقدار آب برداشتی هر گره مربوط به چه مخزنی است [صفحه‌ی ۲۶۷، سناریو برای تحلیل کیفی آب (ردیابی)]. کلر یا هر ماده‌ی محلول باقیمانده‌ی دیگری در هر گره قابل محاسبه است [صفحه‌ی ۲۶۹، سناریو برای تحلیل کیفی آب (کلر باقیمانده)]. یا اصلاً می‌خواهید ردیابی و سنجش مقدار ماده‌ی محلول باقیمانده را برای کل عناصر شبکه و برای تمامی زمان‌ها یکجا محاسبه کنید (صفحه‌ی ۵۰۱، Water Quality Batch Run).

نرم‌افزار برنامه‌ای دارد تا کاربر بتواند برای عملکرد تأسیسات شبکه شرط منطقی تعریف کند؛ مثلاً در صورتی که فلان مخزن تعادلی پر شود، بهمان تلمبه خاموش شود، یا اگر برداشت آب از یک گره بیش‌تر از مقدار مشخصی باشد، فلان لوله وارد مدار شبکه شود. به این منظور از برنامه‌ی Controls استفاده کنید (صفحه‌ی ۵۷۱، Controls...)، شبکه را مطابق دلخواه پهنه‌بندی کنید (صفحه‌ی ۵۸۶، Zones...) یا شبکه را بر حسب فشار پهنه‌بندی کنید (صفحه‌ی ۴۸۷، Pressure Zone...). برای متغیرهای شبکه (مانند مصرف گره‌ها) الگو تعریف کنید (صفحه‌ی ۶۱۱، Patterns...). برداشت آب از گره‌ها را به نحوی تعریف کنید که وابسته به فشار در آن گره باشد؛ یعنی در صورتی که فشار در یک گره افت کند، دبی برداشتی نیز افت نماید (صفحه‌ی ۶۱۷، Pressure Dependent Demands/Functions...) یا برداشت آب از گره‌ها را به نحوی تعریف کنید که مستقل از فشار باشد و کم یا زیاد شدن فشار در یک گره، تأثیری بر برداشت آب از آن گره نداشته باشد (صفحه‌ی ۸۶۵، Demand Control Center...). شبکه غالباً در دو حالت عمل می‌کند: حالت جریان ثابت و یکنواخت (صفحه‌ی ۲۹۵، Steady State) یا جریان غیریکنواخت که دبی با گذر زمان تغییر می‌کند (صفحه‌ی ۲۹۵، EPS). حالت سومی هم هست که بینابین این دو حالت است (صفحه‌ی ۲۹۵، EPS Snapshot).

فرض کنید شبکه‌ای طراحی شده، اجرا شده و در حال حاضر در دست بهره‌برداری است. این شبکه را در نرم‌افزار شبیه‌سازی کرده‌ایم. خروجی‌های آن در زمان اجرا با آنچه در واقعیت اندازه‌گیری می‌شود مغایرت دارد (مثلاً فشار در یک گره در شبکه‌ی شبیه‌سازی شده با فشار در همان گره در واقعیت یکی نیست). می‌خواهید علت را پیدا کرده و آن را اصلاح کنید. به عمل پیدا کردن اختلاف و اصلاح آن، عملیات اصلاح و انطباق (Calibration) گفته می‌شود (صفحه‌ی ۳۵۵، Darwin Calibrator...). این دومین برنامه‌ی قدرتمندی است که بر مبنای الگوریتم وراثت نوشته شده است. نرم‌افزار عمل تحلیل عملیات تخلیه و شستشوی شبکه را هم انجام می‌دهد (صفحه‌ی ۴۴۶، Flushing...). محاسبه‌ی حجم آب عبوری از لوله در یک بازه‌ی زمانی خاص را هم بسپارید به نرم‌افزار (صفحه‌ی ۲۹۸، Totalizing Flow Meters). نرم‌افزار تحلیل آتش‌نشانی روی



شیرهای آتش‌نشانی و گره‌ها را هم انجام می‌دهد (← صفحه‌ی ۲۷۲، سناریو برای تحلیل مصارف آتش‌نشانی). تحلیل شرایط بحرانی - که قسمتی از شبکه در آن دچار قطعی آب می‌گردد- از دیگر هنرهای نرم‌افزار است (← صفحه‌ی ۴۶۲، Criticality...). تحلیل شکستگی و اتفاقات لوله‌ها و پیش‌بینی وضعیت آینده‌ی آن‌ها نیز به کمک WaterGEMS انجام می‌شود (← صفحه‌ی ۵۳۵، Pipe Break...). نرم‌افزار می‌تواند بر اساس شکستگی لوله‌ها، شرایط بحرانی لوله‌ها و توانایی تأمین آب در شرایط آتش‌نشانی، نسبت به اظهارنظر در خصوص وضعیت لوله و اولویت اصلاح و بازسازی آن لوله اظهار نظر کند (← صفحه‌ی ۵۴۵، Pipe Renewal Planner...).

