Review and Evaluation of Water Distribution Hydraulic and Quality Analysis Softwares

Hamidiye - Ahari, N., Msc., Environmental Eng., Iran University of Science and Technology

Afshar, A., Prof., Dept. of Civil Eng., Iran University of Science and Technology, Tehran

Abstract

In this paper, four packages that are capable of both hydraulic and water quality analysis in water distribution networks are evaluated and their relative merits are highlighted. In recent years due to advances in computational as well as modeling technology, the potential applications of the newly developed models have been greatly expanded. Water system engineers will surely benefit from proper employment of such technologies.

To select an appropriate model to be used in practical projects, it is essential to define model selection criteria that are based on present as well as future needs. In this paper, some of these criteria such as hydraulic analysis capability, hydraulic simulation characteristics, water quality modeling capabilities, software structure, database information management, and graphical capabilities are evaluated for CYBERNET, EPANET, KYPIPES and H_2ONET Softwares.

بررسی و ارزیابی نرم‌افزارهای تحلیل کمی و کیفی شبکه‌های توزیع آب

ناصر حمیدیه اهری * عباس افشار **

چکیده

در این مقاله چهار نرم‌افزار با قابلیت تحلیل هیدرولیکی و کیفی شبکه‌های توزیع آب مورد بررسی قرار می‌گیرند و اطلاعاتی در مورد برنامه‌ها و نرم‌افزارهای نسبتاً جدید شبکه ارائه می‌گردد. در سال‌های اخیر فن‌آوری‌های متعددی به وجود آمده‌اند که با تلفیق آنها با یکدیگر پتانسیل کاربردی چنین مدل‌هایی در تسهیل امر مدل‌سازی به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. با به کار بردن صحیح چنین فن‌آوری‌هایی از فواید آنها در کاربری‌های سیستم‌های آب برخوردار خواهیم بود.

برای انتخاب یک مدل برای استفاده در پروژه‌های عملی و کاربردی لازم است که معیارهایی بر اساس نیازهای فعلی و آینده احتمالی، تعیین و به صورت ملاک‌هایی در انتخاب مدل مناسب در آیند. برای همین منظور در این مقاله معیارهایی از قبیل قابلیت‌های تحلیل هیدرولیکی، ویژگی‌های شبیه‌سازی هیدرولیکی، قابلیت‌های مدل‌سازی کیفی آب، ساختار نرم‌افزاری، مدیریت سیستم بانک اطلاعاتی و قابلیت‌های گرافیکی انتخاب شده و برای چهار مدل CYBERNET، EPANET، KYPIPE3 و H_2ONET مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

مقدمه

مدل‌های کامپیوتری تحلیل سیستم‌های توزیع آب به صورت یک فن‌آوری معتبر، کارآمد و قابل اطمینان در پیش‌گویی رفتار سیستم برای دامنه وسیعی از بارهای مصرف و شرایط مختلف عملکردی سیستم در آمده است. این مدل‌ها با استفاده از قوانین بقای جرم و انرژی و با توجه به مشخصات سیستم، فشار و جریان را در شرایط عملکردی مختلف سیستم تعیین می‌کنند. با توجه به قابلیت پیش‌گویی که این مدل‌ها دارا هستند، از آنها به عنوان ابزار قوی برای ارزیابی حساسیت سیستم در قبال اعمال شیوه‌های مختلف مدیریتی استفاده می‌شود.

در سال‌های اخیر فن‌آوری‌های متعددی به وجود آمده‌اند که با تلفیق این فن‌آوری‌ها با یکدیگر، پتانسیل کاربردی مدل‌های کامپیوتری در تسهیل امر مدل‌سازی سیستم‌های توزیع آب به میزان قابل توجهی گسترش یافته است. از جمله

*- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علم و صنعت ایران

**- استاد دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

رهیافت‌ها و پیشرفت‌ها در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- به وجود آمدن کامپیوترهای قویتر و الگوریتم‌های حل سریع‌تر در مدل‌های هیدرولیکی، محدودیت اندازه شبکه و تعداد لوله‌ها و گره‌ها را از بین می‌برند.

- در حال حاضر با استفاده از فن‌آوری‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، بانک‌های اطلاعاتی (DB) و نقشه کشی کامپیوتری (CAD) وارد نمودن داده‌ها و ویژگی‌های المان‌ها و اجزای شبکه برای مدل تسهیل یافته و قادر به ارائه نقشه‌های مهندسی با کیفیت بالا و در اندازه‌های متنوع به وسیله کامپیوتر هستیم.

- سیستم‌های کامپیوتری گرافیکی به کاربر این امکان را می‌دهد که به راحتی با شبکه در ارتباط بوده و صحت و سقم داده‌های ورودی را بررسی نموده و با توجه به امکان بررسی گرافیکی نتایج تحلیل شبکه، درک بهتری از نتایج تحلیل شبکه داشته باشد.

با به کاربردن صحیح این فن‌آوری‌ها می‌توان از فواید آنها در کاربری‌های سیستم‌های آبی برخوردار گردید. از جمله این فواید می‌توان به بالا رفتن کارآیی‌های مدل‌سازی، ارتباط بیشتر با سایر رشته‌های مهندسی و کاهش چشمگیر در زمان و تسهیل مراحل جمع‌آوری و ذخیره اطلاعات مورد نیاز سیستم‌های آبی اشاره نمود.

با توجه به مطالبی که در این بخش ارائه گردید، در قسمت‌های بعدی چهار نرم‌افزار معروف و معتبر تحلیل شبکه آب مورد بررسی و ارزیابی قرار خواهند گرفت که شامل نرم‌افزارهای CYBERNET، EPANET، KYPIPE3 و H_2ONET می‌باشند. این ارزیابی شامل موارد مختلفی از قبیل قابلیت‌های هیدولیکی، ویژگی‌های شبیه‌سازی هیدرولیکی، قابلیت‌های تحلیل کیفی آب، مدیریت سیستم بانک اطلاعاتی، قابلیت‌های گرافیکی مدل و سیستم عامل می‌باشد.

معرفی نرم‌افزارهای تحلیل شبکه

CYBERNET:

این نرم‌افزار از الگوریتم عددی به کار گرفته شده در مدل KYPIPE2 برای حل شبکه استفاده می‌کند. این مدل از امکانات گرافیکی قوی برای وارد نمودن اطلاعات شبکه برخوردار بوده و قابلیت دریافت ورودی‌ها از محیط اتوکد را نیز دارا می‌باشد. این مدل قابلیت ردیابی آب از مخازن مختلف را داشته و می‌تواند در هرگره میزان آبی که از یک مخزن خاصی به آن‌گره رسیده را تعیین نماید. با وجود این قابلیت‌ها، این مدل تنها قادر به شبیه‌سازی کیفی جریان‌های ماندگار می‌باشد و قابلیت شبیه‌سازی کیفیت آب به صورت دینامیکی را ندارد.

EPANET:

به عنوان یکی از قوی‌ترین نرم‌افزارهای تحلیل کمی و کیفی شبکه‌های توزیع آب می‌باشد که توسط آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده عرضه شده است. این نرم‌افزار قادر به تحلیل کمی - کیفی جریان‌های ماندگار و شبیه‌سازی پریود تداوم یافته (EPS) در شبکه‌های توزیع آب می‌باشد. آخرین نسخه آن در مارس ۱۹۹۳ در سمینار AWWA ارائه گردیده و در حال حاضر به عنوان یک نرم‌افزار استاندارد در این زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

KYPIPE3:

نسخه جدید KYPIPE می‌باشد که در دانشگاه کنتاکی [1] توسعه یافته است. نسخه اصلی KYPIPE حدود ۲۱ سال پیش نوشته شده و به صورت گسترده‌ای در صنعت مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گرفته است. از قابلیت‌های جدیدی که در نسخه جدید دیده می‌شود می‌توان به یک محیط جدید شبیه محیط ویندوز برای ایجاد دامنه گسترده‌ای از خواسته های مدل‌سازی هیدولیکی و کیفی شبکه آب اشاره نمود. KYPIPE3 شبیه‌سازی کیفی آب را برای حالت‌های جریان ماندگار و شبه دینامیکی [2] انجام می‌دهد.

H_2ONET:

H_2ONET یک نرم‌افزار گرافیکی با ویژگی‌های کاربردی بالا می‌باشد که توسط Montgomery Watson توسعه یافته است

1- Kentucky 2- Quasi Dynamic

و با استفاده از موتورهای محاسباتی تحلیل هیدرولیکی و کیفی EPANET در محیط اتوکد تحت ویندوز اجرا می‌گردد. علاوه بر قابلیت‌های EPANET قابلیت‌های محیط اتوکد را نیز دارا می‌باشد. H2ONET شامل یک محیط مدیریت بانک اطلاعاتی است که توابع مربوط به محیط‌های صفحه‌گسترده[1] نیز در آن فعال بوده و قابلیت انتقال داده‌ها به محیط‌های دیگر و برعکس را دارا می‌باشد.