در صورتی که شبکه به سامانه‌ی SCADA مجهز باشد، می‌توانید داده‌های دریافتی از سامانه‌ی مذکور را به محیط WaterGEMS منتقل کنید (← صفحه‌ی ۵۸۷، SCADA Signals...). طراحان نرم‌افزار یک بسته‌ی مجزا طراحی کرده‌اند تا کاربر بتواند به صورت مستقل با SCADA کار کند و نیازی به یادگیری پیچیدگی‌های WaterGEMS نداشته باشد (← صفحه‌ی ۷۷۳، SCADA Connect Simulator). برنامه‌ای در نرم‌افزار وجود دارد که می‌تواند شبکه را ساده‌سازی کند و استخوان‌بندی شبکه را درآورد (← صفحه‌ی ۷۹۷، Skelebrator Skeletonizer). علاوه بر این نرم‌افزار قادر است منحنی دبی- فشار را برای هر گره رسم نماید تا مشخص شود که برداشت مقدار مشخصی آب از هر گره چه تأثیری بر کاهش فشار در محل آن گره خواهد گذاشت (← صفحه‌ی ۳۰۰، Hydrant Flow Curves). ارتباط بین دبی هوای عبوری از شیر هوا و فشار در نقطه‌ی نصب آن توسط منحنی شیر هوا ایجاد می‌گردد (← صفحه‌ی ۶۴۹، Air Flow Curves...). شبکه را می‌توان خارج از نرم‌افزار در گوشی‌های همراه و Tablet‌ها و iPadها هم مشاهده کرد (← صفحه‌ی ۲۳۲، Publish Map Mobile i-model).

## تلمبه

می‌خواهید برای شبکه تلمبه انتخاب کنید. طراحی و انتخاب تلمبه‌ی مناسب را بسپارید به WaterGEMS (← صفحه‌ی ۱۵۸، طراحی تلمبه). تلمبه‌ی دور ثابت می‌خواهید یا دور متغیر؟ (← صفحه‌ی ۱۴۹، Is Variable Speed Pump?). رسم منحنی مشخصه‌ی تلمبه و منحنی مشخصه‌ی شبکه هم از قابلیت‌های دیگر نرم‌افزار است (← صفحه‌ی ۳۰۲، System Head Curves). می‌خواهید برنامه‌ای برای روشن و خاموش شدن تلمبه‌های شبکه در طول شبانه‌روز بچینید تا بهترین نتیجه با کمترین مصرف انرژی حاصل شود. این برنامه‌ریزی را هم به برنامه‌ی قدرتمند Darwin Scheduler (← صفحه‌ی ۴۲۳، Darwin Scheduler...) بسپارید که سوئینگ برنامه‌ای است که براساس نظریه‌ی تکامل تدریجی و الگوریتم وراثت عمل می‌کند. محاسبات انرژی مصرف‌شده توسط تلمبه‌ها یا انرژی ذخیره‌شده در مخازن تعادلی نیز قابل محاسبه است (← صفحه‌ی ۳۱۱، Scenario Energy Cost...). ایضاً (← صفحه‌ی ۳۳۲، Energy Management).

## ور رفتن با عناصر شبکه

می‌رسیم به نحوه‌ی انتخاب عناصر در صفحه‌ی کار نرم‌افزار: به کمک رسم یک چندضلعی بسته می‌توان عناصر داخل محیط بسته را به حالت انتخاب درآورد (← صفحه‌ی ۲۴۰، Select By Polygon). فهرست کردن عناصر با یک ویژگی مشترک هم توسط نرم‌افزار انجام می‌شود (← صفحه‌ی ۶۷۶، Network Navigator). انتخاب چند عنصر تحت یک نام مشترک و ذخیره‌ی آن‌ها تحت همین نام برای استفاده‌های آتی (← صفحه‌ی ۶۸۸، Selection Sets). برای بزرگ‌نمایی احتیای مختلف از Zoom کمک بگیرید (← صفحه‌ی ۷۲۸، Zoom). تغییر در ابعاد و اندازه‌ی عناصر در زمان نمایش در صفحه‌ی کار نرم‌افزار هم چاره دارد (← صفحه‌ی ۹۰۰، سربرگ Drawing). برای این که در صفحات مشخصات فنی هر عنصر، مقادیر پیش‌فرض توسط کاربر تعریف شود هم راهی وجود دارد (← صفحه‌ی ۶۹۵، Prototypes). جهت تغییر یکای واحدهای اندازه‌گیری باید به گزینه‌ی Options ذیل سربرگ Tools مراجعه کنید (← صفحه‌ی ۹۰۲، سربرگ Units). شاید کاربر نیاز داشته باشد علاوه بر سربرگ‌هایی که ذیل هر صفحه‌ی مشخصات فنی تعریف شده، سربرگ دیگری به دلخواه تعریف کند. مثلاً یک سربرگ حاوی اطلاعات مرتبط با جنس زمین محل حفاری برای مشخصات فنی لوله ایجاد کند. این امکان هم در نرم‌افزار پیش‌بینی شده است (← صفحه‌ی ۸۸۱، UserData Extensions...). هر آنچه و بیش‌تر از هر آنچه که یک مهندس طراح یا مهندس بهره‌بردار به آن نیاز دارد، در این نرم‌افزار پیش‌بینی شده است. مشخصات فیزیکی سیال (شامل نوع سیال، لزجت، چگالی و ...) نیز قابل تعریف و تغییر است (← صفحه‌ی ۲۹۶، سربرگ Hydraulics). همین مانده که تأثیر ماه بر جذر و مد آب موجود در داخل مخازن و تغییر ارتفاع آن هم در نرم‌افزار گنجانده شود. دست بر قضا آن هم گنجانده شده و می‌توانید تأثیر جذر و مد را در زمان‌های مختلف بر ارتفاع آب داخل مخازن در محاسبات دخیل نمایش دهید (← صفحه‌ی ۸۱۲، Hydraulic Grade Pattern). خلاصه این که حجت تمام است و هیچ بهانه‌ای برای کسی در عدم استفاده از WaterGEMS وجود ندارد.



تصویر ۱۲

WaterGEMS همان غول چراغ جادوی افسانه‌هاست که به طرز حیرت‌آوری واقعی شده و در دست علاءالدین قرار گرفته تا آرزوهای ذهنی‌ش را عینی سازد.