معیارهای انتخاب مدل :

برای انتخاب یک مدل برای استفاده در پروژه‌های عملی و کاربردی لازم است که معیارهایی بر اساس نیازهای فعلی و آینده احتمالی کاربر تعیین گردند و به صورت ملاک‌هایی در انتخاب مدل در آیند. برخی از این معیارها که می‌توانند در انتخاب یا عدم انتخاب یک مدل به عنوان یک عامل مؤثر در آیند عبارتنداز : قابلیت‌های تحلیل هیدرولیکی، ویژگی‌های شبیه‌سازی هیدرولیکی، قابلیت‌های مدل‌سازی کیفی آب، ساختار نرم‌افزاری، مدیریت سیستم بانک اطلاعاتی، قابلیت‌های گرافیکی مدل و سیستم عامل. در زیر به بررسی این معیارها و دلایل انتخاب آنها به عنوان معیار در انتخاب مدل مناسب پرداخته می‌شود.

قابلیت‌های تحلیل هیدرولیکی

الگوریتم تحلیل شبکه که بیانگر رفتار هیدرولیکی سیستم است با یکی از دو روش معمول صورت می‌گیرد. این روش‌ها عبارتنداز :

۱- روش حلقه‌ای (یا جریان نامعلوم در لوله‌ها)

۲- روش گرهی (گرادیان مجهول در گره‌ها)

چندین الگوریتم برای به اجرا در آوردن و به‌کاربردن این الگوریتم‌ها ابداع شده و امروزه به طور وسیع به‌کار گرفته می‌شود. ثبات و قابلیت اعتماد الگوریتم به‌کار برده شده در مدل برای تحلیل هیدرولیکی سیستم شبکه توزیع آب اهمیت زیادی داشته و در انتخاب مدل بایستی توجه خاصی به این امر گردد. معمولاً جواب‌های به دست آمده از الگوریتم‌های حلقه‌ای دارای دقت بیشتری هستند. در حالی که الگوریتم‌های روش گرهی از سرعت بالاتری برخوردارند ولی دقت آنها از روش اول کمتر می‌باشد. برخی از نرم‌افزارهای کامپیوتری که الگوریتم خاصی را مورد استفاده قرار می‌دهند، ممکن است تحت شرایط خاصی به همگرایی نرسند یا منجر به نتایج اشتباه یا دقت‌کم شوند. عدم دستیابی به یک حل و جواب برای سیستم در اثر محدودیت‌های اعمال شده در نرم‌افزار یک عیب و نقص عمده برای آن به شمار می‌رود. ولی عدم تشخیص حل ضعیف سیستم به دلیل طراحی و مدیریت ضعیف شبکه توزیع آب مشکلی بزرگتر محسوب می‌شود.

مقایسه جامعی از قابلیت اعتماد و شکل‌گیری الگوریتم‌های تحلیل شبکه قبلاً توسط وود و رایز[2] گزارش شده است [۶]. مطالعه مذکور بانک اطلاعاتی وسیعی از شبکه‌های موجود توزیع آب به حساب می‌آید. نتیجه مطالعات ایشان تأیید کننده روش و الگوریتم حلقه‌ای در تمام موارد با قابلیت اعتماد بالا و جواب‌های دقیق‌تر در همه موارد آزمایش شده نسبت به روش گرهی می‌باشد. به علاوه در همین گزارش اشاره شده که سرعت همگرایی روش گرهی به شدت متأثر از مقادیر اولیه انتخاب شده می‌باشد و رفتار لوله‌های با مقاومت اندک (مثلاً لوله‌های با طول کوتاه و قطر بالا) را به خوبی نشان نمی‌دهد. چنین نتیجه گیری در گزارش نیلسن[3] و آلتمن و بولوس[4] نیز قابل مشاهده است [۲].

ویژگی‌های شبیه‌سازی هیدرولیکی

ویژگی‌های شبیه‌سازی به چارچوب زمانی بر می‌گردد که در آن، شبکه مدل شده و مورد شبیه‌سازی قرار می‌گیرد. همه مدل‌های هیدرولیکی شبکه قادر به انجام شبیه‌سازی برای حالت ماندگار می‌باشند و چنین حالتی نشان‌دهنده تصویری از خصوصیات شبکه مانند فشار، جریان، ارتفاع‌های عملکردی پمپها و ... در یک لحظه زمانی و بدون تغییر در پارامترهای سیستم می‌باشد. در مقابل این نوع شبیه‌سازی، شبیه‌سازی دیگری نیز هست که به شبیه‌سازی پریود تداوم یافته (EPS) موسوم بوده و امکان ارزیابی پارامترهای مختلف شبکه را با

1- Spread Sheet
2- Wood & Rayes
3- Nielsen
4- Altman & Boulos

زمان میسر می‌سازد. چنین تحلیلی برای ارزیابی دینامیکی کیفیت آب و شکل‌گیری تانک‌های ذخیره برای جواب‌گویی به مصارف شیرهای آتش‌نشانی، زمان‌بندی کارکرد پمپ‌ها یا به کاربردن یک الگوی مصرف ۲۴ ساعته ضروری است. البته چنین تحلیلی لزوماً با حل تطابقی شبیه‌سازی‌های حالت‌های ماندگار متعدد برای سری‌های زمانی با گامهای زمانی قابل تعریف و پارامترهای متغیر نظیر سطح آب در تانک ذخیره، عامل مصرف آب، نرخ خروجی منبع آب، زمان‌بندی پمپ‌ها و غیره، شکل می‌گیرد و قادر به شبیه‌سازی پدیده‌های دینامیکی می‌گردد.

قابلیت‌های مدل‌سازی کیفی آب

امروزه قابلیت ارزیابی کیفی آب در لوله‌های سیستم توزیع به عنوان یک توجه کلیدی در انتخاب مدل مورد نظر برای تحلیل شبکه از سوی کاربران چنین مدل‌هایی به شمار می‌رود. نرم‌افزارهایی که قابلیت مدل‌سازی کیفی آب را دارند، از نتایج تحلیل هیدرولیکی بر اساس یک شبیه‌سازی دینامیکی استفاده نموده و با به‌کار بردن زیر برنامه‌های تحلیل کیفی آب، حرکت و تغییرات مواد موجود در آب را شبیه‌سازی می‌کنند. در حالت ایده‌آل مدل‌های کیفی آب باید قابلیت‌های زیر را دارا باشند :

- دینامیک باشند.
- در تک تک گره‌ها، زمان ماند و درصد باقیمانده مواد مختلف موجود در آب از قبیل کلر و ... را تعیین کنند.
- بتوانند مواد ماندگار از منبع تا هر یک از گره‌های سیستم را ردیابی کنند.
- قابلیت پیش‌گویی نحوه انتشار مواد محلول در سیستم را داشته باشند.
- نرخ واکنش و زوال مواد غیر ماندگار، هم در توده آب و هم جداره‌های لوله، قابل اصلاح و تغییر توسط کاربر باشد.

استفاده از مدل‌هایی که قابلیت تحلیل کیفی آب را دارا می‌باشند می‌توانند در مواد زیر برای تحلیل‌گران شبکه‌های توزیع آب مفید فایده واقع شود :

- پیش‌گویی مسائل تنزل کیفیت آب.
- تأیید واسنجی مدل شبکه هیدرولیکی.
- طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری کیفیت آب.
- بهینه‌سازی فرایند گندزدایی آب شهری.
- ارزیابی اثرات برنامه‌های توسعه تانک‌های ذخیره و شبکه توزیع بر کیفیت آب.
- استفاده از تسهیلات کلرزنی مجدد در محل.
- تعیین میزان موادگندزدای باقیمانده در محل گره‌ها.
- تصمیم‌گیری در امر تعمیر، نگه‌داری و احیای سیستم‌های موجود.
- ارزیابی راهکارهای مختلف مدیریت برای نگه‌داری یا بهبود وضعیت کیفی آب در سیستم.

ساختار نرم‌افزاری

از دیگر مواردی که به هنگام انتخاب یک مدل به آن توجه می‌شود، ساختار نرم‌افزاری مورد استفاده در مدل و امکانات و ابزاری است که در محیط استفاده از نرم‌افزار، در اختیار کاربر قرار می‌گیرند. این مورد از اجزایی نظیر زبان برنامه نویسی به کاربرده شده در مدل، در دسترس بودن متن اصل برنامه، پتانسیل تغییرات و گسترش برنامه، پتانسیل ارتباط با بانک‌های اطلاعاتی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه کشی کامپیوتری و سایر سیستم‌های اطلاعاتی کامپیوتری موجود در سایر سیستم‌های هیدرولیکی تشکیل شده است.

مدیریت سیستم بانک اطلاعاتی

این فن‌آوری نسبتاً جدید به صورت گسترده‌ای در مدل‌سازی کامپیوتری سیستم‌های هیدرولیکی کاربرد پیداکرده است. بانک‌های اطلاعاتی مورد استفاده در مدل‌سازی شبکه، از چندین سیستم بانک اطلاعاتی تشکیل شده که ویژگی‌های عملکردی، طراحی و مشخصات فیزیکی کلیه اجزای سیستم‌های هیدرولیکی از قبیل لوله‌ها، گره‌های تقاطع، پمپ‌ها، شیرها، ارتفاع طبیعی زمین، تانک‌های ذخیره هوایی، کاربری آب و ... را نشان می‌دهند. بانک‌های اطلاعاتی سیستم‌های هیدرولیکی می‌توانند شامل بانک‌های اطلاعاتی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه کشی کامپیوتری، سیستم‌های

اطلاعات مصرف کننده‌ها، سیستم‌های ردیابی کیفیت‌های نامطلوب آب در سیستم، سیستم مدیریت اطلاعات آزمایشگاهی، سیستم‌های اطلاعات عملکردی شبکه، سیستم‌های نگهداری و مدیریت انرژی باشند که قابلیت دسترسی به چنین سیستم‌هایی در مراحل مختلف طراحی، راهبری و نگهداری سیستم، کارآیی و قابلیت اعتماد سیستم را در مراحل فوق بالا خواهد برد.

قابلیت‌ها و تسهیلات گرافیکی

در اختیار داشتن ابزار گرافیکی برای برقراری ارتباط با داده‌های مدل را می‌توان به عنوان یکی از نیازهای اساسی مدل‌های قوی در زمینه شبیه‌سازی شبکه‌های توزیع آب دانست. این قابلیت‌ها برای نمایش پلان شبکه و اطلاعات تحلیل شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. اغلب برنامه‌های تحلیل شبکه‌های آب که در گذشته مورد استفاده قرار می‌گرفتند، فاقد چنین امکانات و ابزاری بوده و لذا برای بیان نتایج حاصل از اجرای مدل و ارزیابی سناریوهای مختلف عملکردی می‌بایست به خروجی‌هایی به صورت متن و یا جدول مراجعه می‌شد و در نتیجه این امر به یک عمل زمان‌بر تبدیل شده و همواره احتمال خطا و اشتباه در آن زیاد بود. این در حالی است که با داشتن امکانات گرافیکی می‌توان اطلاعات ورودی و نتایج حاصل از اجرای مدل را به صورتی کاملاً گویا روی نقشه‌ها و نمودارهای متفاوتی به تصویر کشیده و در مدت زمان کمتری به تحلیل شبکه و مقایسه سناریوهای مختلف روی شبکه پرداخت. همچنین با به‌کار بردن چنین ابزاری امکان خطا و اشتباه در تحلیل و بیان نتایج به شدت کاهش یافته و به راحتی می‌توان به وجود داده‌های غلط در مرحله مدل‌سازی پی برد.

مقایسه مدل‌های انتخاب شده

قابلیت‌های تحلیل هیدرولیکی

CYBERNET و KYPIPE3 از الگوریتم حلقه‌ای و EPANET و H2ONET (به تبع EPANET) از یک روش ترکیبی برای تحلیل شبکه استفاده می‌نمایند. هر چهار مدل انتخاب شده در این مقاله از الگوریتم‌های معتبر و قابل اعتمادی برخوردارند. ولی الگوریتم‌های EPANET و H2ONET به عنوان الگوریتم‌های سریع ارزیابی شده‌اند. اگر چه دو مدل دیگر نیز دارای الگوریتم‌های با سرعت کافی برای حل شبکه‌های متوسط می‌باشند ولی برای تحلیل سناریوهای متنوع کند بوده و نارسایی‌هایی در این زمینه دارند. هر چهار مدل قادر به شبیه‌سازی کلیه ابزار هیدرولیکی مورد استفاده در شبکه‌های آب می‌باشند.

ویژگی‌های شبیه‌سازی هیدرولیکی

هر چهار مدل انتخاب شده قادر به تحلیل جریان‌های ماندگار و شبیه‌سازی پریود تداوم یافته می‌باشند. در تعریف منحنی‌های مصرف CYBERNET و KYPIPE3 تعداد این منحنی‌ها را به چهار عدد محدود نموده در صورتی که در EPANET و H2ONET تعداد منحنی‌های تعریف شده برای یک شبکه، محدودیتی ندارد. همچنین در CYBERNET و EPANET و KYPIPE3 برای هر گره در هر بار اجرای مدل می‌توان تنها یکی از این منحنی‌ها را تخصیص داد. در حالی که H2ONET می‌تواند در یک بار اجرای مدل، بیش از یک منحنی رابرای هر گره در نظر بگیرد.

قابلیت‌های تحلیل کیفی آب

هر چهار مدل، قابلیت تحلیل کیفیت آب در حالت جریان ماندگار را دارا می‌باشند. KYPIPE3 علاوه بر حالت ماندگار برای جریان در حالت شبه دینامیکی که یک حالت میانگین زمانی است قادر به انجام محاسبات کیفیت آب می‌باشد. EPANET و H2ONET (به تبعیت EPANET) نیز قابلیت تحلیل دینامیکی کیفیت آب را دارا می‌باشند و از این نظر، برای انجام تحلیل‌های کیفیت آب مناسب هستند.

ساختار نرم‌افزاری

از چهار مدل مورد بحث تنها متن اصل برنامه برای EPANET در دسترس عموم بوده و لذا امکان اصلاح، اضافه نمودن قابلیت‌ها و ایجاد تغییرات لازم تنها برای این مدل موجود می‌باشد و برای سه مدل دیگر نمی‌توان چنین مزیتی را قایل شد.

CYBERNET و EPANET و ماجول‌های مربوط به موتورهای محاسباتی H2ONET به زبان برنامه‌نویسی C، KYPIPE3 به زبان فورترن[1] و ماجول اصلی H2ONET به زبان C++ نوشته شده‌اند.

مدیریت سیستم اطلاعات

CYBERNET دارای یک سیستم بانک اطلاعاتی ضعیف می‌باشد که به جز اطلاعات مربوط به اعضای گرافیکی، اضافه نمودن، اصلاح و حذف سایر موارد اطلاعاتی در این محیط صورت می‌گیرد و به علاوه در این محیط تنها صفحه کلید فعال می‌باشد.

در مدل EPANET اطلاعات ورودی اصلی مربوط به شبکه در یک فایل متنی که توسط کاربر ایجاد می‌شود ذخیره گشته و نتایج شبیه‌سازی برای دسترسی‌های سریعتر و راحت‌تر در یک فایل صفر و یک (Binary) ذخیره می‌گردد.

اطلاعات پایه از قبیل اطلاعات گره‌ها و لوله‌ها که برای شکل‌گیری مدل KYPIPE3 لازم هستند را می‌توان از محیط‌های اطلاعاتی نظیر GIS، اتوکد و محیط‌های صفحه گسترده وارد نمود.

از بین چهار مدل انتخاب شده در این مقاله می‌توان گفت که H2ONET از نظر مدیریت بانک اطلاعاتی مناسب‌تر و جامع‌تر از سه مدل دیگر عمل می‌نماید و قابلیت کاربرد در زمینه‌های مختلف فنی و مهندسی را دارا می‌باشد.

H2ONET ابزاری برای مدیریت اطلاعات ورودی نظیر مشخصات تسهیلات فیزیکی، پارامترهای کارکردی و سناریوهای مصرف و اطلاعات خروجی از قبیل نتایج مدل و شکل‌گیری گزارش‌ها و ترکیب نمایش همزمان ورودی‌ها و خروجی‌های مدل فراهم می‌آورد. در ضمن محیط ویندوز امکان استفاده از صفحه کلید و ماوس را به طور همزمان میسر می‌سازد و گزارش‌گیری سریع به راحتی امکان‌پذیر است. H2ONET تنها مدلی است که در آن قابلیت جستجوی ترکیبی وجود دارد (مثلاً به راحتی می‌توانیم لوله‌هایی راکه بعد از سال ۱۳۷۴ کار گذاشته شده‌اند، جنس آنها چدنی بوده، قطر آنها بزرگتر از ۲۰۰ میلی‌متر و سرعت آب در آنها بیش از ۰/۵ متر در ثانیه است مشخص نمود).

قابلیت‌های گرافیکی

CYBERNET و H2ONET از قابلیت‌های گرافیکی بالایی برخوردارند و امکانات گرافیکی بیشتری در اختیار کاربران قرار می‌دهند. البته دو مدل دیگر از قابلیت‌های گرافیکی نسبتاً بالایی برخوردارند. در EPANET محیط گرافیکی که بتوان فایل ورودی را در آن ویرایش یا ایجاد نمود، وجود نداشته و این عمل تنها در محیط متنی صورت می‌پذیرد.

هر چهار مدل نقشه‌های رنگی کدگذاری شده[2] تولید نموده و بدین صورت امکان بازبینی داده‌های ورودی و نتایج خروجی حاصل از اجرای مدل مقدور می‌باشد. در ضمن CYBERNET و H2ONET به طور مستقیم در ارتباط با محیط اتوکد عمل می‌نمایند.

سیستم عامل

CYBERNET و KYPIPE3 تنها در محیط DOS و EPANET در محیط‌های DOS و ویندوز نسخه‌های ۳/۱ به بالا و H2ONET تنها در محیط‌های ویندوز ۳/۱ به بالا عمل می‌نمایند.

نتیجه گیری

انتخاب نهایی یک برنامه کامپیوتری برای یک هدف خاص بر پایه چندین عامل اصلی و عمده استوار است. قبل از انتخاب بایستی آشنایی کامل با قابلیت‌های برنامه حاصل شود و با استفاده از مدل خاص انتخاب شده بتوانیم به موارد لازم و ضروری دست یابیم. لذا این انتخاب بایستی بعد از تشریح کامل و مفصل هر یک از برنامه‌ها و در نهایت بر اساس تجربه صورت گیرد. در این زمینه توصیه می‌شود قبل از انتخاب نهایی مدل با کاربران قبلی مدل‌ها مشورت و تبادل نظر شود.

عوامل کلیدی در انتخاب موفق یک مدل و نرم‌افزار مناسب را می‌توان تحت عناوین پتانسیل رشد و توسعه، انعطاف‌پذیری مناسب و سایر قابلیت‌های مدل‌سازی و گرافیکی، مدیریت سیستم بانک اطلاعاتی و ویژگی‌های شبیه‌سازی هیدرولیکی و کیفی برشمرد. در نظر داشتن این

1- Fortran
2- Color Coded Maps

عوامل در انتخاب و نگهداری موفق یک سیستم امکان مواجهه مناسب با مسائل آینده را برای کاربران سیستم و تصمیم‌گیرندگان و مدیران شبکه فراهم می‌آورد.

یکی دیگر از مواردی که در انتخاب مدل باید به آن توجه شود، میزان مهارت و تخصص استفاده کنندگان مدل است. هرچقدر که قابلیت‌های مدلی که انتخاب می‌کنیم بالا باشد، برای استفاده از آن مهارت و تخصص بیشتری مورد نیاز می‌باشد. لذا این نکته نیز به عنوان یکی دیگر از عوامل مهم در انتخاب مدل مناسب بایستی مورد نظر و توجه قرار گیرد.

منابع و مراجع

۱- حمیدیه اهری، ن. ۱۳۷۹، "بررسی و ارزیابی نرم افزارهای تحلیل کمی و کیفی شبکه های توزیع آب"، سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت ایران.

2- Altman, T., and Boulos, P.F. (1995). " *Solving Flow - Constraint Network : Inverse Problem* ". J. Hydraulic Eng., ASCE, 121 (5): 427-431.

3- Boulos, P.F., and Altman, T. (1993). " *Explicit Calculation of Water Quality in Large Multiple Source Network*". J. Applied Mathemathical Modeling, 16: 439-445.

4- Roosman, L.A. (1994). " *EPANET Users Manual* ", Washington DC, 20460, USA.

5- Richard, N.S., and Jacquline, A. T. (1995). " *Water Distribution System Modeling, GIS, and Facility Management System, What do They Have in Common* " A Case Study Technical Report On http://Kong.esri.com /library/userconf/ proc95/to300/p256.html.

6- Wood, D.J., and Rayes, A.G. (1981). " *Reliability of Algorithms for Pipe Network Analysis* ", J. Hydraulic Eng., ASCE, 107(10): 1145-1161.